



НОРНИКЕЛЬ

ИНСТИТУТ
ГИПРОНИКЕЛЬ

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук Румянцева Александра Евгеньевича на диссертацию Сотникова Романа Олеговича на тему: «Разработка методики расчета напряженно-деформированного состояния крепи капитальных горных выработок при воздействии сейсмических волн от массовых взрывов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика

Растущий спрос на полезные ископаемых, обуславливает тенденцию к увеличению объемов используемого взрывчатого вещества, которая часто сопровождается уменьшением размеров защитных породных целиков между горными выработками, что в свою очередь приводит к интенсификации сейсмического воздействия на горные выработки и их крепь.

При производстве массовых взрывов на Малеевском руднике, сейсмическое влияние взрыва оказывает негативное влияние на устойчивость горных выработок, в зоне такого воздействия повышается трещиноватость породного массива, снижается устойчивость пород кровли и бортов выработок, крепь получает различные повреждения. Опыт ведения работ на различных рудниках показал, что классический набрызг-бетон не всегда позволяет сохранить длительную устойчивость. На поверхности крепи постоянно появляются трещины. Это не часто связано с потерей устойчивости, но сам факт появления трещин требует дополнительного внимания и контроля за их раскрытием и прорастанием, а в определенных условиях приводит к необходимости восстановления поврежденного участка крепи.

В связи с этим диссертационная работа Сотникова Р.О., посвященная прогнозу НДС массива при многократном сейсмическом воздействии массовых взрывов и обеспечению безопасных условий труда в горных выработках в процессе их эксплуатации в условиях сейсмического воздействия таких взрывов, является актуальной.

Сокращение безопасного расстояния от участка ведения взрывных работ усилило интенсивность воздействия сейсмических волн. Это утверждения относятся как к капитальным, так и подготовительным горным выработкам, но в работе автор акцентирует внимание на капитальных горных выработках как наиболее важных и требовательных с точки зрения безопасности и срока эксплуатации.

Исходя из вышесказанного логично формируется цель исследования - разработка мероприятий по снижению негативного воздействия сейсмического

ОТЗЫВ

ВХ. № 362-9 от
АУ УС

000 «Институт Гипроникель»

17.09.2024

ОКПО 0020365
ОГРН 5067847542967
ИНН/КПП 7804349796/780401001

Гражданский пр., 11
Санкт-Петербург,
Россия, 195220

тел.: +7 812 335-31-24
факс: +7 812 335-32-72
gn@nornik.ru

эффекта массовых взрывов на устойчивость горных выработок и напряженно-деформированное состояние крепей, обеспечивающих сохранение их технического состояния.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 116 наименований, 1 приложения с актом внедрения результатов диссертации. Работа содержит 178 страниц текста, 96 рисунков и 32 таблицы.

Автором диссертации на основании инструментальных и теоретических исследований, методом компьютерного моделирования геомеханических процессов решены следующие задачи для достижения поставленной цели:

1. Проведен анализ предыдущих исследований по заявленной тематике, изучение данных натурных наблюдений за формированием нагрузок на крепи действующих горных выработок, расположенных в зоне влияния взрывных работ.
2. Разработана программа проведения экспериментальных исследований по установлению зависимостей развития сейсмических процессов в породном массиве при воздействии массовых взрывов.
3. Разработаны теоретические положения расчета напряженно-деформированного состояния крепей горных выработок при сейсмическом воздействии от массовых взрывов.
4. Разработаны положения построения численных моделей и проведение расчетов с целью установления уровня влияния массовых взрывов на развитие геомеханических процессов в породном массиве в окрестности горной выработки, напряженно-деформированного состояния крепи и степени ее повреждения.
5. Разработаны методики прогноза устойчивости горных выработок, выбора типа крепи и ее рациональных параметров при воздействии массовых взрывов.
6. Разработан способ повышения устойчивости горных выработок, расположенных в зонах интенсивного проявления геодинамических процессов от массовых взрывов.

Автором на основании полученных результатов выполненных исследований сформулированы три защищаемых научных положения:

1. Прогноз напряженно-деформированного состояния набрызгбетонной крепи горной выработки, расположенной в зоне влияния взрывных работ, должен осуществляться на основании многократного сейсмического воздействия, при этом модель деформирования набрызгбетона должна учитывать накопление повреждений в результате развития микротрещин.
2. Положение зоны повреждения набрызгбетонной крепи и степень ее повреждения зависят не только от расстояния до источника сейсмического события и энергии, выделяемой при его возникновении, но и от ориентации этого источника относительно горной выработки.
3. Параметры набрызгбетонной крепи должны определяться на основании принятой на Малеевском руднике методики их расчета и учитывать изменения ее эффективной толщины в результате многократного сейсмического воздействия от взрывных работ.

Все три научных положения подтверждаются данными выполненных шахтных экспериментов и результатами математического моделирования напряженно-деформированного состояния набрызгбетонной крепи горной выработки, расположенной в зоне влияния взрывных работ с учетом многократного сейсмического воздействия и накоплением повреждений в результате развития микротрещин.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается в первую очередь высокой сходимостью полученных результатов инструментальных исследований скоростей перемещения части контура горной выработки при натурных экспериментах на Малеевском месторождении с результатами проведенных численных исследований с применением современного программного комплекса Abaqus, позволяющего прогнозировать развитие пиковых скоростей перемещения частиц пород по мере удаления от источника взрыва и показатели повреждения набрызгбетонной крепи. В достаточном количестве выполнены теоретические исследования, проведен масштабный анализ отечественной и зарубежной литературы.

Научная новизна результатов диссертационного исследования может быть сформулирована следующим образом:

1. Оценка устойчивости породного обнажения сопряжений горных выработок и нагрузок на крепь выполняется на основании рассмотрения в рамках одной модели процесса инициации взрывчатого вещества и распространения сейсмических волн через породный массив до контура горной выработки.
2. Установлена нелинейная взаимосвязь между энергией разрушения набрызгбетона и показателем повреждения набрызгбетонной крепи при многократном динамическом воздействии от взрывных работ.
3. Разработаны методологические положения построения численных моделей прогноза развития геомеханических процессов в окрестности горных выработок, располагаемых в зоне влияния массовых взрывов.
4. Получены новые закономерности, определяющие взаимосвязь между пиковыми скоростями частиц породного массива на контуре горной выработки, количеством циклов сейсмического воздействия и степени повреждения набрызгбетонной крепи.

Практическое значение работы заключается в сформулированных рекомендациях выбора типа и обоснования параметров крепей горных выработок, располагаемых в зоне влияния массовых взрывов на Малеевском руднике. Результаты диссертационной работы могут быть также использованы на различных горнодобывающих предприятиях АО «ГМК «Норильский никель», АО «КФ «Апатиты», АО «СПб-Гипрошахт» и многих других.

По диссертации Сотникова Р.О. имеются следующие замечания:

1. Численное моделирование распространения сейсмических волн выполнено в плоско-деформационной постановке, что не позволяет оценить влияние сейсмического воздействия на напряженное состояние набрызгбетонной крепи при расположении сечения горной выработки вне плоскости основного распространения сейсмических волн. Для решения задачи в пространственной постановке требуются значительные вычислительные ресурсы, и проведение многофакторного анализа в такой постановке затруднительно, однако решение отдельной такой задачи, позволило бы выполнить сравнение между результатами в плоской постановке и пространственной и сформулировать направление дальнейших исследований.

2. В работе представлен двухстадийный подход к прогнозу распространения сейсмических волн в породном массиве, включающих локальную модель, в рамках которой моделируется выделение энергии при взрыве и распространение сейсмических волн в ближней зоне, и глобальную модель, предназначенную для прогноза распространения сейсмических волн от локальной зоны, до контура горной выработки. Переход от границ одной модели к другой реализован за счет формирования специальных граничных условий. В тоже время, в работе не обоснована справедливость применения такого подхода для рассматриваемой задачи.

3. На странице 8 в автореферате опечатка «крепь-породный массива», должно быть «массив». На странице 13 «характер и распределения» должно быть «их распределения». На странице 17 автореферата имеется ссылка на рисунок 7, данный рисунок в автореферате не приведён. Несогласованность в названиях рисунков в последнем абзаце на странице 16 автореферата.

4. Как обосновывается больший показатель повреждения крепи на третьем цикле по сравнению со вторым (автореферат рисунок 4).

5. На странице 21 диссертации указан сборник «Единых правил безопасности при ведении взрывных работ» ПБ 13-407-01, он не действует, взамен приказ от 16 декабря 2013 г. N 605.

6. В таблице 1.3 диссертации не указано какой коэффициент вариации считается статистически значимым и почему.

7. На странице 8 диссертации «происходит разращения пород...» опечатка должно быть «разрушение». На странице 110 «без степеней замедления» должно быть «ступеней». Первые 3 абзаца главы 3.6 оформлены не по ширине страницы.

8. В главе 3.3.4 диссертации говорится о проведённом численном моделировании, но само численное моделирование не приводится. Вопрос применялись ли неотражающие условия для границ модели или волна не доходила до границ на заданном шаге расчёта?

9. На странице 77 диссертации нет расшифровки к типам конечных элементов СРЕ6М. На рисунке 3.10 набрызг-бетон представлен одним элементом по толщине, по тексту указывается что должно быть 3 слоя элементов.

10. Недостаточно подробно описаны специальные контактные условия и направления локальных координат для стержневых элементов в главе 3.4.2.

11. Не достаточно подробно описан механизм задания действия взрыва в численной модели.

Предложенные замечания не снижают качества диссертационной работы, ее научную и практическую значимость, и должны рассматриваться как направление для совершенствования выполняемой работы и стимул к дальнейшему изучению вопроса, по всем показателям диссертационная работа оценивается положительно.

Автореферат в достаточной мере отражает основное содержание диссертации.

Результаты диссертационной работы освещены в 6 печатных работах, в том числе в 2 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, перечня ВАК, в 1 статье - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus; получен 1 патент.

Диссертация «Разработка метсдики расчета напряженно-деформированного состояния крепи капитальных горных выработок при воздействии сейсмических волн от массовых взрывов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика, соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 19.12.2019 № 1755 адм, а ее автор – Сотников Роман Олегович – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

Официальный оппонент,
Главный специалист
Лаборатории геотехники
ООО «Институт Гипроникель»,
кандидат технических наук



Румянцев Александр Евгеньевич

195220, г. Санкт-Петербург,
Гражданский проспект, д. 11,
телефон: 8(812)335-31-00 доб.40-14
e-mail: RumyantsevAE@nornik.ru

Директор Департамента
по исследования и разработкам,
д.т.н., профессор



Цымбулов Леонид Борисович

17.09.2021