

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.324.06, СОЗДАННОГО НА
БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МАГНИТОГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Г.И. НОСОВА», МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 28.11.2024 № 28

О присуждении Неугомонову Сергею Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Развитие научно-методических основ технологии обеспечения устойчивости подземных горных выработок с учетом воздействия статических и динамических нагрузок» по специальностям 2.8.8. Геотехнология, горные машины и 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика принята к защите 11 июля 2024 года, протокол № 14, диссертационным советом 24.2.324.06, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38, приказ № 833/нк от 20.04.2023 года.

Соискатель – Неугомонов Сергей Сергеевич, «14» сентября 1983 года рождения.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Совершенствование технологии очистной выемки при разработке месторождений камерными системами с твердеющей закладкой» защитил в 2009 году в диссертационном совете, созданном на базе Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. В настоящее время работает в должности доцента кафедры разработки месторождений полезных ископаемых по основному месту работы в ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук выполнена на кафедре разработки месторождений полезных ископаемых ФГБОУ ВО

«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – профессор, доктор технических наук Рыльникова Марина Владимировна, главный научный сотрудник отдела проблем моделирования и управления горнотехническими системами Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук (ИПКОН РАН)».

Официальные оппоненты:

1. Габараев Олег Знаурович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт» (Государственный технологический университет), кафедра горного дела, заведующий кафедрой;

2. Кузьмин Евгений Викторович, доктор технических наук, профессор, ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами» ГК Росатом, эксперт отдела технической политики и НИОКР;

3. Макаров Александр Борисович, доктор технических наук, профессор, СМТ Consulting, главный консультант по геомеханике;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ТулГУ»), в своем положительном отзыве, подписанном Анциферовым Сергеем Владимировичем - доктором технических наук, доцентом, и.о. заведующего кафедрой механики материалов и геотехнологий, и утвержденном доктором технических наук, профессором, проректором по научной работе Воротилиным Михаилом Сергеевичем, указала, что диссертация Неугомонова С.С. «Развитие научно-методических основ технологии обеспечения устойчивости подземных горных выработок с учетом воздействия статических и динамических нагрузок» является законченным научно-квалификационным трудом, самостоятельно выполненным автором. Научные результаты работы позволили решить значимую проблему обеспечения устойчивости подземных выработок в условиях высоких статических и динамических нагрузок с использованием анкеров фрикционного вида на основе развития научно-методических основ выбора и обоснования параметров крепи, учитывающих особенности совместного влияния и

взаимодействия элементов конструкции крепи с массивом горных пород, осуществляющих дифференцированное поглощение элементами крепи энергии деформации пород в приконтурных зонах выработки, что имеет важное значение для развития горнодобывающей отрасли России, а также изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, имеющие важное социально-экономическое и хозяйственное значение, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, что соответствует требованиям пунктов 9–14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а её автор – Неугомонов Сергей Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальностям 2.8.8. Геотехнология, горные машины, 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

Соискатель имеет 37 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ, опубликовано 17 статей; 2 патента.

Публикации автора в научно-технических журналах отражают результаты, на основании которых сформулированы защищаемые положения, в полной мере соответствуют основному содержанию диссертации, недостоверные сведения отсутствуют. Наиболее значимые результаты диссертации опубликованы в следующих работах, в изданиях, рекомендуемых ВАК России:

1. Разработка технологии механизированного крепления горных выработок методом «мокрого» набрызгбетонирования на подземных рудниках ОАО «Учалинский ГОК» / З.Р. Гибадуллин, В.Н. Калмыков, А.А. Зубков, С.С. Неугомонов, П.В. Волков, Е.И. Пушкарев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S27. С. 64-71.

2. Исследование напряженно-деформированного состояния массива горных пород глубоких горизонтов Кочкарского золоторудного месторождения / В.Н. Калмыков, Р.В. Кульсаитов, П.В. Волков, С.С. Неугомонов, Д.П. Самойленко // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. № S1-1. С. 86-94.

3. Перспективные способы крепления горных выработок на подземных рудниках / А.А. Зубков, В.В. Латкин, С.С. Неугомонов, П.В. Волков // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. № S1-1. С. 106-117.

4. Технологические особенности возведения усиленной комбинированной крепи на подземных рудниках / В.Н. Калмыков, В.В. Латкин, А.А. Зубков, С.С. Неугомонов, П.В. Волков // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № S4-2. С. 63-69.

5. Неугомонов, С.С. Крепление слабоустойчивых пород усиленной комбинированной крепью на основе фрикционных анкеров типа СЗА / С.С. Неугомонов, П.В. Волков, А.А. Жирнов // Горный журнал. 2018. № 2. С. 31-34.

6. Оценка рисков крепления поверхностей выработок фрикционной анкерной крепью / А.А. Зубков, В.Н. Калмыков, Р.В. Кульсаитов, И.М. Кутлубаев, С.С. Неугомонов, И.С. Туркин // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2022. Т. 20. № 3. С. 45-53.

7. Совершенствование технических решений при креплении горных выработок фрикционной анкерной крепью СЗА в сложных горно-геологических условиях / А.А. Зубков, С.С. Неугомонов, П.В. Волков, И.М. Кутлубаев // Горный журнал. 2022. № 1. С. 92-96.

8. Оценка устойчивости закрепленной выработки на основе численного моделирования методом конечно-дискретных элементов / Б.Т. Ильясов, Р.В. Кульсаитов, С.С. Неугомонов, Н.О. Солуянов // Горный журнал. 2023. № 1. С. 118-123.

9. Рыльникова, М.В. Выбор типа и обоснование конструкции анкерной крепи горных выработок при разработке глубокозалегающих месторождений калийных солей / М.В. Рыльникова, Е.М. Сахаров, С.С. Неугомонов // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2023. № 3. С. 279-292.

10. Способ и устройство определения несущей способности фрикционных анкеров / С.С. Неугомонов, А.А. Зубков, И.М. Кутлубаев, Р.В. Кульсаитов // Научно-технический и производственный журнал «Горная промышленность». 2023. №5. С. 83-87.

11. Обоснование схемы нагружения и методики расчета напряжений в стержне анкера с фрикционным закреплением / С.С. Неугомонов, А.А. Зубков, И.М. Кутлубаев, В.А. Самигулин // Горный журнал. 2024. № 1. С. 74-82.

В научных работах соискателя отражены: разработанные и обоснованные в диссертации технические решения и методики выбора параметров технологии обеспечения устойчивости подземных горных выработок; механизм взаимодействия анкерной и комбинированной крепи со сложноструктурным массивом вмещающих пород; методика выбора конструкции самозакрепляющейся анкерной крепи; закономерности деформирования самозакрепляющегося анкера при взаимодействии с породами в шпуре; зависимости изменения напряженно-деформированного состояния приконтурного массива от сорбционных свойств горных пород в период проведения выработки; методика выбора крепи с учетом закономерностей взаимодействия элементов крепи и массива горных пород; результаты апробации разработанных технологических решений на горнодобывающих предприятиях. Авторский вклад заключается в постановке целей и задач исследования, формулировании основной идеи для достижения цели, в проведении исследований и разработке комплекса организационно-технических решений по обеспечению устойчивости выработок в условиях высоких статических и динамических нагрузок при подземной разработке месторождений, в совершенствовании методов расчета параметров крепи, в обобщении результатов исследований, формулировании выводов и рекомендаций, в технико-экономическом обосновании и опытно-промышленной апробации технологических рекомендаций, в подготовке публикаций по теме диссертации в научно-технических журналах.

Общий объем наиболее значительных публикаций составляет 10,16 печатных листов, из них доля автора – 2,46 печатных листа. В публикациях соискателя в полном объеме отражены основные результаты диссертационной работы, выводы и рекомендации. Сведения об опубликованных работах достоверны.

На диссертацию и автореферат поступило 15 отзывов, все положительные, в ряде из которых имеются замечания:

1. **Лапин В.А.**, доцент, кандидат технических наук, директор НЧОУ ВО «Технический университет УГМК», г. Верхняя Пышма. Замечания: 1. Одна из задач исследований состоит в оценке нагрузочных характеристик, износостойкости и

ремонтпригодности элементов крепи горных выработок при этом в автореферате отсутствуют результаты данных исследований.

2. **Бабкин Е.А.**, начальник геотехнической службы, **Плаксин Д.А.**, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий специалист по моделированию и гидрогеологии геотехнической службы, ОсОО «Альянс Алтын», г. Бишкек. Замечаний нет.

3. **Шапошник Ю.Н.**, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, лаборатория подземной разработки рудных месторождений, **Конурин А.И.**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории физико-технических геотехнологий ФГБУН ИГД СО РАН, г. Новосибирск. Замечания: 1. Из текста автореферата неясно, исследовалось ли в диссертации влияние корродирующего воздействия шахтных вод и рудничной атмосферы на металлические элементы анкерных крепей, например, на норильских рудниках и Орловской шахте ТОО «Востокцветмет».

4. **Еременко В.А.**, доктор технических наук, профессор РАН, директор научно-исследовательского центра «Прикладная геомеханика и конвергентные горные технологии» Горного института НИТУ МИСИС, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технический университет МИСИС», г. Москва. Замечания: 1. Непонятно как в работе оценивалась динамическая нагрузка, которая подразумевает исследование энергопоглощающей способности крепи, ее элементов или в целом системы крепления выработок. Для решения таких задач необходим специальный стенд, а его нет. 2. На стр. 12 констатируется характерность наличия во вмещающем массиве выработок зон дезинтеграции. Как раз это не характерная картина, которая формируется в массиве в условиях действия горного давления. Как правило с глубиной от обнажения частота наведенной трещиноватости от действия горного давления закономерно уменьшается без регистрации зон дезинтеграции. 3. Большое количество ученых в СССР и России занимались схожими исследованиями, в т.ч. развитием научно-методических основ технологии обеспечения устойчивости подземных горных выработок, но в автореферате они не отмечены. 4. На рис. 3 приведены результаты моделирования, но в подрисуночной подписи и тексте реферата о программе ничего не сказано.

5. **Дик Ю.А.**, кандидат технических наук, начальник отдела горной науки, **Котенков А.В.**, кандидат технических наук, заместитель начальника отдела горной науки, АО «Уралмеханобр», г. Екатеринбург. Замечания: 1. В разделе Актуальность автором указаны режимы работы основных видов крепей как «жесткий податливый» и «ограниченно податливый». Не ясен термин «жесткий податливый». 2. По тексту автореферата автором неоднократно вводится характеристика места производства горных работ как «сложные горно-геологические условия». Очевидно, что это устоявшийся термин в сообществе специалистов-горняков, суть которого заключается в сложности поиска способа управления устойчивостью горного массива, что не отменяет потребности в добыче ресурсов. Хотелось бы более точного определения какие конкретно осложняющие факторы рассматриваются автором и подход к их ранжированию по степени влияния на выбор надёжного инженерного и технического решения при взаимодействии со средой.

6. **Семенова И.Э.**, руководитель отдела геомеханики, ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук, ФГБУН «ГоИ КНЦ РАН», г. Апатиты. Замечания: 1. При моделировании, в реализации двух типов закрепления: замковой части анкера и фрикционное по всей длине, указывается, что несущая способность увеличивается до 2,5 раз. Неясно, как это соотносится с максимальной несущей способностью металлического анкера, которая ограничивается пределом текучести материала.

7. **Яницкий Е.Б.**, кандидат географических наук, операционный директор, ООО «РТИ-Проект», г. Москва. Замечания: 1. Ключевым защищаемым научным положением является утверждение, что в сложноструктурном массиве горных пород с различающимися прочностными и деформационными характеристиками наиболее оправданным является применение самозакрепляющихся анкеров (СЗА). При этом из текста автореферата не ясно, выполнена ли оценка эффективности применения СЗА, например, на месторождениях различных по удароопасности, петрографическому строению, как влияет интенсивность трещиноватости и развитие крупных тектонических нарушений (разломов) и т.д. Установлена ли такая связь, в том числе на указанных объектах исследований (являются ли они различными по склонности к удароопасности, участки опытных испытаний характеризовались различными инженерно-геологическими условиями или

сходными). 2. В автореферате отмечается, что лабораторными исследованиями установлено значение водопоглощения пород на руде рудников Казахстана в пределах 1-2%. При этом влияние влажности рудничной атмосферы автор увязывает с процессом снижения прочности горных пород (разупрочнением) и на основе этого моделирует приконтурные зоны изменения прочностных характеристик. Вместе с тем, известно, что крепкие скальные породы характеризуются крайне низкой величиной водопоглощения (например, для интрузивных пород показатель составляет до 1%, метаморфических – до 0.9% (мрамор), до 0.35% (кварцит). Следует пояснить, почему зоны моделирования всегда одинаковы по своим линейным параметрам (200 мм слой, см. рис. 2), поскольку представляется логичным, что их мощность определяется физико-механическими свойствами пород, развитием трещиноватости, качеством проходки выработки, другими факторами и для различных участков выработки мощность зон разупрочнения должна быть различна, т.е. деформирование зоны должно происходить неравномерно. Кроме того, рекомендуется дополнительно подтвердить, что появление зон разупрочнения главным образом связано с водопоглощением (если речь идет именно о крепких скальных породах, без наличия в разрывных нарушениях глинистого заполнителя). Также следует дополнительно пояснить методику визуальных наблюдений за состоянием выработок в процессе опытно-промышленных испытаний, подтверждающих, по мнению автора, мощность выделенных слоев, поскольку они помимо всего прочего расположены не на поверхности стенки выработки, доступной для визуального наблюдения, а внутри массива горных пород. 3. Следует пояснить выполнялось ли моделирование влияния полимерной вставки в стержень анкера на эффективность работы всей системы (анкер+армокаркас+набрызг-бетон), поскольку в тексте автореферата приведена только аналитическая модель, показывающая повышение расчетной несущей способности стержня анкера за счет полимерной вставки, но имеющая расхождения с экспериментальными значениями 38%. Кроме того, рекомендуется указать величину (время) отставания набрызг-бетона после установки СЗА с армокаркасом.

8. **Бергер Р.В.**, кандидат технических наук, директор по производству, ООО "Еврохим-Волгакалий", г. Котельниково. Замечаний нет.

9. **Голик В.И.**, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела геологии, гидрогеологии и геоэкологии ГФИ – филиал ФГБУН ФНЦ «ВНЦ РАН» (ГФИ ВНЦ РАН), г. Владикавказ. Замечания: 1. В работе говорится о том, что «... параметры крепи ..., учитывающим особенности совместного влияния элементов конструкции крепи...» не ясно, что и на что совместно влияет.

10. **Георгиевский А.Ф.**, доктор геолого-минералогических наук, доцент, доцент кафедры недропользования и нефтегазового дела инженерной академии РУДН, **Есина Е.Н.**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры недропользования и нефтегазового дела инженерной академии РУДН, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», г. Москва. Замечания: 1. В тексте автореферата (стр. 3) встречается упоминание о «стенке» выработки, которое следует заменить на устоявшийся и утвержденный в терминологических словарях горного дела термин «борт» или «боковая поверхность выработки». 2. В автореферате (стр. 19) сказано, что для борьбы с динамическими проявлениями горного давления предпочтительным вариантом является применение податливой крепи, в частности, для этого подходит конструкция самозакрепляющихся анкеров (СЗА), усиленная армокаркасом, набрызгбетоном и армирующей сеткой, при этом к динамическим проявлениям горного давления следует отнести горные удары, стреляния и «шелушения». Из текста автореферата непонятно, чем аргументируется утверждение, что комбинированная крепь, представленная СЗА в сочетании с другими элементами крепи, способна эффективно противодействовать влиянию перечисленных динамических проявлений?

11. **Балек А.Е.**, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории геомеханики подземных сооружений, ФГБУН "Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук", г. Екатеринбург. Замечания: 1. Из автореферата не ясно на какие диапазоны действия статических и динамических сил, а также литологические разности трещиноватых породных массивов при разработке месторождений твердых полезных ископаемых рассчитаны предлагаемые научно-методические основы выбора и обоснования параметров анкерной крепи.

12. **Курчин Г.С.**, доктор технических наук по специальности 2.8.8. «Геотехнология, горные машины», доцент, доцент кафедры шахтного и подземного строительства, Институт цветных металлов, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск. Замечания: Не вполне понятно величина снижения производительности работ по креплению выработок при использовании усиливающей вставки в анкере?

13. **Сидоров А.И.**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности. **Кравчук Т.С.**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)», г. Челябинск. Замечания: 1. Следует разъяснить, какие именно параметры процессов обеспечения устойчивости выработок явились предметом исследования в диссертационной работе?

14. **Айнбиндер И.И.**, доктор технических наук, профессор, генеральный директор ООО "Геоэксперт", г. Москва. Замечания: 1. Не понятно, чем обоснованы размеры слоёв горных пород 200 мм в контурах выработки на рис.2 автореферата. 2. Не ясно, влияет ли тип антикоррозионного покрытия на несущую способность анкера? 3. В задачах исследований предусмотрена оценка нагрузочных характеристик, износостойкости и ремонтпригодности крепи. Решение данных задач не отражены в автореферате.

15. **Дмитрак Ю.В.**, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом №3 "Моделирования и управления горнотехническими системами", ФГБУН ИПКОН РАН, г. Москва. Замечания: 1. В методах исследований говорится о экспериментальных и натурных исследованиях, далее по тексту также упоминаются промышленные эксперименты. Объясните в чем разница данных методов? 2. На стр.24 автореферата указано о замерах диаметров анкера после извлечения из шпура в перпендикулярных направлениях. Не ясно какие это направления и относительно чего перпендикулярны.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их значительным научно-практическим опытом, высокой квалификацией, известностью научными и практическими достижениями в своей профессиональной области, активной научной позицией, наличием работ, касающихся темы диссертации, опубликованных в

рецензируемых научных журналах. Научные труды оппонентов и ведущей организации касаются вопросов в области: обоснования способов управления состоянием массивов, закономерностей формирования напряженно-деформированного состояния массива горных пород в естественных условиях и его изменения во времени, изучения геомеханических процессов, разработки способов управления состоянием массивов горных пород с целью обеспечения устойчивости горных выработок, геомеханического обеспечения подземной добычи полезных ископаемых, разработки методов управления горным давлением, удароопасностью, креплением, сдвижением горных пород, устойчивостью подземных выработок.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана научная концепция обеспечения устойчивости подземных выработок в условиях совместного действия высоких статических и динамических нагрузок, сущность которой заключается в развитии научно-методических основ выбора и обоснования параметров крепи с использованием фрикционных анкеров, учитывающая особенности совместного влияния и взаимодействия элементов конструкции крепи с массивом горных пород, обеспечивающих при этом дифференцированное поглощение элементами крепи энергии деформации пород в приконтурных зонах выработки;

предложены новые технологические решения, позволяющие сохранить устойчивость выработок под воздействием статических и динамических нагрузок путем реализации комплекса мер, включающих оценку и контроль состояния приконтурного массива и его взаимодействия с элементами крепи в соответствии с установленными особенностями их нагружения и деформирования во времени и пространстве, с учетом выявленных закономерностей взаимодействия фрикционного анкера с породными стенками шпура, обеспечивающее приращение несущей способности самозакрепляющихся анкеров (СЗА) путем увеличения площади контакта анкер-породы в шпуре, при этом функционирование СЗА при воздействии динамических нагрузок обеспечивается совместной деформацией анкера с массивом за счет относительного удлинения стержня анкера и перераспределения несущей способности по всей его длине с увеличением силы трения по периметру шпура с сохранением исходной прочности массива;

принципиально новая конструкция, имеющая зону усиленного фрикционного взаимодействия, позволяющая реализовать комбинацию двух типов закрепления: создание замковой части анкера и фрикционное закрепление по всей длине, что в породах с крепостью f от 3 по шкале проф. Протодяконова позволяет увеличить несущую способность СЗА до 2,5 раз, посредством увеличения площади сопряжения по контакту стержень-контур шпура при введении в полость стержня вставки длиной 200–300 мм из материала с модулем деформации ниже стали, например дерево, пластик, дерево-полимер, витая пружина и т.п., при этом стальной стержень за местом установки вставки имеет участок с некруглым сечением профиля; методический подход к обоснованию, проверке и корректировке параметров расположения и типоразмеров крепи путем оперативного контроля несущей способности СЗА в процессе их возведения;

доказана необходимость и возможность развития научно-методических основ технологии обеспечения устойчивости горных выработок с применением крепей на основе анкеров с фрикционным видом закрепления, с учетом воздействия статических и динамических нагрузок, для повышения эффективности и надежности эксплуатации горных выработок при подземной разработке месторождений, что достигается различным сочетанием элементов крепи: «анкер – подхваты – набрызгбетон» в зависимости от действующих нагрузок, учитывая способ и период их возведения, а также условиями взаимодействия анкера с породами при обеспечении устойчивости выработок, в том числе за счет податливого режима работы СЗА при динамических смещениях контура выработки;

введены новые понятия обеспечения устойчивости и комбинированной конструкции фрикционного анкера, связанные с совокупностью процессов технологии крепления и введения дополнительных элементов в стержень фрикционного анкера, соответственно, на основании выявленных условий совместного деформирования с вмещающими породами в шпуре, заключающихся в проявлении внутренних реакций стержня анкера и вставок, с отличающимися деформационными характеристиками, на процессы нагружения и восприятия данных нагрузок с учетом свойств материалов крепи и конструктивного исполнения.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения, развивающие научно-методические основы технологии обеспечения устойчивости подземных горных выработок с учетом воздействия статических и динамических нагрузок, обоснованные установленными закономерностями взаимного влияния состояния массива вокруг выработки и элементов ее крепи, определяющие необходимость и рациональные параметры тех или иных технологических и конструктивных решений, так, например, в случае создания искусственного несущего свода путем «сшивки» массива пород анкерами, расстояние между ними оказывает более значимое влияние на устойчивость массива пород, чем длина анкера. Оптимальная длина анкеров определяется размером зоны неупругих деформаций и составляет по результатам исследований до 2 м;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс методов для проведения исследований, включающий: научное обобщение отечественного и зарубежного опыта проведения и крепления горных выработок; корректную постановку задач исследований; математическое и компьютерное моделирование, определяющее напряженно-деформированное состояние массива горных пород во взаимодействии с элементами крепи; лабораторные испытания свойств и условий взаимодействия фрикционного анкера с породами; опытно-промышленную апробацию; натурные и лабораторные исследования физико-механических свойств пород и состояния приконтурного массива пород; системный технико-экономический анализ;

изложены научно-методические положения технологии обеспечения устойчивости подземных горных выработок путем создания комбинированных конструкций крепи с применением фрикционных анкеров и определения области их безопасного и рационального применения. Методические основы опираются на установленные автором закономерности совместного деформирования системы горная крепь – массив пород, которые определяют необходимость использования и рациональные параметры тех или иных конструктивных элементов комбинированной крепи. Результаты диссертации инициируют импульс дальнейшего развития исследований в части изучения механизмов взаимодействия крепи и связанных с этим прикладных решений в технологии обеспечения устойчивости подземных горных выработок;

раскрыт механизм условий взаимодействия анкера в сложноструктурном массиве пород с различающимися прочностными и деформационными

характеристиками. При этом, в результате распределения нагрузки и энергии деформирования массива пород по всей длине стержня анкера, сразу после его установки обеспечивается несущая способность не менее 50 кН, которая может увеличиваться по мере эксплуатации до 70–90 кН за счет воздействия сил горизонтального зажима, что отражено в математической модели расчета несущей способности СЗА;

изучена закономерность изменения напряженно-деформированного состояния приконтурного массива в зависимости от сорбционных свойств горных пород в период проведения выработки, заключающаяся в потере прочностных характеристик и устойчивости в определенный период времени после контакта вскрытого участка массива с рудничной атмосферой, а также закономерность работы элементов комбинированной конструкции при возведении и эксплуатации крепи с использованием СЗА, исходя из напряженно-деформированного состояния массива горных пород, с учетом особенностей взаимодействия элементов крепи по длине анкера с разнопрочным и разномодульным массивом в ходе нагружения и деформирования;

проведена модернизация и усовершенствована методика выбора конструкции самозакрепляющейся анкерной крепи, а также математическая модель расчета несущей способности и выбора параметров крепи на основании выявленных закономерностей деформирования фрикционного анкера при взаимодействии с породами в шпуре, заключающихся в проявлении внутренних реакций стержня анкера и усиливающих вставок на деформирование участков массива с учетом свойств материалов крепи.

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

разработаны и внедрены безопасные и эффективные технологии крепления горных выработок путем интеграции преимуществ известных методов и способов обеспечения устойчивости горных выработок в условиях совместного действия статических и динамических нагрузок с учетом закономерностей изменения напряженного состояния массива пород и деформационных характеристик элементов фрикционной анкерной и комбинированной крепи. Разработанные технико-технологические решения внедрены на шахтах Артемьевская и Орловская ТОО «Востокцветмет», «ШДНК» и «Молодежная» АО «ТНК «Казхром» и учтены в

качестве требований и рекомендаций в Инструкции по креплению выработок на рудниках УГМК-Холдинг;

определены технические требования к изготовлению и использованию анкеров с фрикционным видом закрепления, отраженные в межгосударственной и национальной системе стандартизации в виде общих технических условий и методов сертификационных испытаний;

создана система обоснования, проверки и корректировки параметров расположения и типоразмеров крепи, заключающаяся в оперативном контроле несущей способности СЗА в процессе их возведения, что также повышает надежность и ремонтпригодность крепи в период обеспечения устойчивости горной выработки в заданные сроки её эксплуатации, а также снижает трудоемкость и материалоемкость процессов крепления и перекрепления горных выработок;

представлены методические рекомендации порядка выбора элементов конструкции крепи с использованием фрикционных анкеров типа СЗА для целей обеспечения безопасности эксплуатации подземных горных выработок в сложных условиях отработки месторождений. Результаты исследований и их экономическая эффективность подтверждается широкомасштабным внедрением и успешным применением на крупных рудниках РФ и Казахстана, в проектных и исследовательских организациях при разработке технологических регламентов по проходке и креплению горных выработок при подземной разработке месторождений, а также руководств по управлению состоянием кровли горных выработок.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ получены результаты с использованием достоверных исходных данных, апробированных методов лабораторных исследований, аналитических расчетов и сертифицированного оборудования, а также показана воспроизводимость результатов экспериментальных исследований в различных условиях эксплуатации месторождений;

теория построена на известных, проверяемых данных для анализа и расчета параметров устойчивости горных выработок, корректностью постановки задач исследований и согласуется с опубликованными теоретическими и практическими исследованиями других авторов;

идея базируется на результатах анализа и обобщения отечественного и зарубежного опыта по обоснованию и выбору параметров технологии управления состоянием массива при подземной разработке месторождений твердых полезных ископаемых;

использовано сравнение авторских данных с практикой работы горно-перерабатывающих предприятий, ведущих разработку месторождений подземным способом, а также с результатами исследований других авторов;

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых литературных источниках по данной тематике;

использованы методики моделирования и практических экспериментов в лабораторных, полупромышленных и промышленных условиях с использованием инструментальных замеров и оценок на основе расчётно-графических программных комплексов.

Личный вклад соискателя состоит в: постановке цели и задач исследования; проведении теоретического анализа и значительного количества лабораторных, экспериментальных исследований, а также использовании современных компьютерных инструментов математического программного моделирования. Проведен комплекс исследований характеристик фрикционной анкерной крепи и её элементов, а также условий их применения. Разработана оригинальная авторская методика анализа условий взаимодействия стержня анкера с породами. Проведены исследования изменения прочностных свойств трещиноватых пород при взаимодействии с рудничной атмосферой в подземных горных выработках; обработке, апробации результатов научной работы, анализе и обобщении полученных данных; подготовке к изданию публикаций. Все результаты, приведенные в диссертации, получены лично автором и при его непосредственном участии.

В ходе заседания диссертационного совета были озвучены следующие критические замечания:

Как вы определяете длину анкера при обосновании его параметров? На листе 10 представлена модификация диаграммы Изаксона? На основании каких положений Вами рекомендуются те или иные решения для обеспечения устойчивости пластичных и менее прочных массивов пород, Вы предлагаете

устанавливать крепь с зазором 15-20 см и тем самым обеспечивать условия реализации пластических деформаций? Объясните функциональное назначение опорной плиты на фрикционном анкере, в котором закрепление осуществляется по всей длине стержня. Согласно выявленным закономерностям Вы утверждаете, что через 48 часов прекращается разрушение пород, а если имеются водообильные притоки? Учитывает ли разработанная методика влияние тектонической составляющей, а также изменения нагрузки в результате смены местоположения анкера? Что подразумевается под дифференцированным поглощением энергии, указанном в идее работы? Как количественно проводилась оценка величины поглощенной энергии и какие получены значения данной величины? В одном из пунктов новизны говорится о демпфирующей вставке, поясните, как может обеспечиваться вставкой увеличение жесткости крепи? В защищаемом положении 5 указано, что несущая способность анкера повышается при удлинении стержня, как при этом учитывалась демпфирующая способность? В методах исследований, на слайде 9, говорится о сочетании лабораторных, экспериментальных и натурных шахтных исследованиях. Поясните, в чем разница и в чем отличие экспериментальных от натурных исследований? Известно, что фрикционные анкеры могут воспринять нагрузку до 5 кДж, а сколько может воспринять ваш анкер СЗА. Скажите, какие нагрузки вы считаете высокими, какие статическими и какие динамическими, укажите численные значения этих нагрузок? Чем определяется несущая способность анкера, как при этом учитывается нагрузочная способность? В разработанной математической модели говорится о равенстве нулю нагрузок, на основании чего сделали данный вывод и чем обосновано, что длина стержня 1 м является представительной для оценки. В формуле на слайде 39 не совпадает размерность в формулах 9 и 12. В работе указываются несколько методик – эти методики подразумевают последовательность действий либо вы их усовершенствовали, чем подтверждалась достоверность результатов и выводов, и использовались ли статистические методы оценки? Не указано, для каких горных пород и каких условий влажности определялось время разупрочнения и насыщения пород - 48 часов. Вами говорится, что устойчивость массива горных пород определяется оперативной оценкой и корректировкой параметров крепи, что значит понятие «оперативная» и для каких оценок оно предусмотрено? В чем заключается

развитие методических основ обеспечения устойчивости? На каких глубинах были проведены исследования. В условиях разработки на больших глубинах горизонтальные тектонические напряжения определяют устойчивость выработок, в данных условиях также рейтинговые классификации не корректно работают, не так ли? Деформации свода прогнозируются по другим принципам, насколько правомерно использование Q-индекса? В заключении говорится о повышении эффективности и надежности эксплуатации горных выработок. Какими показателями это характеризуется? В 4-м защищаемом положении говорится о повышении несущей способности в 2,5 раза. В каких случаях это целесообразно использовать? Какими методами конечно-элементного моделирования определялась устойчивость пород и рассчитывался массив горных пород, закрепленный крепью? Какие характеристики определяют сложноструктурный массив? На основании чего делается вывод о наличии зон дезинтеграции вокруг выработок и как удалось их оценить количественно и каким образом это учитывалось при моделировании? Поясните, как может крепь рассеивать энергию. Вы утверждаете, что с использованием анкерной крепи существует возможность бороться с горными ударами, способны ли Ваши конструкции крепи выдержать тектонические горные удары? В условиях высоких тектонических горизонтальных напряжений, схемы, приведенные на 10 слайде, будут отличаться своим характером. Насколько правомерно использование данных схем в Вашей работе? Необходимо пояснить: о каких силах – сцепления или трения при фрикционном взаимодействии; о каком соотношении горизонтальных и вертикальных нагрузок на различных глубинах и о каких закономерностях изменения напряжений идет речь?

Сформулированные замечания не снижают научной и практической значимости выполненных исследований и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы. Они подтверждают важность и многогранность поднятой проблемы обеспечения устойчивости подземных горных выработок в сложных горно-геологических условиях.

Соискатель, Неугомонов Сергей Сергеевич ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

Длина анкера определялась с использованием классических методов по теории свода, расчётные схемы представлены на слайде 11. Указанные схемы

предусматривают два варианта: так называемую «схему подвешивания» и «схему сшивки». Указанные схемы отражены в «Руководстве по проектированию подземных горных выработок...» под редакцией ВНИМИ. Далее расчетные параметры уточняются путем нагружения анкера и определения его фактической несущей способности. На указанном графике показаны изменения нагрузок и деформаций для различных условий. В частности, линия 3 как раз является объектом исследований, где согласно указанному графику необходимо использовать металлические податливые крепи. Традиционные способы крепления допускают указанный зазор, однако необходимо обеспечивать полную затяжку обнажаемых поверхностей массива пород, так как это предотвращает последующие опасные явления роста нагрузок. По данному вопросу сформулировано одно из защищаемых положений, где доказывается, что работает система элементов крепи. Опорная плита выполняет функцию перераспределения нагрузок и поглощения деформаций, в том числе от частей массива пород вокруг анкера, вне зоны пирамиды вывала. Указанные условия являются частными случаями и конкретно в работе не рассматривались. При обильных водопритоках происходит вымывание и соответственно для укрепления должны предусматриваться специальные способы обеспечения устойчивости. Нами изучалось только поглощение влаги из рудничной атмосферы. В диссертационной работе мы пытались ответить на данный вопрос, но учитывая сложность распространения и значительную величину тектонических напряжений, мы в качестве выражения энергии приняли параметр величины деформации, т.е. смещений; применение данного показателя позволяет провести качественную оценку и учесть различные условия обеспечения устойчивости горных выработок. Под дифференцированным поглощением понимается восприятие нагрузок каждым элементом крепи: армокаркас поддерживает часть пород в межанкерном пространстве и передает часть нагрузок через опорную плиту на стержень анкера, при таком взаимодействии происходит соответствующая компенсация деформаций и собственно тем самым обеспечивается поддержание пород. В проведенных нами исследованиях численные значения энергии установить не удалось. Были задействованы известные величины, указанные Бартоном, а также значения динамических нагрузок энергии тектонических сил, выраженные в Дж (килоджоулях), которые отражены в соответствующей нормативной документации,

в том числе приведены в шкале баллов землетрясений MSK. Полностью согласны с замечанием, термин «демпфирующая вставка» используется не совсем корректно в данном случае. Исследование данного вопроса не входило в задачи исследований, а было выявлено и отражено как результат изучения схемы взаимодействия анкера с породами. Более детальное изучение демпфирующей способности будет являться объектом последующих исследований и развития предложенных идей настоящей работы. Под лабораторными понимаются комплекс исследований, проведенный в лаборатории на макетах, экспериментальные – на приближенных к реальным условиям на породных блоках из мрамора и гранита, соответственно, натурные шахтные исследования – проведенные непосредственно в подземных горных выработках. Такое разделение было связано с тем, что условия проведения исследований абсолютно различны и характеризуются разной величиной масштабного коэффициента. Результаты, полученные на каждом этапе, далее уточнялись в более приближенных к реальным натурным условиям. Пересчет нагрузки, выраженный в величине энергии (Джоулях) не производился, поэтому в данный момент я затрудняюсь озвучить конкретное численное значение данного параметра. Мы учитывали только величину смещений, которая соответственно при динамических нагрузках может достигать до 20-30 мм, а при статических до 300 мм. Повышенные статические нагрузки – это нагрузки от напряжений, близких к пределу прочности породы, а динамические – это нагрузки от взрывных работ и динамических проявлений горного давления, горных ударов. Соответственно если, например, предельная нагрузка до 10 т, то статические это примерно до указанной величины, а динамические – это те же значения нагрузки, только действующие в течение нескольких секунд. Несущая способность обеспечивается свойствами материала анкера, его геометрическими параметрами условиями взаимодействия, т.е. фрикционными особенностями. Безусловно, она зависит от нагрузочной способности и согласно стандарту, определяется как минимальная величина нагрузочной способности элементов, входящих в конструкцию крепи. Нагрузки приравнены друг другу, так как являются компенсирующими, поэтому делается допущение, что при взаимодействии они равны нулю. Для упрощения расчетов речь идет о приведенной длине анкера. С замечанием согласен, допущена техническая опечатка. В работе говорится о двух разных методиках: одна методика,

позволяющая осуществить выбор параметров и конструкции крепи; вторая – методика расчета усовершенствованной конструкции анкера СЗА с разработанными математическими выражениями по определению несущей способности. Достоверность и сходимость результатов, полученных разными методиками, определялась с использованием известных приёмов математической статистики. Также достоверность подтверждается воспроизводимостью результатов в ходе опытно-промышленных экспериментов, при этом сведения, полученные при лабораторных исследованиях подтверждались опытными и далее уже в реальных условиях эксплуатации подземных горных выработок. Указанные временные диапазоны получены для условий влажности 95-100%, которая в большинстве случаев характерна для подземных горных выработок. Исследовались породы, содержащие такие минералы как хлориты, серициты, тальк, кремний и т.п., наиболее характерные для месторождений цветных металлов. Оперативная оценка является элементом новизны, методика позволяет сначала оценить состояние устойчивости пород, на основании которой осуществляется выбор конструкции крепи и параметры, а далее в результате оперативной оценки фактической несущей способности установленных анкеров обеспечивается подтверждение выбранных параметров или осуществляется их корректировка. Указанные методики обуславливают порядок выбора и обоснования параметров технологии обеспечения устойчивости выработок и отражают результат всего комплекса проведенных исследований для условий применения комбинированной крепи на основе фрикционных анкеров при совместном действии статических и динамических нагрузок. Исследования, в том числе моделирование, проводились для различных условий отработки различных месторождений и фактически глубины были от 500 до 1100 м. В ходе экспериментальных замеров напряжений и моделирования геомеханических процессов подтверждается факт влияния горизонтальных полей напряжений. В работе были применены различные рейтинговые методы оценки и классификации устойчивости пород, я бы наверно рекомендовал для указанных условий более предпочтительной методику Булычева. Повышение эффективности заключается в интенсификации горнопроходческих работ, конкретные показатели в нашем случае заключались в обеспечении устойчивости, экономические показатели и надежность были отражены в диссертации Зубкова Антона Анатольевича.

Применение усиливающей вставки, которая обеспечивает приращение несущей способности, целесообразно в мягких породах разнопрочных массивов, в которых существующего фрикционного взаимодействия стержня анкера будет недостаточно для обеспечения необходимой несущей способности. С использованием программных комплексов RockScience и ProRos, в которых заложен инструмент оценки состояния массива пород вокруг подземных выработок, закрепленных различными видами крепей. Согласен с вопросом, мы не единожды задумывались какой термин в данном случае применить, ведь по факту у нас практически всегда массив пород является сложноструктурным. В данном случае мы подразумеваем нарушенный, трещиноватый неоднородный массив пород, представленный различным составом с различным типом и прочностью пород. О наличии зон дезинтеграции пород вокруг выработок имеется большое количество исследований, мы пользовались уже известными результатами и уточняли их в процессе своих исследований. Так, например, на 10 слайде и далее в расчетной схеме при моделировании ослабленных слоев приконтурного массива пород представлен характер и параметры данных зон дезинтеграции. Согласен с замечанием. Конечно, речь идет о частичном поглощении и перераспределении нагрузок, об этом мы говорили ранее. Полученные результаты изучения грузонесущих характеристик фрикционной анкерной крепи и её элементов при комбинированном креплении дают нам основание утверждать, что применение СЗА и комбинированных конструкций на их основе позволит бороться с горными ударами. Однозначно дать утвердительный ответ будет возможно после проведения соответствующих экспериментов. Ответ на указанное замечание аналогичен ранее озвученному: наличие зон дезинтеграции подтверждается результатами наших исследований и согласуются с результатами ранних исследований других авторов. Мы предполагаем, что фрикционное взаимодействие определяется и соответственно будет зависеть от коэффициента трения по поверхности контакта стержень анкера – порода. В ходе проводимых нами исследований подтверждается факт того, что с глубиной в контурах подземных горных выработок преобладают горизонтальные напряжения. В работе говорится о закономерностях изменения прочности и соответственно потери устойчивости массива от насыщения влагой в определенные промежутки времени воздействия.

На заседании 28 ноября 2024 года диссертационный совет принял решение за разработку теоретических положений по обеспечению устойчивости подземных выработок в условиях высоких статических и динамических нагрузок с использованием анкеров фрикционного вида на основе развития научно-методических основ выбора и обоснования параметров крепи, учитывающих особенности совместного влияния и взаимодействия элементов конструкции крепи с массивом горных пород, осуществляющих дифференцированное поглощение элементами крепи энергии деформации пород в приконтурных зонах выработки, совокупность которых можно квалифицировать как новые научно обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие горной отрасли страны, присудить Неугомонову Сергею Сергеевичу ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из 24 человек, входящих в состав совета (4 человека дополнительно введены по специальности 2.8.6.), из них 10 докторов наук по специальности 2.8.8. Геотехнология, горные машины и 5 докторов наук по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика, проголосовали: за присуждение ученой степени - 18, против присуждения ученой степени - нет.

Председатель
диссертационного совета



Гавришев Сергей Евгеньевич

Ученый секретарь
диссертационного совета

Корнилов Сергей Николаевич

28.11.2024 г