

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

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 14.09.2023 № 17

О присуждении Катерову Андрею Максимовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Геомеханическое обоснование параметров крепи глубоких стволов при освоении калийных месторождений в сложных горно-геологических условиях» по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика принята к защите 06.07.2023 г., протокол заседания № 11, диссертационным советом ГУ.7 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» 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.

Соискатель, Катеров Андрей Максимович, 03 февраля 1995 года рождения, в 2019 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» по специальности 21.05.04 Горное дело.

С 01.10.2019 года по 30.09.2022 года являлся аспирантом очной формы обучения кафедры строительства горных предприятий и подземных сооружений федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Работает ассистентом на кафедре строительства горных предприятий и подземных сооружений в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургском горном университете» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре строительства горных предприятий и подземных сооружений в федеральном государственном бюджетном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Протосеня Анатолий Григорьевич**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-

Петербургский горный университет», кафедра строительства горных предприятий и подземных сооружений, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

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

**Лебедев Михаил Олегович** – кандидат технических наук, доцент, Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский, проектно-изыскательский институт «Ленметрогипротранс», заместитель генерального директора по научно-исследовательской работе; 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» и **Ступовым Павлом Владимировичем**, ассистентом той же кафедры, секретарем заседания и утвержденном **Филоновым Михаилом Рудольфовичем**, проректором по науке и инновациям указала, что полученные результаты расширяют известные научные знания в области геомеханики, в части прогнозирования напряженно-деформированного состояния массива соляных пород при строительстве и эксплуатации глубоких вертикальных стволов, а также оценке напряженно-деформированного состояния комбинированных конструкций крепей со слоем податливости.

Соискатель имеет 6 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 6 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работ, в том числе в 1 статье - 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 3 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus. Получен 1 патент.

Общий объем – 3,32 печатных лист, в том числе 1,93 печатных листа – соискателя.

Публикации 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:

1. Протосеня А.Г. Анализ подходов к прогнозу напряженно-деформированного состояния крепи вертикального ствола, пройденного в соляном массиве/ Протосеня А.Г., Карасев М.А., Катеров А.М., Петрушин В.В. // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2023. – № 19. – С. 129-137. (ВАК, №1107 ред. 21.04.2021).

*Соискателем проведен анализ существующих методик расчета чугунной тюбинговой крепи с помощью численного моделирования, выведены коэффициенты, позволяющие повысить точность расчета.*

Публикации в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus:

2. Karasev M. A. Analysis of shaft lining stress state in anhydrite-rock salt transition zone/ Karasev M. A., Protosenya A. G., Katerov A. M., Petrushin V. V // Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik. – 2022. – Volum 37(1). – №. 57, – PP. 151–162.

Карасев М.А. Анализ напряженного состояния крепи ствола в переходной зоне ангидрит-каменная соль / Карасев М.А., Протосеня А. Г., Катеров А.М. Петрушин В.В.// Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik. – 2022. – Сборник 37(1). – №. 57, – С. 151–162

*Соискателем проведены научно-практические исследования, связанные с обоснованием напряжений, реализуемых в крепи вертикального ствола, развивающимися на контакте двух породных слоев, представленных ангидрит-доломитовыми и соляными породами. Разработана методика расчета напряженно-деформированного состояния крепи ствола с учетом его геометрической конфигурации и учета пластических деформаций чугуна.*

3. Протосеня А.Г. Развитие напряженно-деформированного состояния комбинированной крепи вертикального ствола, пройденного в соляном массиве/ Протосеня А.Г., Катеров А.М. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 6-1. – С. 100-113.

*Соискателем проведены исследования, связанные с изучением работы комбинированной податливой крепи по мере увеличения глубины вертикального ствола, основанные на расчете напряженно-деформированного состояния чугунной тюбинговой крепи, учитывая пластическое течение материала тюбинговой крепи и процесс деформирования пористого материала, применяемого в качестве*

*компенсационного слоя. Решение выполнялось в пространственной постановке учитывая геометрическую конфигурацию крепи.*

4. Протосеня А. Г. Обоснование параметров реологической модели соляного массива/ Протосеня А. Г., Катеров А. М. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2023. – № 3. – С. 16–28.

*Соискателем проведены исследования, связанные с определением реологических параметров модели деформирования соляного массива и величины численной модели, обеспечивающих корректный прогноз смещений контура горной выработки.*

Публикации в прочих изданиях:

5. Катеров А.М. Прогноз напряженного состояния комбинированной крепи ствола в переходной зоне / Катеров А.М. // Тезисы докладов IV Международной научно-практической конференции «Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование. – 2021. – С. 53-54.

*Соискателем проведены численные эксперименты по прогнозу напряженно-деформированного состояния крепи на участке контакта двух породных слоев. Получены результаты величины зоны формирования напряженно-деформированного состояния массива горных пород.*

6. Катеров А.М. Анализ работы комбинированной крепи вертикального ствола, расположенного на больших глубинах в соляном массиве/ Катеров А.М. // Тезисы докладов Всероссийской научно-технической конференции с участием иностранных специалистов. – 2022. – С. 29-31.

*Соискателем изучен процесс развития напряженно-деформированного состояния крепи вертикального ствола по трассе ствола, пройденного на больших глубинах.*

Патенты:

7. Патент № 274890 Российская Федерация, МПК E21D 5/11 (2006.01). Способ обеспечения податливости крепи вертикального ствола, расположенного в соляных породах: № 2020135730: заявл. 30.10.2020: опубл. 30.10.2021 / Карасев М.А., Синегубов В.Ю., Катеров А.М.; заявитель СПГУ. - 9 с.: 5 ил.

*Соискателем проведен патентный поиск аналогов и прототипов разработанному способу. Проведены расчеты, обосновывающие податливость крепи. Описан способ обеспечения податливости крепи вертикального ствола, расположенного в соляных породах.*

Апробация работы проведена:

1. IV Международная научно-практическая конференция "Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование" (апрель 2021 года, г. Санкт-Петербург);

2. XVIII Международный форум-конкурс студентов и молодых ученых «Актуальные проблемы недропользования» (15-21 мая 2022 г., Санкт-Петербург);

3. «Всероссийская научно-техническая конференция с участием иностранных специалистов» Прогноз и предупреждение удароопасности при ведении горных работ (с 27 по 30 сентября 2022 года, г. Апатит);

В диссертации **Катерова Андрея Максимовича** отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: заведующего кафедрой маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем ФГАОУ ВО «Пермский национальный политехнический университет», д.т.н., профессора **Ю.А. Кашникова**; директора Санкт-Петербургского филиала ООО «Научно-проектный центр Акрон инжиниринг» **И.П. Веретельника**; главного инженера проекта ООО «Институт Гипроникель» **А.В. Чебакова**; начальника Центра гидрогеомеханики и шахтного строительства ООО «СПб-Гипрошахт» **Д.П. Мирончука**; директора департамента Кировского филиала по горному производству КФ АО «Апатит», к.т.н. **В.Б. Мельника**.

В отзывах дана положительная оценка диссертационного исследования, отмечена актуальность выбранной темы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования, логическое построение работы с использованием актуальной научной информации, однако отмечен ряд замечаний:

1. Считаю, что в тексте автореферата необходимо было добавить немного информации о лабораторных испытаниях образцов каменной соли и материала крепи. (д.т.н. **Ю.А. Кашников**);

2. При определении реологических параметров модели деформирования производилось сопоставление с натурными данными при наблюдениях за конвергенцией горизонтальной горной выработки. Каким образом натурные данные отражают процессы, протекающие в вертикальных горных выработках. (д.т.н. **Ю.А. Кашников**);

3. Уточнить, на основании каких допущений параметры реологической модели, полученные на основе верификации данных натурных наблюдений за камерой, расположенной в соляном массиве

месторождения Saskatchewan (глава 4), могут быть применены для условий Нивенского месторождения (**И.П. Веретельник**);

4. Согласно 1 защищаемому положению, для прогноза смещений массива соляных пород, на больших глубинах, необходимо учитывать различные стадии ползучести, однако принятая реологическая модель позволяет описать только вторую стадию ползучести (**А.В. Чебаков**);

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** методика построения численной модели расчета напряженно-деформированного состояния тубинговой крепи вертикального ствола в сложных горно-геологических условиях калийных месторождений, позволяющая повысить точность расчета параметров крепи, для повышения безопасности эксплуатации стволов;

**предложено** учитывать геометрическую конфигурацию тубинговой крепи и временной фактор на формирование напряженно-деформированного состояния системы «соляной массив – крепь вертикального ствола»;

**доказаны** минимально допустимые геометрические размеры численной модели и величины реологических параметров геомеханической модели;

**введены** переводные коэффициенты и обоснованы их параметры, позволяющие уточнить величины тангенциальных напряжений в тубинговой крепи, с учетом геометрической конфигурации и нелинейного поведения чугуна, как материала крепи.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказаны** значения переводных коэффициентов, размер зоны влияния контакта двух породных слоев, один из которых представлен прочными ангидрит-доломитовыми породами, а второй соляными породами, обладающими реологическими свойствами, чья интенсивность увеличивается по мере увеличения глубины проходки вертикальных стволов; применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** актуальные научные данные, применяемые при оценке геомеханических условий, поставленных в диссертационном исследовании и проведены численные расчеты с применением программных комплексов и современных моделей описания физико-механических свойств горных пород и материалов крепи;

**изложены** требования к подготовке численных моделей геомеханического прогноза и работы конструкции крепи вертикальных стволов, пройденных на больших глубинах в горно-геологических условиях калийных месторождений;

**раскрыты** условия применения разработанной методики расчета напряженно-деформированного состояния крепи вертикального ствола;

**изучены** методики проведения лабораторных испытаний соляных пород; методики расчета нагрузок на крепь вертикальных стволов и определения ее параметров; подходы к моделированию крепи вертикальных стволов; реологические модели деформирования соляных пород; результаты натурных наблюдений за смещением контура горных выработок и способы проведения наблюдений;

**проведена модернизация** численной модели расчета напряженно-деформированного состояния крепи вертикального ствола.

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

**разработаны и внедрены** в 2023 году методика расчета нагрузок на крепь в проектной деятельности АО «Гипроцветмет» (акт о внедрении от 27.04.2023 г.) при разработке технического решения по проектированию крепи стволов в документах «Технико-коммерческое предложение на выполнение работ по проведению оценки технического состояния подземных вентканалов по объекту «ПАО «Гайский ГОК»;

**определены** перспективы использования разработанной методики для проектирования крепи глубоких вертикальных стволов при освоении калийных месторождений;

**создана** методика обоснования параметров крепи глубоких вертикальных стволов, пройденных в сложных горно-геологических условиях калийных месторождений;

**представлены** предложения по использованию результатов исследований, проектными и научно-техническими организациями, осуществляющими деятельность в сфере освоения калийных месторождений при выполнении работ по обоснованию параметров крепи вертикальных стволов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**для экспериментальных работ** результаты получены на сертифицированном оборудовании, а величины определенных реологических параметров пород и параметров моделей деформирования материала крепи верифицированы на основании результатов лабораторных исследований с применением программного комплекса, осуществляющего расчет в рамках метода конечных элементов;

**теория** построена на современных представлениях о формировании напряженно-деформированного состояния массива вокруг ствола в условиях калийных месторождений, включая данные натуральных наблюдений за смещением контура горных выработок; результатах численного моделирования, верифицированного на основе лабораторных данных; согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

**идея базируется** на развитии методики расчета нагрузок на крепь глубоких вертикальных стволов и ее параметров путем учета геометрической конфигурации тюбинговой крепи и рассмотрения зоны контакта двух породных слоев при обосновании конфигурации крепи;

**использованы** общенаучные и частно-научные методы сравнения и аналогий, анализа и синтеза, а также численные методы при моделировании геомеханических процессов;

**установлено** соответствие полученных результатов поставленной цели исследования и отсутствие противоречий выводов и рекомендаций соискателя положениям теоретико-методологической базы по теме диссертации;

**использованы** современные комплексные методы испытаний и анализа лабораторных исследований образцов каменной соли и материала крепи, с учетом пластического поведения, численного моделирования геомеханических процессов в окрестности горной выработки и его верификации на основании натуральных данных, полученных на горнодобывающих калийных предприятиях.

**Личный вклад соискателя состоит** заключается в постановке цели и задач диссертационного исследования; анализе зарубежной и отечественной научной литературы по теме исследования; обосновании выбора модели соляного массива, описывающей реологические процессы в окрестности горной выработки; подборе и обосновании ее параметров; разработке метода определения минимального размера численной модели соляного массива, вмещающего горную выработку; обработке и анализе результатов численного моделирования; получении закономерностей распределения напряженно-деформированного состояния тюбинговой крепи и его развития по трассе вертикального ствола в зоне контакта двух породных слоев; определении параметров комбинированной крепи вертикального ствола для переходной зоны.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Катеров Андрей Максимович ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.



На заседании 14 сентября 2023 года диссертационный совет принял решение присудить **Катерову А.М.** ученую степень кандидата технических наук за решение актуальной научной задачи по обоснованию параметров крепи глубоких вертикальных стволов при освоении калийных месторождений, имеющей важное значения для горно-строительной отрасли.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 5 докторов наук (по научной специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председательствующий  
заместитель председателя  
диссертационного совета



Ученый секретарь  
диссертационного совета

Трушко  
Владимир Леонидович

Афанасьев  
Павел Игоревич

14.09.2023 г.