Трофимов, Андрей Викторович. Снижение удельного расхода взрывчатых веществ при дроблении негабаритов путем применения накладных зарядов специальных конструкций : диссертация ... кандидата технических наук : 25.00.20 / Трофимов Андрей Викторович; [Место защиты: С.-Петерб. гос. гор. ин-т им. Г.В. Плеханова].- Санкт-Петербург, 2010.- 134 с.: ил. РГБ ОД, 61 11-5/120

**Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г.В. Плеханова**

**(технический университет)**

**ТРОФИМОВ АНДРЕЙ ВИКТОРОВИЧ**

***на правах рукописи***

**04201100442**

**СНИЖЕНИЕ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ДРОБЛЕНИИ НЕГАБАРИТОВ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ НАКЛАДНЫХ ЗАРЯДОВ СПЕЦИАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

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

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель д.т.н., профессор М.Г. Менжулин

Санкт-Петербург

2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

[**ВВЕДЕНИЕ 3**](#bookmark0)

1. **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ. ОБЗОР И АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ДРОБЛЕНИЯ НЕГАБАРИТОВ 8**
   1. **Взрывное разрушение негабаритов 8**
      1. **Накладные заряды 8**
      2. **Накладные кумулятивные заряды 13**
      3. [**Шпуровые заряды 16**](#bookmark1)
   2. **Невзрывные (нетрадиционные) методы разрушения 19**
      1. **Механические методы разрушения 19**
      2. [**Плазменное бурение 27**](#bookmark2)
      3. **Электрофизические методы 28**
      4. [**Устройства ударно-проникающего типа 29**](#bookmark3)
      5. **Термическое разрушение 31**
2. [**ОСОБЕННОСТИ ФИЗИКИ ВЗРЫВНОГО РАЗРУШЕНИЯ НЕГАБАРИТОВ КОНТАКТНЫМ ВЗРЫВОМ 33**](#bookmark5)
   1. **Распределение газодинамических параметров контактного взрыва на основе одномерного автомодельного решения 33**
   2. **Взаимодействие фронта ударной волны контактного взрыва с границей раздела**

**двух сред 43**

* 1. [**Особенности физических процессов разрушения негабаритов контактным взрывом 48**](#bookmark12)

1. **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ НАКЛАДНОГО ЗАРЯДА И ХАРАКТЕРИСТИК ПРИМЕНЯЕМОГО ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА НА ПАРАМЕТРЫ РАЗРУШЕНИЯ НЕГАБАРИТА 52**
   1. [**Оценка параметров преломления детонационной волны в горную породу 52**](#bookmark15)
   2. [**Методика определения параметров преломления детонационных волн в окружающую среду 57**](#bookmark18)
   3. **Определение параметров разрушения негабаритов при взрыве накладного заряда**

**ВВ 59**

[**3.5 Исследование влияния на параметры разрушения негабарита конструкции накладного заряда 67**](#bookmark24)

1. [**ДВУХСТАДИЙНОЕ РАЗРУШЕНИЕ НЕГАБАРИТОВ С КОНЦЕНТРАТОРАМИ НАПРЯЖЕНИЙ И ЗАЩИТНЫМ УСТРОЙСТВОМ 77**](#bookmark25)
   1. [**Оценка влияния размеров концентраторов напряжений на прочность образцов горных пород и строительных материалов 77**](#bookmark26)
   2. [**Двухстадийное разрушения негабаритов накладными и кумулятивными зарядами взрывчатых веществ, размещенными в защитном устройстве 84**](#bookmark28)
   3. **Определение термокинетических параметров и прочностных свойств горных пород. 101**
2. [**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДРОБЛЕНИЯ НЕГАБАРИТОВ НАКЛАДНЫМИ ЗАРЯДАМИ РАЗЛИЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ 106**](#bookmark32)
   1. [**Методика экспериментальных исследований 106**](#bookmark33)
   2. [**Производство экспериментальных работ по определению параметров волн напряжений от зарядов различных конструкций 112**](#bookmark34)
   3. [**Технико-экономическая оценка применения конструкции накладных зарядов с алюминиевой оболочкой 121**](#bookmark35)

[**ЗАКЛЮЧЕНИЕ 124**](#bookmark36)

**ЛИТЕРАТУРА : 126**

**ВВЕДЕНИЕ**

Актуальность работы. Буровзрывные работы являются важнейшей составной частью процесса добычи полезных ископаемых. От качества дробления горной массы зависит эффективность работы всего горного предприятия. Несмотря на широкий ряд эффективных способов дробления горных пород взрывом, до сих пор не всегда удается обеспечить требуемое качество дробления горной массы. При производстве взрывных работ на карьерах наблюдается выход фракций, размеры которых могут не удовлетворять требованиям последующих технологических стадий производства. Такие фракции являются негабаритными и подлежат вторичному дроблению. Традиционным способом для разрушения негабаритов является использование энергии взрывчатого вещества (ВВ), несмотря на наличие альтернативных методов - в основном механического разрушения гидромолотами, применение которых не всегда экономически обоснованно. Основным методом дробления негабаритов является метод накладных зарядов. Данный метод отличается высокой производительностью и технологичностью и не требует высококвалифицированных взрывников. Однако метод требует большого удельного расхода 1,5-2кг/м3, что приводит к образованию достаточно интенсивных ударно-воздушных волн (УВВ), воздействие которых может привести к негативным последствиям для находящихся на пути распространения УВВ зданий и сооружений. Разработка способов и методов, позволяющих уменьшить количество энергии ВВ накладного заряда, переходящей в УВВ и напротив, увеличение доли энергии идущей на дробление негабарита является задачей настоящей работы.

Проблемам связанным с детонационными процессами и разрушением в различных средах при контактном взрыве посвящены работы В.В. Адушкина, А.А. Спивака, К.П Станюковича., Ф.А. Баума, Л.П. Оренко, М.Г. Менжулина, М.А. Нефедова, В.П. Коробейникова, В.Д. Алексеенко, В.Н.

Родионова, Е.И. Шемякина, М.Ф. Друкованного, Б.Я. Светлова, Л.И. Дубнова, B.C. Никифоровского, М.А. Садовского, Г.И. Покровского и др.

Несмотря на большой объем и достигнутые успехи в этом направлении, до настоящего времени нет научно-обоснованного подхода к описанию процесса разрушения негабаритов горных пород накладными зарядами и методики определения минимального значения удельного расхода взрывчатого вещества, приводящего к разрушению негабарита до кондиционных фракций.

Цель работы. Разработка технологичного и экономически эффективного метода дробления негабаритных фракций и методики оценки параметров разрушения, позволяющего снизить удельный расход взрывчатого вещества и повысить безопасность взрывных работ.

Идея работы. Определение параметров разрушения негабарита осуществляется путем оценки изменения давления на контакте с горной породой, на основании чего определяются эквивалентный заряд и размеры зон разрушения. Снижение удельного расхода взрывчатого вещества достигается применением конструкции накладного заряда позволяющей увеличить импульс взрыва, а так же искусственно созданными на негабарите концентраторами напряжений.

Основные задачи работы:

* Выполнить аналитический обзор современных методов дробления негабаритов.
* Исследовать распределение энергии взрыва при контактном взрыве и особенности физики взрывного разрушения негабаритов.
* Исследовать влияние на параметры разрушения негабарита конструкции накладного заряда и характеристик применяемого ВВ и разработать методику оценки размеров зон разрушения при взрыве накладных зарядов различной конструкции.
* Исследовать процесс разрушения негабаритов накладными зарядами ВВ с концентраторами напряжений.
* Провести экспериментальные исследования дробления негабаритов накладными зарядами различных конструкций.

**Защищаемые научные положения:**

1. Для прогнозирования удельного расхода накладного заряда ВВ и зон разрушения в негабарите необходимо оценивать изменение давления на контакте горная порода - продукты детонации с учетом отличия распределения энергии контактного и камуфлетного взрывов и на основании этого находить эквивалентный заряд.
2. Применение конструкции накладного заряда ВВ с тонкой алюминиевой оболочкой и осевым инициированием позволяет увеличить удельный импульс взрыва на контакте с горной породой на 30-40%, что эквивалентно снижению удельного расхода.
3. Увеличение коэффициента концентрации напряжений путем создания надрезов в месте установки накладного заряда, позволяет увеличить линию наименьшего сопротивления негабарита в 3-4 раза, что снижает удельный расход и повышает безопасность взрывных работ.

**Научная новизна:**

* Установлена зависимость размеров зон разрушения в негабарите от параметров накладного заряда ВВ с различными детонационными характеристиками на основе исследования изменения давления на контакте с горной породой.
* Установлены параметры конструкции накладного заряда с оболочкой, позволяющие увеличить импульс взрыва.
* Установлена зависимость удельного расхода накладного заряда взрывчатого вещества, необходимого для развития магистральных трещин от параметров искусственных надрезов (концентраторов напряжений).

**Практическая значимость работы:**

б

* Разработана методика определения минимального значения удельного расхода накладных зарядов взрывчатых веществ, для разрушения негабаритов горных пород различных типов.
* Разработана конструкция накладного заряда взрывчатого вещества, для дробления негабарита позволяющего увеличить импульс взрыва на 30­40% и снизить удельный расход.
* Разработана методика оценки влияния параметров концентратора напряжений, созданного в негабарите на размер зоны трещинообразования и удельный расход накладных зарядов взрывчатых веществ.

Методы исследований. Анализ и обобщение результатов ранее проведенных исследований действия контактного взрыва. При решении поставленных задач использовались методы исследования газодинамических процессов взрыва, закономерности формирования физико-механических полей и процессов разрушения на основе физики взрыва, теории детонации, механики сплошной среды и кинетической теории прочности. Методы и способы регистрации быстропротекающих процессов взрыва с использованием пьезоэлектрических акселерометров и электромагнитных велосиметров. Экспериментальные методы оценки гранулометрического состава разрушенной горной породы.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Обосновывается большим объемом проанализированной и обобщенной исходной информации о контактном действии взрыва, физической обоснованностью постановки и решения задач, сходимостью в пределах погрешности измерений прогнозируемого и фактического качества дробления негабарита при рассчитанных параметрах разрушения.

Реализация результатов работы. Разработанные рекомендации по дроблению негабаритов предполагается внедрить на карьерах ЗАО «Гавриловское карьероуправление», ЗАО «Каменогорское карьероуправление», ООО «Промстройвзрыв», ООО «Евровзрывпром», «Афанасьевский карьер цементного сырья».

Апробация работы. Содержание и основные положения диссертационной работы докладывались на симпозиуме «Неделя горняка-2010» (МГГУ, г. Москва), на ежегодных научных конференциях молодых ученых «Полезные ископаемые России и их освоение» 2008-20 Юг.г. (СПГГИ (ТУ), г. Санкт- Петербург), заседаниях кафедры «Безопасности производств и разрушение горных пород» и НТСа СПГГИ (ТУ).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 5 печатных работ все в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России и положительное решение на патент об изобретении.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и библиографического списка, изложенных на 137 страницах машинописного текста, содержит 26 рисунков, 14 таблиц и список литературы из 132 наименований.

Автор выражает благодарность научному руководителю профессору М.Г. Менжулину, развитие идей которого, помощь и поддержка способствовали успешному выполнению работы, а также признательность сотрудникам кафедры Безопасности производств и разрушения горных пород и лично доцентам В.А. Артемову и А.Н. Холодилову за практические советы при написании диссертации.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Настоящая диссертационная работа представляет собой законченную

научно-квалификационную работу, в которой содержится решение актуальной для большинства карьеров строительных материалов задачи — снижению удельного расхода накладных зарядов взрывчатых веществ. Основные научные результаты и выводы

1. Для предприятий с малой производительностью (в основном карьеры строительных материалов), наиболее подходящим методом дробления является метод накладных зарядов, т.к. высокие капитальные и амортизационные затраты на приобретение гидромолота и экскаватора в качестве рабочей машины экономически нецелесообразно.

**j**

1. При контактном взрыве доля энергий взрыва, идущая в горную породу на формирование волн напряжений на различных расстояниях от поверхности, отличается от камуфлетного. На основании этого оценивать процент перехода энергии в горную породу и затем применять зонную модель разрушения не совсем корректно. Т.к. в ближней зоне действие контактного и камуфлетного взрыва практически одинаково, а после прихода волны разряжения от свободной поверхности сильно ослабляются параметры волн контактного взрыва.
2. Основной задачей при определении параметров волн напряжений, распространяющихся от взрыва накладного заряда в разрушаемой среде, является оценка изменения давления на контакте горная порода — воздух.
3. Критерием разрушения негабарита является совмещение зоны радиальных трещин и откольной зоны
4. На основе исследования изменения давления на контакте с горной породой можно рекомендовать к использованию для дробления негабарита ВВ с наиболее высокой скоростью детонации т.к. они создают более высокий импульс взрыва и, как следствие позволяют увеличить размеры зоны разрушения негабарита.
5. Для более эффективного дробления негабарита необходимо использовать осевое инициирование заряда и не допускать размеров заряда меньше предельного диаметра.
6. Применение зарядов с оболочкой из алюминиевой фольги и осевым инициированием заряда позволяет использовать заряды малой массы без снижения скорости детонации, тем самым можно снизить удельный расход до двух раз.
7. Увеличение коэффициента концентрации напряжений путем создания на поверхности негабарита надрезов в месте установки накладного заряда позволяет усиливать действие напряжений, и тем самым увеличивать размер зоны трещинообразования в 3-4 раза и снижать удельный расход, значительно повысив безопасность взрывных работ.

126

ЛИТЕРАТУРА

1. Друкованный М.Ф., Дубнов JI.B., Миндели Э.О. Справочник по буровзрывным работам. М. Недра, 1976г.
2. Бурлуцкий Б.Д. Влияние форы негабаритных кусков на расход ВВ при вторичном взрывании. // Изв. ВУЗов, Горный журнал, № 10, 1973 г.
3. Олейников В.А. и др. Новые промышленные взрывчатые вещества с повышенной объемной концентрацией энергии. Труды V международной научно-технической конференции, М., 2003.
4. Олейников В.А., Анников В.Э., Бригадин И.В., Куск Ю.И., Нестеров А.Г, Гельпор - мечта горняка?! Некоторые результаты испытаний. // Сборник трудов IV международной научной конференции “ Физические проблемы разрушения горных пород ” 2004г., Москва.
5. Олейников В.А., Бригадин И.В., Дорошенко С.И., Нестеров А.Г., Кузьмин С.Н., Черноморец А.Н. Некоторые особенности параметров подводных взрывов ПВМ на гелевой основе. // Сборник трудов IV

международной научной конференции “Физические проблемы разрушения горных пород” 2004 г., Москва

1. Взрывчатые вещества и средства инициирования промышленного назначения. Каталог. Под ред. В.И. Холстова. Москва 2004г.
2. Кутузов Б.Н. Разрушение горных пород взрывом. Взрывные

технологии в промышленности. М, изд. МГИ, 1994г.

1. Чупров И.В. Исследование взаимосвязи параметров электромагнитных молотов с физико-механическими свойствами горных пород при дроблении негабаритов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, Екатеринбург, 2006г.
2. **Материалы сайта** [**http://www.tradicia-k.ru**.](http://www.tradicia-k.ru)
3. Афанасьев А.И. , Сайтов В. И. Чупров И. В. Технические средства

дробления негабаритов, перспективы и тенденции развития // Состояние, проблемы и перспективы развития сырьевой базы и машиностроения для камнеобрабатывающей промышленности: Мат-лы I Междунар. науч.-практ.

конф. Москва, 11-12 марта 2004 г. GLOBAL EXPO -УГГТА. - Екатеринбург, 2004. - G. 96-99.

1. Бергман Э. Д., Покровский Г. Н., Термическое разрушение горных пород плазмобурами. // Физика, , техника и применение низкотемпературной плазмы. Тр. IV Всесоюзной конференции по физике и генераторам низкотемпературной плазмы, А.—А., 1970;, Новосибі, 1971г.,
2. Материалы сайта http://sn:stroinauka.ru/dl8drl 138ml.html
3. Велданов В.А., Исаев А.Л. Взрывные способы разделки и дробления негабаритов из различных материалов// Обороннная техника. - 1994. -№3.
4. В. А. Велданов, A. JL Исаев, использование технологий; основанных на ударно-проникающем взаимодействии. // Обороннная техника. - 1994. - №3.
5. Ягупов А. В., Тепловое разрушение горных пород и огневое бурение, М., 1972 .
6. Дмитриев А., П., Гончаров G. А., Янченко Г. А., Термоэлектрофизическое разрушение горных пород, ч. 2, М., 1975.
7. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. - М.: Наука, 1965 :
8. Коробейников В.П. Задачи теории точечного взрыва в газах. // Труды Математического института им. В;А. Стеклова CXIX, Издательство “Наука”, М, 1973
9. Коробейников В.П., Остроумов F.A. Еще о кавитационном разрушении. // Август, ж. 1965,12, вып. 4.
10. Collins R., Halt М. Intents explosives at the ocean surface. // The physics of the fluids, VII, №4, 1968 '
11. Гриб А.А., Рябинин А.Г, Христианович С.А. Об отражении плоской ударной волны в воде от свободной поверхности. // ПММ, т.ХХ, 64, 1956.
12. Баум К.П. Станюкович, Б;И. Шехтер Физика взрыва; М. Недра,-1973 г.
13. Шуршалов А.В. К задаче о сильном взрыве на границе полупространства, заполненного совершенным газом. // ПММ; 1969, т.ЗЗ, вып. 2.
14. Замышляев Б.В., Яковлев Ю.С., Динамические нагрузки при подводном взрыве. // “Судостроение” Ленинград, 1967.
15. Шуршалов Л.В. О точечном взрыве на свободной поверхности. // Изв. АН СССР, МЖГ, 1971, №3.
16. Нагорнов О.В. Чижов В.Е. Энергетическая оценка воздействия контактного взрыва. // ФТПРПИ №4 1989г
17. Родионов В.Н., Адушкин В.В., Костюченко В.Н. Механический эффект подземного взрыва. М., Недра, 1971 г.
18. Алексеенко В.Д. Экспериментальное исследование распределения энергии при контактном взрыве. // Физика горения и взрыва. №1 - 1967г.