

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.321.02, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФГБОУ ВО «КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Т. Ф. ГОРБАЧЕВА» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 16.05.2025 г. № 5

О присуждении Разумову Егору Евгеньевичу учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Совершенствование метода прогнозирования удароопасности по результатам сейсмического мониторинга при интенсивной отработке угольных пластов» по специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика» принята к защите 06 марта 2025 г. (протокол заседания № 3) диссертационным советом 24.2.321.02, созданным на базе ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ), Министерство науки и высшего образования России, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, приказ № 877/нк от 25.09.2024 г.

Соискатель Разумов Егор Евгеньевич, 09.02.1995 года рождения. В 2019 году Разумов Е. Е. окончил ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» г. Санкт-Петербург по специальности 21.05.04 «Горное дело» (специализация «Шахтное и подземное строительство»). С 2017 года работает научным сотрудником в лаборатории геофизических исследований в АО «ВНИМИ».

Диссертация выполнена на кафедре физических процессов и строительной геотехнологии освоения недр ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ), Министерство науки и высшего образования России и АО «ВНИМИ».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, Простов Сергей Михайлович, ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ), кафедра строительного производства и экспертизы недвижимости, профессор.

Официальные оппоненты:

- Фрянов Виктор Николаевич, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации, кафедра геотехнологии, профессор;

- Вознесенский Александр Сергеевич, доктор технических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» Министерства образования и науки Российской Федерации, горный институт, кафедра физических процессов горного производства и геоконтроля, профессор;

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 отзыве, подписанным Востриковым Владимиром Ивановичем, кандидатом технических наук, ведущим научным сотрудником лаборатории горной геофизики

ИГД СО РАН, Красновским Андреем Анатольевичем кандидатом технических наук, заведующим лабораторией механики горных пород ИГД СО РАН, рассмотренным и обсужденным на заседании семинара «Современные геодинамические поля и процессы, вызванные техногенной деятельностью; геомеханика горных пород и их массивов» и утвержденном директором Хмелининым Алексеем Павловичем, **указала, что**

диссертация «Совершенствование метода прогнозирования удароопасности по результатам сейсмического мониторинга при интенсивной отработке угольных пластов» по своей актуальности, новизне и практической значимости полученных результатов удовлетворяет п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, п. 7 паспорта научной специальности, а ее автор, Разумов Е.Е., заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Соискатель имеет 17 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 17 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 14 работы. Работы отражают основные результаты, приведённые в диссертации. Общий объем опубликованных по теме диссертации работ составляет 9,26 п.л., авторский вклад – 70 %. Вклад соискателя заключается: в анализе информации об аппаратном и методическом обеспечении систем сейсмического мониторинга; в разработке методики, шахтных исследованиях, обработке, и анализе экспериментальных данных; разработке циклических алгоритмов, подготовке априорной информации для написания кодов и экранных форм. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, отсутствуют.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Основные принципы построения систем сейсмического мониторинга при отработке удароопасных угольных пластов / Е.Е. Разумов, Г.Д. Рукавишников, С.Н. Мулев, С.М. Простов // Горный журнал. – 2021. – № 1. – С. 8-12. – DOI 10.17580/gzh.2021.01.02.
2. Алгоритмы обработки сейсмической информации / Е.Е. Разумов, С.М. Простов, С.Н. Мулев, Г.Д. Рукавишников // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2022. – № 2. – С. 17-29. – DOI 10.25018/0236_1493_2022_2_0_17.
3. Разумов, Е.Е. Экспериментально-аналитическое исследование динамики геомеханических процессов при отработке угольного пласта в районе тектонического нарушения / Е. Е. Разумов, С. М. Простов, О. А. Петрова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2024. – № 3. – С. 102-118. – DOI 10.25018/0236_1493_2024_3_0_102.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы ведущей организации, официальных оппонентов, научного руководителя, учёных и специалистов ФИЦ Кольского НЦ РАН, ФИЦ угля и углехимии СО РАН, Горного института НИТУ «МИСиС», АО НЦ «ВостНИИ», ООО «Проекты и технологии – Уральский регион», Сибирского государственного индустриального университета, Сибирского института геотехнических исследований, АО «ЕВРАЗ-ЗСМК», Донецкого

национального технического университета, ООО «Полигор», Национального исследовательского Московского государственного строительного университета. Все отзывы положительные, раскрывают актуальность, научную новизну и практическую значимость выполненных исследований.

В отзывах отмечен ряд замечаний: недостаточно четко сформулированы научно обоснованные требования к системам сейсмического мониторинга, в частности, необходимых и достаточных критериев выбора регистрируемого частотного диапазона, энергетического спектра, количества иерархических подсистем и др.; Представляется слишком упрощенным использование для расчета сейсмической энергии сейсмособытия E регрессионной зависимости (2.4) вместо классических уравнений (2.1) - (2.3); не вполне понятно, с какой целью были приведены данные по энергетическому спектру сейсмических событий (рис.2.16) и динамики их проявления (табл. 2.7, рис.2.17) по пластам шахты «Комсомольская» (АО «Воркутауголь»), в то время как основные экспериментальные исследования проведены по шахте «Осинниковская». Из приведенных данных прямо не следует необходимость введения интегрального показателя Π , вычисляемого по формуле (2.13.); в п.3.1 излишне детально описана постановка задачи пакета компьютерных программ СибГИУ (граничные условия, метод разбиения среды на конечные элементы, порядок калибровки и др.). Данный проблемно-ориентированный комплекс хорошо известен специалистам и показал высокую надежность. Автор диссертации не претендует на научную новизну в части геомеханического моделирования, а использует только его результаты как априорную информацию для сопоставления с данными сейсмического мониторинга, поэтому приведенные материалы выпадают из контекста решаемых в работе задач; таблица 4.3, информирующая об использовании разработанных рекомендаций, составлена не вполне удачно: графа «Горно-геологические и горнотехнические условия» содержит избыточную информацию, а в графе «Результаты» приведены только стандартные фразы без указания, сколько и какие динамические явления были спрогнозированы; излишне подробно описаны конфигурация системы GITS (рис. 2.1) и схемы её установки; автору необходимо было дать четкое определение понятию «интенсивная отработка угольных пластов», которое содержится в названии работы, выделить признаки интенсивности; в первой главе следовало уделить большее внимание анализу результатов, полученных зарубежными исследователями в областях геомеханического моделирования и сейсмического мониторинга; не вполне понятно, с какой целью на рис.2.6 и 2.7 приведены и описаны алгоритмы SPAM и метода наименьших квадратов, выполняющие одну и ту же функцию – расчет координат источника сейсмособытия; не обосновано включение в главу 2 графиков зависимостей комплексного параметра F от ряда функциональных постоянных, входящих в расчетные зависимости; какую цель преследует введение в диссертацию п.4.2, посвященного анализу первичной информации о перспективных методах локального и текущего прогноза удароопасности электромагнитного излучения, естественного геоэлектрического поля, георадиолокации; в диссертации допущены отдельные погрешности стилистического характера; в пояснениях на рис. 4.3 пропущены знаки пунктуации перед указанием места измерений; из таблицы 1.1 следует, что по данным Ростехнадзора за период с 2015 по 2023 годы в Кузбассе не произошло ни одного горного удара – стоит ли ставить цель совершенствовать сейсмический метод

прогноза?; в работе в достаточном количестве проанализированы результаты работ зарубежных исследователей и публикации российских ученых в иностранных изданиях. Вместе с тем, содержание таблицы 1.7 приобрело бы дополнительную весомость, если бы в ней была приведена информация о современных зарубежных разработках в области сейсмического мониторинга. Это касается также содержания таблицы 1.2 с примерами применения компьютерного моделирования для решения задач геомеханики; нет информации, принимал ли автор диссертации участие в аппаратных разработках системы GITS, описанных в п.2.1.; для расчета основной количественной характеристики сейсмической активности массива - комплексного эмпирического параметра F , необходимо выполнить расчеты по формулам (2.5) - (2.9). В работе не указано, в каком программном продукте системы GITS выполняются эти расчеты, а также визуализация баз данных – построение полей изолиний; уравнения (2.10) - (2.12) общеизвестны. Без какого-либо вреда для изложения материалов их можно было не приводить, тем более что при компьютерной обработке все конечные параметры формируются программой; есть ли перспективы применения систем сейсмического мониторинга для прогноза таких видов динамических явлений как внезапные выбросы угля (породы) и газа, выдавливание угля, динамические разрушения пород почвы выработок?; не вполне понятно, что представляют собой «пограничные» точки, полученные по результатам прогноза методом выхода буровой мелочи, почему они красного и желтого цвета и какую роль они играют в проверке точности построения разграничительной линии на номограммах (рис.3.12); в поставленных задачах отсутствует анализ современного состояния вопроса, хотя в первой главе он выполнен в значительном объеме; в алгоритме комплексного прогноза удароопасности при ведении очистных работ (рис.6 автореферата) есть пункт 3 «накопление базы данных сейсмособытий в пределах шахтного поля». Из автореферата не ясно, каков минимальный объем данных или какой минимальный период времени должна охватывать база данных сейсмособытий для обеспечения необходимой достоверности комплексного прогноза удароопасности?; учитываются ли простои/сбои системы сбора сейсмической информации при комплексном прогнозе удароопасности?; в актуальности темы в первом предложении – термин «проявления динамических явлений» представлен неверно. Корректно представить – «динамических явлений» или «динамических проявлений горного давления», или т.п.; в двух задачах исследований представлено: обосновать метод регионального прогноза удароопасности по интегральным параметрам сейсмического мониторинга и разработать метод и критерии комплексного прогнозирования удароопасности на основе сейсмического мониторинга. Вопросы: что значит обосновать метод без его разработки; присутствуют отдельные недочеты технического характера при оформлении рисунков, таблиц и визуализации алгоритмов. Например, в таблице 1 указан параметр $K_{вп}$, ранее нигде не представленный. По всей вероятности, он является неправильным представлением параметра $K_{ВА}$; в автореферате указано, что были разработаны рекомендации по применению методов прогноза удароопасности, в частности, для такой его составляющей как мониторинг изменения параметров естественного электромагнитного поля с использованием аппаратуры «Ангел-М». Этому вопросу посвящен ряд публикаций, из списка работ, отражающих основное содержание диссертации. При этом в тексте автореферата не представлено конкретных примеров

использования данных ЕЭМИ; список опубликованных работ автором, приведённый в автореферате на странице 20-21 (поз. 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14) не в полной мере соответствует ГОСТ Р 7.0.100– 2018; в представленном алгоритме на странице 15, рис.6 отсутствует завершение в виде выхода из алгоритма, соответственно не ясна цель выполнения всех команд и циклов; в автореферате не указано, в чем отличие предложенного в диссертации параметра F от параметра F в методике АО «ВНИМИ»; Ретроспективно пояснена методика оценки информативности используемых при прогнозе интегральных параметров сейсмической активности, между тем, известен целый ряд различных подходов и расчётных методик решения подобных задач; в автореферате не приводится алгоритм расчёта «скорректированной энергии сейсмического события», которая используется для расчёта «сейсмической деформации текущего сейсмического события» формулы (3), (2); недостаточно детально обоснована необходимость введения интегрального показателя геомеханических параметров с расчётом по формуле (6); в формуле (1) нет размерности сейсмической активности F , как и у сейсмической деформации блока D и сейсмических событий N за расчетный интервал времени T , сутки; аналогично формула (4) сейсмическая энергия (фоновая) - E_f и скорректированная энергия сейсмического события – E_s , чем отличаются, если зависят только от времени, нет пояснений и анализа размерностей; на стр. 13 рис.4 не показаны максимальные значения комплексного сейсмического параметра – F , которые как можно понять, равны верхней границе допустимых значений, определяемых уравнением регрессии, приведённым на данном рисунке. Где допустимые среднеквадратичные отклонения параметра F с уровнями принятых вероятностей достоверности; при отработке угольных пластов динамические явления включают не только толчки и горные удары, но и внезапные выбросы угля (породы) и газа. При этом основное внимание в работе уделено совершенствованию метода прогнозирования удароопасности. Рассмотрение более широкого перечня возможных динамических явлений способствовало бы повышению информативности прогноза и безопасности ведения горных работ; каким образом учитывается влияние скорости отработки угольных пластов при определении показателя F ; какой тип сейсмодетформации (скольжение, течение, тектоническая и др.) учитывается при определении показателя F ; какие геомеханические параметры используются при определении показателя Π_i .

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их известностью своими достижениями в данной отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей сфере исследований и их квалификацией определять научную и практическую ценность диссертации.

Ведущая организация имеет в своём составе профильные научно-исследовательские лаборатории горной геофизики и механики горных пород.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая научная идея определения вероятности горного удара по соотношению двух параметров: максимального значения комплексного параметра сейсмоактивности массива и расстояния от обнажения до точки максимума;

предложен нетрадиционный подход, включающий сопоставление интегральных параметров сейсмической активности с напряженно-деформированным состоянием (НДС), результатами геомеханического моделирования массива и

геодинамического прогноза методом выхода буровой мелочи;

доказано наличие зависимостей между комплексным параметром F сейсмической активности и его интегральным показателем I_F с коэффициентом концентрации напряжений в кровле угольного пласта;

введён новый термин «интегральный показатель сейсмической активности массива», отражающий не только величину информативного параметра, но и его распределение в пределах контролируемой зоны

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что доказаны положения, вносящие вклад в расширение представлений о связи вероятности проявления горного удара с параметрами сейсмической активности массива;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс существующих базовых методов исследований, в том числе методов сейсмического шахтного мониторинга, геомеханического моделирования и геодинамического прогноза по выходу буровой мелочи;

изложены этапы (стадии) прогнозирования удароопасности по результатам сейсмического мониторинга: определение координат источника сейсмособытий; расчёт интегральных параметров сейсмоактивности массива; региональный прогноз; определение границ опасного участка для локального (текущего) прогноза;

раскрыты существенные проявления теории развязывания горного удара, согласно которой удароопасность определяется не только концентрацией механических напряжений, но и расстоянием от обнажения до точки их максимума;

изучены связи параметров сейсмоактивности массива с концентрацией механических напряжений в зоне опорного давления угольного пласта;

проведена модернизация существующих алгоритмов и компьютерных программ для расчёта координат очагов сейсмособытий, интегральных параметров F и I_F сейсмической активности.

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

разработаны и внедрены новые универсальные методики расчёта координат очагов сейсмособытий и интегральных параметров сейсмоактивности;

определены пределы и критические значения для регионального прогноза по интегральным параметрам сейсмоактивности;

создана система практических рекомендаций по комплексному региональному и локальному (текущему) прогнозу удароопасности при отработке угольных пластов;

представлены методические рекомендации по сейсмическому геодинамическому мониторингу при отработке удароопасных угольных пластов.

Оценка достоверности результатов исследований выявила: для экспериментальных работ результаты сейсмомониторинга получены на сертифицированном оборудовании - системе сейсмического мониторинга GITS, разработанной АО «ВНИМИ», воспроизводимость результатов которой подтверждена в условиях шахт Кузбасса;

теория согласуется с опубликованными экспериментальными данными полученными ИПКОН (Трофимов В. А.), МИСиС (Еременко В. А.), ИГД СО РАН (Курленя М. В., Серяков В. М. и др.), СибГИУ (Риб С. В., Фрянов В. Н.)

идея базируется на обобщении передового опыта инструментального прогноза с использованием классических представлений о геомеханических условиях развязывания горных ударов;

использованы: сравнение авторских данных сейсмического мониторинга и данных, полученных методами геомеханического моделирования с помощью комплекса проблемно-ориентированных программ СибГИУ и геомеханического прогноза методом выхода буровой мелочи;

установлено качественное и количественное совпадение результатов прогноза удароопасности авторским методом сейсмического мониторинга и базовым методом по выходу буровой мелочи, рекомендованного федеральными нормами и правилами «Инструкция по прогнозу динамических явлений и мониторингу массива горных пород при отработке угольных месторождений»;

использованы современные методики сбора и обработки сейсмической информации в составе методического обеспечения системы мониторинга GITS.

Личный вклад соискателя состоит в: включенном участии в технических разработках в областях сейсмического и локального геофизического мониторинга; непосредственном личном участии в планировании, организации, проведении шахтных сейсмических и локальных геофизических исследований, их обработке, анализе, и сопоставлении с базами данных, полученных методами выхода бурового штыба и геомеханического моделирования; в подготовке основных публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации **критические замечания** высказаны не были.

Соискатель Разумов Е. Е. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привёл собственную аргументацию, согласившись с отдельными замечаниями.

На заседании 16.05.2025 г. диссертационный совет принял решение:

за научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны присудить Разумову Е.Е. ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 11 докторов наук по специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика», участвовавших в заседании, из 13 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 8, против 3, недействительных бюллетеней 1.

Председатель диссертационного
совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

16 мая 2025 г.



МП

Копытов Александр
Иванович

Тюленев Максим
Анатольевич