Министрерство образования и науки Российской Федерации ФГБОУ ВПО НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС» ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

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»

> Диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель Белин Владимир Арнольдович профессор, доктор технических наук

Москва - 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРО	OCA
ВЗРЫВНОЙ ОТБОЙКИ СКАЛЬНЫХ ПОРОД	HA
УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ ВЬЕТНАМА	•••••
1.1. Состояние техники и технологии ведения буровзрые	вных
работ на угольных разрезах Вьетнама на примере Нуйбеос	кого
месторождения	
1.2. Инженерно-геологические и физико-техниче	ские
параметры взрываемых вскрышных пород на угольных разр	езах
Вьетнама	
1.3. Аналитический обзор проблемы оценки сейсмичес	кого
действия взрывов и действия ударных воздушных волн взри	ывов
на охраняемые объекты	
1.4. Цель и задачи исследований	
ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИ	ЕИ
ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВО	ВИ
ДЕЙСТВИЯ УВВ ВЗРЫВОВ НА ОХРАНЯЕМ	ІЫЕ
ОБЪЕКТЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МАССОВ	вых
ВЗРЫВОВ НА УГОЛЬНОМ РАЗРЕЗЕ «НУЙБЕО»	
2.1. Экспериментальные исследования сейсмиче	ских
эффектов от массовых взрывов в разрезе «Нуйбео»	
2.2. Оценка сейсмического воздействия массовых взрыв	OB B
разрезе «Нуйбео» на охраняемые объекты	
2.3. Определение допустимой массы зарядов ВВ на стуг	пень
замедления в зависимости от расстояния до охраняе	мого
объекта при производстве массовых взрывах в раз	врезе
«Нуйбео»	

стр.

2.4. Выводы по главе 2	64
ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ	
МЕТОДА СНИЖЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ	
ВЗРЫВОВ И ИНТЕНСИВНОСТИ УВВ ПРИ ВЗРЫВАНИИ	
СКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД	65
3.1. Методика проведения экспериментальных работ	65
3.2. Экспериментальное исследование влияния метеоусловий	
на интенсивность УВВ	69
3.3. Экспериментальное исследование влияния типа ВВ на	
сейсмическое действие взрывов	75
3.4. Экспериментальное исследование влияния диаметра	
взрывных скважин на сейсмическое действие взрывов	82
3.5. Экспериментальное исследование влияния конструкции	
забойки на интенсивность УВВ	91
3.6. Выводы по главе 3	103
3.6. Выводы по главе 3 ГЛАВА 4. ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПРОВЕРКА	103
3.6. Выводы по главе 3 ГЛАВА 4. ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПРОВЕРКА ПРЕДЛОЖЕННЫХ РАЗРАБОТОК И ИХ	103
3.6. Выводы по главе 3 ГЛАВА 4. ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПРОВЕРКА ПРЕДЛОЖЕННЫХ РАЗРАБОТОК И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ ВЗРЫВАНИИ СКАЛЬНЫХ	103
3.6. Выводы по главе 3 ГЛАВА 4. ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПРОВЕРКА ПРЕДЛОЖЕННЫХ РАЗРАБОТОК И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ ВЗРЫВАНИИ СКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ	103
3.6. Выводы по главе 3 ГЛАВА 4. ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПРОВЕРКА ПРЕДЛОЖЕННЫХ РАЗРАБОТОК И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ ВЗРЫВАНИИ СКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ ВЬЕТНАМА	103 105
3.6. Выводы по главе 3 ГЛАВА 4. ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПРОВЕРКА ПРЕДЛОЖЕННЫХ РАЗРАБОТОК И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ ВЗРЫВАНИИ СКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ ВЬЕТНАМА	103 105
3.6. Выводы по главе 3 ГЛАВА 4. ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПРОВЕРКА ПРЕДЛОЖЕННЫХ РАЗРАБОТОК И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ ВЗРЫВАНИИ СКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ ВЬЕТНАМА. 4.1. Комплексная оценка инженерно-геологических условий месторождения Вьетнама.	103 105 105
3.6. Выводы по главе 3 ГЛАВА 4. ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПРОВЕРКА ПРЕДЛОЖЕННЫХ РАЗРАБОТОК И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ ВЗРЫВАНИИ СКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ ВЬЕТНАМА. 4.1. Комплексная оценка инженерно-геологических условий месторождения Вьетнама 4.2. Определение основных параметров опытных взрывов	103 105 105
3.6. Выводы по главе 3 ГЛАВА 4. ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПРОВЕРКА ПРЕДЛОЖЕННЫХ РАЗРАБОТОК И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ ВЗРЫВАНИИ СКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ ВЬЕТНАМА. 4.1. Комплексная оценка инженерно-геологических условий месторождения Вьетнама 4.2. Определение основных параметров опытных взрывов при взрывании скальных горных пород, обеспечивающих	103 105 105
3.6. Выводы по главе 3 ГЛАВА 4. ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПРОВЕРКА ПРЕДЛОЖЕННЫХ РАЗРАБОТОК И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ ВЗРЫВАНИИ СКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ ВЬЕТНАМА. 4.1. Комплексная оценка инженерно-геологических условий месторождения Вьетнама 4.2. Определение основных параметров опытных взрывов при взрывании скальных горных пород, обеспечивающих уменьшение опасной зоны взрыва при применении	103 105 105
3.6. Выводы по главе 3 ГЛАВА 4. ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПРОВЕРКА ПРЕДЛОЖЕННЫХ РАЗРАБОТОК И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ ВЗРЫВАНИИ СКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ ВЬЕТНАМА. 4.1. Комплексная оценка инженерно-геологических условий месторождения Вьетнама 4.2. Определение основных параметров опытных взрывов при взрывании скальных горных пород, обеспечивающих уменьшение опасной зоны взрыва при применении	103 105 105
3.6. Выводы по главе 3 ГЛАВА 4. ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПРОВЕРКА ПРЕДЛОЖЕННЫХ РАЗРАБОТОК И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ ВЗРЫВАНИИ СКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ ВЬЕТНАМА. 4.1. Комплексная оценка инженерно-геологических условий месторождения Вьетнама 4.2. Определение основных параметров опытных взрывов при взрывании скальных горных пород, обеспечивающих уменьшение опасной зоны взрыва при применении предложенного метода. 4.3. Анализ результатов опытно-промышленной проверки и	103 105 105

предложенного	метода	при	применении	рациональных	
параметров БВР					117
4.4. Выводы по	о главе 4	• • • • • • • • • • • • •			125
ЗАКЛЮЧЕНИЕ					127
СПИСОК ЛИТЕ	РАТУРЬ	I			129
приложение		• • • • • • • • • • • •			140

введение

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 (экскавация, технологических процессов 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 время уменьшение опасной настоящее зоны взрыва достигается ограничением массы заряда ВВ в блоках, что усложняет организацию горных работ, сдерживает их развитие, ведет к производительности погрузочно-транспортного уменьшению 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 BB, 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 ($l_{2.3ab}/l_{3ab}$), 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, позволяющее уменьшить 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 BB с 0,48 кг/м³ до 0,42 кг/м³ 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 \$/м³ 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

рисунок, 23 таблицы, список литературы из 112 наименований и 1 приложение.

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.

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ВЗРЫВНОЙ ОТБОЙКИ СКАЛЬНЫХ ПОРОД НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ ВЬЕТНАМА

1.1. Состояние техники и технологии ведения буровзрывных работ на угольных разрезах Вьетнама на примере Нуйбеоского месторождения

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.

Ha территории страны известно около ста угольных месторождений с балансовыми запасами около 220 млрд. т. Основные угольные месторождения расположены в северной части страны в Куангниня. 12 месторождений в бассейне бассейне Куангниня наиболее прогрессивным открытым отрабатываются способом (рис.1.1) [85, 94]. Общая добыча угля составляет 10,63÷14,5 млн. т в год при объеме вскрышных работ 62,93÷106,48 млн. м³ (табл. 1.1) [41, 42, 43].

Таблица 1.1

Разрезы	Показатели					
	Объем вскрышных работ, 10 ⁶ м ³ /год	Добыча угля, 10 ⁶ т/год	коэффициент вскрыши К _т , м ³ /т			
12 разрезов в бассейне Куангниня	62,93 ÷ 106,48	10,63 ÷ 14,5	5,91 ÷ 7,34			
Разрез «Нуйбео»	18,5 ÷ 20,5	3,5 ÷ 4,2	4,8 ÷ 5,2			

Добыча угля открытым способом в бассейне Куангниня



Рис.1.1. Расположение угольных месторождений на территории Вьетнама 1 - Каменноугольный бассейн Куангнинь; 2 - Буроугольный бассейн Шонгхонг; 3- Угольные месторождения в Нойдиа.

Основной объем вскрышных работ на угольных разрезах Вьетнама отрабатывается с использованием буровзрывных работ (БВР), которые являются начальным этапом. Их эффективность определяет эффективность последующих технологических процессов (экскавации, вторичного дробления и транспортирования). БВР - один из наиболее трудоемких процессов добычи твердых полезных ископаемых, удельные затраты на который доходят до 45 %. В связи с ростом добычи угля относительный объем пород, подлежащих взрывному разрушению, и удельные затраты на БВР в последующие годы будут увеличиваться (например, в 2013 г. общую добычу угля во Вьетнаме предполагается увеличить на 15,2 % и довести до 14,5 млн. т). Углубление разрезов приводит к увеличению крепости пород, их среднего диаметра отдельностей обводненности плотности, И

скважин.

Наиболее крупным и перспективным угольным предприятием во Вьетнаме является разрез «Нуйбео» с производительностью 3,5 млн. т. угля в год (2013 г.) и запланированной добычей угля на 2014 г. в объеме 4,2 млн. т. при увеличении коэффициента вскрыши до 6,0 м³/т. В перспективе увеличение добычи угля возможно до 5 млн. т в [85]. Общий объем вскрышных работ на разрезе в 2013 г. год составил 20,5 млн. м³ при коэффициенте вскрыши 5,26 м³/т, причем с помощью БВР было отбито 12,5 млн. м³ вскрышных пород. Таким образом, производительность разреза «Нуйбео» составляет около 25÷30 % от всего объема добычи угля и выемки вскрышных пород в стране. При этом горно-геологические и горнотехнические условия разреза «Нуйбео» являются типичными и для остальных крупных карьеров в каменноугольном бассейне Куангниня (Хатуского, Косшауского, Деонайского), доля которых, вместе с разрезом «Нуйбео», составляет 30 % от общей добычи угля открытым способом и выемки вскрышных пород во Вьетнаме.

Разрез «Нуйбео» расположен на севере Куангнин-Вьетнам. Глубина разреза достигает более 130м, откосы уступов представляют собой крутые склоны с углом наклона до 70° в средней и нижней частях и с углом наклона 50÷60° в верхней части. Высота бортов разреза в предельном положении достигает 10÷20 м (рис.1.2).

Вблизи места производства взрывных работ на северо-западном участке разреза «Нуйбео» на расстояниях 100÷500 м от борта расположены много жилых домов, здание горнотранспортного предприятия и других объектов. В августе 2009г. на северо-западном участке борта разреза «Нуйбео» были обнаружены деформации, трещинообразование и разрушение горных пород. Вследствие этих и других сопутствующих сложных физико-механических процессов из-

за неустойчивого состояния нижней части откоса в 2009 году произошел оползень горного массива в сторону днища разреза, что привело к временной остановке добычи угля на этом участке разреза.



Рис. 1.2. Панорамный вид разреза «Нуйбео»

Вскрышные «Нуйбео» породы представлены разреза осадочными пластообразными залежами перемежающихся между собой пород в самых разнообразных сочетаниях [41, 42, 43]. Это глины, аргиллиты, крупно и среднезернистые, слабые и мелко и среднезернистые, крепкие песчаники, алевролиты, конгломерат. Крепость основной массы вскрышных пород 9÷12 по шкале проф. M.M. Протодьяконова. Породы имеют различные виды трещиноватости и направление простирания трещин с углами наклона как внутрь разреза, так и наружу. Горно-геологическая структура разреза предполагает необходимость достижения минимизации сейсмического воздействия массовых взрывов на откосы уступа, так как это является основным фактором достижения большей глубины разработки.



Рис. 1.3. Геологический разрез «Нуйбео» в бассейне Куангниня

Основными промышленными пластами являются пласты 13, 14 и 11. Пласты 13 и 14 характеризуются, в основном, спокойным залеганием и простым строением. Пласт 11 имеет сложное строение, непостоянную рабочую мощность и сложную конфигурацию выхода под наносы. Средняя мощность пластов 13 и 14 составляет 7,16 и 41,88 м соответственно. Мощность пласта 11 колеблется от 60 до 100 м. Технологические свойства углей Нуйбеоского месторождения приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

N.	ТТ	Един.	Пласт	Пласт	Пласт
JNO	№ Наименование показателей		11	13	14
1	зольность угля А ^с _{ср}	%	14,27	15,27	16,45
2	выход летучих V ^e	%	8,25	8,87	9,55
3	влажность W ^p	%	1,83	1,84	1,59
4	содержание серы S ^с _{общ}	%	0,52	0,51	0,37
5	удельная теплота сгорания Q ^P _H	ккал/кг	8225	8296	8413
6	объемный вес	г/см ³	1,44	1,42	1,39

Технологические свойства углей Нуйбеоского месторождения

В настоящее время на угольном разрезе «Нуйбео» применяется транспортная система разработки с перемещением вскрышных пород во внешние отвалы. Транспортирование вскрышных пород во внешние отвалы осуществляется автосамосвалами. Добываемый уголь автосамосвалами или конвейерами из забоев транспортируется на склад.

На вскрышных работах используются электрические и гидравлические одноковшовые экскаваторы ЭКГ-5А, ЭКГ-8И, САТ-385В, PC-1250 с ковшами вместимостью 3,5÷12 м³. В угольных забоях используются гидравлические экскаваторы САТ-330, PC-220, PC-750 с ковшами вместимостью 1,2÷3,5 м³.

Транспортирование вскрышных пород производится автосамосвалами Volvo A30D, БелАЗ 7555В, САТ 777D, KOMATSU HD-785 грузоподъемностью 30÷96 т. Транспортирование угля осуществляется автосамосвалами Huyndai 270, Kpa3-256, Isuzu, Scania грузоподъемностью 12÷30 т.

Для бурения взрывных скважин на угольном разрезе Нуйбео применяются электрические и дизельные станки вращательного и ударно-вращательного типа Tamrock (с диаметром долота 89÷127 мм), Titon-500, СБШ-250 (с диаметром долота 243÷250 мм), ATLAS СОРСО (с диаметром долота 200÷230 мм). Общий объем буровых работ по коэффициенту крепости приведен в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Диаметр	Общий объем буровых работ по коэффициенту крепости, м						
скважин d _{скв} , мм	2012г. 2013г.						
	f=9 ÷10	f=11÷12	\mathbf{f}_{tb}	f=9÷10	$f = 11 \div 12$	\mathbf{f}_{tb}	
127	7438,5	-	9,5	56568,5	8016,1	9,7	
165	57483,7	9817,3	9,8	46325,5	2686	9,6	
200	67384,8	4898,8	9,6	34409,3	1686,2	9,6	
250	61228	9074	9,8	53036,7	1756,3	9,6	

Общий объем буровых работ по коэффициенту крепости на угольном разрезе «Нуйбео»

На угольном разрезе «Нуйбео» используются диагональные схемы короткозамедленного взрывания (КЗВ) скважинных зарядов. Взрывные скважины располагаются в 3÷4 ряда. Интервалы замедления при короткозамедленном взрывании изменяются в пределах 17, 25, 42 мс. Применяются конструкции зарядов BB со

сплошной колонкой заряда и рассредоточении заряды с воздушными промежутками.

Общая масса ВВ, используемых на разрезе, составляет около 5750 т в год (2012). В номенклатуре ВВ преобладают неводостойкие составы ANFO. Их общий расход составляет примерно 75%. Около 25% приходится на долю водостойких ВВ (эмульсионные составы P113L, P113, NT-13, EE-31). Удельный расход ВВ по разрезу изменяется от 0,32 до 0,54 кг/м³. В 2012 г. при объеме взорванной горной массы 12,5 млн. м³ и общем расходе ВВ 5750 т средний удельный расход ВВ по разрезу составил 0,46 кг/м³, а средний выход отбитой горной массы с 1 м скважины $52 \div 55 \text{ м}^3/\text{м}.$

Основные параметры БВР на угольном разрезе «Нуйбео» представлены в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Диаметр скважин d _{скв} , мм	Высота уступа Н _у , м	Линия сопротивления по подошве W, м	Сетка скважин а x b, м	Длина перебура І _{пер,} м	Длина забойки 1 _{заб} , м	Удельный расход ВВ q, кг/м ³
250	17 ÷ 20	8 ÷ 8,5	9 x 8	2 ÷ 2,5	6 ÷ 9,3	0,52 ÷ 0,54
230	12 ÷ 15	7,5 ÷ 8	8,5 x 7,5	1,5 ÷ 2	6 ÷ 9,3	0,45 ÷ 0,5
200	13 ÷ 15	6 ÷ 6,5	7 x 6	1,5 ÷ 2	5,1 ÷ 9,3	0,45 ÷ 0,5
200	7 ÷ 10	5,5 ÷ 6	6,5 x 5,5	1,5 ÷ 2	5,1 ÷ 9,3	0,42 ÷ 0,48
165	15 ÷ 17	5 ÷ 5,5	6 x 5	1,5 ÷ 2	6,1 ÷ 9,8	0,40 ÷ 0,45
105	7 ÷ 12	4,5 ÷ 5	5,5 x 5	1,5 ÷ 2	6,1 ÷ 9,8	0,38 ÷ 0,41
107	12 ÷ 15	4 ÷ 4,5	5 x 4	1 ÷ 1,5	5,4 ÷ 9,3	0,35 ÷ 0,39
12/	7÷9	3,5 ÷ 4	4,5 x 3,5	1 ÷ 1,5	5,4 ÷ 9,3	0,32 ÷ 0,36

Основные параметры БВР на угольном разрезе «Нуйбео»



Рис. 1.4. Качество дробления горной массы при взрывании блоков на угольном разрезе «Нуйбео»

Анализ технико-экономических показателей И производственных процессов на угольном разрезе показывает, что применяемые параметры БВР не обеспечивают высокую эффективность добычи угля, особенно на участке 11 разреза. В целом по разрезу наблюдается высокий выход негабарита от 15 до 18 %, а увеличенный средний размер кусков породы в развале взорванной горной массы резко снижает производительность вскрышного комплекса, увеличивает затраты на вторичное дробление и усложняет организацию работ на уступах (рис.1.4). В результате в целом по разрезу выход негабарита увеличивается с 3,6 до 5,5 % (на 14,2 %), а средний размер куска- с 0,32 до 0,38 м (на 16,2%).

Кроме того, с увеличением глубины карьеров увеличивается угол откосов уступов и бортов, что повышает вероятность обрушений в результате сейсмических воздействий взрывных работ и УВВ. Таким образом, для повышения технико-экономических показателей разреза «Нуйбео», а также и целого ряда других угольных разрезах Вьетнама, необходимо улучшить качество взрывной подготовки вскрышных пород с одновременным уменьшением опасной зоны взрыва на охраняемые объекты за счет правильного установления и

выбора рациональных параметров БВР в этих условиях.

1.2. Инженерно-геологические и физико-технические параметры взрываемых вскрышных пород на угольных разрезах Вьетнама 1.2.1. Геологическое строение

В геологическом строении месторождений СРВ принимают участие породы палеозойской, мезозойской и кайнозойской групп. Вмещающие угленосные отложения представляют собой сложную складчатую систему из ряда крупных антиклинальных и синклинальных складок, осложненных разрывными нарушениями– сбросами и надвигами. Угольные пласты и вмещающие породы имеют сложное строение, не выдержаны по мощности и характеризуются значительной нарушенностью.

Конгломераты расположены в промежуточной угольной стратиграфии, их объем достигает 20÷25 % от общего объема вскрышных пород месторождений, толщина слоев пород изменяется в больших пределах (от нескольких сантиметров до сотен метров).

Не менее распространенным типом вскрышных пород являются песчаники, их объем находится в пределах 35÷40 % от общего объема вскрышных пород.

Алевролиты и известняки занимают объем от 40 до 45% от общего объема вскрыши. Они отличаются меньшей крепостью и образуют, как правило, слои небольшой мощности и тонкие прослойки.

Вскрышные породы представлены конгломератами, песчаниками, алевролитами и известняками. Структуры вскрышных горных пород на угольных разрезах Вьетнама представлены на рис 1.5.



а, Разрез «Хату»





б, Разрез «Косшау»



в, Разрез «Нуйбео» д, Разрез «Деонай» Рис. 1.5. Структуры вскрышных горных пород на угольных разрезах Вьетнама 1.2.2. Климат и погода города Куангниня во Вьетнаме

Вьетнам относится к зоне муссонного субэкваториального климата. Летом здесь господствует летний влажный муссон южного и юго-западного направлений, зимой - сухой северо-восточный.

Климат города Куангнинь характеризуется повышенной влажностью [105...108]. Годовое количество осадков, выпадающих в Куангнине, изменяется от 1701 до 2819 мм и составляет в среднем 1826 мм. Основное количество осадков (около 85÷90 %) выпадает в дождливый сезон с мая по сентябрь. Чаще всего наблюдаются длительные крупнокапельные обложные дожди, продолжающиеся иногда до 5 дней, реже - сильные ливни с суточным максимумом, достигающим величины 200 мм, среднемесячное количество осадков 400÷700 мм (рис.1.6). Среднегодовая относительная влажность воздуха 70÷90 % (рис.1.7).



Рис. 1.6. Среднемесячные осадки с 2011г - 2013г





В дождливый сезон среднемесячная температура изменяется в пределах 26÷30°. Сухой сезон начинается с октября одного года и заканчивается в конце апреля следующего года. Зима холодная, среднемесячная температура воздуха колеблется от 12° до 23°С (рис. 1.8), среднемесячное количество осадков от 30 до 45 мм. Среднегодовая относительная влажность воздуха 80÷95 %.

Большое количество атмосферных осадков создаёт

неблагоприятные гидрогеологические условия для производства БВР.





Физико-технические параметры горных пород и углей на угольных разрезах Вьетнама изучались для решения различных задач технологии ведения вскрышных работ и добычи угля и, прежде всего, для совершенствования БВР и повышения их эффективности.

Вскрышные породы, представленные конгломератами, песчаниками, алевролитами и известняками, характеризуются хорошо выраженной слоистой структурой. Объемная плотность пород составляет 2,52÷2,63 т/м³, предел прочности на одноосное сжатие 70÷137 МПа, угол падения слоев пород составляет 5÷70°, угол внутреннего трения колеблется от 19 до 38⁰, сцепление составляет 23÷34 МПа. Массивы вскрышных пород относятся к II÷IV категории трещиноватости в соответствии с классификацией массивов горных пород трещиноватости (блочности), принятой ПО Междуведомственной комиссией по взрывному делу (МВКВД) в России: среднее расстояние между естественными трещинами -0,5÷1,5 м. Вмещающие породы отличаются высокой крепостью (коэффициент крепости по шкале проф. М.М. Протодъяконова

f=8÷14). Физико-технические свойства вскрышных пород на угольных разрезах Вьетнама приведены в табл. 1.5.

Таблица 1.5

Физико-технические свойства вскрышных пород

Показатели горину пород		Угольные карьеры					
показатели горных по	род	Косшау	Деонай	Хату	Нуйбео		
Предел прочности при сжатии σ_{κ} , МПа		$\frac{700\div1594}{1060}$	$\frac{211\div3583}{1908}$	$\frac{956 \div 2271}{1290}$	$\frac{508 \div 2050}{1303}$		
Предел прочности при растяжении σ_{pac} , МПа	ерат	$\frac{93 \div 280}{142}$	$\frac{40\div270}{155}$	$\frac{180\div680}{402}$	$\frac{45\div130}{88}$		
Сцепление, МПа	МОГЛН	$\frac{110 \div 370}{231}$	$\frac{63 \div 140}{68,2}$	-	$\frac{170\div550}{334}$		
Угол внутреннего трения, градус	Ko	$\frac{21 \div 32}{27}$	$\frac{27 \div 37}{33}$	$\frac{22\div 36}{32}$	$\frac{26\div35}{32}$		
Плотность пород, г/см ³		$\frac{2,56 \div 2,55}{2,62}$	$\frac{2,58 \div 2,73}{2,64}$	$\frac{2,38 \div 2,63}{2,53}$	$\frac{2,3 \div 2,63}{2,52}$		
Предел прочности при сжатии σ_{κ} , МПа		$\frac{685\div1267}{940}$	$\frac{231\div4288}{1407}$	$\frac{289 \div 2547}{1034}$	$\frac{645\div2185}{1216}$		
Предел прочности при растяжении $\sigma_{_{pac}}$, МПа	ІКИ	$\frac{65 \div 327}{135}$	$\frac{26\div 289}{139}$	$\frac{105\div560}{321}$	$\frac{40\div120}{87}$		
Сцепление, МПа	есчани	$\frac{73 \div 433}{204}$	$\frac{77 \div 1640}{537}$	-	$\frac{52\div520}{250}$		
Угол внутреннего трения, градус	Щ	$\frac{19 \div 31}{25}$	$\frac{23\div37}{33}$	$\frac{27 \div 38}{32}$	$\frac{22\div 34}{27}$		
Плотность пород, г/см ³		$\frac{2,54 \div 2,69}{2,66}$	$\frac{2,55 \div 2,74}{2,64}$	$\frac{2,5 \div 2,7}{2,61}$	$\frac{2,5 \div 2,67}{2,63}$		
Предел прочности при сжатии σ_{κ} , МПа		$\frac{149 \div 626}{438}$	$\frac{155 \div 869}{333}$	$\frac{300\div1384}{628}$	$\frac{184 \div 1151}{679}$		
Предел прочности при растяжении σ_{pac} , МПа	ſЫ	$\frac{41 \div 95}{61}$	$\frac{23\div184}{79}$	$\frac{94\div380}{206}$	$\frac{13\div82}{48}$		
Сцепление, МПа	вроли	$\frac{52 \div 120}{82}$	$\frac{60\div575}{99}$	-	$\frac{43 \div 400}{101}$		
Угол внутреннего трения, градус	Але	$\frac{18 \div 23}{20}$	$\frac{21\div 36}{30}$	$\frac{30\div 38}{33}$	$\frac{15\div35}{25}$		
Плотность пород, г/см ³		$\frac{2,56 \div 2,67}{2,66}$	$\frac{2,44 \div 2,74}{2,6}$	$\frac{2,51\div 2,71}{2,61}$	$\frac{2,55 \div 2,70}{2,68}$		

на угольных разрезах Вьетнама

Исследовательские работы по определению свойств горных пород 4-х перспективных угольных месторождений позволили определить физико-технические характеристики вскрышных пород этих месторождений. Выявлено, что основная масса вмещающих пород относительно однородная. Эти исследования стали основой установления таких горно-технологических свойств вскрышных пород, как буримость и взрываемость. Классификация вскрышных пород по буримости и взрываемости приведена в табл. 1.6.

Таблица 1.6

Классификация вскрышных пород по буримости и взрываемости на угольных разрезах Вьетнама

Угольные разрезы	Породы Песчаник,	Категория пород по буримости III	Степень буримости труднобуримые	Степень взрываемости трудновзрываемые
Косшау	Алевролиты	II	средней буримости	средней взрываемости
	Песчаник	IV	очень труднобуримые	очень трудновзрываемые
Пеонай	Конгломерат	III	труднобуримые	трудновзрываемые
Деонай	Алевролит	II	средней буримости	средней взрываемости
Хату	Песчаник, Конгломерат	III	труднобуримые	трудновзрываемые
11019	Алевролиты	II	средней буримости	средней взрываемости
Нуйбео	Песчаник, Конгломерат	III	труднобуримые	трудновзрываемые
	Алевролиты	II	средней буримости	средней взрываемости

Из классификации в таблицах 1.4 и 1.5 следует, что 80% вскрышных пород Нуйбеоского месторождения относятся к II и III классу по взрываемости (средней взрываемости и трудновзрываемые), а остальные 20 % - к I классу (легковзрываемые). Поэтому уточненные физико-технические параметры вскрышных пород разреза «Нуйбео», представленные специалистами разреза и обработанные автором, даны в табл. 1.7.

Таблица 1.7

Категория пород по взрываемости	Степень трещиноватости	Породы	Удельный расход ВВ q, кг/м ³	Коэффициент крепости по шкале М.М.Протодьяконова, f	Удельная трещиноватость, м ⁻¹	Ширина трещин, мм	Плотность Породы р. т/м ³	Скорость продольной волны, м/с
легко взрываемые	Чрезвычайно трещиноватые	Конгломерат, Алевролиты	0,25 ÷ 0,31	5 ÷ 7	1,78	5 ÷ 9	2,4 ÷ 2,5	1600 ÷ 2800
средней взрываемости	Сильно трещиноватые	Алевролиты, Песчаник	0,32 ÷ 0,4	7 ÷ 10	1,25	9 ÷ 17	2,45 ÷ 2,55	2500÷ 3700
трудно- взрываемые	Средне трещиноватые	Песчаники серые крупнозернистые	0,41 ÷ 0,5	9÷12	0,85	22 ÷ 31	2,55 ÷ 2,6	2600÷ 3800

Физико-технические параметры вскрышных пород разреза «Нуйбео»

Проведенный анализ известных исследований [38] показывает, что повышение удельного расхода ВВ и, как следствие, увеличение энерговыделения В массиве при взрыве может увеличивать сейсмоколебаний, представляющих опасность как интенсивность для наземных сооружений, так и для элементов подземных выработок комбинированной (открыто-подземной) при отработке месторождения. В настоящее время снижение вредного воздействия 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.

Таким образом, совершенствование способов взрывания скальных пород, позволяющих без увеличения энергозатрат достигать требуемой степени дробления пород с одновременным снижением УВВ и сейсмического воздействия на охраняемые объекты, является весьма актуальной научно-практической задачей в условиях Вьетнама.

1.3. Аналитический обзор проблемы оценки сейсмического действия взрывов и действия ударных воздушных волн взрывов на охраняемые объекты

Вопросам изучения процессов разрушения горных пород взрывом, исследованиям 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 учетом взаимосвязи горногеологических, горнотехнических условий и свойств ВВ посвящено большое количество теоретических И экспериментальных исследований, из которых следует отметить работы К.Н. Трубецкого, Б.Н. Кутузова, В.А. Белина, В.П. Тарасенко, В.А. Кузнецова, В.К. В.Ф. Богацкого, А.Л. Марьясова, Б.В. Эквиста, А.В. Совмена, Токаренко, М.И. Ганопольского, В.Л. Барона, Я.И. Цейтлина, Н.И. Смолия, 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.

1.3.1. Сейсмическое действие взрывов

В работе М.А. Садовского [91] существующие инженерные

методы прогноза сейсмической опасности взрыва позволяют лишь ориентировочно с большим разбросом параметров установить уровень интенсивности сейсмоколебаний, возбуждаемых промышленными взрывами цилиндрических (скважинных) зарядов. При оценке безопасности охраняемых сооружений, расположенных в зоне действия взрывов, производится только по одному критерию: попадают они в опасную зону или находятся за ее пределами. Размер опасной зоны определяется по видоизмененной формуле М.А. Садовского с использованием эмпирических коэффициентов, учитывающих свойства грунта в основании сооружения, тип сооружения и условия проведения взрывания [98]:

$$r_c = k_r k_c \alpha \sqrt[3]{Q} \quad , \tag{1.1}$$

где *r_c* - расстояние от места взрыва до охраняемого здания (сооружения), м;

k_r - коэффициент, зависящий от свойств грунта в основании охраняемого здания (сооружения);

k_c - коэффициент, зависящий от типа здания (сооружения) и характера застройки;

α - коэффициент, зависящий от условий взрывания;

Q - масса заряда, кг.

При этом конкретные численные значения допустимой величины параметров динамики грунта или охраняемого сооружения не приводятся.

Аналогичная ситуация складывается и с определением безопасных расстояний по действию ударной воздушной волны УВВ. В формуле (1.2), рекомендуемой в [98], предложен только один коэффициент пропорциональности, значения которого зависят от условия расположения и массы заряда. Здесь следует отметить, что

рассчитанные по предложенной формуле опасные зоны правомерны только для воздуха с однородной структурой, где отсутствуют градиенты температуры и скорости ветра по высоте атмосферы:

$$r_{\delta} = K_{\delta} \sqrt[3]{Q} \quad ; \quad r_{\delta} = \kappa_{\delta} \sqrt[3]{Q} \quad , \tag{1.2}$$

где $r_{\rm f}$ - безопасное расстояние, м;

Q - масса заряда взрывчатых веществ, кг;

 K_{δ} , k_{δ} - коэффициенты пропорциональности, значения которых зависят от условий расположения и массы заряда, а также от степени допускаемых повреждений зданий или сооружений.

Наличие ветра в атмосфере при взрывах приводит к дополнительному нагружению элементов охраняемых объектов, так как в данном случае к скорости смещения в волне добавляется скорость перемещения участка воздушной массы, а взрывная волна воздействует на предварительно нагруженные потоком ветра части здания и сооружения.

Учитывая вышесказанное, наиболее рациональным направлением разработки методов снижения интенсивности сейсмических и ударных воздушных волн при проведении взрывных работ на горных карьерах является разработка методов оценки безопасности охраняемых сооружений по результатам натурных экспериментальных исследований.

Методы снижения вредного действия взрыва включают те средства и приемы их использования, которые позволяют уменьшить интенсивность колебаний, возбуждаемых в окружающей заряд среде, скорость истечения взрывных газов в атмосферу, а также исключить откол и разлет отдельных кусков породы.

В работах [60, 63, 98 и др.] приведена формула для определения безопасного взрывания при короткозамедленном (не менее 20 мс)

взрывании *N* групп зарядов ВВ:

$$r_c = \left(\frac{k_r k_c}{N^{1/4}}\right) \sqrt[3]{Q}, \, \mathrm{M}$$
(1.3)

где *N* - число групп замедления.

Как видно из формулы (1.3), короткозамедленное взрывание значительно уменьшает безопасное расстояние. Все это позволяет существенно увеличить объемы взрываемой горной массы в соответствии с потребностями промышленности. Однако увеличение масштабов массовых взрывов, когда возрастает число ступеней замедления, ведет к росту общей продолжительности взрыва, а в итоге - к усилению сейсмического воздействия на охраняемые объекты.

В работе [19, 101] указано, что для оценки сейсмобезопасных условий взрывания может быть использована следующая формула для расчета скорости смещения грунта (скального массива, бетона и т.п.) в основании охраняемого объекта:

$$V = \frac{K\Delta}{\alpha\beta} \left(\frac{\sqrt[3]{Q_{\circ}}}{r}\right)^{\nu}, \qquad (1.4)$$

где *V* - максимальная векторная скорость смещения грунта, см/с;

К - коэффициент, характеризующий удельный сейсмический эффект (коэффициент сейсмичности);

∆ - коэффициент, зависящий от плотности заряжания выработки;

α - коэффициент, учитывающий снижение интенсивности сейсмических колебаний по мере углубления;

β - коэффициент, учитывающий степень экранизации
 сейсмических волн (при взрывании без сейсмического экрана равен
 1);

 Q_{P} - эквивалентная масса мгновенно взрываемого заряда, кг;

r - расстояние, м;

v - показатель затухания скорости сейсмических волн с расстоянием.

В работе Н.Н. Казакова [47] указано, что при взрывании в одинаковых условиях длительность взрывного импульса у игданита в 8 раз больше, чем у аммонита №6 ЖВ. Вместо резкого скачка давления и относительно быстрого его спада у аммонита, в процессе взрывного превращения игданита за счет расширенной зоны химической реакции увеличиваются удельные затраты энергии взрыва работы, на полезные формы прежде всего на фугасные (вспучивающие, поршневые) и сокращается ударное действие взрыва. Поэтому предпочтительнее использовать ВВ с меньшим импульсом давления.

Зависимость скорости колебаний массива от массы заряда ВВ для условий одиночного взрыва сосредоточенного заряда оценивается известной формулой М.А.Садовского [91, 92]:

$$V = K.r^{-n} \tag{1.5}$$

$$\overline{r} = \frac{r}{\sqrt[3]{Q}}$$
(1.6)

где *г* - приведенное расстояние; *г* - расстояние от места взрыва, м;

Q - суммарная масса заряда ВВ, кг;

п- коэффициент затухания;

К - коэффициент, величина которого зависит от геологических и гидрогеологических свойств горных пород и условий взрывания; значения показателя затухания находятся в пределах n=2...1 при его среднем значении на больших расстояниях $n\approx 1,5$.

Зная направление преимущественного распространения сейсмической волны, коэффициент *К* и показатель степени затухания

n, возможно прогнозировать сейсмическое действие в тыл массива при различных значениях массы заряда.

При проведении буровзрывных работ, одним из способов увеличения коэффициента полезного действия взрыва является уменьшение диаметра скважин. В работе Е.А. Деева [33] указывается, что при малом диаметре заряда выход крупных негабаритных фракций значительно меньше, чем при аналогичных условиях взрывания, но с большим диаметром. При изменении диаметра заряда происходит уменьшение или увеличение доли энергии взрыва, идущей на дробление массива горных пород, что может означать только одно: увеличение или уменьшение параметров сейсмовзрывных волн.

В работе [71] указано, что на сейсмический эффект взрыва оказывает свое влияние и выбор диаметра скважин. Все исследования, посвященные этому вопросу, отмечают снижение сейсмического действия взрыва при уменьшении диаметра скважин. Однако применение скважин меньшего диаметра имеет и свои недостатки: искривление скважин при большой высоте уступа, сложности ЗИМНИХ условиях, пересыпание заряжания В скважин при технологических операциях и т.д. Диаметр заряда, один из основных параметров БВР, позволяющий регулировать степень дробления горных пород, нашёл отражение в исследованиях влияния этого параметра на сейсмический эффект взрыва.

В работе В.Н. Мосинца [75] указывается, что важным условием сейсмобезопасного действия взрыва одиночных зарядов является их диаметр. При изменении диаметра одиночного заряда коэффициенты пропорциональности *m* и *k* остаются постоянными, тогда как удельный расход ВВ меняется, как:

$$q_1 = q_3 \sqrt{\frac{d_0}{d_1}}, \, \kappa \Gamma / \mathrm{M}^3$$
 (1.7)

Масса одиночного заряда ВВ может быть выражена:

$$Q_l = qHmk^2 d_0^2, \, \mathrm{K}\Gamma. \tag{1.8}$$

Тогда при новом диаметре заряда:

$$Q_{1} = q_{3} \sqrt{\frac{d_{0}}{d_{1}}} Hmk^{2} d_{1}^{2}, \, \mathrm{K}\Gamma$$
(1.9)

Откуда коэффициент сейсмической опасности взрывных работ при изменении диаметра заряда может быть оценен как:

$$k_{2} = \frac{u_{1}}{u} = \left(\sqrt[3]{\frac{Q_{1}}{Q}}\right)^{n} = \left(\frac{d_{1}}{d}\right)^{\frac{5}{9}n}$$
(1.10)

Поэтому при увеличении диаметра заряда сейсмическая опасность взрывных работ возрастает, накладывая определенные ограничения на возможность повышения диаметра заряда в стесненных по сейсмике условиях.

В ряде работ [11, 62] обращается внимание на существующую взаимосвязь между энергией дробления и интенсивностью сейсмических колебаний. Отмечается, что коэффициент полезного действия можно повысить за счет снижения сейсмики, при этом существенно улучшается качество дробления горных пород.

Проведенные позднее экспериментальные исследования в лабораторных, полигонных и промышленных условиях на ряде карьеров [71, 72] показали, что при взрывах зарядов рыхления и выброса происходит перераспределение энергии ВВ. При рациональных параметрах БВР максимум энергии идет на дробление, а минимум на сейсмический эффект.

1.3.2. Действие ударных воздушных волн взрывов

В работах [62, 101] указано, что для оценки давления в УВВ

взрыва скважинного заряда можно воспользоваться формулой:

$$\Delta P = (5,3\pm 2,4) K_{M} K_{S} \sqrt{n} \left(\frac{23d}{R}\right)^{1,5} 10^{5}, \qquad (1.11)$$

где ΔP - избыточное давление, Па;

Q - суммарная мощность взрыва, кг;

R - расстояние от места взрыва до точки измерения, м;

*К*_м - коэффициент, учитывающий влияние метеоусловий на интенсивность УВВ;

 K_3 - коэффициент, учитывающий влияние забойки скважинного заряда на интенсивность УВВ, при полном заполнении скважины ВВ до устья K_3 = 1, при длине забойки 20*d* - K_3 = 0,04;

d - диаметр скважины, м;

n - число одновременно взрываемых скважинных зарядов.

В работе В.П. Тарасенко [96], на основании теоретического анализа и экспериментальных исследований взрывов одиночных и групповых шпуровых и скважинных зарядов на объектах треста «Союзвзрывпром» установлена следующая зависимость:

$$\frac{l_{3a\delta}}{d} = \left[35\beta \sqrt{\frac{K}{\Delta}} \left(\frac{1}{\beta} + 0, 5\right)^{3/2}\right]^{-1} , \qquad (1.12)$$

где *К* - удельный расход BB на нормальное рыхление, кг/м³ (для аммонита 6ЖВ);

 Δ - плотность заряжания BB, т/м³;

*l*_{заб} - длина забойки, м;

d - диаметр скважины, м;

β - коэффициент, учитывающий свойства породы, тип ВВ и направление инициирования заряда.

Кроме того, необходимая длина забойки, обеспечивающая снижение дальности разлета кусков разрушенной породы и

составляющая на основании многолетнего опыта треста «Союзвзрывпром» $l_{aa\delta} \approx (20 \div 30) d_{aap}$ [2], существенно превосходит $l_{aa\delta} \approx (12 \div 15) d_{aap}$, обеспечивающую практически неизменную и минимальную интенсивность ударной воздушной волны.

В работах М.И. Ганопольского и др. [19...26] указывается, что для оценки давления в УВВ взрыва скважинного заряда можно воспользоваться формулой:

$$\Delta P = 4,7 \times 10^5 K_M K_T \left(\frac{\sqrt[3]{Q_3}}{r}\right)^{1,5} , \qquad (1.13)$$

где $Q_{\mathcal{P}}$ - масса эквивалентного заряда, кг; зависит от диаметра скважины, длины заряда и длины и материала забойки;

K_T - коэффициент, учитывающий влияние физико-технических свойств взрываемых пород и материалов на интенсивность УВВ;

К_м- коэффициент метеоусловий.

Для предотвращения неблагоприятных последствий взрывов, связанных с влиянием метеоусловий на распространение УВВ, в формулы для расчета давления на фронте УВВ предлагается ввести коэффициент K_M , зависящий от метеоусловий и учитывающий возможность появления неблагоприятных метеоусловий, когда $K_M>1$. Значения коэффициента метеоусловий K_M должны обеспечивать с заданной надежностью безопасность производства взрывных работ и, в то же время, не должны препятствовать их экономически выгодному ведению. В этом случае коэффициент K_M определяется не столько своей величиной, но и вероятностью реализации, которая в свою очередь связана с вероятностью реализации метеоусловий в зависимости от сезона проведения взрывных работ и расстояния между местом взрыва и рассматриваемым пунктом [19, 21, 25, 26, 104 и др.].

В работе Ю.А. Юрманова [110] на основании модельных экспериментов установлено, что при взрыве шпурового (скважинного) заряда без забойки продукты взрыва (ПВ), воздействуя на воздух, граничащий с зарядом в свободной части шпура, вызывают образование первичной ударной волны (предвестника), которая вырывается из шпура. Вслед за ней происходит истечение ПВ и идет расширение их в атмосферу. Благодаря высокой скорости истечения ПВ догоняют предвестник и сливаются с ним. По отношению к воздушной среде расширяющиеся ПВ играют роль поршня, что и является причиной образования УВВ.

В работе Н.И. Смолия и Б.Л. Брайнина [95] приведены результаты инструментальных исследований параметров УВВ, в которых рассматривались вопросы сложения импульсов УВВ от отдельных взрывов скважинных зарядов, а также влияние длины забойки на интенсивность УВВ. Измерения проводились при взрывах одиночных скважинных зарядов и групп из N скважинных зарядов. По своим параметрам (длина заряда в скважине и отношение длины заряда к его диаметру) заряды были близки к сосредоточенным. Принималось, что давление в УВВ с расстоянием затухает пропорционально $r^{-1,5}$.

На основании результатов проведенных наблюдений показано, что при массовых взрывах суммарное давление на фронте УВВ от взрыва N скважин пропорционально $N^{1/2}$, т.е. давления от взрывов одиночных скважинных зарядов складываются приближенно энергетически.

В работе В.С. Очирова [81] приведена формула для расчета давления в УВВ, образующихся при массовых взрывах на карьерах, согласно которой снижение давления в УВВ с расстоянием происходит пропорционально *r*^{-1,0}. При этом давление в УВВ, помимо
влияния метеоусловий и рельефа местности, определяется суммарной массой скважинных зарядов и величиной коэффициента k_n перехода доли потенциальной энергии ВВ в УВВ (зависит от параметров скважинных зарядов и определяется экспериментально для каждого карьера по сопоставлению с давлением в УВВ при взрывах наружных зарядов известной массы), а также коэффициентом f(N), учитывающим рассредоточенность скважинных зарядов и их рядную ориентацию относительно охраняемых объектов. Этот коэффициент равен $f(N) = \sqrt{2}N^{1/6}$ в направлении, перпендикулярном ряду, и $f(N) = N^{1/6}$ в остальных направлениях.

Согласно [81], расчет давления в УВВ, образующихся при массовых взрывах на карьерах, производят по формуле:

$$\Delta P = k \cdot k_{M} \cdot k_{p} \frac{\sqrt{Q_{\Sigma} k_{n}}}{r} f(N) , \qquad (1.14)$$

где *r* - расстояние, м;

k - коэффициент, учитывающий характер затухания УВВ при взрыве открытого заряда в неподвижной однородной атмосфере;

*k*_м - коэффициент, учитывающий метеорологические условия атмосферы на момент производства взрыва;

k_p - коэффициент, учитывающий рельеф местности между эпицентром взрыва и охраняемым объектом;

 Q_{Σ} - суммарная масса BB скважинных зарядов, кг;

k_n - коэффициент, учитывающий переход доли потенциальной энергии ВВ в УВВ при взрыве скважинных зарядов;

f(N) - коэффициент, учитывающий рассредоточенность скважинных зарядов и их рядную ориентацию относительно охраняемого объекта;

N - общее число скважинных зарядов.

В работе [81] справедливо указывается, что при взрывах

скважинных зарядов интенсивностью УВВ можно управлять путем изменения величины коэффициента k_n , определяемой конструкцией заряда, в т.ч. длиной забойки, а также числом взрываемых скважин, порядком взрывания и интервалом замедления.

В работе Р. Густафссона [32] приведена формула для расчета давления в УВВ при взрывах скважинных зарядов:

$$\Delta P = 700 \frac{\sqrt[3]{\frac{Q}{150}}}{R} , \qquad (1.15)$$

где *ДР* - избыточное давление в УВВ, мбар;

Q - масса заряда, кг;

R - расстояние, м.

В работе [20] приведена формула Sen G.C. для расчета давления в УВВ при взрывах скважинных зарядов:

$$\Delta P = 140 \frac{\sqrt[3]{\frac{W}{200}}}{D} , \qquad (1.16)$$

где: *ДР* - избыточное давление в УВВ, кПа;

W - масса заряда, кг;

D - расстояние, м.

Формулы (1.14), (1.15) и (1.16) не учитывают и ряд других моментов, связанных с влиянием физико-технических свойств взрываемых пород и метеоусловий, что особенно важно при оценке давления на больших расстояниях.

Оценка влияния забойки показала зависимость изменения давления в УВВ от приведенного расстояния $\bar{r} = \frac{r}{\sqrt[3]{Q}}$ и приведенной

глубины $\overline{W} = \frac{W}{\sqrt[3]{Q}}$ расположения сферических зарядов BB.

Однако ряд не учитываемых параметров (тип забойки, ДШ,

метеоусловия и др.) могут в значительной степени повлиять на интенсивность УВВ. Например, отсутствие забойки (воздушная забойка) может привести к увеличению давления на фронте УВВ до 10 раз и более.

Слабые УВВ (давление на фронте которых менее 10⁴ Па) чувствительны к метеоусловиям района в момент взрыва. Эти условия (изменение температуры воздуха, скорости и направления ветра по высоте и др.) могут быть «благоприятны» для распространения УВВ вдоль земли и неблагоприятны. При прочих равных условиях давление на фронте УВВ в первом случае может быть существенно выше среднего. С аномальными метеоусловиями связаны случаи сверхдальнего распространения УВВ и неожиданного и часто массового повреждения застекления [54].

Траектория луча слабой УВВ зависит от начального угла выхода луча θ_0 (угол между горизонтальной плоскостью и данным лучом у заряда) и от закона изменения скорости звука с высотой [97]. Поскольку все основные параметры состояния атмосферы меняются с высотой, то меняется и скорость звука. Если скорость звука меняется по линейному закону, т.е. имеется постоянный градиент скорости звука, то траектория луча слабой УВВ имеет форму дуги окружности, радиус которой зависит от величины градиента и угла выхода луча.

Некоторые вопросы влияния метеоусловий (влажность воздуха) на интенсивность УВВ рассмотрены в работах [14, 61, 81]. В частности, в работе Г.В. Кузнецова [61] указывается, что на близких расстояниях состояние атмосферы практически не оказывает влияния на величину давления на фронте УВВ. На больших расстояниях влажность воздуха, согласно [61, 81, 86], оказывает существенное влияние, а величина давления может изменяться в 2÷5 раз. В работе

[61] также указывается, что в зимний период давление в УВВ может быть в 1,2÷1,8 раза больше, чем летом.

В работе [61] указывается, что величина давления УВВ при взрывах скважинных зарядов ВВ зависит от большего числа факторов:

 $P = (-8,49 - 0,001R_p - 0,02H + 0,0003Q + 0,13l_{CKB} - 1,01n + 0,03N + 15,54\frac{a}{w})10^{-3}, (1.17)$

где *Р* - величина давления;

R_p - кратчайшее расстояние от места взрыва, м;

Н - превышение точки наблюдения над горизонтом взрыва, м;

Q - суммарный вес заряда, кг;

*l*_{скв} - глубина скважины, м;

n - число групп при короткозамедленном взрывании;

N - относительная влажность воздуха, %;

а - расстояние между скважинами, м;

w - линия сопротивления по подошве, м.

В работе [10] указано, что в случае инверсии обычным является возрастание интенсивности УВВ в 2÷3 раза. В таком аспекте наиболее благоприятными условиями выполнения взрывных работ являются ясные безветренные дни. Взрывы следует проводить не ранее 12 часов дня, т.к. к этому времени температурные инверсии, часто происходящие обычно в утренние часы, прекращаются. Возрастание избыточного давления на фронте УВВ может происходить при производстве взрывных работ в пасмурные дни при наличии низкой плотной облачности, сильном ветре, резком понижении температуры.

В работе Г.И. Блинова [14] рассмотрено влияние влажности воздуха на параметры УВВ. На основе теоретического анализа и модельных экспериментов доказано, что влажность воздуха и наличие тумана практически не влияют на изменение давления слабой УВВ.

Влияние метеоусловий и подстилающей поверхности на распространение УВВ в реальной атмосфере рассмотрено в работах В.Н. Родионова, В.В. Адушкина, В.Н. Костюченко, В.И. Куликова и др. Полученные данные [6] показывают, что в зависимости от скорости и направления ветра давление на фронте УВВ может изменяться в 1,5÷5 раз по сравнению со взрывом при отсутствии ветра. Наличие температурной инверсии (увеличение температуры воздуха с высотой) даже при отсутствии попутного ветра приводит к увеличению давления в УВВ в 1,5÷2,5 раза.

В работе [39] определяют ряд условий проведения взрывов на карьерах вблизи жилых районов. Взрыв откладывается независимо от силы И направления ветра, если В атмосфере существует положительный градиент температуры. При отрицательном градиенте и скорости ветра меньше 6,5 м/с фокусирование взрывных волн весьма незначительно, и взрыв можно производить. При скорости ветра, превышающей 6,5 м/с, и отрицательном температурном градиенте необходимо считаться с рядом следующих моментов. Если направление ветра в сторону жилых районов, взрыв необходимо отложить. Если взрыв небольшой и воздушная волна не причинит ущерба, то его производство возможно. Если ветер порывистый и количество порывов меньше 2÷3 в течение 5 минут, то взрыв возможно производить в интервале между порывами.

В работах Б.А. Аюрзанайна [8, 9] рассмотрено влияние влажности воздуха на параметры УВВ. На основе теоретического анализа и модельных экспериментов доказано, что влажность воздуха и наличие тумана практически не влияют на изменение давления слабой УВВ. Поэтому следует учитывать метеорологические явления, результатом действия которых является изменение

влажности воздуха и образование тумана. К числу главнейших из них относится изменение температуры воздуха с высотой.

Однако ни один из авторов не рассматривал эти вопросы изучения процессов разрушения горных пород взрывом, управления действием взрыва для обеспечения требуемого качества взорванной горной массы и уменьшения опасной зоны взрыва по воздействию на здания и сооружения в условиях Вьетнама. Поэтому конкретные рекомендации для условий Вьетнама могут быть даны только после проведения соответствующих теоретических и экспериментальных исследований, так как ранее проведенные исследования не в полной мере могут быть использованы для решения поставленной цели диссертационной работы.

Анализ работ также показал, что подавляющее большинство методов, снижающих действие сейсмических и ударных воздушных волн взрывов, в той или иной мере ведет к более полному использованию энергии зарядов ВВ и, как следствие, лучшему дроблению массива горных пород. т.е. существует корреляция между энергиями дробления, сейсмического эффекта и УВВ.

Таким образом, изменение параметров БВР, ведущее к улучшению дробления, является критерием снижения интенсивности сейсмических и УВВ нагрузок.

1.4. Цель и задачи исследований

Цель работы в соответствии с изложенным заключается в обосновании и разработке метода взрывания скальных горных пород, обеспечивающего уменьшение опасной зоны взрыва в условиях Вьетнама (на примере одного из крупнейших угледобывающих предприятий Вьетнама - Нуйбеоского угольного разреза) с одновременным уменьшением выхода негабарита для повышения производительности погрузочно-транспортного оборудования.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие основные 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 методов снижения сейсмического действия взрывов и интенсивности УВВ при взрывании скальных горных пород, обеспечивающих повышение безопасности и эффективности горных работ.

3. На основе полученных теоретических и экспериментальных результатов разработать метод взрывного разрушения скальных горных пород с использованием специальной конструкции забойки зарядов ВВ и провести его опытно-промышленную проверку на угольных разрезах Вьетнама.

ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВОВ И ДЕЙСТВИЯ УВВ ВЗРЫВОВ НА ОХРАНЯЕМЫЕ ОБЪЕКТЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ НА УГОЛЬНОМ РАЗРЕЗЕ «НУЙБЕО»

2.1. Экспериментальные исследования сейсмических эффектов от массовых взрывов в разрезе «Нуйбео»

Разрез «Нуйбео» расположен на севере Куангнинь - Вьетнам. Глубина разреза достигает более 220м, откосы уступов представляют собой крутые склоны с углом наклона до 75° в средней и нижней частях и с углом наклона 55÷65° в верхней части. Высота бортов разреза в предельном положении достигает 15÷20 м. Вблизи места производства взрывных работ на северо-западном участке разреза «Нуйбео» на расстояниях 100÷500 м от борта расположены жилые (ЖД). горно-транспортного предприятия дома здание $(\Gamma T\Pi),$ обогатительная фабрика (ОФ) и другие объекты (рис. 2.2, 2.3). Обеспечение сохранности этих объектов при проведении БВР было одной из наиболее сложных задач сохранения объёмов добычи угля на угольном разрезе «Нуйбео».

Целью настоящей работы является оценка сейсмического воздействия массовых взрывов в разрезе «Нуйбео» на охраняемые объекты и экспериментально-расчетное определение рациональных параметров БВР, обеспечивающих уменьшение опасной зоны взрыва при производстве массовых взрывов вблизи охраняемых объектов. На юго-восточном участке разреза «Нуйбео» с 18.06.11г. по 27.07.11г. и с 12.12.11г. по 29.01.12г были проведены замеры сейсмического воздействия и УВВ от взрывных работ по отбойке горных пород [112].

При выполнении настоящей работы использован комплексный метод исследований, включающий анализ литературных материалов,

теоретических обобщений и натурных измерений с применением современного цифрового сейсмографа «Blast Mate III» (производство Канада - рис. 2.1), обработки и анализа материалов с помощью специальной компьютерной программы Blastware [105], а также теоретический анализ и обобщение результатов. С помощью одного прибора можно одновременно регистрировать вибрации, условия окружающей среды и движение трещин в сооружениях. Исключается человеческого фактора, ошибки при обработке влияние И представлении информации в виде протокола, распечатанного компьютером сразу же после завершения взрыва.



Рис. 2.1. Сейсмограф «Blast Mate III»

Схема установки сейсмографа «Blast Mate III» на поверхности в зоне действия взрыва приведена на рис. 2.2, 2.3. Трехкомпонентные сейсмоприемники устанавливались в грунт на расстоянии 135÷700 м Амплитудно-частотные по отношению К месту взрыва. характеристики каналов имеют одинаковые коэффициенты усиления в частотном диапазоне 2÷250 Гц, т.е. имеют единый масштаб записи в указанном частотном диапазоне И соответствуют основным требованиям международных стандартов.

При проведении измерений сейсмических и ударных воздушных волн данный прибор позволяет получать максимальное количество параметров проводимых измерений на месте проведения

работ в распечатанном виде: результирующие скорости смещения грунта у основания зданий и сооружений при сейсмическом воздействии взрывов, мм/с; избыточное давление на фронте УВВ, Па; частоту сейсмических колебаний, Гц; период сейсмических колебаний, с; сейсмоускорение, см/с²; величину смещения грунта, мм; время действия взрыва, с.

Охраняемые объекты на поверхности поселка представлены преимущественно жилыми одноэтажными зданиями, возведенными на ленточных фундаментах из бутобетона. Обследование зданий показало, что большинство из них имеют нарушения, с которыми необходимо считаться при производстве взрывных работ.

Взорванные блоки были обурены скважинами диаметром 230 мм буровыми станками фирмы «ATLAS COPCO». Применялась прямоугольная и квадратная сетки скважин от 7,5х8,0 м до 8,5х9,0 м с глубиной скважин от 12 до 15 м (рис. 2.4). Взрываемая порода - песчаники серые, алевролиты с коэффициентом крепости $f=9\div12$.

Конструкция зарядов BB. В OCHOBHOM, сплошная с коэффициентом заполнения скважины взрывчатым веществом от 0,5 до 0,7. При проведении взрывных работ использовали в качестве ВВ ANFO. Внутрискважинная сеть монтировалась с использованием неэлектрических систем инициирования, поверхностная С поверхностных неэлектрических использованием систем инициирования (25, 42 мс). За период мониторинга сейсмического действия массовых взрывов было зарегистрировано 54 взрыва (табл. 2.1).



Рис. 2.2. Схема установки сейсмографа «Blast Mate III» и взрываемых блоков 18.06.2011 г. в разрезе «Нуйбео»



Рис. 2.3. Схема установки сейсмографа «Blast Mate III» и взрываемых блоков 25.07.2011 г. в разрезе «Нуйбео»



Рис. 2.4. Схема взрывной сети взрыва для взрыва в разрезе «Нуйбео» 18.06.2011 г.

Для расчета сейсмобезопасных параметров БВР и определения сейсмического воздействия взрывов на инженерные сооружения устанавливают количественную связь интенсивности сотрясений массива горных пород с параметрами взрыва и расстояниями от места взрыва до охраняемого объекта. В качестве основного критерия сейсмической опасности принято считать скорость колебаний частиц грунта. Скорость колебаний для многих типов грунтов мало зависит от геологических условий района производства взрывных работ. Вместе с тем скорость колебаний значительно изменяется в зависимости от факторов, определяемых технологией БВР. Основные из них - это масса и расположение зарядов по отношению к точке наблюдения, способ взрывания, глубина заложения и рассредоточение зарядов, как в скважине, так и по блоку в горизонтальной плоскости.

В процессе подготовки к взрывам необходимо было выбрать величины зарядов ВВ, число групп, время замедления, схемы взрывания и места замеров параметров сейсмической волн и УВВ. Влияние параметров взрывных волн на исследуемые объекты позволяют построить эмпирические кривые для определения допустимых масс заряда в зависимости от безопасных расстояний, обеспечивающих нормальную эксплуатацию комплекса жилых домов и других объектов.

В таблице 2.1 в процессе обработки результатов измерений для массовых взрывов по группам с временем замедления $t_{\kappa_{36}}=25\div42$ мс приведенное расстояние (R_{np}) определялось для каждой группы раздельно по формуле:

$$R_{np} = R / \sqrt[3]{Q_{z}}$$

$$(2.1)$$

где *R* - расстояние от места взрыва до точки измерения, м;

 Q_{z} - масса ВВ в группе замедления, кг.

Таблица 2.1

№ п/п	Дата проведения эксперимента	<i>Q,</i> кг	<i>Q</i> г, кг	Число групп, N	<i>t_{кзв}</i> , МС	<i>R</i> , м	<i>R_{пр},</i> м/кг ^{1/3}	<i>V_x</i> , мм/с	<i>V_y</i> , мм/с	<i>V₂</i> , мм/с	<i>V</i> , мм/с	Частота колебанийй <i>f</i> , Гц	∆Р, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15
1	18.06.2011г	10171	905	11	42	135	13,75	7,4	7,8	13,3	14,0	27,0	260
2	18.06.2011г	10171	905	11	42	199	20,57	19,3	10,5	10,4	19,5	19,7	179
3	18.06.2011г	10171	905	11	42	339	35,05	4,3	2,5	4,4	4,6	29,0	35
4	20.06.2011г	9312	1188	8	42	677	63,92	3,1	1,8	8,8	8,8	5,3	19
5	20.06.2011г	9312	1188	8	42	715	67,51	3,6	1,0	5,5	6,1	4,8	25,3
6	20.06.2011г	9312	1188	8	42	495	46,74	5,1	2,9	4,7	6,1	3,8	21,0
7	21.06.2011г	9755	2497	4	42	666	49,09	1,7	0,9	3,1	3,1	3,8	7,3
8	21.06.2011г	9755	2497	4	42	705	51,97	1,6	0,8	3,1	3,0	3,7	6,0
9	21.06.2011г	9755	2497	4	42	497	36,63	2,2	2,2	1,7	3,1	2,0	10,3
10	22.07.2011г	20426	2489	8	25	654	48,26	1,5	0,6	2,8	2,9	3,3	4,0
11	22.07.2011г	20426	2489	8	25	699	51,58	4,7	1,4	8,0	9,3	5,9	46,3
12	22.07.2011г	20426	2489	8	25	501	36,97	13,3	9,0	5,8	14,7	2,9	32,3
13	23.07.2011г	10660	666	16	42	481	55,08	7,1	3,8	11,7	12,6	2,9	25,0
14	23.07.2011г	10660	666	16	42	523	59,89	4,1	2,4	9,3	9,7	2,9	30,8
15	23.07.2011г	10660	666	16	42	338	38,70	11,8	14,7	9,5	15,5	2,2	28,8
16	24.07.2011г	17271	1029	17	25	402	39,82	7,1	2,7	5,7	9,2	3,2	30,0

Параметры взрывов и результаты измерений параметров сейсмических волн и УВВ в разрезе «Нуйбео»

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15
17	24.07.2011г	17271	1029	17	25	273	27,04	13,2	7,2	12,6	17,1	2,7	128
18	24.07.2011г	17271	1029	17	25	359	35,56	5,2	3,3	6,0	6,9	3,8	44,0
19	25.07.2011г	9199	823	11	42	330	35,21	7,2	4,2	6,6	8,1	6,7	14,3
20	25.07.2011г	9199	823	11	42	189	20,17	21,6	22,7	27,3	33,6	3,9	51,3
21	25.07.2011г	9199	823	11	42	301	32,12	6,7	8,8	12,6	13,1	2,8	23,0
22	26.07.2011г	6901	922	7	42	327	33,60	9,3	4,8	5,8	10,5	3,1	22,8
23	26.07.2011г	6901	922	7	42	206	21,17	24,6	17,0	23,6	27,8	3,9	66,5
24	26.07.2011г	6901	922	7	42	291	29,90	9,1	5,6	10,8	11,5	4,4	43,5
25	27.07.2011г	14258	1298	11	25	577	52,90	6,9	2,5	10,7	10,8	2,8	6,8
26	27.07.2011г	14258	1298	11	25	622	57,02	2,7	1,5	6,2	6,5	2,0	10,3
27	27.07.2011г	14258	1298	11	25	434	39,79	3,8	3,6	7,2	7,5	2,2	18,5
28	12.12.2011г	5114	213	24	42	196	32,82	7,4	9,3	11,8	13,4	11,3	25,0
29	12.12.2011г	5114	213	24	42	719	120,39	0,5	0,4	0,6	0,66	11,3	9,0
30	12.12.2011г	5114	213	24	42	399	66,81	0,4	0,4	0,4	0,60	15,5	18,0
31	13.12.2011г	5499	295	19	42	347	52,13	2,4	2,0	3,6	4,39	10,1	23,1
32	13.12.2011г	5499	295	19	42	705	105,90	0,6	0,6	1,0	1,20	5,9	0,8
33	13.12.2011г	5499	295	19	42	518	77,81	1,0	2,2	2,7	3,37	30,0	4,0
34	13.12.2011г	2562	288	9	42	218	33,01	4,7	1,8	4,8	5,88	9,5	26,0
35	13.12.2011г	2562	288	9	42	682	103,27	0,3	0,1	0,1	0,31	10,1	6,3
36	13.12.2011г	2562	288	9	42	391	59,21	1,7	2,0	2,4	2,93	31,0	18,3
37	13.12.2011г	6574	565	12	25	138	16,69	28,8	8,5	14,8	29,60	8,1	37,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15
38	13.12.2011г	6574	565	12	25	563	68,10	3,3	2,7	3,2	4,16	7,6	8,3
39	13.12.2011г	6574	565	12	25	302	36,53	5,8	5,7	11,2	12,50	9,3	18,0
40	15.12.2011г	4719	283	17	42	122	18,58	11,0	6,6	20,1	21,00	32,0	20,3
41	15.12.2011г	4719	283	17	42	683	104,03	1,7	0,8	1,8	2,04	3,6	4,8
42	15.12.2011г	4719	283	17	42	481	73,26	1,9	3,2	2,4	3,50	37,0	21,0
43	28.01.20121г	2134	312	7	42	335	49,39	1,9	1,5	1,7	2,20	13,7	68,5
44	28.01.2012г	2134	312	7	42	267	39,37	3,3	2,4	2,4	4,62	19,7	32,0
45	28.01.2012г	2134	312	7	42	291	42,91	1,0	4,8	3,1	3,30	11,0	18,0
46	28.01.2012г	2134	312	7	42	485	71,51	1,5	1,0	3,1	3,22	5,5	6,0
47	29.01.2012г	2889	374	8	42	392	54,41	1,9	1,5	1,7	2,22	13,7	37,3
48	29.01.2012г	2889	374	8	42	339	47,05	2,4	2,0	3,7	4,36	20,0	11,5
49	29.01.2012г	2889	374	8	42	377	52,33	2,5	2,3	2,7	3,41	9,1	18,0
50	29.01.2012г	2889	374	8	42	499	69,26	3,3	2,2	3,4	4,25	41,0	6,0
51	29.01.2012г	1343	375	4	42	335	46,46	0,9	1,4	0,8	1,68	18,5	9,8
52	29.01.2012г	1343	375	4	42	267	37,03	3,1	1,3	3,6	3,62	18,8	5,5
53	29.01.2012г	1343	375	4	42	285	39,52	4,8	1,5	1,8	5,03	9,0	9,3
54	29.01.2012г	1343	375	4	42	483	66,98	2,9	1,9	2,5	3,83	41,0	4,3

2.2. Оценка сейсмического воздействия массовых взрывов в разрезе «Нуйбео» на охраняемые объекты

Для расчета сейсмобезопасных параметров БВР и определения сейсмического воздействия взрывов на инженерные сооружения устанавливают количественную связь интенсивности сотрясений массива горных пород с параметрами взрыва и расстояниями от места взрыва до охраняемого объекта. В качестве основного критерия сейсмической опасности принято считать скорость колебаний частиц грунта. При этом величина скорости сейсмических колебаний выражается формулой:

$$V = 2\pi f S \quad (2.2)$$

где *V* - скорость колебаний, см/с;

S - амплитуда смещения грунта, см;

f=1/T - частота колебаний, Гц; T - период колебаний, с.

колебания. Обычно вызванные взрывами, близки к квазигармоническим. Исключение могут составлять сейсмические колебания, регистрируемые в ближней зоне взрыва. При изменении свойств грунтов величины S и T либо одновременно возрастают, либо убывают, одновременно практически не изменяясь в противоположных направлениях. Поэтому для различных грунтов вариации отношения S/T и, следовательно, величины скорости V будут относительно невелики. М.А. Садовский считает, что скорость колебаний грунта ~10 см/с является предельно-допустимой для большинства сооружений [91]. инженерных При условии многократного действия взрывов опасной можно считать скорость колебаний грунта 2÷3 см/с [19, 40, 101 и др.].

Из условия равенства последствий воздействия колебаний при взрывах и землетрясениях предложена шкала сейсмической балльности при взрывах [19, 101]. Значения скоростей колебаний

грунта и соответствующая им интенсивность колебаний при взрывах приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Интенсивность в баллах	<i>V</i> , см/с
1	V < 0.5
2	0,5 ÷ 1
3	1 ÷ 2
4	2 ÷ 4
5	$4 \div 8$
6	8 ÷ 16
7	16 ÷ 32
8	32 ÷ 64
9	64 ÷ 125
10 ÷ 12	125 ÷ 500 и более

Шкала сейсмической балльности при взрывах

Другим важнейшим критерием сейсмической опасности массовых взрывов является период (частота) колебаний грунта. В отличие от скорости колебаний, величина периода во многом определяется свойствами грунта в районе наблюдения. Изменяясь с расстоянием до места взрыва, период колебаний согласно закономерности логарифмического вида можно представить следующей формулой [75]:

$$T = k_r \lg r , \qquad (2.3)$$

где Т - период колебаний, сек;

r - расстояние от места взрыва до места наблюдения, м;

*k*₂ - коэффициент, изменяющийся от 0,01 для скальных пород до 0,13 для грунтов водонасыщенных.

Равенство (2.3) выражает лишь самые общие закономерности изменения периодов. Более или менее точные значения периодов колебаний в районе наблюдений могут быть получены инструментальным путем с использованием сейсмической аппаратуры.

Скорость колебаний для многих типов грунтов мало зависит от геологических условий района производства взрывных работ. Вместе с тем скорость колебаний значительно изменяется в зависимости от факторов, определяемых технологией буровзрывных работ. Основные из них - это масса и расположение зарядов по отношению к точке наблюдения, способ взрывания, глубина заложения и рассредоточение зарядов, как в скважине, так и по блоку в горизонтальной плоскости.

Физико-технические свойства горных массивов, их текстура и трещиноватость являются важнейшими факторами, определяющими характер распространения сейсмических колебаний в различных направлениях от места взрыва. Большинство массивов горных пород в разрезе «Нуйбео» являются анизотропными, для которых упругие сейсмические волны по простиранию и вкрест простирания не одинаковы. Наблюдениями сейсмических колебаний установлено, что все грунты имеют неодинаковую сейсмичность и, в связи с этим, делятся на 3 категорий: известняки, полускальные крупноблочные грунты и глинистые.

При оценке сейсмического действия взрывов, учитывались особенности частоты колебаний сооружения охраняемых объектов. Поэтому для учета частотных характеристик колебаний грунта в основании зданий и сооружений во время взрыва, а также для оценки частоты собственных колебаний охраняемых объектов по всем зарегистрированным сейсмограмма был выполнен частотный

спектральный анализ (рис. 2.5, 2.6).





Частота f, Гц



Как видно из сейсмограммы (рис. 2.7, 2.8), возникающие движения являются сложными. Форма записи их составляющих X, Y, Z, соответствуют первым периодам. Однако эти колебания быстро затухают и через 1÷2 с становятся незаметными. Скорости колебаний грунта приобретают максимальные значения раньше, чем в здании. Горизонтальные компоненты скорости колебаний грунта более чем в 1,5 раза выше, чем соответствующие скорости колебаний здания на уровне перекрытия, что свидетельствует о хороших амортизирующих свойствах фундаментов. Величина вертикальной компоненты скорости колебаний грунта также выше, чем соответствующая скорость колебания здания.



- Vert- V_y= 7,57 мм/с
- Frequency $f = 27 \Gamma \mu$

- Long- V_z= 13,3 мм/с
- Peak vector Sum- V= 14,0 мм/с

Рис. 2.7. Сейсмометрический отчет массового взрыва от 18.06.2011 г

Event Report 🌽 Instantel Date/Time Vert at 15:56:28 July 25, 2011 Trigger Source Geo: 3.00 mm/s, Mic: 35.6 pa.(L) Range Geo: 254 mm/s Record Time 2.0 sec at 2048 Job Number 2.0 Serial Number BA15868 V 10.06-8.17 BlastMate III 6.2 Volts June 16, 2010 by Instantel inc. Q868DV21.M40 Battery Level Unit Calibration File Name Job Number: Notes location:Vach USBM RI8507 And OSMRE Client:bang tai dn User Name:Duc+Dai General:Vi tri 2 254 111 200 Extended Notes Microphone Linear Weighting PSPL 51.3 pa (L) at 0.440 sec ZC Freq 3.9 Hz Channel Test Passed (Freq = 20.5 Hz Amp = 449 mv) 100 Long 27.3 Tran Vert PPV ZC Frea 22.7 mm/s 21.6 11.9 0.213 0.159 Hz sec 47 6.4 ZC Freq Time (Rel. to Trig) Peak Acceleration Peak Displacement Sensor Check 0.232 0.677 œ Velocity (mm/s) 0.186 g mm 20 0.808 Passed 7.5 0.508 Passed 0.702 Passed 7.6 Hz 7.6 3.5 Frequency **Overswing Ratio** 3.6 3.5 Peak Vector Sum 33.6 mm/s at 0.499 sec Frequency (Hz) Tran: + Vert: x Long: ø MicL 0.0 0.0 Long 0.0 Vert 0.0 Tran 0.0 1.0 2.0 Time Scale: 0.20 sec/div Amplitude Scale: Geo: 10.00 mm/s/div Mic: 20.0 pa.(L)/div Trigger = ------Sensor Check Printed: March 19, 2014 (V 10.40 - 10.40) Format @ 1995-2012 Xmark Corporation - Tran- V_x= 21,6 мм/с - PSPL- ΔР= 51,3 Па

СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

- Vert- V_y= 22,7 мм/с

- Frequency - $f = 3.9 \Gamma \mu$

- Long- V_z= 27,3 мм/с
- Peak vector Sum- V= 33,6 мм/с



В таблице 2.1 приведены параметры взрывания и скорости смещения колебаний грунта, измеренные в основании объектов промплощадки (рис.2.2, 2.3): жилые дома (ЖД), здание горнотранспортного предприятия (ГТП) и обогатительная фабрика (ОФ). Исходя из полученных характеристик, ГТП и ОФ можно отнести к жестким зданиям ($f > (5 \div 10 \ \Gamma u)$), а ЖД можно отнести к полужестким ($f < 5,0 \ \Gamma u$).

Анализом спектральных характеристик исследуемых зданий (рис. 2.7, 2.8) установлено, что в спектре собственных колебаний здания, нарушенном крупными трещинами, имеется несколько максимумов: у здания, имеющего крупные трещины - при частоте более 10÷40 Гц (ЖД) и у здания, не имеющего крупных трещин - при частоте менее 5÷10 Гц (ГТП и ОФ).

Гистограмма распределения частот колебаний грунта при массовых взрывах, соответствующих максимальным амплитудам, приведена на рисунке 2.9. Преобладающие частоты колебаний грунта при взрывах лежат в диапазоне < 5,0 Гц (на 40,7 %).



Рис. 2.9. Диаграмма распределения частотных параметров сейсмических колебаний при производстве массовых взрывов на угольном разрезе «Нуйбео»

В работах [19, 101 и др.] рекомендуется при выборе допустимой скорости учитывать раскачку здания. Здесь под раскачкой понимается

отношение максимального смещения измеренного на верху здания к максимальному смещению грунта. Аналогично понимается раскачка по скорости.

Опыт показывает, что для жестких зданий обычного типа величина раскачки не превышает 2÷3 раз, а для гибких 4÷5 раз. Если прямые измерения показывают, что в данном конкретном случае раскачка превышает эти значения, то допустимую скорость рекомендуется уменьшать пропорционально раскачке.

Поэтому ДЛЯ сохранности зданий сооружений И при производстве массовых взрывов на угольном разрезе «Нуйбео», предельно допустимые заряды взрывчатых на ступень замедления должны быть ограничены до таких пределов [40], при которых возникающие максимальные скорости колебаний были бы меньше, чем предусмотрено стандартом безопасности с учетом частоты колебаний. Учитывая запас прочности кирпичной кладки при повторных нагрузках, максимальная скорость колебаний не должна превышать 30 мм/с при колебаниях, в спектре которых превалируют частоты до 5 Гц.

2.3. Определение допустимой массы зарядов ВВ на ступень замедления в зависимости от расстояния до охраняемого объекта при производстве массовых взрывах в разрезе «Нуйбео»

Ha основе результатов натурных измерений параметров ударных воздушных и сейсмических волн (табл. 2.1) при проведении серии опытно-промышленных и текущих массовых взрывов в горном массиве Нуйбеоского участка разреза, были получены данные, позволяющие оценить степень воздействия взрывов на охраняемые объекты с учетом их категории. На их основе были разработаны рекомендации по допустимой массе зарядов ВВ на ступень зависимости ОТ расстояний, обеспечивающих замедления В

уменьшение опасной зоны взрыва (сейсмоэффект и УВВ) при производстве массовых взрывов вблизи охраняемых объектов.

На основе приведенных в таблице 2.1 результатов измерений, на рис. 2.10, 2.11 построены графики зависимостей $V = V(R_{np})$ и $\Delta P = \Delta P(R_{np})$.





горных пород от приведенного расстояния



Рис. 2.11. Величина избыточного давления ∆Р (Па) в зависимости от приведенного расстояния R_{пр} (м/кг^{1/3})

По графику на рис. 2.10 изменения скорости смещения

элементов зданий, сооружений в зависимости от приведенного расстояния *R_{np}* получена аппроксимирующая формула:

$$V = 2423, 4R_{np}^{-1.509}$$
 при $10 \le R_{np} \le 120$ м/кг^{1/3} (2.4)

Из графика на рис. 2.11 видно, что максимальное значение давления от действия УВВ на охраняемые объекты составляет приблизительно $\Delta P < 110$ Па. Эта величина давления существенно меньше, чем нагрузка, возникающая от воздействия сейсмических волн при взрывании вблизи зданий и сооружений [19, 40, 105]. Поэтому в данном случае, сейсмовоздействие взрывов являются определяющими при производстве массовых взрывов в разрезе «Нуйбео».

При выборе безопасных режимов взрывания исходят из того, чтобы уровень сейсмического действия взрыва не превысил предельно допустимого значения (V_{don}), основываясь на существующих нормативных данных, фактическом состоянии охраняемых объектов.

Таким образом, задаваясь допустимым значением $V=V_{don}$ из формулы (2.4), можно определить соответствующие допустимые величины массы зарядов BB ($Q_{z.don}$) на ступень замедления в зависимости от расстояния R (м) по формуле:

$$Q_{2.00n} = \left(\frac{V_{00n}}{2423,4}\right)^{1.98} R^3$$
 (2.5)

При выборе значений допустимой скорости колебаний в основании охраняемых сооружений необходимо учитывать назначение и состояние зданий и сооружений, конструктивные особенности строений, характеристику технического состояния объектов И них деформаций. имеюшихся В Большинство разнообразных жилых и промышленных построек, расположенных в

зоне сейсмического действия взрывов, относятся к промышленным сооружениям II класса. Поэтому для обеспечения безопасности сооружений и зданий при массовых взрывах на угольном разрезе «Нуйбео» в качестве порогового значения скорости смещения их фундаментов согласно [40] необходимо принять $V_{don} \leq 31,75$ мм/с.

На основе анализа и обобщения экспериментально-расчетных результатов при взрывании вблизи зданий и сооружений в качестве для пороговой сейсмической скорости колебаний предлагается принять величину V_{don} =30,0 мм/с. Принятая величина пороговой скорости смещения является минимальной для зданий и сооружений, обеспечивает безопасность во время проведения массовых взрывов (см. раздел 2.2).

Тогда, подставляя пороговое значение скорости смещения V_{don} =30,0 мм/с в формулу (2.5), получим предельно-допустимые массы зарядов BB ($Q_{z.don}$) на ступень замедления в зависимости от расстояния R, которые приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3

Предельно-допустимые массы зарядов ($Q_{z.don}$) на ступень замедления в зависимости от расстояния до охраняемого объекта при V_{don} =30 мм/с

<i>R</i> , м	100	150	200	250	300	350	400	450	500
$Q_{\it г.don}$, кг	161	545	1292	2523	4360	6924	10335	14716	20186

На основании полученных результатов измерений был проведен анализ для определения оптимального интервала времени замедления между группами взрываемых зарядов при массовых взрывах в разрезе «Нуйбео». Анализируя экспериментальные результаты опытно-промышленных взрывов отмечено, что время замедления взрывов, т.е. интервал замедления между группами зарядов ВВ при взрывании с допустимой пороговой скоростью смещения $V=V_{nop}\leq 30$

мм/с в интервале t_{K3B} =25÷42 мс является оптимальным.

Однако следует здесь подчеркнуть, что при проведенных выше исследованиях влияние типа ВВ и длины и структуры забойки в скважинах на величину сейсмического эффекта, а также этих факторов и метеоусловий на интенсивность УВВ не рассматривалось. Поэтому для повышения достоверности оценки сейсмического эффекта, максимальной массы заряда ВВ в группе, и определения безопасного расстояния при массовых взрывах, а также повышения эффективности БВР возникла необходимость в разработке методики оценки сейсмического эффекта при массовых взрывах, учитывающей как природные, так и технологические факторы, влияющие на сейсмический эффект от взрывов.

2.4. Выводы по главе 2

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, расположенные в арйоне производства взрывных работ на разрезе. Допустимые значения скорости сейсмоколебаний грунта в основании рассмотренных 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, обеспечивающие безопасность сооружений и зданий в зоне воздействия взрывных работ и повышение эффективности горных работ при проведении массовых взрывов в разрезе «Нуйбео».

ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА СНИЖЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВОВ И ИНТЕНСИВНОСТИ УВВ ПРИ ВЗРЫВАНИИ СКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

3.1. Методика проведения экспериментальных работ

3.1.1. Методика проведения экспериментальных работ

Экспериментальные взрывы проводились на юго-восточном участке разреза «Нуйбео». Выбор участка определялся постоянством структуры и прочностных свойств массива горных пород. На рис. 3.1. буровая представлена техника И площадка для проведения полигонных исследований на юго-восточном участке разреза «Нуйбео».



Рис. 3.1. Буровой станок «ATLAS COPCO» на площадке для проведения полигонных исследований в разрезе «Нуйбео»

Для измерения параметров УВВ и сейсмических волн в этой главе работы использовались рассмотренные в главе 2 методика измерения и измерительные приборы, аппаратура и регистрирующие устройства.

В соответствии с основной целью исследовательской работы критериями при оценке взрывов являются качество дробления взорванной горной массы, уровни сейсмических колебаний грунта и давления на фронте УВВ.

Качество дробления характеризуется заданной степенью дробления, которое обычно оценивается критериями кусковатости. Показатель негабарита, определяемый как процент выхода некондиционной горной массы относительно ее общего объема, является достаточно надежным и точным критерием оценки качества дробления в пределах одних и тех же технологических процессов, где не изменяются сами критерии отнесения горной массы К негабаритной.

Размер кондиционного куска (величина *d_n*) определяется видом и мощностью горно-транспортного оборудования, применяемого во всей технологической цепочке горного производства [65, 67]:

- по емкости ковша экскаватора

$$d_{H} \le 0,75\sqrt[3]{E}, \mathcal{M} \tag{3.1}$$

где E - емкость ковша экскаватора, м³;

- для кузовов автосамосвалов во избежание разрушающих нагрузок ориентировочно

$$d_{H} \le 0, 5\sqrt[3]{V}, \mathcal{M} \tag{3.2}$$

где V - объем кузова, м³.

Оптимальный размер куска взорванной горной массы для двух технологических процессов (погрузка и транспортирование) можно определить по формуле:

$$d_{cp} = (0, 15 \div 0, 2)\sqrt[3]{E}, \mathcal{M}$$
(3.3)

В случае же более общего решения задач достижения заданной степени дробления применительно к ряду технологических процессов, характеризуемых изменением самих требований к кондиционности взорванной горной массы, оценка качества дробления лишь по процентному выходу негабарита представляется несостоятельной.

Таким образом, в работе использовался фотопланиметрический

способ с линейным подсчетом проекции кусков каждой фракции [65]. По развалу взорванной породы на различных интервалах через определенные расстояния натягивают ленты и измеряют длину всех крупных кусков, попавших на ленты. Выход негабарита определяют как отношение суммарной длины крупных негабаритных кусков $\sum l_{\mu}$ к общей длине линии $\sum L$:

$$V_{H} = \frac{\sum l_{\mu}}{\sum L} 100\%$$
(3.4)

3.1.2 Факторы и методы снижения сейсмического действия взрывов и интенсивности УВВ и регулирования дробления горных пород

Выполненный анализ исследований различных авторов указал на тенденцию раздельного решения вопросов снижения действия сейсмических И ударных воздушных волн И увеличения коэффициента полезного использования энергии взрыва [19, 72, 93]. Основные энергией взрыва методы управления могут быть подразделены на ряд групп (рис. 3.2) [72].



Рис. 3.2. Основные методы управления энергией взрыва для снижения сейсмического действия взрывов и интенсивности УВВ



Рис. 3.3. Факторы, обусловливающие величину и степень сейсмического действия взрывов и действия УВВ

Анализ работ также показал, что подавляющее большинство методов (рис. 3.3), снижающих сейсмическое и УВВ действие взрывов, в той или иной мере ведут к более полному использованию энергии зарядов ВВ и, как следствие, лучшему дроблению массива горных пород. Следовательно, существует корреляция между энергиями дробления, сейсмического эффекта и УВВ. Отсюда, снижение доли энергии сейсмоизлучения в общем энергобалансе взрыва и уменьшение за счет этого сейсмического действия является наиболее приемлемым методом.

3.2. Экспериментальное исследование влияния метеоусловий на интенсивность УВВ

Интенсивность УВВ зависит от характера распространения УВВ над поверхностью земли, что характеризуется состоянием атмосферы: плотности, температуры, давления и влажности воздуха, скорости ветра, облачности... Они непрерывно изменяются во времени и в пространстве [19, 20, 25, 31 и др.].

Таким образом, учет влияния метеоусловий на параметры УВВ необходим при прогнозировании интенсивности УВВ и определении безопасных расстояний при производстве взрывных работ. Изучение условий формирования и методов управления УВВ при взрывах приобретают еще большую актуальность в климатических условиях Вьетнама.

Взрывы на угольных разрезах Куангнинь в весенне-летний период года, в основном, производятся при температуре воздуха выше 30^{0} в сопровождении слабых ветровых порывов (при проведении измерений скорость ветра у поверхности не превышала 3 м/с, среднегодовая относительная влажность воздуха не превышала 60 %), а при взрывах в осенне-зимний период года температура воздуха колеблется от 15^{0} ÷ 20^{0} С в сопровождении сильных ветровых порывов

(скорость ветра у поверхности превышала 5 м/с, среднегодовая относительная влажность воздуха превышала 70 %).

В таблице 2.1 главы 2 работы были проведены исследования по оценке действия УВВ на охраняемые объекты при производстве массовых взрывов на угольном разрезе «Нуйбео» в летнее и зимнее время 2011÷2012г., но они не учитывают климатических факторов региона Куангнинь. Поэтому В данной работе проводятся экспериментально-расчетные исследования определению ПО УBВ безопасных параметров на охраняемые объекты при производстве взрывных работ вблизи охраняемых объектов на угольном разрезе «Нуйбео» в осенне-зимний период (с 12.2012г. по 04.2013г.) и в весенне-летний период (с 06.13г. по 09.13г.) [108] с учетом климатических условий города Куангнинь- Вьетнама. Схема установки сейсмографа и взрываемых блоков на площадке для проведения полигонных исследований от 23.01.2013г. на рис. 3.4.

Длина скважин изменялась от 10 до 15 м, диаметр скважин составлял 230 мм. Масса заряда и тип применяемого взрывчатого составлял 400÷700 ANFO. вещества не изменялся И КΓ Внутрискважинная поверхностная сети монтировались И С использованием скважинных и поверхностных неэлектрических систем инициирования (25, 42 мс). Результаты измерения параметров УВВ представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Параметры проведенных взрывов и результаты измерений параметров УВВ в зависимости сезона проведения взрывных работ

Месяцы	Дата взрывов	t, ⁰C	N, %	∨, м/с	<i>Q</i> , кг	<i>Q</i> гр, кг	<i>R</i> , м	$R_{np},$ м/кг ^{1/3}	<i>∆Р</i> , Па	Приме чание
				2,34	9212	830	677	72,0	8,4	+
	11.05.2012г	32	60	1,26	9212	830	715	76,1	9,7	-
				2,74	9212	830	495	52,7	13,4	+

				2,86	10060	880	481	50,2	14,6	-
в весенне-	18.06.2012г	30	62	2,42	10060	880	523	54,6	16,9	-
				0,68	10060	880	338	35,3	28,8	+
летнии				9,04	2889	315	392	57,6	37,3	+
период	22.07.2012г	34	59	4,2	2889	315	339	49,8	11,5	-
				3,38	2889	315	499	73,3	6,0	-
				10,3	6874	905	138	14,3	78,7	-
	26.07.2012г	35	55	4,09	6874	905	563	58,2	8,3	-
				3,4	6874	905	302	31,2	18,0	+
				9,95	4919	205	122	20,7	92,0	+
	19.08.2012г	29	65	0,75	4919	205	683	115,8	4,8	-
				2,45	4919	205	481	81,6	10,2	-
	23.09.2012г			5,0	1943	302	335	49,9	9,8	-
		27,5	57	5,11	1943	302	267	39,8	15,5	+
	23.09.2012г			6,23	1943	302	285	42,5	9,3	+
	12.11.2012г	22	88	18,0	10171	905	133	13,7	260,0	+
				19,7	10171	905	199	20,6	179,0	+
				4,5	10171	905	339	35,0	35,0	-
	03.12.2012г	18	92	6,9	9199	823	330	35,2	14,3	-
				6,9	9199	823	189	20,2	51,3	+
				5,7	9199	823	301	32,1	23,0	+
				5,1	6901	922	327	33,6	22,8	-
	23.01.2013г	14	95	4,2	6901	922	206	21,2	66,5	+
в осенне-				4,7	6901	922	291	29,9	43,5	-
ЗИМНИИ				4,7	5114	213	196	32,8	25,0	+
период	14.02.2013г	15	96	3,8	5114	213	719	120,4	9,0	+
				7,1	5114	213	399	66,8	18,0	-
				4,3	2562	288	218	33,0	26,0	+
	29.02.2013г	15,5	92	1,2	2562	288	682	103,3	6,3	-
				4,0	2562	288	391	59,2	18,3	-
				6,2	2134	312	335	49,4	29,0	+
	07.03.2013г	19	89	5,0	2134	312	267	39,4	32,0	+
				4,7	2134	312	291	42,9	18,0	-

Примечание: v - скорость ветра, м/с; t - температура воздуха, ⁰C;

N - относительная влажность воздуха, %;

Направление ветра: (+) по ветру; (-) против ветра.


Рис. 3.4. Схема установки сейсмографа и взрываемых блоков на площадке для проведения полигонных исследований от 23.01.2013г.



Рис. 3.5. Зависимость избыточного давления на фронте УВВ от приведенного расстояния при взрывах в весенне-летний период и осенне-зимний период

Численный анализ результатов натурных измерений (рис. 3.5) параметров УВВ при массовых взрывах на угольном разрезе «Нуйбео» показывает, что графики изменения избыточного давления ΔP на фронте УВВ в зависимости от приведенного расстояния R_{np} в всеенне-летний и осенне-зимний периоды имеют вид:

в осенне-зимний:
$$\Delta P_1 = 5572 R_{np}^{-1,44}$$
 (R²= 0,858); (3.5)

в весенне-летний:
$$\Delta P_2 = 3079 R_{np}^{-1,36}$$
 (R²= 0,716). (3.6)

Тогда из (3.5) и (3.6) можно получить следующие формулы для расчета массы взрываемого заряда в зависимости от расстояния при $\Delta P = \Delta P_{nop}$:

в осенне-зимний:
$$Q_1 = \left(\frac{\Delta P_{1.nop}}{5572}\right)^2 R^3$$
, кг; (3.7)

в весенне-летний:
$$Q_2 = \left(\frac{\Delta P_{2,nop}}{3079}\right)^2 R^3$$
, кг. (3.8)

Из формул (3.5)÷(3.8) следует, 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%.

Численный анализ и обобщение результатов натурных измерений параметров УВВ при массовых взрывах показывают (рис.3.6), что при повышении влажности воздуха с 65 % до 95 % избыточное давление УВВ увеличивается до 4 раз.



Рис. 3.6. Зависимость избыточного давления на фронте УВВ

от влажности воздуха

Уровень усиления или ослабления давления УВВ в зависимости от скорости и направления ветра в момент взрыва (показан на графиках на рис.3.7, 3.8) составил:

- при изменении скорости ветра от 3,4 до 5,4 м/с (слабый ветер) величина давления в УВВ увеличилась в 1,43 раз;

- при изменении скорости ветра от 5,5 до 7,9 м/с (умеренный ветер) величина давления в УВВ увеличилась в 1,54 раз;

- при изменении скорости ветра от 8,0 до 10,7 м/с (свежий ветер) величина давления в УВВ увеличилась в 1,62 раз;

- при изменении скорости ветра от 10,8 до 13,8 м/с (сильный ветер) величина давления в УВВ увеличилась в 1,71 раз;

- при изменении скорости ветра от 13,9 до 17,1 м/с (крепкий ветер) величина давления в УВВ увеличилась в 1,78.



Рис. 3.7. Зависимость избыточного давления на фронте

ударной волны от скорости ветра



Рис. 3.8. Изменение давления в ударной воздушной волне в зависимости от направления и скорости ветра

3.3. Экспериментальное исследование влияния типа ВВ на сейсмическое действие взрывов

Эффективность взрывных работ в значительной мере зависит от применяемого взрычатого вещества (ВВ), обусловливающего

величину и форму взрывного импульса. Тип ВВ является основным показателем при определении максимального значения давления и скорости его нарастания. Скорость нарастания в свою очередь зависит от скорости детонации и дисперсного состояния ВВ. Влияние типа ВВ на сейсмический эффект от взрыва установлено сравнительно недавно, ранее считалось, что ВВ различного типа в пределах точности опыта дают одинаковый сейсмический эффект от взрыва. Установлено, что более мощные ВВ дают больший сейсмический эффект по сравнению с менее мощными ВВ. В то же время ВВ с более высокой скоростью детонации генерируют колебания, в спектре которых преобладают более высокие частоты, на которые приходится основная часть энергии.

Поэтому при выборе типа ВВ необходимо учитывать как требования дробимости пород, так и поглощающие свойства окружающих пород для различных фаз частотного спектра колебаний [33, 34].

В время наибольшее распространение настоящее при производстве массовой отбойки обводненных горных пород на угольном разрезе «Нуйбео» - Куангнинь получили эмульсионные водосодержащие ВВ под маркой «NTR-05» (рис.3.9) и др., Общая масса этих BB, используемых на угольном разрезе «Нуйбео», 2500÷3200 т в год. Высокие взрывчатые около составляет характеристики этих ВВ позволяют применять их при отбойке пород с коэффициентом крепости $f=9\div14$ по шкале М.М. Протодьяконова в любых климатических условиях.

В рамкак выполнения работ по «Программе обеспечения горнодоывающих предприятий взрывчатыми веществами промышленного назначения - VINACOMIN, 2012» [41] на «Куангнинский химическийй завод» разработаны водосодержащие

ВВ «ANFO». Поэтому для оценки влияния типа ВВ на сейсмическое действие взрывов были проведены экспериментальные исследования на угольном разрезе «Нуйбео» с регистрацией сейсмических колебаний. В эксперименте, кроме указанного ЭВВ «NTR-05», использовали новые, применяемые в угольной промышленности ВВ «ANFO», характеристики которых приведены в таблице 3.2 [109].





Рис. 3.9. ВВ «АNFO» и ЭВВ марки«NTR-05», применяемые

в эксперименте

Таблица 3.2

Наименование BB	Плотность ВВ, г/см ³	Скорость детонации, км/с	Работо- способность ВВ, см ³	Плотность скважинного заряда, кг/м
BB «ANFO»	1,0 ÷ 1,5	3,5 ÷ 3,8	300 ÷ 320	36 ÷ 40
ЭВВ «NTR-05»	1,15 ÷ 1,2	4,3 ÷ 4,7	300 ÷ 330	50 ÷ 55

Характеристики взрывчатых веществ, используемых в экспериментах

При проведении промышленных экспериментов одиночные заряды взрывали в скважинах диаметром 230 мм при различной глубине заложения 5÷7,5 м. Масса заряда и тип применяемого BB не изменялся и составлял 82÷136 кг (рис.3.10). Расстояние от места взрыва до точки измерения составляло 168÷192 м.

Результаты полученных экспериментальных данных приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Тип ВВ	<i>L_{скв}</i> , м	<i>l_{заб},</i> м	<i>l_{зар},</i> м	<i>Q</i> , кг	<i>R</i> , м	$R_{np}, { m M}/{ m kr}^{1/3}$	<i>V</i> , мм/с	V _H , %	q, кг/м ³
	5,6		2,5	82	182	41,96	2,45	7,85	0,425
	6,1		3	99	187	40,40	2,72	8,20	0,416
ЭВВ марки	6,4		3,3	106	184	38,77	3,11	7,99	0,428
«NTR-05»	6,8	3,1	3,7	114	183	37,68	3,20	8,13	0,419
	7,2		4,1	129	169	33,41	3,94	7,85	0,433
	7,5		4,4	136	182	35,43	3,68	7,83	0,441
BB - ANFO	5,6	3,1	2,5	82	182	41,96	2,21	8,00	0,43
	6,1		3	99	187	40,40	2,32	8,20	0,42
	6,4		3,3	106	184	38,77	2,53	7,75	0,44
	6,8		3,7	114	183	37,68	2,67	8,00	0,43
	7,2		4,1	129	169	33,41	3,43	7,74	0,44
	7,5		4,4	136	182	35,43	3,03	7,80	0,45

Результаты экспериментальных исследований влияния типа ВВ на сейсмическое действие взрывов

Протоколы измерений, получаемые через несколько секунд, позволяли в полевых условиях делать экспресс-анализ промышленных взрывов (рис. 3.10, 3.11).



СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

Рис 3.10. Сейсмометрический отчет массового взрыва (ЭВВ «NTR-05»)



Рис 3.11. Сейсмометрический отчет массового взрыва (BB - ANFO)

В результате численного анализа результатов натурных измерений параметров сейсмических волн при массовых взрывах на угольном разрезе «Нуйбео» получены графики изменения скорости смещения элементов зданий, сооружений в зависимости от приведенного расстояния R_{np} для различных типов BB (рис.3.12).





Аппроксимация данных эксперимента позволила представить данные зависимости в виде:

$$V_{NTR-05} = 7988, 1R_{np}^{-2,16}$$
 (R²= 0,96); (3.9)

$$V_{ANFO} = 3344, 5R_{np}^{-1,96}$$
 (R²= 0,99). (3.10)

Обработка результатов полученных экспериментальных данных на рис 3.13 и зависимости (3.9) и (3.10) свидетельствуют о том, что применение BB-ANFO позволяет снизить сейсмоэффект и воздействие на охраняемые объекты в 1,06÷1,25 раза, по сравнению с ЭBB марки «NTR-05». Замеры грансостава раздробленной горной массы, как видно из графика на рис. 3.13, показали, что применение ЭВВ марки «NTR-05» позволяет снизить выход негабарита на 5÷8 % и уменьшить удельный расход ВВ в 1,02÷1,12 раза по сравнению с традиционными ВВ ANFO.



Удельный расход BB q, кг/м³



Таким образом, результаты проведенных экспериментов на угольном разрезе «Нуйбео» при использовании различных типов ВВ показывают, что повышение эффективности взрывного разрушения скальных горных пород и снижение сейсмическое воздействие при производстве взрывных работ вблизи охраняемых объектов достигается применением ВВ с малой скоростью детонации.

3.4. Экспериментальное исследование влияния диаметра взрывных скважин на сейсмическое действие взрывов

Диаметр скважины является одним из важнейших параметров БВР, который оказывает серьезное влияние, как на техникоэкономические показатели горного производства, так и на качество дробления массива горных пород энергией взрыва. Вопросу влияния диаметра заряда на дробление горных пород взрывом посвящено большое количество исследований.

Поэтому для определения влияния диаметра скважины на сейсмические действия взрывов были проведены экспериментальные исследования на угольном разрезе «Нуйбео» с регистрацией сейсмических колебаний в сроки с 10.06.2012г. по 25.06.2012г. (рис. 3.14). В этих натурных экспериментах были измерены величины скорости смещения фундаментов ряда сооружений, расположенных в зоне воздействия взрывов зарядов различных диаметров [106].

Длина скважины изменялась от 12 до 14 м, диаметр скважин составлял 165, 230 и 250 мм. Масса заряда и тип применяемого взрывчатого вещества не изменялся и составлял 1380÷1850 кг ВВ «ANFO». Внутрискважинная и поверхностная сети монтировались с использованием скважинных и поверхностных неэлектрических систем инициирования (25, 42 мс).



Рис. 3.14. Буровой станок «ATLAS COPCO» на площадке для проведения полигонных исследований в разрезе «Нуйбео»

Схема установки сейсмографа «Blast Mate III» на площадке для проведения полигонных исследований приведена на рис. 3.15.

Результаты измерения параметров сейсмических волн представлены в таблице 3.4 и на рис. 3.16÷3.18.



Рис 3.15. Схема установки сейсмографа и взрываемых блоков на площадке для проведения полигонных исследований от 25.06.2012г.

Таблица 3.4

Результаты экспериментальных исследований влияния диаметра

$d_{c\kappa\theta},$	$Q_{o \delta u },$	<i>R</i> ,	R_{np} ,	V,	<i>q</i> ,	17 0/
MM	КГ	М	м/кг ^{1/3}	мм/с	кг/м ³	$V_{H}, \%$
		320	26,1	6,2		15,50
	1850	500	40,7	1,5	0,47	
		200	16,3	18,1		
		148	12,7	24,8		15,40
250	1572	220	18,9	11,2	0,44	
		400	34,4	5,2		
		130	11,7	29,5		
	1380	340	30,5	8,9	0,432	15,60
		210	18,9	11,9		
		320	26,1	9,4		14,9
	1848	500	40,7	1,7	0,468	
_		145	11,8	19,2		
	1572	150	12,9	18,1	0,445	14,9
230		220	18,9	10,2		
		400	34,4	3,2		
	1380	130	11,7	26,8		15,1
		340	30,5	4,4	0,43	
		210	18,9	10,5		
		320	26,1	4,1		
	1848	500	40,7	1,4	0,49	14,68
		130	10,6	10,9		
165		150	12,9	14,1	0,47	14,65
	1572	220	18,9	7,2		
		400	34,4	2,7		
	1380	105	9,4	23,5		14,93
		340	30,5	2,8	0,455	
		210	18,9	7,2		

взрывных скважин на сейсмическое действие взрывов



(*d*_{скв}=250 мм) от 10.06.2012г.



Рис. 3.17. Осциллограммы параметров сейсмических волн взрыва ($d_{c\kappa e}$ =230 мм) от 18.06.2012г.



Рис. 3.18. Осциллограммы параметров сейсмических волн взрыва ($d_{c\kappa e}$ =165 мм) от 25.06.2012г.

Численный анализ результатов натурных измерений параметров сейсмических волн позвонил получить графики изменения скорости смещения элементов зданий, сооружений в зависимости от приведенного расстояния *R_{np}*, которые приведены на рис. 3.19.





для различных диаметров скважины

Аналитический вид графиков получен аппроксимацией данных и представлен в виде:

$$d_{c\kappa 6} = 250 \text{ MM} - V_1 = 3482 R_{np}^{-1,82} \tag{3.11}$$

$$d_{c\kappa e} = 230 \text{ MM} - V_2 = 2288 R_{np}^{-1.84}$$
(3.12)

$$d_{ckg} = 165 \text{ MM} - V_3 = 890, 2R_{np}^{-1,77}$$
 (3.13)

Анализ графиков на рис.3.19 свидетельствуют о том, что уровень сейсмического воздействия увеличивается с увеличением диаметра взрывных скважин при производстве массовых взрывов вблизи охраняемых объектов. Анализ формул (3.11÷3.13) показывает, 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 (рис. 3.20) свидетельствуют о том, что уменьшение диаметра взрывных скважин снижается выход негабарита.



Рис.3.20. 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 3.21.



Рис. 3.21. Зависимость максимальной векторной скорости смещения массива горных пород от диаметра взрывных скважин

Аналитический вид графиков на рис. 3.21 получен аппроксимацией данных и представлен в виде:

 $V = 0,0126 \cdot d_{c_{K6}}^{1,38}$ при $R_{np} = 12$ (3.14)

$$V = 0,0014 \cdot d_{ckg}^{1,63}$$
 при $R_{np} = 20$ (3.15)

$$V = 0,0027 \cdot d_{c_{KB}}^{1,42}$$
 при $R_{np} = 25$ (3.16)

Анализ формул (3.14÷3.16) 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.

3.5. Экспериментальное исследование влияния конструкции забойки на интенсивность УВВ

Одним из способов управления энергией взрыва зарядов ВВ в промышленных условиях является регулирование параметров взрывного импульса за счет изменения конструкции забойки. В основу метода положена идея о возможности управления действием взрыва за счёт перераспределения его энергии.

Эксперименты, выполненные для оценки влияния забойки на интенсивность УВВ [21, 22, 23, 45, 46], показали, что качество забойки, прежде всего, зависит от применяемого забоечного материала, а величина заглубления забойки оказывает большое влияние на интенсивность УВВ.

Поэтому для оценки влияния конструкции забойки скважинных зарядов на интенсивность УВВ были выполнены промышленные эксперименты на угольном разрезе «Нуйбео» (рис. 3.22, 3.23, 3.24) [107].





Рис. 3.22. Подготовка элементов забойки



Рис. 3.23. Зарядка скважин и размещение конусной забойки





Рис. 3.24. Замер УВВ от взрывов и обработка результатов взрыва

Установление влияния конструкции заряда и типа забойки на интенсивность УВВ при взрыве скважинных зарядов нами были испытаны 3 конструкции забойки: сплошная забойка (рис. 3.25 а), забойка на воздушной подушке (рис. 3.25.б), гидрозабойка между слоями инертной забойки (рис. 3.25.в).



Рис. 3.25. Схемы различных конструкций забойки, используемых

в эксперименте

1 - скважина; 2 – заряд ВВ; 3 - забойки (из сыпучего мелкодисперсного материала); 3' - воздушная подушка; 4, 5, 6 - оболочка; 7 - вода; 8 - забойки; l_{sap} - длина скважинного заряда, м; l_{sa6} - длина забойки, м; $l_{r.sa6}$ - длина гидрозабойки, м; $l_{g.sa6}^{n}$ - длина забойки в нижней части, м; $l_{g.sa6}^{e}$ - длина забойки в верхней части, м; $l_{g.sa6}^{e}$ - длина гидрозабойки в нижней части, м; $l_{g.sa6}^{e}$ - длина гидрозабойки в верхней части, м; $l_{g.sa6}^{e}$ - длина гидрозабойки в нижней части, м; $l_{g.sa6}^{e}$ - длина гидрозабойки в верхней части, м; $l_{g.sa6}^{e}$ - длина гидрозабойки в нижней части, м; $l_{g.sa6}^{e}$ - длина гидрозабойки в верхней части, м; $l_{g.sa6}^{e}$ - длина гидрозабойки в нижней части, м; $l_{g.sa6}^{e}$ - длина гидрозабойки в верхней части, м; $l_{g.sa6}^{e}$ - длина воздушного промежутка, м

Методика проведения промышленных испытаний по взрывной отбойке массива горных пород на угольном разрезе «Нуйбео» (рис.3.25.в) состояла в следующем.

После размещения в скважинах 1 зарядов 2 ВВ (ANFO) внутрискважинных выполняли монтаж взрывных сетей С системы неэлектрического инициирования использованием «Примадет». Нисходящие (вертикальные) отбойные скважины 1 бурили станком вращательного бурения шарошечными долотами «ATLAS COPCO» с учетом разбуривания диаметр скважин dcкв= 230 мм. Глубина скважин L_{скв}=6 м при длине перебура l_{пер}=1 м. В качестве ВВ использовали ВВ (ANFO), масса заряда 2 в скважине - 115 кг.

Длина скважинного заряда BB $l_{3ap}=3,6$ м, общая длина забойки $l_{3ab}=2,4$ м. Далее производили забойку скважин. Вначале в скважины с использованием забоечной машины засыпали непосредственно на торец заряда BB нижнюю 3 дополнительную забойку из сыпучего мелкодисперсного инертного материала, длина которой $l_{n,ad}^{H}=0,4$ м.

После этого осуществляли гидрозабойку скважин. Для этого в скважины опускали на нижнюю 3 дополнительную забойку заранее подготовленные разрушаемые при взрыве отрезки полиэтиленовых рукавов длиной 3 м (то есть на 1 м больше общей длины забойки) и стенками толщиной 180 мкм. Нижняя 4 часть каждого рукава имела диаметр, равный диаметру скважин d_{скв}, запаянный нижний конец и длину $l_{\Gamma,sa\delta}^{\mathcal{U}} = 0,9 \div 1$ м. Далее рукав суживался на длину $l_{\Gamma,sa\delta}^{\mathcal{C}} = 0,6 \div 0,7$ м до диаметра $d_p^B = 130$ мм (0,52d_{скв}). Суживающаяся 5 часть рукава переходила в верхнюю 6 цилиндрическую часть, имеющую тот же диаметр $d_p^B = 130$ мм. Затем в рукава размещали груз (4÷5 кг буровой мелочи, на чертеже рис.3.25 не показан), отпускали их в скважины и производили заливку в рукава обычной водопроводной воды 7 с помощью раздаточного шланга водовозки. При этом общая длина гидрозабойки $l_{_{\Gamma,3a\delta}}$ составляла 1,6 м. Рукава принимали форму цилиндра с верхней частью в виде усеченного конуса. В скважинах над гидрозабойкой оставалось свободное пространство, состоящее из цилиндрической 8 части длиной $l^{\scriptscriptstyle B}_{{\scriptscriptstyle {\cal I}},{\scriptscriptstyle {ado}}}=0,4\div0,6$ м и примыкающему к ней кольцевому зазору 9 между суживающейся 5 частью рукава и стенками скважины. Затем свободную от воды верхнюю 6 цилиндрическую часть рукавов герметизировали скручиванием с поверхности уступа.

Забойку скважин заканчивали также с использованием забоечной машины засыпкой в скважины верхней дополнительной

забойки из того же материала, что нижняя 3 дополнительная забойка. Верхняя дополнительная забойка заполняла свободное пространство 8 и 9 над гидрозабойкой и осуществляла пригрузку и заклинивание гидрозабойки в скважинах. После окончания забойки скважин производили монтаж поверхностной взрывной сети также с использованием системы неэлектрического инициирования «Примадет».

Параметры и результаты полученных экспериментальных данных приведены в таблицах 3.5 и 3.6.

Таблица 3.5

Параметры проведенных массовых взрывов при различных конструкции забойки на угольном разрезе «Нуйбео»

Констру-	Номер	Lorp	1			l _{заб} , м		
кция забойки	скваж- ины	М	М	l _{заб}	l ^н в.заб	l ^в д.заб	l _{Γ.3aδ}	l ^н ∂.заб
a	1	6	3,6	2,4				
-вир	14	7	3,6	3,4				
грукі	12	7,5	3,6	3,9				
онст	11	8	3,6	4,4				
K	9	9	3,6	5,4				
6	15	6	3,6	2,4	1,2	1,2		
-вир	3	7	3,6	3,4	1,7	1,7		
грук	5	7,5	3,6	3,9	1,95	1,95		
онсл	10	8	3,6	4,4	2,2	2,2		
K	7	9	3,6	5,4	2,7	2,7		
В	2	6	3,6	2,4		0,40	1,60	0,40
онструкция-	13	7	3,6	3,4		0,57	2,27	0,57
	4	7,5	3,6	3,9		0,65	2,60	0,65
	6	8	3,6	4,4		0,73	2,93	0,73
K	8	9	3,6	5,4		0,90	3,60	0,90

Таблица 3.6

Результаты экспериментальных исследований влияния конструкции

Констру- кция забойки	L _{скв} , м	Q, кг	R, м	R _{пр,} м/кг ^{1/3}	ΔР, Па	V _н , %	q, кг/м ³					
	6		208	42,77	11,50	7.50	0,460					
			140	28,79	23,31	7,50						
а	7		157	32,28	17,90	7.90	0,451					
-ви	/		105	21,59	36,20	7,80						
укц	75	115	233	47,91	13,00	7.60	0,437					
crp	7,5	115	155	31,87	20,01	7,00						
OHO	Q		183	37,63	15,59	7.00	0.425					
Х	0		125	25,70	25,70	7,90	0,425					
	0		166	34,14	18,05	× 20	0,420					
	9		110	22,62	43,50	0,20						
	6		208	42,77	10,50	6 50	0,445					
		115	140	28,79	18,50	0,30						
трукция-б	7		157	32,28	15,50	6.90	0,436					
			105	21,59	28,20	0,80						
	7,5		233	47,91	9,00	6.60	0,425					
			155	31,87	16,67	0,00						
OHO	8		183	37,63	13,00	6.00	0,416					
K			125	25,70	23,10	0,90						
	9		166	34,14	15,04	7 20	0.405					
			110	22,62	30,80	7,20	0,403					
	6		208	42,77	6,85	6.00	0.425					
			140	28,79	13,50	0,00	0,425					
В	7		157	32,28	11,40	6.20	0.420					
онструкция-н	/		105	21,59	23,50	0,30	0,420					
	75	115	233	47,91	6,75	6 10	0,414					
	/,5		155	31,87	12,35	0,10						
			183	37,63	9,75	6.40	0,392					
K	ð		125	25,70	16,80	0,40						
	9		166	34,14	11,14	6 70	0.205					
		9	У	9	9	9	7		110	22,62	21,00	0,70

забойки на интенсивность УВВ

Схема установки сейсмографа «Blast Mate III» на площадке для проведения полигонных исследований приведена на рис. 3.26.





Относитель рабочих скважин, различной конструкции забойки (1-15)

- конструкция забойки–а (скважина № 1, 14, 12, 11, 9)
- конструкция забойки–б (скважина № 15, 3, 5, 10, 7)
- конструкция забойки–в (скважина № 2, 13, 4, 6, 8)

Сейсмометрические отчеты даны на рис 3.27÷3.29.



Конструкция-а

- PSPL- ΔР= 43,5 Па
- Frequency $f = 4,4 \Gamma \mu$





Конструкция-б

- PSPL- ΔР= 30,8 Па
- Frequency f = 2,9 Гц





Конструкция-в

- PSPL- ΔР= 6,1 Па
- Frequency $f = 3,8 \Gamma$ ц



На основе результатов измерений, приведенных в таблице 3.6, на рис. 3.30 построены графики зависимостей $\Delta P = \Delta P(R_{np})$





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 3.30. Соответствующие аппроксимирующие зависимости имеют вид:

конструкция-а: $\Delta P_a = 4513 \cdot R_{np}^{-1.56}$ (R²= 0,923) (3.17)

конструкция-б:
$$\Delta P_{\sigma} = 3273 \cdot R_{np}^{-1,53}$$
 (R²= 0,987) (3.18)

конструкция-в: $\Delta P_e = 3064 \cdot R_{np}^{-1,59}$ (R²= 0,984) (3.19)

Обработка результаты полученных экспериментальных данных на рис. 3.30 и зависимости (3.17÷3.19) показывают, что при взрывании зарядов ВВ с применением комбинированной гидрозабойки и инертным промежутком (конструкция-в на рис.3.25) позволяет снизить УВВ в 1,34÷1,56 раза по сравнению с другими конструкциями забойки скважинного заряда.

Замеры грансостава раздробленной горной массы (рис. 3.31), показали что, при взрывании зарядов BB С применением гидрозабойки комбинированной И инертным промежутков (конструкция-в) выход негабарита снижается на 12÷18 %, а удельный расход BB в 1,12÷1,25 раза по сравнению с традиционными конструкциями забойки скважинного заряда.



Рис. 3.31. Изменение выхода негабаритных фракций (VH) в зависимости от удельного расхода BB (q)

По результатам эксперимента можно получать оптимальное соотношение высоты гидрозабойки к длине инертной забойки при взрывании колонковых зарядов с конструкцией гидрозабойки между слоями инертной забойки (рис. 3.32):

$$l_{2.3a\delta} / l_{3a\delta} = 0,57 \div 0,68 \tag{3.21}$$

Таким образом, результаты проведенного эксперимента, показали, что применение конструкции гидрозабойки между слоями инертной забойки является наиболее эффективной при взрывных скальных горных пород на угольном разрезе «Нуйбео».



к длине инертной забойки, l_{г заб}/l_{заб}

Рис. 3.32. Интенсивность УВВ в зависимости от соотношения высоты гидрозабойки к длине инертной забойки

Данный метод позволяет снизить воздействие УВВ на прилегающие к карьерам охраняемые объекты, повысить качество дробления и уменьшить удельный расход ВВ.

3.6. Выводы по главе 3

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 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 %.

2. Экспериментально доказано, что повышение эффективности взрывного разрушения скальных горных пород и снижение сейсмического воздействия при производстве массовых взрывов вблизи охраняемых объектов достигается применением BB с малой

скоростью детонации.

3. 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.

4. Экспериментальные исследования, выполненные в полигонных условиях на угольном разрезе «Нуйбео» при взрывании зарядов BB 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 BB.

ГЛАВА 4. ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПРОВЕРКА ПРЕДЛОЖЕННЫХ РАЗРАБОТОК И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ ВЗРЫВАНИИ СКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ ВЬЕТНАМА

4.1. Комплексная оценка инженерно-геологических условий месторождения Вьетнама

свойства Физико-технические горного массива, а также структурно-текстурные особенности пород в основном определяют способ бурения, конструкцию и массу заряда взрывчатого вещества, БBР. Прогнозирование параметры технологии сейсмического эффекта взрыва важно на этапе проектирования горного предприятия и при расчёте параметров взрывов в процессе эксплуатации. Для ЭТОГО необходима оценка вероятных значений скорости сейсмоколебаний в районах охраняемых объектов. Кроме того, при возникают задачи проектировании определения рациональных параметров ВБР, снижающих сейсмическое действие взрыва.

Действие сейсмических волн определяется характером их распространения в массиве пород и интенсивностью затухания сейсмических волн. Поэтому необходима дифференцированная оценка характеристик массива на угольных разрезах Вьетнама.

Представление о влиянии свойств массива на сейсмический эффект взрыва основано на анализе закономерностей, связывающих упругие и прочностные свойства горных пород с литологическим составом, пористостью, свойствами флюидов, заполняющих поры и трещины, неоднородностью и другими геологическими особенностями. Физико-технические свойства вскрышных пород на угольных разрезах Вьетнама приведены в табл. 1.5 главы 1.

Трещиноватость пород в зависимости от характера её развития может способствовать как улучшению, так и ухудшению дробления,

что в последствие увеличивает интенсивность распространения сейсмических волн. Оценка горных пород по трещиноватости является одним из составных элементов способа сейсмического микрорайонирования разрезного поля при производстве взрывных работ. Эта задача становится наиболее актуальной для таких горнотехнологических условий, когда охраняемые объекты расположены в ближней зоне или вблизи от места производства взрывных работ. Сейсмическое микрорайонирование в условиях угольных разрезов основано на общем принципе установления зон при обосновании параметров взрывных работ для получения горной массы требуемой степени дробления. Каждая выделенная зона отличается от других по степени трещиноватости, физико-техническим свойствам пород, расположением по отношению к охраняемым объектам и параметрами взрыва, обусловливающими его динамические характеристики. По каждой BB, зоне разреза для принятых масс зарядов И соответствующих этим зонам, определяют безопасные радиусы по сейсмическому действию взрыва.

Для определения трещиноватости массива на угольном разрезе «Нуйбео» были использован акустический метод, который позволил не только составить классификацию по взрываемости, но и районировать разрезные поля по категориям взрываемости. Сведения о трещиноватости массива вскрышных пород на угольном разрезе «Нуйбео» приведены в таблице 4.1. В результате проведенных исследований определены скорости распространения продольных и поперечных волн, которые приведены в таблице 4.2. Проведенные экспериментальные исследования в промышленных условиях в разрезе «Нуйбео» показали, что с увеличением расстояния между естественными трещинами пород возрастает акустическая жесткость и скорость распространения продольных и поперечных волн.

Таблица 4.1

Классификация вскрышных пород Нуйбеоского месторождения по степени трещиноватости и блочности массива

Категории	Название	Средний размер	Характеристики Трещин		Степень трещиноватости	Удельный расход
пород	пород породы	массиве, м	ширина трещин, мм	категория трещиноватости	(блочности) массива	BB, кг/м ³
I- Легко- взрываемые	Аргиллиты, алевролиты, часть песчаников среднезернистых слабосцементирова- нных	0,2 ÷ 0,3	5 ÷ 9	II	Чрезвычайно трещиноватые (мелко блочные)	0,25 ÷ 0,31
II- Средне- взрываемые	Песчаники серые крупнозернистые, плотные аргиллиты и алевролиты	$0,3 \div 0,5$ $0,5 \div 0,75$	10 ÷ 17	II III	Сильно трещиноватые (средне блочные)	0,32 ÷ 0,4
III- Трудно- взрываемые	Песчаник с включением галечников, на известняковом цементе и др.	0,41 ÷ 0,5 0,51 ÷ 0,65	20 ÷ 32	III ÷ IV IV ÷ V	Средне трещиноватые (крупноблочные)	0,41 ÷ 0,5 0,51 ÷ 0,65
Упругие свойства вскрышных пород Нуйбеоского месторождения

Категории пород	Название породы	Скорость продольной волны С _Р , м/с	Скорость поперечной волны С _S , м/с	Модуль упругости E.10 ⁻⁵ кг/см ²	Акустическая жесткость 10 ⁻⁶ кг/м ² с
I - Легко- взрываемые	Аргиллиты, алевролиты, часть песчаников среднезернистых слабосцементированных	3220 ÷ 3340	2130 ÷ 2240	2,48 ÷ 2,87	7,58 ÷ 8,74
II - Средне- взрываемые	Песчаники серые крупнозернистые, плотные аргиллиты и алевролиты	3420 ÷ 4070	2380 ÷ 2520	3,56÷ 3,92	8,92 ÷ 9,75
III - Трудно- взрываемые	Песчаник с включением галечников, на известняковом цементе и др.	4370 ÷ 4620	2620 ÷ 2820	4,15 ÷ 5,22	10,12 ÷ 11,95

На основе полученных данных (табл. 4.2) были построены зависимости скорости акустической жесткости горных пород от категории пород по взрываемости (рис. 4.1, 4.2).



Рис. 4.1. Зависимость удельного расхода ВВ от акустической жесткости горных пород



Категория пород по взрываемости

Рис. 4.2. Зависимость скорости распространения продольных волн от категории пород по взрываемости

На основе полученных данных (табл. 4.2) были также построены зависимости удельного расхода от акустической жесткости горных пород и категории пород по взрываемости (рис. 4.3, 4.4).





от категории пород по взрываемости



Категория пород по взрываемости



На рис. 4.3 и 4.4 видно, что нескольким группам пород, с довольно широким диапазоном свойств, соответствует постоянная величина удельного расхода ВВ. Можно сделать вывод, что определение рационального удельного расхода ВВ в различных забоях будет способствовать внедрению инструментальных методов контроля в инженерную практику.

Таким образом, на основе анализа и оценки инженерногеологических условий угольного разреза «Нуйбео» построены карты микрорайонирования этих разрезных полей по сейсмической безопасности в зависимости от акустической жесткости взрываемых пород и категории пород по взрываемости, обеспечивающего уменьшение размеров опасной зоны взрыва при взрывании скальных горных пород на угольных разрезах Вьетнама.

4.2. Определение основных параметров опытных взрывов при взрывании скальных горных пород, обеспечивающих уменьшение опасной зоны взрыва при применении предложенного метода

В полигонных условиях на угольном разрезе «Нуйбео» был проведен эксперимент по взрыванию скальных пород скважинными зарядами с различной конструкцией забойки (его результаты представлены в п.3.3 и п.3.5). В результате исследований была предложена конструкция гидрозабойки между слоями инертной забойки (рис. 4.5), позволяющая при оптимальном соотношении высоты гидрозабойки к длине инертной забойки ($l_{2,3ab}/l_{3ab}=0,57\div0,68$) снижать сейсмоэффект и воздействие УВВ на охраняемые объекты по сравнению с традиционными конструкциями забойки скважинного заряда. Для того чтобы указанный метод был реализован в промышленности, он должен давать существенный экономический эффект и быть достаточно технологичным. Особенно это важно для условий Вьетнама. Поэтому актуальное значение имеет определением рациональных параметров БВР и эффективных методов управления энергией взрыва по существующей на конкретном предприятии технологии.





H_y - высота уступа, м; L_{скв} - глубина скважин, м; l_{nep} - длина перебура, м; l_{зар} - длина скважинного заряда, м; l_{заб} - длина забойки, м; l_{г.заб} - длина гидрозабойки, м; lⁿ_{д.заб} - длина забойки в нижней части, м; l^s_{д.заб} - длина забойки в верхней части, м; lⁿ_{г.заб} - длина гидрозабойки в нижней части, м; l⁸_{г.заб} - длина гидрозабойки в верхней части, м; lⁿ_{в.заб} - длина воздушного промежутка, м; b - расстояние между рядами скважин, м

На основании полученных в полигонных условиях данных, определены формулы для расчёта рациональных параметров БВР при взрывном дроблении скальных горных пород (рис.4.5):

<u>Длина забойки:</u>

$$l_{3a\delta} = l_{2.3a\delta} + l_{\partial.3a\delta}^{*} + l_{\partial.3a\delta}^{*} = (19, 5 \div 22, 5)d_{ckb}, \, \mathrm{M}, \quad (4.1)$$

где *l*_{г.заб} - длина гидрозабойки, м;

 $l^{s}_{_{\partial.3a\delta}}$ - длина забойки в верхней части, м; $l^{\mu}_{_{\partial.3a\delta}}$ - длина забойки в нижней части, м; $d_{_{c\kappa g}}$ - диаметр заряда в верхней части уступа, м; - длина гидрозабойки:

$$l_{2.3a\delta} = l_{2.3a\delta}^{H} + l_{2.3a\delta}^{B} = (0, 57 \div 0, 68) l_{3a\delta}, \,\mathrm{M},$$
(4.2)

где $l_{r,sab}^{\mu}$ - длина гидрозабойки в нижней части, м;

 $l^{*}_{\scriptscriptstyle \partial.3ab}$ - длина забойки в верхней части, м;

- длина забойки в нижней части:

$$l_{0.3a\delta}^{\mu} = (0, 3 \div 0, 36) l_{3a\delta}, \text{ M};$$
(4.3)

- длина забойки в верхней части:

$$l^{s}_{_{\partial.3a\delta}} = (0, 27 \div 0, 32) l_{_{3a\delta}}, \,\mathrm{M}.$$
(4.4)

<u>Глубина перебура:</u>

$$l_{nep} = (9 \div 12) d_{c_{KB}}, \, \mathrm{M}.$$
 (4.5)

<u>Глубина скважины:</u>

$$L_{c\kappa\theta} = H_{y} + l_{nep}, \,\mathrm{M}. \tag{4.6}$$

где H_y - высота уступа, м.

Длина скважинного заряда:

$$l_{3ap} = L_{c\kappa g} - l_{3a\delta}, M_{.}$$
 (4.7)

Масса заряда в скважине:

$$Q = \frac{\pi d_{c\kappa\theta}^2}{4} \Delta l_{_{sap}}, \, \kappa\Gamma \,, \tag{4.8}$$

где Δ - плотность заряжания BB, кг/м³.

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

В обобщенном виде рекомендуемые по выбору рациональные параметры БВР при взрывании скальных горных пород на угольных разрезах Вьетнама представлены в табл. 4.3÷4.5.

			BB «ANFO»								
Категория пород	d _{скө,} мм	<i>Н_y</i> , м	<i>q</i> , кг/м ³	<i>W</i> , м	<i>а</i> , М	<i>b</i> , м	l _{nep} , М	<u>l_{заб}</u> , l _{г.заб} , М	l _{зар} , М	<i>Q</i> , кг	
III	250	15	0,426 ÷ 0,465	8,0	8,0	7,0	2,3 ÷ 3,0	$\frac{7,0\div7,2}{(5,0\div5,3)}$	10,3 ÷ 10,8	581 ÷ 609	
	230	10	0,416 ÷ 0,455	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	12	0,407 ÷ 0,445	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	
	165	12	0,378 ÷ 0,416	5,6	5,7	5,0	1,5 ÷ 2,0	$\frac{5,1\div 5,2}{(3,2\div 3,4)}$	8,4 ÷ 8,8	206 ÷ 208	
	127	10	0,358 ÷ 0,387	4,1 ÷ 4	4,1 ÷ 4	3,6 ÷ 3,5	1,2 ÷ 1,5	$\frac{4,0 \div 4,2}{(2,4 \div 2,6)}$	7,2 ÷ 7,3	104 ÷ 106	

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

Рекомендация по выбору рациональных параметров БВР при взрывании скальных горных пород

						BB «ANFO»				
Категория пород	d _{скв,} ММ	<i>Н_y</i> , м	<i>q</i> , кг/м ³	<i>W</i> , м	а, м	<i>b</i> , м	l _{пер} , М	$\frac{l_{3a\delta}}{l_{2.3a\delta}},$	l_{3ap} , Q , M $K\Gamma$ 10,3 ÷ 10,8 581 ÷ 609 10,1 ÷ 10,2 482 ÷ 487	
III	250	15	0,425 ÷ 0,464	8,0	8,0	7,0	2,3 ÷ 3,0	$\frac{7,0\div7,2}{(5,0\div5,3)}$	10,3 ÷ 10,8	581 ÷ 609
	230		0,416 ÷ 0,454	7,5	7,5	6,5	1,8 ÷ 2,1	$\frac{6,7 \div 6,9}{(4,7 \div 5,0)}$	10,1 ÷ 10,2	482 ÷ 487
	200	12	0,406 ÷ 0,446	6,5	6,5	5,5	1,7 ÷ 2,0	$\frac{5,5 \div 5,7}{(3,6 \div 3,9)}$	8,2 ÷ 8,3	296 ÷ 300
	127	10	0,388 ÷ 0,426	4 ÷ 3,8	4 ÷ 3,8	3,5 ÷ 3,3	1,2 ÷ 1,5	$\frac{4,0 \div 4,2}{(2,4 \div 2,6)}$	7,2 ÷ 7,3	104 ÷ 106

для условий угольного разреза «Хату»

			BB «ANFO»							
Категория пород	d _{скв,} ММ	<i>Н_y</i> , м	<i>q</i> , кг/м ³	<i>W</i> , м	а, М	<i>b</i> , м	l _{nep} , М	$\frac{l_{3a\delta}}{l_{\ell,3a\delta}},$	l _{зар} , М	<i>Q</i> , кг
III	250	15	0,426 ÷ 0,455	8,0	8,0	7,0	2,0 ÷ 2,5	$\frac{7,0\div7,2}{(5,0\div5,3)}$	10,0 ÷ 10,3	564 ÷ 581
			0,35 ÷ 0,387	9,0	9,0	8,0	2,0 ÷ 2,5	$\frac{6,7 \div 7,0}{(4,7 \div 5,1)}$	10,3 ÷ 10,5	581 ÷ 592
	200	12	0,416 ÷ 0,445	6,5	6,5	5,5	1,8 ÷ 2,1	$\frac{5,5 \div 5,7}{(3,6 \div 3,9)}$	8,3 ÷ 8,4	299 ÷ 303
			0,33 ÷ 0,368	7,0	7,0	6,0	1,8 ÷ 2,1	$\frac{5,2 \div 5,4}{(3,3 \div 3,7)}$	8,6 ÷ 8,7	310 ÷ 314

Рекомендация по выбору рациональных параметров БВР при взрывании скальных горных пород для условий угольного разреза «Косшау»

4.3. Анализ результатов опытно-промышленной проверки и технико-экономическая эффективность внедрения предложенного метода при применении рациональных параметров БВР

С целью сопоставления теоретических расчётов с конечным результатом действия взрыва на угольном разрезе «Нуйбео» опытно-промышленные проведены взрывы при использовании предложенного метода (акт промышленного испытания приведён в приложении 1). Результаты указанных взрывов позволяют с полным основанием рекомендовать разработанную технологию ведения БВР пород, обеспечивающую при взрывании скальных горных уменьшение опасной зоны взрыва и повышение экологической безопасности и технико-экономических показателей взрывных работ, для угольных разрезов Вьетнама.

Для сопоставления результатов взрывного разрушения скального горного массива при проведении опытно-промышленных работ взрываемые блоки разделялись на контрольные, с применением традиционного способа взрывания (рис.4.6.а) и опытные участки с применением предложенного метода взрывания (рис.4.6.б), и расчетными рациональными параметрами БВР.



 забойка;
 гидрозабойка;
 гидрозабойка;
 2', 2'- BB-ANFO;
 ударно-волновые трубки неэлектрической системы инициирования;
 боевик

Рис.4.6. Схемы конструкции забойки и заряда при проведении опытнопромышленных работ взрываемые блоки на контрольном (а) и опытном (б) участках в разрезе «Нуйбео» Подготовка к взрыву показана на рис.4.7 и 4.8.



Рис. 4.7. ВВ «ANFO» и средства инициирования, применяемые

в эксперименте



Рис. 4.8. Зарядка скважин и размещение конусной забойки

Бурение взрывных скважин диаметром 230 мм производилось буровыми станками «ATLASCOPCO». Инициирование зарядов производилось с применением неэлектрической системы инициирования СИНВ, поверхностными ударно-волновыми трубками с замедлениями 25 и 42 мс (рис.4.7).

Параметры скважинных зарядов, которые применялись при проведении опытно-промышленных работ, приведены в табл. 4.6.

Таблица 4.6

Параметры скважинных зарядов и результаты опытно-промышле	нной
проверки на контрольных и опытных участках взрываемых бло	ков

N⁰		Елин.	Me	год предло- женный 230 8,0 x 7,0 15,5 ÷ 17,5 11 ÷ 13 29,82 0,42 77.2	
п/п	Основные показатели	ИЗМ	традици-	предло-	
11/11		nom.	онный	женный	
1	Диаметр скважин	ММ	230	230	
2	Сетка скважин	М	7,5 x 6,5	8,0 x 7,0	
3	Глубина бурения	М	$15.5 \div 17.5$	$15.5 \div 17.5$	
5	скважины	141	10,0 • 17,0	10,0 • 17,0	
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	M ³ /M	51.6	53.5	
0	горной массы с 1 п.м.	101 / 101	51,0	55,5	
9	Выход негабарита	%	15,2	12,6	
10	Максимальная векторная	MM/C	33.6	15.5	
10	скорость смещения грунта		55,0	15,5	
11	Избыточное давление	Па	51,3	28,8	

Результаты измерения параметров сейсмических волн и УВВ представлены на рис. 4.9.а,б.

СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ ОТ 22.01.2014г



a,

СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ ОТ 22.01.2014 г



б,

Рис 4.9. Сейсмометрический отчет массового взрыва экспериментального блока на контрольном (а) и опытном (б) участках в разрезе «Нуйбео»

В целом в ходе проведения работ на опытных участках было взорвано более 4700 м³ горной массы. За период наблюдения было проанализировано несколько фотоотпечатков поверхности развала

взорванных опытных и контрольных участков (рис. 4.10). Критериями оценки качества дробления массива были приняты высота подъема «шапки» взрыва, эффективность её разрыхления и средний размер фракций взорванной горной массы, который определялся фотопланиметрическим методом.



a,



б,

Рис. 4.10. Качество дробления горной массы экспериментального блока на контрольном (а) и опытном (б) участках в разрезе «Нуйбео»

В ходе экскаваторной разборки опытных и контрольных блоков производилась оценка качества проработки массива по высоте уступа, определявшаяся по параметрам угла откоса забоя, эффективности черпания горной массы и производительности экскаватора, анализировался выход негабаритной фракции. Общепризнанным критерием оценки взрываемости горных пород является удельный расход BB, который во всех классификациях закономерно возрастает с увеличением абсолютных значений горнотехнических характеристик пород, и уменьшение опасной зоны взрыва.

Сравнение результатов взрывов опытных блоков (по разработанному методу) с контрольными (традиционно применявшийся метод) при внедрении рациональных параметров БВР на угольном разрезе «Нуйбео» показало, что применение предложенного метода взрывания позволяет снизить сейсмоэффект на охраняемые объекты в 1,45÷2,1 раза, интенсивность УВВ в 1,46÷1,79 раза (рис.4.9), а также уменьшить выход негабарита с 15,2 % до 12,6 % (качество взорванной горной массы показано на рис. 4.10). Его внедрение позволяет снизить удельный расход BB с 0,48 кг/м³ до 0,42 кг/м³ и увеличить сетку взрывных скважин, что обеспечивает снижение затрат и на буровые работы.

Таким образом, при производстве массовых взрывов на угольном разрезе «Нуйбео» появляется возможность увеличения объемов вскрышных работ до 13.279 тыс.м³ в год (табл.4.7).

Экономическая эффективность предложенного метода, сейсмического действия ведущего к снижению взрывов И воздействию УВВ, определяется повышением совокупного годового дохода разреза за счёт увеличения объемов взорванной горной массы, а также за счёт повышения качества дробления горной массы и увеличения производительности горно-транспортного оборудования, снижения себестоимости бурения скважин и взрывания на 1м³ горной массы при производстве массовых взрывов.

Для подтверждения такой возможности были проведен расчёт

ожидаемой экономической эффективности предложенного метода взрывания горных пород. За традиционный метод приняты фактические показатели работы разреза «Нуйбео» за 2014 г.

Таблица 4.7

Расчет экономического эффек	га от внедрения	предложенного метода

		Блиц	год	
№ п/п	Основные показатели	Един. ИЗМ.	традици- онный	предло- женный
1	Диаметр скважин	ММ	230	230
2	Глубина бурения скважины	М	15,5 ÷ 17,5	15,5 ÷ 17,5
3	Расход ВВ на заряжание одной скважины	КГ	520	497
4	Удельный расход ВВ	кг/м ³	0,48	0,42
5	Годовой объем взорванной горной массы	тыс.м ³ /год	12.470	13.279
6	Затраты на бурение скважин	\$	172,3	172,3
7	Затраты на ВВ	\$	668,5	639,2
8	Затраты на средства инициирования	\$	16,6	16,6
9	Затраты на изготовление металлического верхнего конуса забойки	\$	-	11,5
10	Итого затрат	\$	857,4	839,6
11	Выход взорванной горной массы с одной скважины	M ³	887	920
12	Себестоимость взрывания на 1 м ³ горной массы	\$/м ³	0,96	0,91
13	Экономический эффект на 1м ³ взрываемой горной массы	\$/м ³	-	0,05

Экономический эффект от использования предложенного метода определяется по формуле:

$$\Im_{rog} = (C_1 - C_2) V_{rog}, \$,$$
 (4.9)

где V_{год} - годовой объем взрываемой горной массы, тыс.м³;

С₁ - себестоимость взорванной горной массы при использовании традиционного метода, \$/м³;

С₂ - себестоимость взорванной горной массы при использовании предложенного метода, \$/м³.

Отсюда экономический эффект от использования предложенного метода составляет:

Результаты расчета экономической эффективности (в ценах 2014 г.) представлены в таблице 4.7.

В результате внедрения получен экономический эффект в размере 0,05 \$/м³ взрываемой горной массы в ценах 2014 года.

4.4. Выводы по главе 4

1. Комплексная оценка инженерно-геологических условий угольного разреза «Нуйбео» позволила устанавливать корреляционные зависимости удельного расхода ВВ от акустической жесткости взрываемых пород и категории пород по взрываемости, обеспечивающего уменьшение размеров опасной зоны взрыва.

2. Проведенные теоретические и полигонные испытания позволили разработать метод взрывания скальных горных пород и определить рациональные параметры БВР, обеспечивающие повышение безопасности и эффективности дробления горных пород при проведении массовых взрывов на угольных разрезах Вьетнама.

3. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволили разработать способ взрывания зарядов ВВ с применением комбинированной гидрозабойки и инертным

промежутком [12]. 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 \$/м³ взрываемой горной массы в ценах 2014 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных исследований предложен метод взрывания управлении энергией скальных горных пород для взрыва BB, обеспечивающей уменьшение опасной зоны взрыва и улучшение качества дробления горной массы повышения технико-экономических для 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 повышение 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 сейсмоэффект $1,35 \div 2,1$ внедрение позволяет снизить В 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 \$/м³ взрываемой горной массы в ценах 2014 года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеев Ф.А., Барон В Л., Блейман И.Л. Производство массовых взрывов. - М.: Недра, 1977. - 312 с.

2. Авдеев Ф.А., Барон В.Л., Гуров Н.В., Кантор В.Х. Нормативный справочник по буровзрывным работам. - М.: Недра, 1986. - 511 с.

3. Адушкин В.В., Когарко С.М., Лямин А.Г. Расчет безопасных расстояний при газовом взрыве в атмосфере // В сб.: Взрывное дело, № 75/32. -М.: Недра, 1975. С. 32-94.

4. Адушкин, В.В., Спивак А.А., Соловьев С.П., Перник Л.М., Кишкина С.Б. Геоэкологические последствия массовых химических взрывов на карьерах // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 1999. №1. С. 554-563.

5. Адушкин В.В., Бурчик В.Н., Гончаров А.И., Куликов В.И., Христофоров Б.Д., Цыкановский В.И. Сейсмическое, гидроакустическое и акустическое действия подводных взрывов // ФГВ. 2004. Т.40. №6. С. 107-114.

6. Адушкин В.В. Основные факторы воздействия открытых горных работ на окружающую среду // Горн. журн. 1996. №4. С. 49-55.

7. Артемов В.А., Виноградов Ю.И., Парамонов Г.П., Холодилов А.Н. Оценка влияния взрывных работ на людей, находящихся в наземных сооружениях // ГИАБ. 2007. №ОВ5. Взрывное дело: сб. статей. С. 410-414.

 Аюрзанайн Б.А., Мисник Ю.М. Распространение ударных воздушных волн во влажном воздухе // Изв. ВУЗов: Горный журнал. 1979.
 №10. С. 44-47.

9. Аюрзанайн Б.А. Исследование и разработка методов определения безопасных расстояний по действию ударной воздушной волны при производстве массовых взрывов на карьерах: автореф. дис. ... канд. техн. наук - Л.: Из-во ЛГИ, 1979. - 23 с.

10. Барон В.Л., Кантор В.Х. Техника и технология взрывных работ в США. - М.: Недра, 1989. - 376 с.

11. Беляев А.Ф., Андреев К.К. Теория взрывчатых веществ. - М.:

Оборонгиз, 1960. - 595 с.

12. 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», находящаяся в процессе рассмотрения.

13. Бересневич П.В., Михайлов В.А., Филатов С.С. Аэрология карьеров. Справочник. - М.: Недра, 1990, с.81.

14. Блинов Г.И. Влияние метеорологических условий на распространение слабых ударных и звуковых волн // В сб. Направленные взрывы на склонах. Фрунзе: Илим. 1980. С. 105-114.

15. Богацкий В.Ф., Фридман Ф.Г. Охрана инженерных сооружений и окружающей среды от вредного действия промышленных взрывов. - М.: Недра, 1982. - 160с.

16. Богацкий В.Ф., Пономарев В.Т., Довгошея Ю.И. Метод определения предельно допустимого заряда по действию ударных воздушных волн при массовых взрывах на карьерах // В кн.: Проблемы разработки месторождений полезных ископаемых Севера. - Л.: Из-во ЛГИ, 1972. С. 43-47.

17. Боровиков В.А., Ванягин И.Ф., Менжулин М.Г., Цирель С.В.
Волны напряжений в обводненном массиве: Учебное пособие. - Л.: Из-во ЛГИ, 1989. - 83 с.

18. Гагулин М.В. и др. Исследование влияния глубины и диаметра взрывных скважин на качество дробления. // В сб.: Взрывное дело, №67/24. - М.: Недра, 1969.

19. Ганопольский М.И, Барон В.Л, Белин В.А., Пупков В.В., Сивенков В.И. Методы ведения взрывных работ. Специальные взрывные работы: Учебное пособие. - М.: Из-во МГГУ, 2007. - 563 с.

20. Ганопольский М.И. Обеспечение промышленной безопасности ведения взрывных работ по действию ударных воздушных волн на земной поверхности. Диесерт. на соиск. уч. степени доктора. техн. наук. Москва. 2011. - 283 c.

21. Ганопольский М.И. Прогнозирование параметров УВВ при взрывах на открытых горных работах. автореф. дис. ... канд. техн. наук. - М.: Из-во ИПКОН АН СССР, 1984. - 17 с.

22. Ганопольский М.И., Смолий Н.И. Ударные воздушные волны при короткозамедленном взрывании на открытых горных работах // ФТПРПИ.
1985. №6. С. 46-51.

23. Ганопольский М.И., Цейтлин Я.И. К расчету давления во фронте ударной воздушной волны при массовых взрывах скважинных зарядов // Горный журнал. 1980. №1. С. 44-46.

24. Ганопольский М.И. Сравнительная оценка воздействия сейсмических и ударных воздушных волн при определении радиусов опасных зон // Горный журнал. 1981. №12. С.33-35.

25. Ганопольский М.И., Белин В.А., Горобонос М.Г. Ударные воздушные волны при взрывах на открытых горных работах: Учебное пособие. - М.: Из-во МГГУ, 2011. - 115 с.

26. Ганопольский М.И. Результаты экспериментальных исследований ударных воздушных волн при взрывах на земной поверхности: Отдел. ст. горн. информ.-аналит. бюл. // М.: Изд-во МГГУ. 2011. - 38 с.

27. Глазков Ю.В., Крюков Г.М., Жаворонко С.Н. Теоретические оценки по ФКСВ теории процессов разрушения горных пород камуфлетным взрывом удлиненных зарядов. // Записки Горного института. Т. 171. СПб.: Из-во СПГГИ, 2007. С. 91-101.

28. Гончаров А. И., Куликов В. И., А.И. Перепелицын. Акустические волны при карьерных массовых взрывах // Физические проблемы разрушения горных пород: Сб. тр. Междунар. научн. конф. (Абаза, Хакасия). ИНКОН. Новосибирск, 2003. -107-104 с.

29. Гончаров А.И., Куликов В.И. Акустические волны при массовых взрывах в карьерах // ФГВ. 2004. Т.40. №6. С.101-106.

30. Грибанова Л.П., Дядечкин Н.И. Определение безопасных расстояний для промышленных объектов, расположенных в карьере // В

сб.: Взрывное дело, № 78/35. - М.: Недра, 1977. С. 217-221.

31. Гурин А.А., Малый П.С., Савенко С.К. Ударные воздушные волны в горных выработках. - М.: Недра, 1983. - 223 с.

32. Густафссон Р. Шведская техника взрывных работ. – М.: Недра,
1977. - 264 с.

33. Деев Е.А. Исследование влияния диаметра заряда и объемной концентрации энергии ВВ на эффективность дробящего действия взрыва. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н.- Л., 1978.

34. Демидюк Г.П., Ведутин В.Ф. Эффективность взрыва при проведении выработок. - М.: Недра. 1973. - 153 с.

35. Дроговейко И.З. Разрушение мерзлых грунтов взрывом. - М.: Недра, 1981. - 245 с.

36. Друкованый М.Ф., Комир В.М., Кузнецов В.М. Действие взрыва в горных породах. - М.: Недра, 1973. - 175с.

37. Друкованый М.Ф. Методы управления взрывом на карьерах. - М.: Недра, 1973. - 402с.

38. Друкованный М.Ф., Л.Б. Дубнов., Мендели Э.О., Иванов К.И.,Ильин В.И. Справочник по буровзрывным работам. - М.: Недра, 1976. - 631с.

39. Дювал У., Девайн Д. Воздушная волна и сотрясение грунта при взрывах. Открытые горные работы. - М.: Недра, 1971. С. 165-177.

40. Единые правила безопасности при взрывных работах (QCVN 02:2008/BCT) - Вьетнам.

41. Институт горной науки и технологии - Vinacomin. Проект разработки угля на угольном карьере Нуйбео- Хонгай открытым способом (на вьетнамском языке). Ханой. 2008.

42. Институт горной науки и технологии - Vinacomin. Проект разработки угля на угольном карьере Назыонг открытым способом (на вьетнамском языке). Ханой, 2008.

43. Институт горной науки и технологии – Vinacomin. Проект разработки угля на угольном карьере Ханьхоа открытым способом (на

вьетнамском языке). Ханой, 2008.

44. Инструментальные исследования параметров и характера распространения сейсмических волн во вмещающих массивах и параметров ударных воздушных волн при ведении взрывных работ на угольных разрезах «Нуйбео». Итоговый отчет. 2012.

45. Исследование параметров ударных воздушных воли при массовых взрывах на карьерах комбината «Ураласбест» (Отчет). Инв. №02820058466. Составитель М.И.Ганопольский - М.: Фонды ЦПЭССЛ треста «Союзвзрывпром», 1982. - 96 с.

46. Исследование параметров ударно-воздушных волн при взрывах мелких скважинных зарядов (отчет). Инв. №Б724353. Составители М.И.Ганопольский, Я.И.Цейтлин - М.: Фонды ЦПЭССЛ треста «Союзвзрывпром». 1977. - 38 с.

47. Казаков Н.Н. Взрывная отбойка руд скважинными зарядами. - М.: Недра, 1975. - 191с

48. Кандыба М.И. К расчету снижения сейсмических колебаний при короткозамедленном взрывании // Горный журнал. 1973. №3.

49. Картузов М.И., Власов В.Г. Сейсмическое действие массовых взрывов на карьерах и шахтах // Труды института горного дела. 1978. №55.

50. Компания по проектированию шахт и карьеров – Vinacomin. Проект разработки угля на угольном карьере «Каошон» открытым способом (на вьетнамском языке), Ханой, 2008.

51. Компания по проектированию шахт и карьеров – Vinacomin. Проект разработки угля на угольном карьере «Кокшау» открытым способом (на вьетнамском языке). Ханой, 2008.

52. Компания по проектированию шахт и карьеров – Vinacomin. Проект разработки угля на угольном карьере «Деонай» открытым способом (на вьетнамском языке). Ханой, 2008.

53. Компания шахт и карьеров – Vinacomin, Проект разработки угля на угольном карьере Хату открытым способом (на вьетнамском языке). Ханой, 2008.

54. Коренистов А.В., Давыдов С.А., Каменка Б.И. и др. Техника безопасности при взрывных работах в энергетическом строительстве. - М.: Недра, 1980. - 87 с.

55. Коротков. П.Ф. Об увеличении давления в ударной волне взрыва в направлении ветра // ЖПМТФ. 1961. № 3. С. 25-35.

56. Костюченко В.Н., Кондратьев С.В., Когарин Г.Г. О параметрах сейсмических волн при короткозамедленных взрывах // ФТПРПИ. 1982. №1.

57. Костюченко В.Н., Кондратьев С.В., Кочарян Г.Г. Исследование эффективности экранов для защиты от сейсмического действия взрывов. // В сб.: Взрывное дело. № 85/42. - М.: Недра,1983. С.115-123.

58. Крюков Г.М. Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании. Т.1.- М.: Из-во Горная книга, 2006. - 330 с.

59. Крюков Г.М., Глазков Ю.В. Феноменологическая квазистатическо-волновая теория деформирования и разрушения материалов взрывом зарядов промышленных ВВ: Отдел. ст. горн. информ.аналит. бюл. // М.: Изд-во МГГУ, 2003. - 67 с.

60. Кузьменко А.А., Воробьев В.Д., Денисюк И.И., Дауэтас А.А. Сейсмическое действие взрыва в горных породах. - М.: Недра, 1990. - 172 с.

61. Кузнецов Г.В., Улыбин В.П. Параметры воздушных волн при взрыве в карьере // Горный журнал. 1973. №5. С. 46-48.

62. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Ч. 1. Разрушение горных пород взрывом. Учебник для вузов. - М.: Издательство Горная книга, 2007. - 431 с.

63. Кутузов Б.Н. Безопасность взрывных работ в горном деле и промышленности: Учебное пособие. - М.: Из-во Горная книга, Изд-во МГГУ, 2009. - 670 с.

64. Кутузов Б.Н., Рубцов В.К. Зависимость удельного расхода ВВ от диаметра заряда. // Горный журнал. №2. 1974.

65. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Ч. 1. Разрушение горных пород взрывом: Учебник для вузов. - М.: Изд-во Горная

книга, 2007. - 471 с.

66. Лангефорс У., Кильстрем Б. Современная техника взрывной отбойки горных пород. - М.: Недра. 1968. - 284 с.

67. Ле Ван Куиен. Исследование степени разрушения горных пород и определение степени разрушения горных пород для нескольких карьеров Вьетнама (на вьетнамском языке). Ханой, 2008. - 145 с.

68. Лемеш Н.И., Поздняков Б.В. Роль забойки в управлении действием взрыва // Горный журнал. 1973. №2. С.45-47.

69. Ловля С.А. Прострелочно-взрывные работы в скважинах. - М.: Недра, 1987. - 214 с.

70. Лукишов Б.Г.. Тер-Семенов А.А., Федянин А.С. Совершенствование сейсмического контроля устойчивости бортов карьера «Мурунау» // Горный журнал. 2007. № 5.

71. Маляров И.П., Минченков А.В., Угольников В.К. Отпимизация параметров буровзрывных работ на гранитных карьерах при разрушении крупноблочных пород // Комплексное использование минерального сырья. 1985. №7. С.3-6.

72. Маляров И.П. Энергоемкость процессов разрушения горных пород при взрывании и механическом дроблении в горно-обогатительном производстве. автореф. дисс. ... докт. техн. наук. - Кемерово: Ин-т угля АН СССР, 1990. - 46 с.

73. Медведев С.В., Богацкий В.Ф., Пергамент В.Х. Влияние горнотехнических и технологических условий промышленных взрывов на сейсмические колебания // В сб.: Взрывное дело, №78/35. - М.: Недра, 1982. С. 209-216.

74. Миронов Н.С., Щуплецов Ю.П., Пятунин Б.В. Сейсмоколебания при взрывах и вопросы сейсмобезопасности зданий и сооружений // В сб.: Взрывное дело, №71/28. - М.: Недра, 1972. С. 169-174.

75. Мосинец В.Н. Дробящее и сейсмическое действие взрыва в горных породах. - М.: Недра, 1976. - 271 с.

76. Неченкин В.Д., Пятков А.Ф. Спектральный анализ сейсмических

колебаний от взрывов в карьерах и шахтах // Подземная разработка мощных рудных месторождений. - Свердловск, 1977.

77. Нефедов М.А., Михайлов В.А., Макарьев В.П., Виноградов Ю.И. Сейсмическое действие массовых взрывов на сооружения Оленегорского ГОКа // Республиканская конференция «Управление сейсмическим воздействием массовых взрывов в различных горно-геологических условиях». - Киев, 1978.

78. Нифонтов Б.И.. Гущин В.В., Шиман М.И., Риттер Ф.А. Сейсмическое действие массовых взрывов на Росвумчорском руднике // В кн.: Анализ эффективности горных работ и процессов при эксплуатации рудных месторождений. - М.: Наука, 1971.

79. Новожилов М.Г.. Друкованный М.Ф., Гейман Л.М., Ефремов Э.И., Хотиенко Ю.П. Влияние диаметра заряда на интенсивность дробления хрупких тел взрывом // В сб.: Взрывное дело, №53/10. - М.: Недра, 1963. С. 59-174.

80. Нхы Ван Бак. Повышение эффективности процесса разрушения обводненных пород при бурении взрывных скважин шарошечными долотами применительно к условиям карьеров Вьетнама, Москва, 1980 - 172 с.

81. Очиров В.С. Научное обоснование совершенствования технологии взрывных работ для снижения пылегазо-акустического воздействия на карьерах и рудниках Забайкалья: автореф. дисс. ... докт. техн наук. - Чита: Восточно-Сибирский государств технологический университет, 2002. - 48 с.

82. Парамонов Г.П.. Артемьев В.А., Холодилов А.Н. Новый метод оценки предельных значений раскачки зданий при воздействии на них сейсмических и воздушных ударных волн // Записки горного института. Т.166. 2005. С. 156-159.

83. Перечень рекомендуемых промышленных взрывчатых материалов, приборов взрывания и контроля. Ханой - 2012.

84. Перепелицын А.И. Сейсмическое и акустическое действие

массовых взрывов с использованием эмульсионных взрывчатых веществ в железорудных карьерах КМА: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. - М.: Изво ИДГ РАН, 2003. - 23 с.

85. Постановление премьер-министра правительства Вьетнама, номер 60/QĐ-TTg, о стратегии развития угольной промышленности до 2020г. (на вьетнамском языке). Ханой- 2009.

86. Пономарев В.Т., Довгошея Ю.И., Лисовенко Н.Н. Учет метеорологических условий при определении зарядов массовых взрывов, безопасных по действию ударных воздушных волн на Тулунском разрезе // В кн.: Разработка угольных месторождений открытым способом. Межвузовский сборник, вып. 1. - Кемерово, 1972. С. 76-183.

87. Промышленные взрывчатые вещества на основе утилизированных боеприпасов (на вьетнамском языке). Ханой, 2010.

88. Рахманов Р.А. Обоснование параметров комбинированной конструкции скважинного заряда для разнопрочного горного массива // ГИАБ. 2013. № 8. С. 207- 209.

90. Рыбнов Ю.С., Кудрявцев В.И., Евменов В.Ф. Экспериментальные исследования влияния приземного слоя атмосферы и подстилающей поверхности на амплитуду слабых воздушных ударных волн от наземных химических взрывов // ФГВ. 2004. Т.40. №6. С. 98-100.

91. Садовский М.А. Оценка сейсмически опасных зон при взрывах //
В кн. М.А.Садовский. Избранные труды: Геофизика и физика взрыва. - М.:
Наука, 2004. С. 93-102.

92. Садовский М.А. Механическое действие воздушных ударных волн взрыва по данным экспериментальных исследований // В кн. М.А.Садовский. Избранные труды: Геофизика и физика взрыва - М.: Наука, 2004. С.9-87.

93. Совмен В.К., Марьясов А.Л., Кутузов Б.Н., Эквист Б.В., Токаренко А.В. Сейсмическая безопасность при взрывных работах: Учебное пособие. - М.: Из-во Горная книга, 2012. - 228 с.

94. Состояние и перспективы разработки угля во Вьетнаме (на

вьетнамском языке). Ханой - 2012.

95. Смолий Н.И., Брайнин Б.Л. Измерение ударных воздушных волн при взрывании скважинных зарядов на строительстве Таллиннской ТЭЦ-2 // Энергетическое строительство. 1980. №5. С. 53-56.

96. Тарасенко В.П. Методика расчета удлиненных зарядов рыхления с учетом способа их инициирования // В сб.: Физические и химические процессы горного производства. - М.: Из-во МГИ. 1977.

97. Тверской Н.П. Курс метеорологии: Физика атмосферы. - Л.: Гидрометиздат, 1962. - 700 с.

98. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. Правила безопасности при взрывных работах. Сборник документов. Серия 13. Выпуск 14. - М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности». 2014. - 332 с.

99. Ханукаев А.Н. Энергия волн напряжения при разрушении горных пород взрывом. - М.: Госгортехиздат, 1962. - 200 с.

100. Хохлов С.В. Методика прогнозирования гранулометрического состава при буровзрывной отбойке гранита на щебень: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. - СПб.: Из-во СПГГИ, 2000. - 22 с.

101. Цейтлин Я.И., Смолий Н.И. Сейсмические и ударные воздушные волны промышленных взрывов. - М.: Недра, 1981.- 192 с.

102. Цейтлин Я.И., Ершов И.А. Снижение сейсмического эффекта взрыва при короткозамедленном взрывании // Вопросы инженерной сейсмологии. Вып. 6. Труды ИФЗ АН СССР №21 (188). - М.: Изд-во АН СССР, 1962. С. 103-114.

103. Цейтлин Я.И., смолий Н.И., Ганопольский М.И. Влияние забойки скважин на интенсивность воздушной ударной волны // Горный журнал. 1973. №2. С. 42-44.

104. Цейтлин Я.И., Смолий Н.И. К вопросу действия слабых ударновоздушных волн при взрывах на карьерах и стройплощадках // В сб.: Взрывное дело, №82/39. - М.: Недра, 1980. С.232-247.

105. Чан Куанг Хиеу., Белин В.А. Анализ результатов натурных

измерений параметров воздушных и сейсмических волн при проведении БВР на угольных карьерах «Нуйбео» во Вьетнаме // ГИАБ. 2013. № 8. С. 213-219.

106. Чан Куанг Хиеу. Влияние конструкции скважинных зарядов на интенсивность сейсмических колебаний при массовых взрывах в угольных карьерах Вьетнама // Горный журнал. 2014. №9. С.1 18- 120.

107. Чан Куанг Хиеу. Определение влияния конструкции забойки на интенсивность УВВ, обеспечивающей уменьшение опасной зоны взрыва на угольных разрезах Вьетнама // ГИАБ. 2014. № 1. С. 422-425.

108. Чан Куанг Хиеу., В.А. Белин. Влияние скорости ветра и температуры воздуха на степень воздействия УВВ при взрывах скальных горных пород // ГИАБ. 2013. № 12. С. 284-291.

109. Чан Куанг Хиеу. Влияние типа ВВ на сейсмическое действие
взрывов при массовых взрывов на угольных карьерах Вьетнама // ГИАБ.
2015. № 1. С. 405-407.

110. Юрманов Ю.А. Об образовании ударных воздушных волн при взрывах скважинных зарядов // В кн.: Проблемы разрешения горных пород взрывом. - М.: Недра, 1967. С. 45-53.

111. Tran Quang Hieu., Nguyen Dinh An., Pham Van Viet., Ta Minh Duc., Belin V.A. The effect of climatic condition on air blast overpressure when blasting at surface coal mines in Quang Ninh near residents // International Conference on Advances in Mining and Tunneling in Vung Tau - VietNam, from 18-24 October 2014. C. 116-119.

112. Nguyen Dinh An., Tran Quang Hieu., Do Ngoc Hoan., Tran Dinh Bao., Belin V.A. Analysis and evaluation of research result of experimental blasting at Nui Beo surface coal mine to reduce of ground vibration and air blast near residents // International Conference on Advances in Mining and Tunneling in Vung Tau - VietNam, from 18-24 October 2014. C. 79-82.

Приложение

Утверждаю

Директор угольного разреза «Нуйбео» по открытым горный работам Май Куанг Тхай «19» августа 2014 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

УПАСОМІЛ Внедрения результатов исследований, выполненных в кандидатской анесертации Чан Куанг Хиеу «Обоснования способа взрывания скальных горных пород, обеспечивающего уменьшение опасной зоны взрыва в условиях Вьетнама» по специальности 25.00.20 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

На угольный разрез «Нуйбео» переданы рекомендации по осуществлению взрывания пород при взрывании зарядов BB с применением комбинированной гидрозабойки и инертным промежутком, позволющее снизить сейсмоэффект и интенсивность УВВ на охраняемые объекты, снизить выход негабарита и средний размер взорванного куска в развале, разработанные по материалам диссертации Чан Куанг Хиеу. С 2015 года эти рекомендации и указанный патент используются на угольном разрезе «Нуйбео» при составлении проектов взрывных работ для отбойки скальных горных пород позволяют снизить сейсмоэффект на охраняемые объекты в $1,45 \div 2,1$ раз и снизить интенсивности УВВ в $1,46 \div 1,79$ раза, снизить выход негабарита с 15,2 до $8\div 11,5$ % и размера среднего куска взорванной горной массы с 0,48 до 0,34 м. В результате внедрения получен экономический эффект в размере 1,44 руб/м³ взрываемой горной массы в ценах 2014 года.

Составлен комиссией в составе:

CÔNG TY CÔ PHẦN

HAN NUI BÉO

Директор угольного разреза «Нуйбео» по открытым горным работам Зам. начальника отдела открытых горных работ

Май Куанг Тхай_

Фан Нгу Хоань