

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 004.010.02**  
на базе федерального государственного бюджетного учреждения науки  
«Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук»  
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 21 декабря 2016 г. протокол №8

О присуждении Реготунову Андрею Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Выявление закономерностей разрушения скальных горных пород буровыми коронками штыревого типа» по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика принята к защите 20 сентября 2016 г, протокол № 5, диссертационным советом Д 004.010.02 на базе федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук», Федеральное агентство научных организаций России, 620075, г. Екатеринбург, ул. Мамина – Сибиряка, 58, приказ о создании диссертационного совета № 1038/нк от 21.09.2015 г.

Соискатель Реготунов Андрей Сергеевич 1984 года рождения.

В 2006 году окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный горный университет» по специальности «Безопасность технологических процессов и производств». Обучался с 18.10.2006 г по 09.01.2007 г по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика в очной аспирантуре при государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Уральский государственный горный университет», а с 10.01.2008 г по 31.10.2009 г по этой же специальности - в аспирантуре федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук».

Работает в должности младшего научного сотрудника лаборатории разрушения горных пород федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук».

Диссертация выполнена в лаборатории разрушения горных пород федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Корнилков Михаил Викторович, заведующий кафедрой «Шахтного строительства» в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Уральский государственный горный университет».

Официальные оппоненты:

1. Нескормных Вячеслав Васильевич - доктор технических наук, профессор, гражданин Российской Федерации, заведующий кафедрой «Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых», Институт горного дела, геологии и геотехнологий, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», Министерство

образования и науки Российской Федерации;

2. Ефремовцев Никита Николаевич - кандидат технических наук, гражданин Российской Федерации, старший научный сотрудник отдела проблем геомеханики и разрушения горных пород №5, федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем комплексного освоения недр Российской академии наук», Федеральное агентство научных организаций России, дали *положительные* отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук», г. Новосибирск, в своем *положительном* заключении, составленном заместителем директора по научной работе, доктором физико-математических наук Анваром Исмагиловичем Чанышевым, заведующим лабораторией бурения и технологических импульсных машин, кандидатом технических наук Владимиром Владимировичем Тимониным и утвержденном директором, кандидатом технических наук Андреем Сергеевичем Кондратенко, указала, что «...Диссертационная работа содержит решение актуальной научной задачи для развития горного дела в области разрушения горных пород. По своей актуальности, научной новизне, практической ценности полученных результатов, личному вкладу автора в науку диссертация отвечает критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук, а её автор – Реготунов Андрей Сергеевич, достоин присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

Соискатель имеет 23 опубликованные работы, из них 12 по теме диссертации, общим объёмом 5,2 п.л., в том числе 2,25 п.л. в научных журналах, включенных в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Российской Федерации для опубликования основных научных результатов диссертаций.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Реготунов А.С. Формирование энергозатрат при ударном разрушении штыревым инструментом при бурении взрывных скважин/ А. С. Реготунов // Горный информационно-аналитический бюллетень. Отд. вып. № 11. Проблемы недропользования. – 2011. – С. 187 – 198. [В статье представлены результаты моделирования пространственного распределения напряжений в скальных горных породах при ударах инденторов и проведен их анализ]. Объем 0,75 п.л.

2. Реготунов А.С. К вопросу о разработке рациональных параметров инструмента штыревого типа и его воздействия на породу при бурении взрывных скважин / А. С. Реготунов // Горное оборудование и электромеханика. – 2014. – №5. – С. 37 – 42. [В статье изложены методические принципы создания буровых коронок штыревого типа]. Объем 0,38 п.л.

3. Реготунов А.С. Экспериментальное исследование режимов ударного бурения горных пород / А.С. Реготунов, В.А. Антонов // Изв. вузов. Горный журнал. – 2015. – №8. – С.61 – 69. [В статье представлены нелинейные функционально-факторные регрессионные модели, описывающие закономерности разрушения скальной горной породы ударом и их интерпретация]. Объем 0,56 п.л. Авторский вклад соискателя: построение регрессионных моделей, отображающих закономерности разрушения скальных горных пород и их интерпретация.

4. Реготунов А.С. Экспериментальное обоснование рациональных

геометрических параметров коронок штыревого типа для повышения сколообразования в процессе бурения ударно-поворотным способом / А. С. Реготунов // Бюллетень научно-технической и экономической информации. Черная металлургия. – 2016. – № 9. – С. 22-30. [В статье представлены анализ результатов экспериментальных исследований, методика расчета точек рационального размещения инденторов на рабочей поверхности бурового инструмента штыревого типа, пример реализации методики]. Объем 0,56 п.л.

Сведения об опубликованных работах достоверны.

На диссертацию и автореферат поступило 16 отзывов, *все положительные*. В отзывах указывается, что представленная диссертация имеет научное и практическое значение и по своей новизне и актуальности соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссии Российской Федерации.

1. Г.П. Берсенев, кандидат технических наук, генеральный директор Ассоциации «Союз научно-производственных предприятий по взрывному делу на Урале», г. Екатеринбург. Замечание: из автореферата пока неясным остается вопрос унифицированного применения разработанного автором метода размещения инденторов на буровой коронке и ее применения при бурении различных крепких (скальных) горных пород по степени их хрупкости, вязкости и другим характеристикам.

2. И.Ф. Бондаренко, кандидат технических наук, исполняющий обязанности заместителя директора по научной работе, ученый секретарь, Р.Я. Никитин, заведующий сектором разрушения горных пород, научно-исследовательский и проектный институт «Якутнипроалмаз», г. Мирный. Замечание: в качестве замечания по работе следует отметить отсутствие в автореферате данных по натурным испытаниям предлагаемого бурового инструмента.

3. Г.А. Боярских, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой эксплуатации горного оборудования Уральского государственного горного университета, г. Екатеринбург. Замечание: в качестве недостатка методики можно отметить отсутствие в ней учета такого значимого фактора как флуктуация физико-механических и структурных свойств разбуриваемых пород.

4. Г.А. Ворошилов, кандидат технических наук, заместитель генерального директора по горным работам, Ю.А. Дик, кандидат технических наук, начальник отдела горной науки, открытое акционерное общество «Уралмеханобр», г. Екатеринбург. Замечание: стр. 20. рис.17, а. Следует ли ожидать возникновения биений коронки в процессе бурения шпура в случае рационального размещения инденторов на ее рабочей поверхности.

5. А.С. Громадский, доктор технических наук, профессор кафедры горных машин и оборудования, А.А. Хруцкий, кандидат технических наук, доцент кафедры горных машин и оборудования, Криворожский национальный университет, г. Кривой Рог, Украина. Замечания: 1. В полученных зависимостях по оптимальному расположению штырей на рабочей части коронки не учтены влияния формы головки штыря, ее параметров и крепости разрушаемой породы. 2. В работе не рассмотрен блокированный выкол при внедрении штыря по периметру забоя шпура или скважины, который характеризуется тяжелыми условиями для разрушения породы, а также одновременное внедрение трех штырей, расположенных на оптимальном расстоянии, характеризующееся большим снижением энергоемкости разрушения. 3. Следует указать на отсутствие в работе современных методов компьютерного моделирования процесса разрушения горной породы, позволяющих получить больше достоверной

информации об объекте исследования.

6. Л.Т. Дворников, заслуженный деятель науки Российской Федерации, доктор технических наук, профессор кафедры механики и машиностроения, И.А. Жуков, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой теории и основ конструирования машин, Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк. Замечания: 1. На объём и энергоёмкость разрушения влияет не только один соседний индентор, но и другие близко прилегающие. В связи с этим изучение механизма разрушения горных пород одновременно двумя инденторами является необходимым, но недостаточным. 2. В автореферате не приведено сопоставление полученных результатов исследований с результатами аналогичных экспериментов, проводимых в раннее время, например Л.И. Бароном.

7. С.А. Ермаков, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией открытых горных работ Института горного дела Севера Сибирского отделения Российской академии наук, г. Якутск. Замечание: 1. Методика рационального размещения вставок не учитывает трудность разрушения в угловой зоне у стенки шпура (скважины), так как все эксперименты были проведены на плоской поверхности без имитации угловой зоны. 2. При расчете КПД передачи удара и измерения объема разрушения не учтены параметры процесса удара на разрушение: скорость удара, амплитуда, форма и продолжительность ударного импульса. В связи с этим методика, не учитывающая реальные характеристики буровых перфораторов, будет труднореализуемой. 3. Диссертанту следовало бы привести более практические доводы по обоснованию достоверности научных положений, например сравнение энергоёмкости бурения на стенде экспериментальной и стандартной коронкой.

8. Г.Г. Каркашадзе, доктор технических наук, профессор кафедры физических процессов горного производства и геоконтроля Горного института, НИТУ Московский институт сталей и сплавов, г. Москва. Замечание: при описании объема лунки на стр. 15 фигурирует понятие наибольшего объема луночных разрушений, измеряемое в процентах. В то же время на рисунках 10 и 11 объем лунки справедливо измеряется в мм<sup>3</sup>. При этом в формулах (2) и (3) размерность лунки разрушения вообще не указана, что усложняет восприятие материала.

9. И.Б. Катанов, доктор технических наук, профессор кафедры открытых горных работ Кузбасского государственного технического университета, г. Кемерово. Замечания: 1. Индентор (англ. indenter от indent – вдавливать) - элемент прибора для измерения твердости, вдавливаемый в испытываемый материал. Иногда инденторами (indenter) называют сами приборы для измерения твердости. Поэтому более правильно использовать этот термин применительно при экспериментальных исследованиях крепости разрушаемой горной породы, но не к вооружению коронки. 2. В автореферате нет информации о параметрическом ряде коронок штыревого типа, количестве штырей на рабочей поверхности в зависимости от диаметра бурения. На рис. 17 автореферата приводится пример коронки КНШ-40-25. Желательно было бы обобщить результаты исследований на коронки других типоразмеров. 3. Как правило, количество задач, решаемых в диссертации, должно соотноситься с количеством научных положений. На наш взгляд анализ состояния вопроса не является задачей исследования, а на его результатах формулируются задачи.

10. С.А. Козырев, доктор технических наук, заведующий лабораторией технологических процессов при добыче полезных ископаемых Горного института Кольского научного центра Российской академии наук, г. Апатиты. Замечание: на сегодняшний день при производстве коронок штыревого типа присутствует великое

множество вариантов расположения инденторов по поверхности коронки. Из автореферата не ясно, является предложенный вариант размещения инденторов более экономичным по сравнению с зарубежными аналогами.

11. Ю.Ю. Пиленков, кандидат технических наук, заместитель технического директора закрытого акционерного общества «Горный проектно-строительный центр», г. Екатеринбург. Замечаний не содержит.

12. В.Ф. Роженов, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, инженер-конструктор конструкторского отдела акционерного общества «Нипигормаш», г. Екатеринбург. Замечание: следует отметить, что на рис. 17 логичнее было бы показать в позиции: а) распространенный вариант коронки, а в позиции б) представить предлагаемый вариант с рациональным размещением инденторов.

13. В.П. Рындин, доктор технических наук, профессор кафедры горных машин и комплексов Кузбасского государственного технического университета, г. Кемерово. Замечание: в тексте диссертации на рис. 1.1 не указан диаметр скважин, по которым производится анализ себестоимости их бурения.

14. В.И. Сарычев, доктор технических наук, профессор кафедры геотехнологий и строительства подземных сооружений, Г.В. Стась, кандидат технических наук, доцент кафедры геотехнологий и строительства подземных сооружений, Тульский государственный университет, г. Тула. Замечание: в задачах диссертационных исследований 4 пунктом стоит разработка методики расчета рационального размещения инденторов на рабочей поверхности буровой коронки штыревого типа и определения основных параметров режима бурения, обеспечивающих эффективное разрушение забоя в процессе бурения шпура (скважины) в скальных горных породах. Однако методики такого вида известны и в данной диссертации осуществлено дальнейшее их совершенствование, а не создание принципиально новой методики.

15. Г.Д. Першин, доктор технических наук, профессор кафедры горных машин и транспортно-технологических комплексов, В.С. Великанов, кандидат технических наук, доцент кафедры горных машин и транспортно-технологических комплексов, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск. Замечания: 1. Не совсем понятна целесообразность представления в списке работ публикации - Экспериментальное обоснование рациональных геометрических параметров коронок штыревого типа для повышения сколообразования в процессе бурения ударно-поворотным способом, опубликованной в журнале Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2016. – №9. 2. Известно, что по характеру деформации породы в месте контакта ее с буровым инструментом различают объемное и поверхностное разрушение, поэтому не совсем понятен термин «луночные разрушения». 3. На странице 9, название рисунка 2 не вполне корректно и информативно. 4. На странице 13, рисунок 9 зависимость коэффициента  $k$  от относительного расстояния до свободной поверхности  $L_w/d$  визуальное соответствует линейной.

16. А.В. Шадрина, доктор технических наук, доцент кафедры транспорта и хранения нефти и газа Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Томск. Замечания: 1. Определением рационального положения штырей на породоразрушающем инструменте занимаются – Жуков И.А., Дворников Л.Т., Куклин С.А. (не указаны в автореферате). 2. Следовало бы сопоставить свои результаты с результатами других исследователей (Куклин С.А.). 3. В автореферате непонятен масштаб (диаметр породоразрушающего инструмента) – численный пример приведен только для буровой коронки для бурения шпуров

диаметром 40 мм.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован их высоким квалификационным уровнем, наличием за последние 5 лет научных работ, связанных с темой диссертации и опубликованных в рецензируемых научных изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**Разработан** вариант разрушения скальной горной породы коронкой штыревого типа при бурении шпуров и скважин ударно-поворотным способом, повышающий объем разрушения за счет эффекта одновременного выкола лунок под инденторами и скола боковых стенок, образующихся между инденторами и на краю предыдущих сколов;

**введен** коэффициент распределения напряжений, количественно характеризующий относительное напряжение в скальной горной породе, возникающее при ударах инденторов буровой коронки;

**созданы** нелинейные функционально-факторные регрессионные модели, по которым с высокой достоверностью выявлены количественные закономерности пространственного изменения коэффициента распределения напряжений в скальной горной породе и объема ее разрушения, происходящего в результате удара инденторами бурового инструмента при разной его энергии и расположении инденторов;

**обоснован** рациональный режим разрушения скальной горной породы, учитывающий расположение инденторов и энергию их удара, при которых получается наибольший объем разрушений и, соответственно, наименьшая его энергоемкость.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

**доказаны** научные положения, что относительные касательные напряжения, возникающие в скальной горной породе при ударах инденторами и выраженные коэффициентом распределения напряжений, в области породы, расположенной между ними, и в области, прилегающей к поверхности скола, уменьшаются при увеличении расстояния между инденторами и краем скола по экспоненциальным зависимостям с коэффициентом детерминации 0,99 и соответствующими длинами релаксации 0,85 и 9,17, представленными с учетом положения асимптот напряжения в относительных долях диаметра инденторов. Наибольшая часть разрушений скальной горной породы, происходящих в лунках под инденторами, составляет при рациональном режиме ударов одного индентора вблизи поверхности скола от всего объема разрушений 61 %, а двух инденторов в удалении от нее – 85 %. Существенное увеличение объема луночного разрушения, происходящее с ростом энергии удара в интервале от 16 до 80 Дж, отображается степенной функцией, имеющей показатель 1,80 при ударе одного индентора и 1,33 – при ударе двух инденторов. Остальной и меньший объем разрушений, в виде скола боковых стенок, образующихся между инденторами и между индентором и краем лунки, выражается функцией гауссовой формы с локальным максимумом;

**применительно к проблематике диссертации результативно использован** комплекс методов исследований, включающий анализ и обобщение экспериментальных данных; планирование эксперимента; физическое моделирование; нелинейную функционально-факторную регрессию;

**изложены** результаты интерпретации регрессионных моделей, отображающие закономерности пространственного распределения напряжений в скальной горной породе, а также изменений объемов и энергоемкости ее разрушений в зависимости от

энергии удара и расположения инденторов;

**раскрыты** особенности и перспективы развития предложенного варианта разрушения скальной горной породы коронкой штыревого типа, комбинирующего ее луночные и боковые разрушения сколом;

**изучены и обобщены** факторы, влияющие на эффективность разрушения скальных горных пород при ударно-поворотном способе бурения;

**проведена модернизация** существующих методов определения параметров буровой коронки штыревого типа путем обобщения и анализа экспериментальных данных по разрушению горной породы, происходящего при воздействии на нее инденторов коронки, методом нелинейной функционально-факторной регрессии;

Значение полученных соискателем результатов исследований для практики подтверждается тем, что:

**разработана и предложена к внедрению** методика расчета рационального размещения инденторов в буровой коронке штыревого типа и основных параметров режима бурения;

**определены** перспективы развития научных экспериментальных исследований процесса ударного разрушения скальной горной породы с применением метода нелинейной функционально-факторной регрессии, позволяющего определять важные параметры и режимы, необходимые для разработки бурового инструмента и оборудования;

**созданы** методические приемы, на основе которых определены рациональные условия удара, обеспечивающие снижение энергоемкости разрушения породы при ударно-поворотном бурении шпуров и скважин в скальных горных породах;

**представлены** методика определения рационального размещения инденторов на буровой коронке и режима бурения, а также результаты сравнения расчетов энергоемкости разрушения скальной горной породы (гранита) известной коронкой и предложенной по указанной методике, которые показали, что энергоемкость разрушения горной породы с использованием предложенной коронки ориентировочно уменьшается на 12 %;

**полученные** результаты рекомендуется использовать заводам-изготовителям для создания бурового инструмента и буровых устройств ударно-поворотного способа бурения шпуров и скважин в скальных горных породах.

Оценка достоверности результатов исследований выявила:

**экспериментальные результаты** получены с применением стандартного лабораторного оборудования и широко апробированного стенда, что обеспечило достаточную воспроизводимость измерений напряжения в горной породе и объема ее разрушения;

**теория** построена на основе общепринятых научных подходов, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

**идея** базируется на анализе экспериментальных и аналитических исследований разрушения горных пород ударом бурового инструмента, данных практики бурения шпуров и скважин коронками штыревого типа, показавшего необходимость применения современного метода регрессионного моделирования;

**установлено** качественное совпадение авторских результатов исследования с ранее проведенными экспериментальными исследованиями по данной тематике;

**использованы** хорошо зарекомендовавшие себя программные средства; современные методики получения и обработки экспериментальных данных; результаты других исследователей;

**Личный вклад** соискателя состоит в непосредственной работе на всех этапах подготовки диссертации, а именно: в постановке цели и задач исследований; постановке фотоупругого и натурного экспериментов; изучении особенностей процессов развития напряжений и разрушения скальной горной породы при бурении коронкой штыревого типа; проведении экспериментальных измерений, их обработке и интерпретации; формулировании научных положений, выводов и рекомендаций; разработке методики расчета рационального размещения инденторов.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, непротиворечивой методологической платформы, основной идейной линии, концептуальности и взаимосвязи выводов. По своему содержанию диссертация отвечает паспорту специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика по п. 13 «Изучение напряженно-деформированного состояния и процессов разрушения горных пород методами математического моделирования и лабораторного эксперимента».

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой, на основе выявленных автором экспериментальных закономерностей процесса ударного разрушения скальных горных пород в шпурах или скважинах и установленных по ним рациональных режимов удара, решена научная задача снижения энергоёмкости бурения скальных горных пород, что имеет существенное значение для развития горной науки, проектирования бурового инструмента, уменьшающего затраты на бурение.

По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует требованиям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

На заседании «21» декабря 2016 года, протокол № 8, диссертационный совет принял решение присудить Реготунову Андрею Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика. При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 7 докторов наук по специальности и отрасли наук рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени – 20, против присуждения учёной степени – нет, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель диссертационного совета  
Яковлев



Виктор Леонтьевич

Ученый секретарь диссертационного совета  
Панжин



Андрей Алексеевич

«21» декабря 2016 г.