

Утверждаю

Ректор ГОУ ВПО КРСУ

Д.В. Фомин-Нилов



«15» октября 2023г.

ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА № 2

заседания кафедры «Физические процессы горного производства» Кыргызско-Российского Славянского университета

от 27.09.2023

Председатель: Нифадьев В.И., заведующий кафедрой, д.т.н, академик НАН КР

Присутствовали: Нифадьев В.И., заведующий кафедрой, д.т.н, академик НАН КР, Шамсутдинов М.М., д.т.н., и.о. профессор кафедры, Лоцев, к.т.н., Савинков В.Д., к.т.н., доцент, Усманов С.Ф., д.т.н., профессор, член-корр. НАН КР, Малокова Н.Н., к.г.-м.н., Султаналиева Т., к.т.н., доцент, Абдурахманов Г.А., к.г.-м.н., доцент, Фёдорова Н.В., старший преподаватель

Приглашены: Григорьев В.В. к.т.н., директор Института Коммуникаций и Информационных технологий КРСУ, Киселев А.О., Постнов А.А.

Секретарь: Фёдорова Н.В., старший преподаватель

ВОПРОС НА ПОВЕСТКЕ ДНЯ:

Обсуждение рукописи диссертационной работы Райымкулова Марата Аширбековича на тему «Исследование воздействия массового взрыва с применением заряда с воздушным промежутком на горный массив методом численного моделирования» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.22 - «Геотехнология

(подземная, открытая и строительная)».

Краткая информация о соискателе: Райымкулов Марат Аширбекович.

Образование: высшее профессиональное «физик-микроэлектронщик» (2001-2006, КРСУ, ЕТФ), очная аспирантура КРСУ (2006-2009). Работает в Институте Коммуникаций и Информационных технологий КРСУ (2010-2019, 2021 - по сегодняшний день), должность: старший научный сотрудник

Научный руководитель (переутв): Усманов С.Ф., д.т.н., проф., член-корреспондент НАН КР, шифр специальности: 25.00.22 - «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)», 25.00.20 - «геомеханика».

Тема диссертационной работы (переутв) «Исследование воздействия массового взрыва с применением заряда с воздушным промежутком на горный массив методом численного моделирования» утверждена 27 ноября 2015, переутверждена 28 июня 2022г. на ученом совете КРСУ.

ОБСУЖДЕНИЕ

Нифадьев В.И., председатель заседания, заведующий кафедрой, д.т.н, академик НАН КР

На кафедру «Физические процессы горного производства» КРСУ для обсуждения поступила рукопись диссертационной работы Райымкулова М.А. на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Исследование воздействия массового взрыва с применением заряда с воздушным промежутком на горный массив методом численного моделирования» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.22 - «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)». Научным руководителем является д.т.н., проф. Усманов С.Ф. Тема диссертационного исследования находится в реестре тем ВАК КР.

Данное исследование актуально для Кыргызской Республики в теоретическом плане, поскольку уточнены физические процессы протекающие внутри воздушного промежутка при детонации, а также в практическом плане, поскольку углубленное понимание механизма действия воздушного промежутка позволяет снизить сейсмическое воздействие при горных работах. Работа представляется для обсуждения.

Усманов С.Ф., руководитель диссертационного исследования, д.т.н., проф.,

Добрый день коллеги. Актуальность диссертационной работы Райымкулова Марата Аширбековича «Исследование воздействия массового взрыва с применением заряда с воздушным промежутком на горный массив методом численного моделирования» обусловлены следующими пунктами:

1. развитие горной промышленности сопровождается увеличением объемов применяемой массы заряда взрывчатых веществ, углублением карьера, усложнением условий разработки, в результате повышаются риски аварийных ситуаций в зонах горных работ, что требует поиска рационального ведения горных работ. Рациональное распределение взрывчатого вещества и воздушного промежутка в скважине в соответствии с прочностными характеристиками массива обеспечивает необходимое качество взрыва и снижение расхода взрывчатых веществ;
2. применение конструкции заряда с воздушными промежутками в условиях производства усложняется отсутствием необходимых исходных данных, таких как прочностная неоднородность горного массива в области отработки блока, поскольку данные геологической службы как правило имеют недостаточную точность о свойствах массива, что не позволяет полноценно применять воздушные промежутки в скважинных зарядах;
3. при изменении горно-технологических параметров ведения горных работ требуются дополнительные исследования для определения оптимальной конструкции заряда. Как правило, в условиях предприятия зачастую отсутствуют нужные вычислительные инструменты для оперативного определения параметров конструкции заряда.

В качестве ключевых элементов диссертационной работы перед соискателем были поставлены задачи в теоретико-практическом аспекте разработать комплекс вычислительных инструментов для моделирования взрывного воздействия скважинного заряда с воздушным промежутком с учетом неоднородности массива, физико-механических свойств среды и свойств взрывчатых веществ, провести уточнение газодинамических процессов при сжатии воздушного зазора продуктами взрыва в процессе детонации методом численного моделирования, сопоставить результаты экспериментальных исследований эффекта воздушного промежутка в скважинных зарядах с данными численного моделирования, определить оптимальные параметры конструкции скважинных зарядов с воздушными промежутками с учетом информации о неоднородности массива в виде данных

энергоёмкости бурения методом численного моделирования.

С поставленными задачами соискатель Райымкулов Марат Аширбекович справился. В диссертационной работе использован комплексный метод, сочетающий анализ, научное обобщение теоретических и экспериментальных исследований в области применения воздушного промежутка в скважинных зарядах, применение инструментов численного моделирования и цифровых технологий в горном производстве. В ходе проведенного научного исследования соискатель провел обширный анализ и обобщение результатов численного моделирования, участвовал в разработке инструментов численного моделирования, методов сопоставления данных об энергоёмкости бурения с прочностными характеристиками массива, проведение численных экспериментов по определению оптимальных параметров конструкции заряда.

Исследования, проведенные Райымкуловым Маратом Аширбековичем имеют теоретическую и практическую значимость в области оптимизации горных работ на предприятии. Соискателем проведено уточнение газодинамических процессов в области сжимаемого воздушного промежутка при детонации, влияющие на характер разрушения горного массива. Предложенные и разработанные инструменты численного моделирования зоны дробления скважинных зарядов с воздушными промежутками позволили оперативно определять оптимальную конструкцию заряда с учетом неоднородности массива еще на стадии проектирования взрывных работ. Проведенные соискателем вычислительные эксперименты показали, что распределение воздушного промежутка в соответствии с прочностными характеристиками массива обеспечивает снижение расхода взрывчатого вещества и сейсмической нагрузки на горный массив. Для горной промышленности Кыргызской Республики такой эффект имеет существенное значение.

Основные результаты исследовательской деятельности Райымкулова М.А. были представлены на различных конференциях, получили одобрение научной общественности и опубликованы в сборниках по результатам проведенных конференций. Печатные работы, опубликованные в рецензируемых научных изданиях демонстрируют научный уровень подхода к задаче оптимизации горных работ.

В ходе подготовки диссертационной работы Райымкулов М.А. проявил себя как квалифицированный специалист, ответственный исследователь, владеющий необходимыми навыками научного исследования. Знания технических основ, склонность к систематизации и обобщению материалов на высоком уровне, корректности при проведении расчетов и

анализа полученных результатов позволили успешно завершить соискателю работу над кандидатской диссертацией.

На основе вышеизложенного считаю, что диссертационная работа соискателя Райымкулова Марата Аширбековича, выполненная на тему «Исследование воздействия массового взрыва с применением заряда с воздушным промежутком на горный массив методом численного моделирования» по специальности 25.00.22 - «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)» является завершенным научным исследованием, полностью отвечает требованиям Положения НАК КР, рекомендую для обсуждения на защите.

Шамсутдинов Марат Мубарьякшаевич, д.т.н., и.о. профессор кафедры

Рассматриваемая соискателем задача известна достаточно давно. Эффект от воздушных промежутков в скважинных зарядах описан в еще работах Мельникова Н.В. и Марченко Л.Н. Большая экспериментальная работа в данном направлении проведена научной группой под руководством д.т.н., акад. Нифадьева В.И. Новизна диссертационной работы соискателя Райымкулова М.А. представляется в использовании современных цифровых технологий и инструментов численного моделирования в данной области. Предлагаемый подход актуален для горного производства, поскольку технологии активно внедряются на карьерах и позволяют ставить новые задачи по оптимизации горных работ, включающие применение воздушных промежутков в скважинных зарядах.

Соискателем разрабатываются методы и рекомендации, позволяющие уточнить горно-геологические особенности месторождения и с учетом полученных сведений определить оптимальные параметры взрывных работ. В диссертационной работе на примере карьера «Кумтор» продемонстрирована неоднородность массива. Вышележащие участки обрабатываемого блока характеризуются разрушенными породами от взрывных работ на вышележащих горизонтах. Для определения оптимальной конструкции заряда в условиях карьера «Кумтор» рассмотрена трехмерная цифровая модель участка блока с уступом соответствующая основным параметрам буровзрывных работ на предприятии и заданы физико-механические свойства среды на основе данных геологической службы и распределения энергоемкости бурения. Проведена серия вычислительных экспериментов для определения параметров воздушного промежутка в скважинных зарядах, обеспечивающих необходимое качество взрыва и снижения сейсмического воздействия на особо опасные участки карьера.

Стоит отметить, что в работе при моделировании распространения продуктов детонации в области воздушного промежутка используется модель идеального газа, что может снизить достоверность выводов и результатов моделирования. Для этого требуются дополнительные исследования, включающие сопоставления параметров взрывной волны в массиве в результате применения воздушных промежутков в скважинных зарядах.

Как показано в работе, только при соблюдении соответствующих параметров конструкции заряда возможно достичь ожидаемого эффекта от применения воздушных промежутков. На производстве, как известно, точность выполнения проекта может существенно варьироваться, в таком случае и эффект от применения воздушного промежутка может быть снижен.

Также указанные численные показатели представлены с точностью до первого знака после запятой, в то время как горное производство из-за технологических особенностей не позволяет обеспечить такую высокую точность. Имеет смысл предоставлять параметры в виде диапазона значений, которые могут быть оценены в условиях производства.

Тем не менее, результаты исследований, выполненные в рамках диссертационной работы, представляют практический и научный интерес, а работа соискателя Райымкулова Марата Аширбековича на тему «Исследование воздействия массового взрыва с применением заряда с воздушным промежутком на горный массив методом численного моделирования» по специальности 25.00.22 - «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)» является завершенным научным исследованием и полностью отвечает требованиям Положения НАК КР.

Савинков В.Д., кандидат технических наук, доцент

Применение воздушных промежутков в буровзрывных работах является одним из традиционных способов ведения горных работ. Однако отсутствуют достоверные аналитические инструменты, позволяющие обосновать нужный параметр конструкции заряда на стадии проектирования буровзрывных работ. Имеющиеся расчеты могут занимать длительное время, требуют дополнительных исследований, не учитывают особенностей неоднородности массива. Поэтому параметры буровзрывных работ подбираются по результатам дорогостоящих опытно-промышленных испытаний, т.е. применяется эмпирический метод. Ограниченность эмпирического подхода состоит в том, что конструкция заряда с воздушным промежутком может оказаться не эффективной в новых

горно-технологических условиях, в результате чего требуются новые промышленные испытания.

Применении цифровых технологий является перспективным направлением для оперативной работы по проектированию заряда с воздушным промежутком. Так, благодаря оснащению бурового станка датчиками, регистрирующими процесс бурения, появляется возможность определить новые горные условия разработки. Такая информация позволяет оценить применимость воздушных промежутков в скважинных зарядах, так, чтобы энергия дробления распределялась в прочных и менее прочных участках равномерно, обеспечивая нужное качество взрыва.

Результаты исследований Райымкулова М.А. актуальны в условиях месторождений Кыргызстана, поскольку здесь горные работы ведутся в сейсмоактивном регионе. Применение воздушного промежутка позволяет снизить расход взрывчатых веществ, а следовательно и снизить сейсмическую нагрузку на горный массив, при этом сохранив качество взрыва. При этом конструкция заряда должна быть рассчитана с учетом особенностей неоднородности массива, определяемого показателем энергоемкости бурения. Методика применения цифровых технологий для проведения численного моделирования взрывной нагрузки при применении воздушного промежутка в скважинных зарядах с учетом неоднородности массива предоставляет возможность проектировать с учетом оптимизации параметров буровзрывных работ и обеспечивать повышение эффективности добычи полезного ископаемого при снижении сейсмической нагрузки и повышении экологических показателей на карьерах.

Стоит отметить, что в обсуждаемой работе для оценки конструкции заряда применяется параметр энергоемкости бурения. Данный параметр инженер-проектировщик получает по результатам обуривания скважины. Следовательно, проектировать взрывные работы с применением воздушного промежутка становится возможным только после того, как будет обурен блок. Однако из-за специфики производства это не всегда представляется возможным. Проект на взрыв может готовиться одновременно с проектом на бурения. В таком случае, предлагаемый в диссертационной работе подход оптимизации конструкции заряда может быть не реализуем.

Следует отметить, что высказанные замечания ни в коей мере не снижают высокой оценки диссертационной работы Райымкулова Марата Аширбековича на тему «Исследование воздействия массового взрыва с применением заряда с воздушным

промежутком на горный массив методом численного моделирования». Диссертант заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 25.00.22 - «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)».

Райымкулов М.А., соискатель.

Позвольте высказать свою искреннюю благодарность всем присутствующим за внимательное и доброжелательное отношение к нашей работе. Все предложения и замечания, высказанные вами, по мере возможности, будут учтены и доработаны.

Что касается замечания о применимости энергоемкости бурения при одновременном проектировании буровых и взрывных работ, то видится возможность применять данные о распределении энергии по результатам анализа данных от вышележащих горизонтов или от смежных блок.

Нифадьев В.И., председатель заседания заведующий кафедрой, д.т.н, академик НАН КР

Таким образом, все выступающие высказали предложения рекомендовать данную диссертационную работу Райымкулова к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук, по специальности 25.00.22 - «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)». Прошу проголосовать.

Итоги голосования: «За» - единогласно, «Против» - нет, «Воздержавшихся» - нет.

Заключение

заседания ИКИТ КРСУ и кафедры «Физические процессы горного производства» на диссертационную работу Райымкулова Марата Аширбековича на тему «Исследование воздействия массового взрыва с применением заряда с воздушным промежутком на горный массив методом численного моделирования» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.22 - «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)».

Актуальность темы диссертации. В связи с повсеместным интенсивным развитием горнодобывающих предприятий, расширением границ ведения горных работ, увеличением переработки объемов пород и руд, увеличением массы заряда взрывчатых веществ, углублением карьера, усложнением условий разработки повышаются риски аварийных

ситуаций в зонах горных работ и снижается качество взрывных работ. Одним из решений данной проблемы является применение конструкций зарядов с воздушными промежутками. Считается, что рациональное распределение взрывчатого вещества и воздушного промежутка в соответствии с прочностными характеристиками массива обеспечивает снижение расхода взрывчатого вещества, повышение качества взрыва и щадящее воздействие сейсмической нагрузки на горный массив. Подобный эффект особенно важен для горных предприятий, расположенных на территории Кыргызской Республики, где существенную роль играют геомеханические поля напряжений, особо чувствительные к сейсмической нагрузке.

Несмотря на высокий интерес промышленности к практическому применению воздушных промежутков в горном производстве, научные основы процессов происходящих в воздушной полости при взрыве находятся в состоянии недостаточном для разработки промышленной технологии, а применение на производстве подобных конструкций заряда не всегда обеспечивает достаточное качество взрыва. В частности, механизм действия воздушных промежутков ограничивается упрощённым качественным описанием в рамках одномерного подхода. В подобных подходах отсутствует удовлетворительное объяснение механизма действия воздушной полости и не учитываются такие параметры как размеры полости, свойства взрывчатых веществ, физико-механические характеристики горной породы, в том числе положение особо прочных участков и др.

Активно развивающиеся цифровые технологии в горном производстве позволяют учитывать вышеперечисленные параметры за счет внедрения инструментов сбора и анализа данных о режимах бурения горного массива, оперативного проектирования буровзрывных работ и применения численного моделирования зоны дробления от взрывной нагрузки. Цифровые технологии открывают широкие возможности для оптимизации конструкции зарядов, обеспечивающих необходимое качество взрыва, проработку подошвы блока и снижение сейсмической нагрузки.

Связь темы диссертации с приоритетными научными направлениями, крупными научными программами (проектами), основными научно-исследовательскими работами, проводимыми образовательными и научными учреждениями. Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ Института Коммуникаций и Информационных технологий по проектам: «Цифровые технологии обоснования конструкции скважинных зарядов с воздушными промежутками на основе

системы BlastMaker» (тема МОН КР № КР-13, руководитель – канд. техн. наук, Коваленко В.А., 2019г); «На пути к цифровому карьеру: возможности управления взрывом скважинных зарядов на основе системы BlastMaker» (тема МОН КР № КР-08, руководитель – канд. техн. наук, Коваленко В.А., 2020г).

Цель исследования состоит в оценке эффективности применения воздушного промежутка в скважинных зарядах в условиях неоднородности массива методом численного моделирования.

Для достижения цели поставлены следующие **задачи исследования**

- Разработать комплекс вычислительных инструментов для моделирования взрывного воздействия скважинного заряда с воздушным промежутком с учетом неоднородности массива, физико-механических свойств среды и свойств взрывчатых веществ;
- Провести уточнение газодинамических процессов при сжатии воздушного зазора продуктами взрыва в процессе детонации методом численного моделирования;
- Сопоставить результаты экспериментальных исследований эффекта воздушного промежутка в скважинных зарядах с данными численного моделирования;
- Определить оптимальные параметры конструкции скважинных зарядов с воздушными промежутками с учетом информации о неоднородности массива в виде данных энергоемкости бурения методом численного моделирования.

Методы исследований. В диссертационной работе использован комплексный метод, сочетающий анализ, научное обобщение теоретических и экспериментальных исследований в области применения воздушного промежутка в скважинных зарядах, применение инструментов численного моделирования и цифровых технологий в горном производстве.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- уточнены газодинамические процессы в области сжимаемого воздушного промежутка продуктами детонации и определены особенности формирования трещин в ближней зоне при применении воздушного промежутка;
- предложено применение параметра энергоемкость технологического бурения в качестве информационной базой для проектирования конструкции заряда с воздушным промежутком.

Практическая значимость полученных результатов

Применение численного моделирования зоны дробления скважинных зарядов с воздушными промежутками позволяют оперативно определять оптимальную конструкцию заряда с учетом неоднородности массива еще на стадии проектирования взрывных работ. Рациональное распределение взрывчатого вещества и воздушного промежутка в соответствии с прочностными характеристиками массива обеспечивает снижение расхода взрывчатого вещества и сейсмической нагрузки на горный массив.

Экономическая значимость полученных результатов

Оперативный расчет оптимальной конструкции заряда с применением воздушного промежутка позволяет обеспечить снижение негабаритов и проработку подошвы блока за счет правильного распределения энергии взрыва и при этом, добиться снижения удельного расхода взрывчатых веществ на 10-20%, за счет применения воздушных промежутков.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- выявленные численным методом моделирования газодинамические эффекты в области воздушного промежутка являются дополнительными источниками формирования зоны дробления;
- проектирование взрывных работ с применением инструментов численного моделирования с целью определения оптимальной конструкции заряда с воздушным промежутком позволяет учесть неоднородность массива, повысить качество взрыва, снизить сейсмическую нагрузку и обеспечить экономию взрывчатого вещества;
- учет неоднородности массива посредством параметра энергоемкости бурения, оперативно получаемого с бурового станка при бурении скважин обеспечивает улучшение проработки массива, равномерное дробление всего массива и увеличение зоны дробления на 6-10%.

Личный вклад соискателя состоит в анализе и обобщении результатов численного моделирования, в обсуждении и реализации инструментов численного моделирования, в

разработке методов сопоставления данных об энергоемкости бурения с прочностными характеристиками массива, проведение численных экспериментов по определению оптимальных параметров конструкции заряда.

Апробация результатов исследования. Основные результаты исследований по диссертационной работе докладывались и обсуждались на Международной конференции молодых ученых и студентов «Современные техника и технология в научных исследованиях», г. Бишкек (2015-2022гг.); Международной конференции «Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине», Томский университет, г. Томск, 2015; Международная научно-техническая конференция «Передовые технологии на карьерах», Институт коммуникаций и информационных технологий, оз. Иссык-Куль (2015-2022); Международная конференция «Суперкомпьютерные дни в России» г. Москва, 2019; Международный форум студентов, аспирантов и молодых учёных «Научные шаги молодых ученых в цифровизации экономики», Институт телекоммуникации и информатики Туркменистана, г.Ашхабад, 2023.

Полнота отражения результатов диссертации в публикациях. Результаты исследований и научные положения, отражающие основное содержание диссертационной работы опубликованы в 18 печатных работах.

Структура и объем диссертации

Содержание диссертационной работы соответствует специальности 25.00.22 - «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)»

Структура и объем диссертационной работы отвечает основным требованиям, предъявляемым ВАК КР к кандидатским диссертациям.

ПОСТАНОВИЛИ

1. Диссертационное исследование диссертационной работы Райымкулова Марата Аширбековича на тему «Исследование воздействия массового взрыва с применением заряда с воздушным промежутком на горный массив методом численного моделирования» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.22 - «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)». является самостоятельной, завершенной научно-квалификационной работой, имеющей теоретическое и практическое

значение для решения определенного круга задач в области технологии открытых горных работ, полностью отвечающей требованиям, предъявляемым ВАК Кыргызской Республики.

2. Рекомендовать диссертационную работу Райымкулова Марата Аширбековича на тему «Исследование воздействия массового взрыва с применением заряда с воздушным промежутком на горный массив методом численного моделирования» к дальнейшему прохождению процедур и этапов защиты, установленной ВАК КР в Диссертационном Совете для защиты на соискание ученой степени кандидата исторических наук.

Председатель заседания,
заведующий кафедрой, д.т.н,
академик НАН КР



Нифадьев В.И.

Секретарь,
старший преподаватель



Фёдорова Н.В.