

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ХАБАРОВСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

680000, г. Хабаровск, ул. Дзержинского, 54, тел.: (4212) 32-79-27, e-mail: adm@khfrc.ru

УТВЕРЖДАЮ:

Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Хабаровского Федерального
исследовательского центра
Дальневосточного отделения

Российской академии наук, академик РАН



И.Ю. Рассказов

«05» мая 2026 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Зигангирова Рамиля Ринатовича на тему:
«Обоснование энергозатрат на взрывное дробление неоднородного массива горных пород», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика

1. Актуальность темы диссертации

Диссертация Зигангирова Рамиля Ринатовича посвящена актуальной научно-технической задаче – минимизация энергозатрат на дробление неоднородных массивов горных пород взрывом и обеспечение снижения выхода негабаритной фракции во взорванной горной массе.

Ввиду постепенного истощения запасов богатых руд, в эксплуатацию вводятся участки месторождений, имеющие низкое содержание полезного компонента в руде и характеризующиеся сложными горно-геологическими условиями, что приводит к увеличению объёмов вынимаемой горной массы. Эти факторы предъявляют новые требования к ведению буровзрывных работ, основанные на рациональном использовании ресурсов и снижении затрат с учётом достижения заданного качества взрыва.

При ведении буровзрывных работ (БВР) на горных массивах с неоднородным геологическим строением параметры БВР рассчитываются на основании усреднённых физико-механических свойств пород, в результате чего масса зарядов взрывчатого вещества (ВВ) либо больше, либо меньше необходимого, что приводит к неудовлетворительному качеству фрагментации горной массы.

Научный обзор в области буровзрывных работ на горных массивах с неоднородным геологическим строением показывает тенденцию к уменьшению выхода пород необходимой фрагментации. Минимизация энергозатрат на дробление

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-98 от 26.05.26
АУ УС

неоднородных массивов горных пород взрывом и обеспечение снижения выхода негабаритной фракции взорванной горной массы является актуальной научной и практической задачей.

2. Научная новизна диссертации

По результатам исследований установлена логарифмическая зависимость удельной энергоемкости бурения шарошечным способом от коэффициента крепости горных пород.

Диссертантом получена зависимость эталонных удельных энергозатрат на дробление горных пород Куранахского рудного поля взрывом от их коэффициента крепости.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

В работе обоснован ряд новых научных знаний, имеющих важное теоретическое и прикладное значение. Определены корреляционные зависимости между физико-механическими свойствами горных пород, слагающих исследуемый массив. Определены эталонные удельные энергозатраты на взрывное дробление пород, создан метод расчета оптимальной массы и конструкции скважинного заряда.

Достоверность результатов исследования обеспечена корректным анализом и обобщением более ранних научных исследований расчета массы и выбора конструкции скважинного заряда с учетом неоднородности геологического строения массива горных пород. Проведены промышленные и лабораторные эксперименты, проведена апробация в условиях производства.

4. Научные результаты, их ценность

К наиболее ценным результатам диссертации относится определение энергозатрат на разрушение горных пород взрывом. Исследование помогает минимизировать энергозатраты на дробление неоднородных массивов горных пород взрывом и обеспечить снижение выхода негабаритной фракции во взорванной горной массе.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 5 печатных работах, в том числе в 2 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 2 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования (Scopus). Получены 2 свидетельства о государственной регистрации программы на ЭВМ.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Автором проведены полевые и лабораторные эксперименты. Результаты экспериментов показали, что коэффициент крепости горных пород для месторождений с неоднородной геологической структурой определяется на основе эмпирической зависимости этого коэффициента от параметров шарошечного бурения, а взаимосвязь коэффициента крепости с эталонными удельными энергозатратами на дробление горных пород, описывается линейной зависимостью в диапазоне значений коэффициента крепости от 6 до 10.

Минимизация энергозатрат на дробление неоднородных массивов горных пород взрывом и обеспечение снижения выхода негабаритной фракции во взорванной

горной массе достигается за счет разработки комплексного метода расчета массы и выбора конструкции каждого скважинного заряда с учетом физико-механических свойств горных пород. Результаты имеют практическую значимость и внедрены в деятельности АО «Полюс Алдан» с получением актов внедрения.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Полученные в диссертации результаты, оформленные в виде заключения и рекомендаций, рекомендовано использовать:

- для внедрения в проектных организациях при проектировании параметров буровзрывных работ в карьерах *с пологим залеганием горных пород*;
- в учебном процессе при подготовке горных инженеров;
- для рационального природопользования заинтересованными предприятиями, ведущими разработку месторождений открытым способом.

7. Замечания и вопросы по работе

Необходимо подчеркнуть практическую и теоретическую ценность данного диссертационного исследования, особенно применительно к условиям открытой разработки сложноструктурных месторождений полезных ископаемых. Тем не менее, по содержанию диссертации имеются следующие замечания:

1. *Стр. 5.* Непонятно, почему невозможна вариация сетки скважин на взрывном блоке при применении технологии, предложенной И.А. Тангаевым по оценке энергоемкости разрушения горных пород при бурении?

2. *Стр. 13-14.* Диссертант утверждает, что решение поставленной задачи (по определению наименьшего удельного расхода энергии на единицу объема добытой массы) не является трудным относительно угольных разрезов. Целесообразно уточнить, каких именно разрезов. К примеру, есть угольные разрезы нагорного типа, со сложным геологическим строением и комбинацией всех видов горных пород по происхождению (осадочные, метаморфические и магматические), с наличием многолетней мерзлоты прерывистого распространения и межмерзлотных вод и т.п. Геологическое строение любого месторождения не может быть полностью однородным.

3. *Стр. 34.* Выводы к главе 1. Никакие методы расчета параметров БВР не могут обеспечить постоянного значения среднего куска взорванной горной массы (ВГМ), так как на качество ВГМ, кроме горно-геологических и технических условий оказывает влияние квалификация персонала (человеческий фактор), отличающаяся на каждом предприятии. Решение данного вопроса стоит за будущими беспилотными технологиями.

4. *Стр. 35.* Выводы к главе 1. При применении технологии «MWD» имеется возможность оперативно изменять сетку скважин, но в определенных рамках. Это усложняет процесс БВР, но оправдывается улучшением качества ВГМ.

5. *Стр. 67.* Гранулометрический состав ВГМ при постоянной сетке скважин зависит не только от эталонных удельных энергозатрат на дробление горных пород взрывом, но и от схемы последовательности взрывания зарядов.

6. *Стр. 87.* Для предотвращения порогов следует добавить применение:

- воздушной подушки в перебуре (предложено д.т.н. Тангаевым И.А.);
- увеличенных интервалов межскважинных замедлений (к.т.н. Плотников А.Ю.).

Простое увеличение массы заряда в скважине для предотвращения пороговых эффектов не является правильным решением. Более целесообразным подходом в данном контексте является использование котловых зарядов.

7. Стр. 89. На рисунке 4.3 указана схема расположения зарядов в скважине при взрывании неоднородного по геологическому строению массива горных пород при горизонтальном залегании породных пластов. Однако в работе не указаны схемы с альтернативными расположениями слоев горных пород?

8. Стр. 91. Автор утверждает, что применение технологии «MWD» позволит использовать все преимущества эмульсионных взрывчатых веществ при подготовке массового взрыва, но при этом не указывает на недостатки применения ЭВВ в контексте данной работы.

9. Стр. 93. Для корректного расчета параметров БВР, по каким данным принимаются значения скорости детонации применяемых ВВ для указанной программы, с учетом эффекта верификации D?

10. Стр. 94. В терминологии горного дела отсутствует понятие «погонный метр скважины». Уместнее использовать «метр взрывной скважины».

11. Стр. 95. Автор перечислил условия, которые необходимо соблюдать при расчете безопасных расстояний по опасному действию взрыва. Безусловно, это справедливо для расчета данных расстояний относительно людей. Однако относительно оборудования, следует отдавать приоритет экономическому фактору, так как отгон техники от взрыва на необоснованно большие расстояния влечет за собой значительные потери времени на организацию массового взрыва. В данном случае необходим дифференцированный подход, конкретно для каждого взрывного блока и его отдельных частей, и конкретного поражающего фактора (разлет кусков ВГМ, сеймика, ударно-воздушная волна). К примеру, если в одной скважине зафиксирован коэффициент крепости породы 15, а во всех других не более 10, то это еще не означает, что для расчета безопасного расстояния по разлету кусков ВГМ для оборудования относительно всего взрывного блока необходимо использовать максимальный коэффициент крепости породы.

12. Стр. 101. В таблице 4.1. Почему в таблице не указан удельный расход ВВ для предлагаемых вариантов? Почему варианты расчета не включают применение эмульсионного ВВ и рассредоточенного заряда, если в диссертации обоснованно отдается приоритет ЭВВ и дифференцированному формированию скважинного заряда?

Основное замечание по диссертационной работе заключается в том, что диссертант не рассмотрел варианты неоднородности массива горных пород в части разнонаправленности залегания месторождения - положения горных пород. На схеме рис. 4.1. представлено только горизонтальное расположение горных пород. Это следовало бы отразить в названии диссертации и ее ключевых элементах, оставив задел для будущих исследований. Очень интересно обоснование представленной в работе технологии при крутом залегании пластов.

Указанные замечания не умаляют значимости представленной работы.

8. Заключение по диссертации

Диссертация «Обоснование энергозатрат на взрывное дробление неоднородного массива горных пород», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета

Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор **Зигангиров Рамиль Ринатович** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

Отзыв на диссертацию и автореферат диссертации **Зигангирова Рамиля Ринатовича** обсужден и утвержден на заседании Сектора разрушения горных пород института горного дела обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровский Федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения Российской академии наук, протокол № 2 от 30 марта 2026 года.

Председатель заседания:

Ведущий научный сотрудник сектора разрушения горных пород Института горного дела (ИГД ДВО РАН) – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского Федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения Российской академии наук (ХФИЦ ДВО РАН)

Кандидат технических наук



Галимьянов Алексей Алмазович

Секретарь заседания:

Младший научный сотрудник сектора разрушения горных пород Института горного дела (ИГД ДВО РАН) – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского Федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения Российской академии наук (ХФИЦ ДВО РАН)



Мишнев Владимир Игоревич

Подпись Галимьянова Алексея Алмазовича, председателя заседания и Мишнева Владимира Игоревича, секретаря заседания заверяю:

Начальник

кадрово-правового отдела ХФИЦ ДВО РАН



П.И. Якоб

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Хабаровский Федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения Российской академии наук (ХФИЦ ДВО РАН)

Почтовый адрес: 680000, г. Хабаровск, ул. Дзержинского, 54

Официальный сайт в сети Интернет: <http://www.khfrс.ru>, эл. почта: adm@khfrс.ru

телефон: 8(4212) 32-79-27