**Жариков, Сергей Николаевич. Взаимосвязь удельных энергетических характеристик процессов шарошечного бурения и взрывного разрушения массива горных пород : диссертация ... кандидата технических наук : 25.00.20 / Жариков Сергей Николаевич; [Место защиты: Ин-т горн. дела УрО РАН].- Екатеринбург, 2011.- 139 с.: ил. РГБ ОД, 61 11-5/1759**

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА

На правах рукописи 04201102241 УДК 622. 23 3 . 63. 051.78:622. 235. 527. 4

Жариков Сергей Николаевич

**ВЗАИМОСВЯЗЬ УДЕЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССОВ ШАРОШЕЧНОГО БУРЕНИЯ И ВЗРЫВНОГО РАЗРУШЕНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД**

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

Диссертация На соискание учёной степени кандидата технических наук

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Корнилков С. В.

Екатеринбург 2011г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА КРУПНЫХ КАРЬЕРАХ 9
2. БУРЕНИЕ ВЗРЫВНЫХ СКВАЖИН НА КАРЬЕРАХ ШАРОШЕЧНЫМ СПОСОБОМ 21
3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВЗРЫВА ПРИ РАЗРУШЕНИИ ГОРНЫХ ПОРОД НА КАРЬЕРАХ 29
4. ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ

ИССЛЕДОВАНИЙ 38

ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ УДЕЛЬНОЙ ЭНЕРГИЕЙ НА ШАРОШЕЧНОЕ БУРЕНИЕ И ЭНЕРГИЕЙ ВЗРЫВНОГО РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

1. ОЦЕНКА УДЕЛЬНЫХ ЭНЕРГОЗАТРАТ НА ВЗРЫВНОЕ РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД 41
2. ОЦЕНКА УДЕЛЬНЫХ ЭНЕРГОЗАТРАТ НА ШАРОШЕЧНОЕ БУРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН 50
3. ИСЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ УДЕЛЬНОЙ ЭНЕРГИЕЙ НА БУРЕНИЕ И ЭНЕРГИЕЙ НА ВЗРЫВНОЕ РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД 63
4. ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 70

ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПОКАЗАТЕЛЯ ТРУДНОСТИ БУРЕНИЯ И ЭНЕРГОЗАТРАТ ВЗРЫВНОГО РАЗРУШЕНИЯ ОТ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ КАЧКАНАРСКОГО ГОКА

\

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ УДЕЛЬНЫМИ ЭНЕРГОЁМКОСТЯМИ ОБУРИВАНИЯ И ВЗРЫВНОГО РАЗРУШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ГЛАВНОГО КАРЬЕРА КАЧКАНАРСКОГО ГОКА 72
2. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ФИЗИКО­МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ГОРНЫХ ПОРОД И ПАРАМЕТРАМИ ПРОЦЕССА БУРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН В УСЛОВИЯХ ГЛАВНОГО КАРЬЕРА КАЧКАНАРСКОГО ГОКА 79
3. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЁТА УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ВВ- ПО ДЛИНЕ ЗАРЯДА В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИНАХ 85
4. ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 96

ГЛАВА 4. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПРОРОД ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВЗРЫВА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БВР

* 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОД ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ ПРОЦЕССА БУРЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ СКВАЖИН В

УСЛОВИЯХ КАЧКАНАРСКОГО ГОКА 97

* 1. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БВР 120
  2. ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВЗРЫВОВ С УЧЕТОМ ИЗМЕРЯЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА БУРЕНИЯ- ВЗРЫВНЫХ СКВАЖИН 125
  3. ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 128

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 130

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 133

з

ВВЕДЕНИЕ

Буровзрывные работы (БВР) являются первыми в цепи технологических процессов горного производства и в значительной мере определяют себестоимость добычи полезных ископаемых. На крупных карьерах затраты на БВР достигают 30% от общих затрат на добычу, при этом ожидается их увеличение по мере понижения горных работ. Требования к БВР в этой связи неуклонно растут в части сокращения затрат на разрушение горного массива. При этом, технология БВР требует оптимизации параметров бурения и взрывания горных пород в зависимости от изменения горнотехнических условий.

При планировании горных работ требуется поддержание высокой производительности бурового станка и обеспечение установленного качества дробления горной массы при взрывании. Для решения этих задач массив горных пород характеризуется по буримости и взрываемости. Следует отметить, что в действующих классификациях эти характеристики горного массива не связаны между собой. При известной категории пород по буримости, класс по взрываемости определить практически невозможно и наоборот. Вместе с тем, значительная анизотропия свойств горных пород обуславливает тот факт, что при проектировании БВР закладывается значительный резерв затрат на бурение и взрывание.

Для повышения эффективности производства БВР требуется общий показатель трудности разрушения горных пород в процессах бурения и взрывания. Ввиду того, что механизмы разрушения пород в этих процессах различны, общий показатель трудности разрушения горного массива может быть установлен только через изучение взаимосвязи между энергетическими характеристиками указанных процессов, поскольку единственным фактором, их объединяющим, является энергия, которая тратится на разрушение горных пород.

Изыскание путей снижения затрат на БВР связано с определением свойств горных пород в естественном залегании. Поэтому разработка экспресс методик уточнения физико-механических свойств горных пород их буримости и взрываемости является весьма актуальной задачей, имеющей, высокую научно-практическую значимость.

В настоящее время развиваются косвенные геофизические методы определения физико-механических свойств горных пород. В то же время достаточно точным является метод оценки свойств массива по скорости и энергоемкости бурения скважин в процессе подготовки блока к взрыванию [1]. С начала 80-х годов 20 века данное направление исследований не получило должного развития. Функциональные связи между энергетическими характеристиками процессов буровзрывных работ не были установлены, а полученные зависимости [2] в современных условиях требуют корректировки. Не смотря на это, энергетический метод обоснования параметров БВР по данным технологического бурения, при современном развитии горных работ на крупных карьерах, заслуживает особого внимания и дальнейшего развития.

**Объект** исследований: массив горных пород на карьерах, подготавливаемый к разрушению буровзрывным способом

**Предмет исследований:** взаимосвязь энергетических показателей разрушения горных пород при шарошечном бурении взрывных скважин и взрывании скважинных зарядов

Цель работы: установление зависимости между удельными энергетическими характеристиками процессов шарошечного бурения и взрывного разрушения горных пород на карьерах для повышения эффективности использования энергии взрыва.

**Идея работы:** Установленная взаимосвязь удельных энергетических характеристик процессов шарошечного бурения и взрывного разрушения горных пород позволяет оперативно корректировать величину удельного расхода ВВ по глубине взрывной скважины и в целом по блоку.

**Научные положения:**

1. Удельная энергия обуривания 1 м3 массива горных пород шарошечным способом (Дж/м3) прямо пропорциональна удельной энергии его взрывного разрушения (Дж/м3). Применительно к горным породам Главного карьера Качканарского ГОКа коэффициент пропорциональности в среднем составляет *6,225.*
2. Рациональная величина удельного расхода ВВ по глубине взрывной скважины может быть установлена по измеряемым параметрам процесса бурения путём расчёта энергии обуривания 1 м3 массива, взаимосвязанной с показателем трудности бурения и коэффициентом крепости горных пород. **Научная новизна результатов исследований:**
3. Предложен единый показатель оценки энергозатрат на разрушение горных пород при бурении и взрывании.
4. Установлена прямая зависимость между удельными энергетическими

\

характеристиками процессов шарошечного бурения и взрывного разрушения горных пород на карьерах.

1. Разработана методика расчёта рационального веса заряда ВВ по каждой скважине взрывного блока на основе данных технологического бурения.
2. Предложена методика поэтапного исследования свойств горных пород при проектировании технологических взрывов на карьерах.

**Практическое значение работы состоит:**

* в возможности определения рациональных параметров зарядов ВВ по скважинам взрывного блока на основе данных о параметрах процесса технологического бурения
* в снижении расхода ВВ и повышении производительности бурового оборудования на крупных карьерах
* в определении физико-механических свойств локальных горных массивов и формировании модели изменения крепости горных пород по высоте уступа для корректировочных расчётов параметров БВР.

**Задачи диссертационной работы:**

1. Анализ теорий разрушения горных пород взрывом.
2. Оценка удельной энергии бурения горных пород шарошечным способом и их взрывного разрушения.
3. Исследование зависимости между удельными энергиями шарошечного бурения и взрывного разрушения горных пород в условиях горного предприятия.
4. Разработка методики расчёта рациональной массы взрывчатого вещества по глубине скважины на основе данных процесса бурения.

**Методы исследований:** обобщение и анализ научно-технической

литературы, методы математической статистики, синтез, моделирование, натурный эксперимент.

**Обоснованность и достоверность полученных результатов:**

Проведённые исследования основываются на положениях энергетической теории разрушения горных пород взрывом. Достоверность полученных результатов обеспечивается соответствием теории и практики буровых и взрывных работ, использованием фактических отчётных данных предприятия, сходимостью экспериментальных данных с результатами теоретических исследований. ,

**Личный** вклад автора состоит:

* в обосновании единого показателя оценки энергозатрат на разрушение горных пород при.бурении и взрывании (Дж/м3)
* в доказательстве существования функциональной зависимости между удельными энергетическими характеристиками шарошечного бурения и взрывного разрушения горных пород на карьерах
* в установлении корреляционной зависимости между энергоёмкостью обуривания и взрывного разрушения массива применительно к горным породам Главного карьера Качканарского ГОКа
* в разработке методики корректировочного расчёта необходимой массы взрывчатого вещества по отметкам колонки заряда на основе характеристик процесса бурения технологической скважины

Автор выражает глубокую благодарность коллективу инженерно- технических работников ОАО «Ванадий», ОАО «Ураласбест» сотрудникам ИГД УрО РАН за поддержку, оказанную в период выполнения исследований и при подготовке данной работы.

**Результаты работы** базируются на исследованиях, проведённых на Главном карьере ОАО «Ванадий», на отчётных данных Центрального карьера ОАО «Ураласбест» и на анализе научно-технической литературы по вопросу буримости и взрываемости горных пород на карьерах.

**Апробация работы**

Основные положения и содержание работы доложены на: Международных конференциях «Неделя горняка» (Москва, 2007 г.), «Уральская школа - регионам» (Екатеринбург, 2009 г.), Российской молодёжной научно-

практической конференции «Проблемы недропользования» (Екатеринбург, 2008, 2009, 2010 гг.), Научно-практической конференции «Перспективные направления совершенствования буровзрывных работ» (Екатеринбург, 2007 г.), Научно-практической конференции «Развитие ресурсосберегающих технологий во взрывном деле» (Екатеринбург, 2009 г.).

**Публикации.** Основные положения диссертации представлены в 11 статьях, в т.ч. 5 в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК России:

**Структура и объём работы.** Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав и заключения общим объёмом 139 страниц, содержит 32 таблицы, 32 рисунка. Список использованных источников включает в себя 90 наименований.

В основу диссертационной работы положены результаты исследований выполненных в Институте горного дела УрО РАН в рамках НИР «Проблемы комплексного освоения недр Земли и новые технологии извлечения полезных ископаемых из минерального и техногенного сырья» (2007 г.); федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (госконтракт № 02.740.11.0317 (2009 г.)).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация представляет собой законченную научно­квалификационную работу. В ней на основании выполненных теоретических и экспериментальных исследований даётся решение актуальной задачи использования данных о параметрах процесса шарошечного бурения для уточнения в технологических скважинах по глубине удельного расхода ВВ. Данная задача решена на основании исследования зависимости между энергетическими характеристиками процессов шарошечного бурения и взрывного разрушения горных пород.

Основные научные результаты, выводы и рекомендации работы заключаются в следующем:

1. Установлена функциональная зависимость между удельной энергией обуривания 1 м3 массива горных пород на карьерах и удельной энергией его взрывного разрушения, которая имеет вид прямой пропорции. Для горных пород Главного карьера Качканарского ГОКа средний коэффициент пропорциональности составляет 6,23. Для нерудных пироксенитов: оливинового 3,62 - 4,54, диаллагового - 4,02.
2. Рациональная величина удельного расхода ВВ по глубине взрывной скважины может быть установлена по измеряемым параметрам процесса бурения путём расчёта энергии обуривания 1 м3 массива, взаимосвязанной с показателем трудности бурения и коэффициентом крепости горных пород.
3. Разработана методика исследования физико-механических свойств пород по данным бурения взрывных скважин, которая позволяет строить цифровые модели распределения крепости горных пород по высоте уступа. В результате моделирования крепости пород на исследуемых участках Главного карьера КГОКа установлено, что под воздействием предыдущих взрывов развивается техногенная нарушенность массива: при тыльном действии взрыва на глубину 4 - 5,5 м; в зоне перебура на глубину (0,35 - 0,6) высоты уступа. Полученные данные согласуются с научными исследованиями ИГД УрО РАН.
4. Исследование физико-механических свойств горных пород по результатам бурения взрывных скважин позволяет на отдельных участках карьера уменьшить расход ВВ на первичное дробление пород до 20 — 22%.
5. Для повышения эффективности использования энергии взрыва при БВР на карьерах предложена методика поэтапного исследования физико­механических свойств горных пород. На первом этапе по геологической документации производится геометризация пород карьера и в подготавливаемом блоке определяются их категории буримости, трещиноватости и классы взрываемости. На втором этапе уточняется крепость горных пород в блоке методом сейсмометрии и определяются первоначальные параметры БВР. На третьем этапе по измеренным данным бурения взрывных скважин (осевому усилию, частоте вращения, скорости бурения, мощности вращателя по каждому метру скважины) уточняется фактическая крепость горных пород в блоке и по каждой скважине производится корректировочный расчёт веса заряда ВВ.
6. Результаты работы указывают на целесообразность проведения ряда

научно-исследовательских и конструкторских работ, которые

заключаются в разработке: взрывчатых веществ и смесительно-зарядных машин для буровзрывных работ на карьерах, позволяющих создавать многоуровневую плотность взрывчатого вещества в столбе

скважинного заряда (обеспечивать необходимую массу взрывчатого вещества на заданной отметке глубины скважины); электронных систем контроля и управления процессом бурения технологических скважин на карьерах; систем автоматизированного расчёта параметров БВР.

1. Результаты работы рекомендуются к использованию на горных

предприятиях в качестве исходных данных для корректировочных

расчётов по результатам бурения взрывных скважин, а также могут быть использованы в учебном процессе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кутузов Б. Н. Перспективные направления развития взрывного дела на открытых горных работах [Текст] / Б. Н. Кутузов, Н. Я. Репин // Горный журнал. - 2009. - № 11. — С. 52 - 57.
2. Тангаев И. А. Буримость и взрываемость горных пород [Текст] / И. А. Тангаев. - М.: Недра, 1978. - 184 с.
3. Крюков Г. М. Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании [Текст] : учебник для вузов: т. 1 / Г. М. Крюков,- М.: Изд-во Горная книга, 2006. - 330 с.
4. Латышев О. Г. Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании [Текст] : учебное пособие / О. Г. Латышев. - Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2004. - 201 с.
5. Кутузов Б. Н. Теория, техника и технология буровых работ [Текст] / Б. Н. Кутузов. - М.: Недра, 1972. - 312 с.
6. Симкин Б. А. Справочник по бурению на карьерах [Текст] / Б. А. Симкин, Б. Н. Кутузов, В. Д. Буткин. - М.: Недра, 1990.- 221 с.
7. Подэрни Р. Ю. Горные машины и комплексы для открытых работ [Текст] : учебник для вузов / Р. Ю. Подэрни. — 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Недра, 1985. - 544 с.
8. Горная энциклопедия [Текст] : в 5 т.: т. 2 / ред. кол. М. И. Агошков и др. - М.: Советская энциклопедия, 1985. — 575 с.
9. Анализ состояния буровых работ на горнодобывающих предприятиях Сибири, разработка технологических карт буримости и мероприятий по повышению производительности буровых станков и износостойкости бурового инструмента [Текст] : отчёт о НИР (заключительный) /ВостНИГРИ; рук. Бухтин В. С., Юрченко С. В., Гайдин П. Т. - Новокузнецк, 1983. - 50 с.
10. Рогальский Б. С. Оценка буримости пород на открытых горных работах [Текст] / Б. С. Рогальский, Е. А. Штогрин, И. С. Кушнир // Горный журнал. - 1986. - № 12. - С. 41 - 44.
11. Открытые горные работы [Текст] : справочник / К. Н Трубецкой и др. -М.: Горное бюро, 1994. - 590 с.
12. Симкин Б. А. Справочник по бурению на карьерах [Текст] / Б. А. Симкин, Б. Н. Кутузов, В. Д. Буткин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М: Недра, 1990. -224 с.
13. Сухов Р. И. Состояние и перспективы развития производства буровой, зарядно-доставочной техники и бурового инструмента на Урале для горнодобывающих предприятий [Текст] / Р. И. Сухов // Развитие ресурсосберегающих технологий во взрывном деле: докл. Всерос. науч. конф. /ИГД УрО РАН. -Екатеринбург: УрО РАН, 2009. - С. 53 - 58.
14. Яковлев В. JI. Состояние, проблемы и пути совершенствования открытых горных разработок [Текст] / В. Л. Яковлев // Горный журнал. -2009. -№ И.-С 11-14.
15. Барон JI. И. Коэффициенты крепости горных пород [Текст] / JI. И. Барон. - М.: Наука, 1972. - 175 с.
16. Исследование физико-механических свойств горных пород Костомукшского месторождения для оптимизации буровзрывных работ [Текст] : отчет о НИР / ИГД МЧМ СССР; рук. Зотеев В. Г. — Свердловск, 1987. - 112 с.
17. Жариков С. Н. Применение многоволновой сейсмометрии при выборе оптимальных параметров буровзрывных работ [Текст] / С. Н. Жариков // Взрывное дело: сб. науч. трудов. Отд. вып. Горного информационно­аналитического бюллетеня № ОВ 7. - М.: Мир горной книги, 2007. - С. 119- 125.
18. Единые нормы выработки на открытые горные работы для предприятий горнодобывающей промышленности [Текст] : Бурение. - М.: НИИтруда, 1984. - 52 с.
19. Тангаев И. А. Энергоёмкость процессов добычи и переработки полезных ископаемых [Текст] / И. А. Тангаев. - М.: Недра, 1986. - 231 с.
20. Тангаев И. А. Технологические свойства горного массива и методы их определения [Текст] / И. А. Тангаев. - Фрунзе: Илим, 1975. - 217 с.
21. Тангаев И. А. Оценка относительной крепости пород по величине удельной энергоёмкости шарошечного бурения [Текст] / И. А. Тангаев, Я. М. Додис, А. Г. Голопуров //Горный журнал. - 1975. - № 3. - С. 54-

56.