

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ.7
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 15.07.2025 № 23

О присуждении Романовой Екатерине Леонидовне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Геомеханическое обоснование методики расчета напряженно-деформированного состояния крепи вертикальных стволов в нарушенных зонах массивов горных пород» по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение пород взрывом, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика принята к защите 30.04.2025, протокол заседания № 9, диссертационным советом ГУ.7 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, линия 21-я В.О., дом 2, приказ ректора Санкт-Петербургского горного университета о создании диссертационного совета от 06.02.2023 № 155 адм, с изменениями от 13.07.2023 № 1090 адм, от 29.12.2023 № 1965 адм, от 11.11.2024 № 1690 адм.

Соискатель, Романова Екатерина Леонидовна, 14 марта 1997 года рождения, в 2021 году окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» по специальности 21.05.04 Горное дело.

С 01.10.2021 года по настоящее время является аспирантом очной формы обучения кафедры строительства горных предприятий и подземных сооружений федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре строительства горных предприятий и подземных сооружений федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент **Деменков Петр Алексеевич**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», строительный факультет, декан.

Официальные оппоненты:

Саммалъ Андрей Сергеевич – доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет», кафедра механики материалов и геотехнологий, профессор кафедры;

Трофимов Андрей Викторович – кандидат технических наук, общество с ограниченной ответственностью «Институт Гипроникель», департамент научно-технического развития, директор департамента, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**, г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Панкратенко Александром Никитовичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Строительства подземных сооружений и горных предприятий», Сафроновым Артёмом Максимовичем, ассистентом, секретарем той же кафедры, секретарем заседания, и утвержденном Филоновым Михаилом Рудольфовичем, доктором технических наук, профессором, проректором по науке и инновациям, указала, что для развития горнопромышленной отрасли, а также области теоретических знаний геомеханики, важны следующие полученные автором диссертации результаты:

1. Разработана численная модель прогноза напряженно-деформированного состояния системы крепь-массив в тектонически нарушенном массиве.

2. Разработана методика расчета крепей стволов в тектонически напряженных массивах (получены переходные коэффициенты для аналитического расчета).

3. Определены оптимальные параметры крепи ствола, пересекающего зоны дробления в массивах.

4. Результаты диссертационной работы отражены в свидетельстве о регистрации программы для ЭВМ № 2023680836 «Программа для расчета крепи вертикального ствола в программном пакете Abaqus CAE» от 05.10.2023.

5. Результаты диссертационной работы приняты к использованию при определении параметров крепи вертикальных стволов на месторождениях полезных ископаемых, добываемых подземным способом, и применены в проектной деятельности компании АО «Гипроцветмет» – получен акт об использовании результатов кандидатской диссертации от 28.11.2024 г.

Внедрение полученных результатов в проектную деятельность предприятия, а также расширение существующей патентной базы Российской Федерации подтверждают теоретическую и практическую значимость результатов исследования.

Соискатель имеет 6 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 6 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы, 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 (далее – Перечень ВАК), в 2 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования (Scopus). Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Общий объем – 3,88 печатных листов, в том числе 2,05 печатных листа - соискателя.

Публикации в изданиях из Перечня ВАК:

1. Деменков, П.А. Анализ подходов к расчету крепи вертикальных стволов в зонах тектонических нарушений / П.А. Деменков, **Е. Л. Романова** // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. – 2022. – №. 4. – С. 223-236. (№ 1175 Перечня ВАК ред. 07.12.2022).

Соискателем выполнен обзор существующих теоретических и численных подходов к расчёту крепи вертикальных стволов, проходящих в зонах тектонических нарушений. В исследовании приведены возможные существующие решения задачи расчета крепи ствола в объемной постановке. Проведена систематизация методов расчёта, рассмотрены классические континуальные подходы и современные конечно-элементные и конечно-дискретные подходы. Проведенный анализ позволил выявить основные ограничения используемых моделей и определить направления для дальнейшего совершенствования методик расчёта.

2. Деменков, П.А. Анализ влияния рейтинговых методик оценивания массива на его физико-механические характеристики и на расчет крепи вертикального ствола / П.А. Деменков, Д.А. Котиков., **Е.Л. Романова** // Известия Уральского государственного горного университета. – 2023. – №. 1 (69). – С. 67-77. (№ 1221 Перечня ВАК ред. 07.03.2023).

Соискатель произвел анализ существующих рейтинговых методик оценивания качества массива горных пород (RMR, Q и GSI) и их влияния на определение физико-механических параметров массива, используемых при расчёте крепи вертикальных стволов. Особое внимание было уделено оценке чувствительности моделей к изменению параметров, определяемых по

рейтинговым методикам. Соискателем выявлена необходимость адаптации существующих методик к условиям тектонически нарушенных массивов с учётом региональной специфики.

Публикации в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus:

3. Деменков, П. А. Исследование формирования напряженно-деформированного состояния крепи вертикального ствола и вмещающего массива горных пород в условиях неравномерности его контура / П.А. Деменков, Д.А. Котиков., **Е.Л. Романова** // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2023. – №. 11. – С. 33-48. (№ 547 Перечня ВАК-МБД ред. 30.12.2022)

Соискатель произвел анализ влияния неровного контура вертикальной выработки и крепи ствола на напряженно-деформированное состояние системы крепь-массив посредством численного моделирования, приведен литературный обзор проблемы и описаны результаты исследования. Автором разработана численная модель, позволяющая учитывать влияние геометрических и структурных неоднородностей на перераспределение напряжений в крепи и прилегающем массиве.

4. Demenkov, P. A. Regularities of plastic deformation zone formation around unsupported shafts in tectonically disturbed massive rock / P.A. Demenkov, E.L. Romanova // Geosciences. – 2025. – Т. 15. – №. 1. DOI: 10.3390/geosciences15010023.

Деменков, П. А. Закономерности образования зон пластических деформаций в окрестности незакрепленных вертикальных стволов в тектонически нарушенных массивах/ П. А. Деменков, Е. Л. Романова// Geosciences – 2025. – Т. 15. – № 1. DOI: 10.3390/geosciences15010023.

Соискателем проведен прогноз размеров вывалов на контуре вертикальной выработки, пересекающей зоны дробления в тектонически напряженных массивах по результатам численного моделирования, выведена формула для расчета размера зоны пластических деформаций вокруг выработки круглого сечения, проведен обзор проблемы и описаны результаты исследования. Результаты моделирования сопоставлялись с теоретическими представлениями и данными натурных наблюдений, что обеспечило валидацию модели.

Публикации в прочих изданиях:

5. **Романова, Е.Л.** Влияние вывалов и неровностей крепи вертикального ствола на напряжения на ее контуре / **Е.Л. Романова** // Инновационные идеи молодых исследователей: сборник научных статей по материалам XII Международной научно-практической конференции, Уфа, 01

декабря 2023 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр «Вестник науки», 2023. – С. 265-270.

Соискателем в рамках выступления на конференции представлены результаты исследований, посвященных определению степени влияния неровностей и вывалов на контуре вертикальной выработки на напряженно-деформированное состояние крепи ствола в форме доклада.

6. **Романова, Е.Л.** Методика прогноза вывалов на контуре вертикальной выработки в нарушенных массивах тектонического строения / **Е.Л. Романова** // Теоретические и практические аспекты развития современной науки: теория, методология, практика: сборник научных статей по материалам XVI Международной научно-практической конференции, Уфа, 21 февраля 2025 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр «Вестник науки», 2025. – С. 65-69.

Соискателем представлены результаты исследований, посвященных определению степени влияния вывалов на контуре вертикальной выработки на напряженно-деформированное состояние массива и крепи в форме доклада.

Патенты/свидетельства на объекты интеллектуальной собственности:

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023680836 Российская Федерация. Программа для расчета крепи вертикального ствола в программном пакете Abaqus CAE. Заявка № 2023669398: заявл. 22.09.2023: опубл. 05.10.2023 / Деменков П.А., **Романова Е.Л.**; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет». – 1с.

Соискателем создан программный код, а также оформление софта программы. Внесен вклад в разработку алгоритмической и программной части решения, связанного с созданием по заданным пользователем параметрам крепи вертикального ствола в программном пакете Abaqus CAE. Программа позволила значительно упростить процесс построения крепи ствола в Abaqus CAE.

Апробация диссертационного исследования проведена на научно-практических мероприятиях с докладами:

1. Международная научно-практическая конференция «Инновационные идеи молодых ученых» (декабрь 2023 года, г. Уфа).

2. XXXIII Международный научный симпозиум «Неделя горняка 2025», выступление с докладом «Закономерности формирования зон

пластических деформаций вокруг незакреплённых стволов в тектонически нарушенных массивах пород» (февраль 2025 года, г. Москва).

3. Международная научно-практическая конференция «Теоретические и практические аспекты развития современной науки: теория, методология, практика». Научная конференция молодых ученых. Выступление с докладом «Методика прогноза вывалов на контуре вертикальной выработки в нарушенных массивах тектонического строения» (февраль 2025 года, г. Уфа).

В диссертации Романовой Екатерины Леонидовны отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: директора Санкт-Петербургского филиала ООО «Научно-проектный центр «Акрон инжиниринг» **И.П. Веретельника**; менеджера по инжинирингу службы управления проектом Подольского месторождения ООО «Башкирская медь», к.т.н. **А.Б. Чебакова**; директора департамента Кировского филиала акционерного общества «Апатит» по горному производству, к.т.н., **В.Б. Мельника**; заместителя директора по научной работе ИГД СО РАН, главный научный сотрудник лаборатории механики деформируемого твердого тела и сыпучих сред, д.ф.-м.н., с.н.с. **С.В. Лаврикова**.

В отзывах дана положительная оценка диссертационного исследования, отмечена актуальность выбранной темы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования, высокий научно-методический уровень работы, однако отмечен ряд замечаний:

1. В качестве пожелания можно отметить, что дополнительное рассмотрение влияния динамических нагрузок (в том числе от буровзрывных работ) на поведение крепи могло бы расширить область применения разработанной методики. Однако указанный момент не снижает ценности проведенного исследования и может быть предметом дальнейших работ. (**И.П. Веретельник**);

2. Некоторым аспектам, таким как влияние трещиноватости вне зоны дробления или возможное комбинированное воздействие нескольких нарушений, уделено недостаточное внимание. Также перспективным было бы расширение анализа на нестабильные режимы нагружения (временные, динамические). Тем не менее, это не умаляет общий научный и практической ценности работы. (к.т.н. **А.Б. Чебаков**);

3. Несмотря на достойный уровень работы, можно выделить следующие недостатки: в разделе с выводами можно было бы обобщить результаты численного моделирования в виде единого инженерного

алгоритма выбора параметров крепи (например, в виде блок схемы или логической последовательности). (к.т.н. **В.Б. Мельник**);

4. По работе имеются следующие замечания: из автореферата не ясно на основе какой математической модели и в какой постановке проводилась численное моделирование? Использовалась ли при этом собственное или лицензионное программное обеспечение? (д.ф.-м.н. **С.В. Лавриков**);

5. В эмпирической зависимости (3) на стр. 13 не для всех параметров указаны размерности: не указаны размерности для мощности и угла наклона зоны дробления. (д.ф.-м.н. **С.В. Лавриков**);

6. По тексту автореферата встречается ряд неточности и ошибок, например, «установлена квадратичная зависимость напряжений...от... формы неровности...» (стр.6), «Разработана численная модель прогноза напряженно-деформированного состояние системы...» (в чем именно состоит разработка модели?) (стр.7), «В массиве преобладают тектонические напряжения», при этом вертикальные напряжения 10 МПа превышают горизонтальные 7 МПа и 4 МПа (стр. 15) (д.ф.-м.н. **С.В. Лавриков**).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием исследований и публикаций по теме диссертационной работы и их компетентностью в области диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая научная идея по оценке моделирования напряженно-деформированного состояния бетонной крепи вертикального ствола в тектонически напряженном массиве с учётом параметров зон дробления (мощности и угла наклона) и неровностей контура выработки;

предложен нетрадиционный подход к построению численных моделей прогноза напряжений в крепи ствола на основе учета влияния зон дробления и неровностей контура ствола;

доказано, что при проведении вертикального ствола через зоны дробления мощностью свыше 25% его диаметра и углом падения свыше 15 градусов в тектонически напряженных массивах, размер зоны пластических деформаций в окрестности зоны дробления следует определять из пространственной постановки задачи, в иных случаях допускается использование упрощенной (плоской) постановки;

введены новые понятия коэффициента учета влияния неровности на нагрузку на крепь и относительного размера зоны пластических деформаций.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

Предложена методики расчета размеров потенциального вывала в окрестности нарушения, пересекающего вертикальный ствол, что позволило расширить применимость численных моделей в тектонически осложненных массивах;

Применительно к проблематике диссертации результативно **использован** комплекс численных методов решения задач геомеханики, включая метод конечных элементов (МКЭ), а также метод верификации численной модели с натурными данными;

изложены основные положения математического моделирования напряженно-деформированного состояния крепи ствола в тектонически напряжённых массивах;

раскрыты ключевые ограничения существующих нормативных методик, не учитывающих локальную нарушенность массива и реальные отклонения контура выработки;

изучены связи между параметрами геологических нарушений и напряженно-деформированным состоянием вблизи контура выработки;

проведена модернизация существующих методов расчета крепей вертикальных стволов на основе учета тектонических нарушений и параметров неровностей, что позволило повысить точность прогноза и адаптировать модели к реальным условиям месторождения.

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

разработаны и внедрены рекомендации по расчету крепей вертикальных стволов с учетом нарушенных зон массива, в том числе в проектной практике АО «Гипроцветмет» (акт внедрения от 28.11.2024 г.);

определены границы применимости плоской и пространственной постановок задачи при расчете крепи ствола, пересекающего нарушения в массиве; получены граничные значения параметров зоны дробления и неровностей контура, требующих учёта при расчете крепи;

создана пространственная численная модель расчета крепи вертикального ствола в среде Abaqus CAE, прошедшая регистрацию как программа для ЭВМ (свидетельство №2023680836 от 05.10.2023);

представлены рекомендации для расчета крепи в тектонически напряженных массивах, с учетом пространственной конфигурации зоны дробления и неровностей контура ствола, предложен коэффициент для расчета нагрузки на крепь при ее неровном контуре и обобщенная формула для быстрой оценки размеров потенциального вывала при пересечении стволом зоны дробления.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты численных экспериментов согласуются с результатами ранее опубликованных трудов других учёных, а также с существующими натурными данными, что подтверждает их применимость и воспроизводимость;

теория базируется на хорошо себя зарекомендовавшей области решения задач механики подземных сооружений схеме совместного взаимодействия крепи с породным массивом;

идея базируется на анализе современной практики расчёта напряженно-деформированного состояния крепей стволов в тектонически напряженных массивах и обобщении существующего опыта проектирования и моделирования;

использованы сравнения полученных автором численных данных с результатами, представленными в научной и нормативной литературе, а также с результатами физического моделирования;

установлено качественное и количественное совпадение результатов расчета напряженного состояния крепи ствола с натурными данными;

использованы современные подходы к расчету напряженно-деформированного состояния крепей вертикальных стволов в тектонике, а также достоверные выборки значений, полученные на основании инженерно-геологических изысканий.

Личный вклад соискателя состоит в: включенном участии на всех этапах работы; формулировке целей и задач исследования; сборе и анализе научной и нормативной литературы; разработке и калибровке численных моделей; обработке и интерпретации расчетных данных; сопоставлении результатов с натурными наблюдениями; подготовке публикаций и регистрации программного обеспечения.

В диссертации отсутствуют заимствованные материалы без ссылки на автора и (или) источник заимствования, результаты научных работ, выполненных Романовой Е.Л. в соавторстве, без ссылок на соавторов.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Романова Е.Л. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию.

На заседании 15.07.2025 диссертационный совет принял решение присудить **Романовой Е.Л.** ученую степень кандидата технических наук за решение актуальной для развития геомеханики и горной науки задачи, связанной с повышением достоверности и точности прогноза напряженно-деформированного состояния крепи вертикальных стволов в нарушенных

зонах массивов горных пород, что позволяет повысить безопасность их эксплуатации.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 4 докторов наук (по научной специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 13, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

15.07.2025

Протосеня
Анатолий Григорьевич

Афанасьев
Павел Игоревич