



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки
ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА
Уральского отделения Российской академии наук
(ИГД УрО РАН)

Мамина-Сибиряка ул., д. 58, Екатеринбург, 620075
тел. (343)350-21-86, факс (343)350-21-11
e-mail: direct@igduran.ru, http://igduran.ru
ОКПО 00190466, ОГРН 1026604961349,
ИНН/ КПП 6660004669/667001001

УТВЕРЖДАЮ:



Директор ИГД УрО РАН
Д.т.н.
И.В. Соколов

«05» сентября 2022г.

05.09.2022 № 16359/02-569
На № _____ от _____

Отзыв ведущей организации на
диссертацию А.А.Зубкова

ОТЗЫВ

Ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук» (ФГБУН ИГД УрО РАН) на диссертационную работу Зубкова Антона Анатольевича на тему: «Интенсификация горных работ и снижение рисков эксплуатации рудного месторождения системами разработки с твердеющей закладкой при переходе к новому технологическому укладу», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая и строительная).

В Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Уральского отделения наук Российской академии наук на экспертную оценку была представлена диссертация, изложенная на 360 страницах машинописного текста, включающая 99 рисунков и 55 таблиц, список литературы из 221 наименования, состоящая из введения, шести глав, заключения, а также автореферат диссертации. По результатам обсуждения материалов диссертации на расширенном научном семинаре лаборатории подземной геотехнологии и аналитической группы (протокол № 5 от «01» сентября 2022 г.) принято следующее заключение.

1. Актуальность работы. Диссертация Зубкова Антона Анатольевича посвящена актуальной проблеме обоснования условий перехода подземного рудника к новому технологическому укладу в сложных горно-геологических, геомеханических и горнотехнических условиях с обеспечением интенсификации горных работ для повышения эффективности и снижения рисков функционирования горнотехнических систем.

Повышение экономической эффективности и обеспечение условий безопасного освоения месторождений потребовало обоснования новых принципов проектирования горнотехнических систем освоения запасов мощных месторождений на основе внедрения инновационных геотехнологий. Главным условием перехода к

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И.Носова»	
за №	
Дата регистрации	<u>06.09.2022</u>
Фамилия регистратора	

новому технологическому укладу является разработка и внедрение новых технологических решений, ранее не характерных для традиционных геотехнологических процессов, либо рассмотрение известных процессов в новом качестве с учетом изменения принципов реализации и организации контроля параметров горнотехнических систем с оценкой рисков их эксплуатации. Проблема интенсификации горных работ и снижения рисков эксплуатации подземного рудника при освоении месторождений на больших глубинах при наличии напорных вод, газоносности массива горных пород указывает на актуальность темы диссертационной работы и ее значимость для науки и практики функционирования горнорудной промышленности.

2. Общая характеристика работы. Диссертационное исследование посвящено интенсификации горных работ и снижению рисков эксплуатации рудного месторождения системами разработки с твердеющей закладкой при переходе к новому технологическому укладу. Идея работы заключается в снижении рисков эксплуатации рудного месторождения системами разработки с твердеющей закладкой на основе выявления сдерживающих интенсификацию горных работ факторов и устранения их влияния на функционирование подземного рудника путем совершенствования и синхронизации продолжительности основных и вспомогательных геотехнологических процессов, определения рационального направления отработки месторождения.

Поставленная в работе цель достигнута на основе: анализа изменения условий развития подземных работ на мощных подземных рудниках при осложнении горно-геологических, гидрологических характеристик рудных залежей и геомеханических условий освоения вовлекаемых в эксплуатацию глубоких горизонтов рудных месторождений, исследования условий и факторов интенсификации горных работ при камерных системах разработки с закладкой выработанного пространства. В диссертации усовершенствованы конструкции и разработаны методы расчета анкерной и комбинированной крепи горных выработок, выполнена оценка технологических характеристик, несущей способности различных вариантов крепей и скорости набора их несущей способности для обеспечения интенсификации горных работ. Разработан алгоритм выбора и оценки параметров крепи. Исследовано влияние технологии закладочных работ, состава закладочной смеси, способов ее приготовления и подачи в выработанное пространство, способов изучения закономерностей формирования закладочных массивов и их влияния на интенсивность горных работ. Разработаны технологические рекомендации по повышению интенсивности горных работ и становлению нового технологического уклада на крупных отечественных подземных рудниках, выполнена оценка их экономической эффективности и рисков при реализации. Автором поставлен и решен комплекс актуальных взаимосвязанных задач, что свидетельствует о завершенности представленной к защите диссертации.

В первой главе обобщен опыт внедрения нового технологического уклада на крупных подземных рудниках и перспективы роста объемов производства и снижения рисков ведения горных работ, выполнен анализ изменений условий развития подземных работ на мощных рудниках, проанализированы инновационные решения и определены перспективы совершенствования систем подземной разработки с закладкой выработанного пространства. Определены цель, задачи и методы исследований.

Во второй главе систематизированы научно-методические основы совершенствования технологического уклада подземного рудника. Исследовано влияние технологии проходки, способа и параметров крепления горных выработок на интенсивность подземной добычи руды. Систематизированы факторы, определяющие интенсивность развития горных работ при системах разработки с закладкой выработанного пространства.

В третьей главе выполнено исследование условий и факторов интенсификации горных работ при системах разработки с твердеющей закладкой выработанного пространства. Установлены возможности интенсификации горных работ при различных вариантах систем разработки с закладкой, исследовано влияние конструкции систем разработки, видов и параметров крепи на интенсивность очистных работ. Выполнена оценка интенсивности и рисков проектирования и эксплуатации подземных рудников с закладкой выработанного пространства при становлении нового технологического уклада.

В четвертой главе на основании выполненных исследований представлены результаты опытно-промышленных испытаний технологии возведения, набора несущей способности и ремонтпригодности анкерной крепи. Усовершенствованы способы изготовления и подготовки крепи к установке при проходке горных выработок, исследована коррозионная стойкость и ремонтпригодность крепи с учетом типа внешнего покрытия, включающую инновационные, запатентованные автором диссертации варианты. Обоснованы параметры системы мониторинга качества возведения, несущей способности, ремонтпригодности и восстановления крепи после ремонта.

В пятой главе выполнена оценка интенсивности и рисков проектирования и эксплуатации подземных рудников с закладкой выработанного пространства при становлении нового технологического уклада. В шестой главе представлена оценка экономической эффективности разработанных технологических решений и рисков при их внедрении. Сформулированные по результатам исследований выводы и рекомендации научно обоснованы и ясно изложены, обладают значимой научной и практической ценностью. Представленная на рассмотрение диссертация характеризуется единой логикой, непротиворечивостью полученных данных.

3. Новизна исследований полученных результатов, выводов и рекомендаций. Автором получен ряд новых научных знаний, имеющих важное теоретическое и прикладное значение. Наиболее существенными из них являются:

1. Переход горнотехнической системы с применением твердеющей закладки к новому технологическому укладу базируется на гармоничном совершенствовании основных и вспомогательных геотехнологических процессов, сдерживающих рост интенсивности горных работ: проходка и крепление горных выработок, формирование изолирующих перемычек, несущих потолочин, заполнение выработанного пространства твердеющей смесью, а также обеспечивается определением рационального направления развития горных работ.

В диссертации доказано, что интенсификация горных работ и снижение рисков эксплуатации рудного месторождения в сложных горно-геологических, геомеханических и горнотехнических условиях системами разработки с твердеющей закладкой возможна только на основе перехода подземного рудника к новому технологическому укладу, предусматривающему гармоничное и синхронное развитие

основных и вспомогательных геотехнологических процессов в первую очередь тех, которые сдерживают рост интенсивности горных работ.

2. *Переход с нисходящего на восходящее направление выемки запасов месторождения в усовершенствованном варианте камерной системы разработки с твердеющей закладкой позволяет сократить продолжительность отработки блока не менее чем в два раза; при этом снижение требований к нормативной прочности закладочной смеси обеспечивает экономию затрат на формирование закладочного массива на 25–50%.*

Установлено, что переход в усовершенствованном варианте камерной системы разработки с твердеющей закладкой с нисходящего на восходящее направление выемки запасов месторождения позволяет сократить продолжительность отработки блока не менее чем в два раза. При этом доказано, что снижение требований к нормативной прочности закладочной смеси обеспечивает экономию затрат на формирование закладочного массива на 25–50%.

3. *Реализация технологий проведения и крепления горных выработок с применением усовершенствованных конструкций самозакрепляющихся анкеров (СЗА) и решений по формированию комбинированной усиленной крепи на основе армокаркаса, металлической сетки, СЗА и торкрет-бетона позволяет сократить сроки проходки подготовитель-но-нарезных выработок на 33–40% в породах III и IV категорий устойчивости и на 30% в породах V категории устойчивости.*

Установлено, что применение усовершенствованных конструкций фрикционного анкера совместно с армокаркасом позволяет отказаться от опыта укрепления поверхностей с использованием металлической сетки. Эффективным подходом является также укрепление вмещающего массива тампонажем. Разработана методика расчета несущей способности и параметров самозакрепляющейся анкерной крепи различной модификации в сочетании с усиливающими элементами в специфических горно-геологических, геомеханических и горнотехнических условиях, отличающаяся учетом способа и характера закрепления анкера в замке и силового воздействия дополнительных несущих элементов.

4. *Реализация предложенной технологии крепления очистных за-ходов рамами СВП-22 взамен СВП-27 при длине уходки забоя 1 м и усовершенствовании схемы организации работ с переносом всех подготовительных операций на поверхность шахты обеспечивает увеличение скорости проходки очистных выработок с 90 до 120 м в месяц при сокращении ее стоимости на 25–30%.*

В результате проведенных испытаний элементов анкерной крепи СЗА установлено, что разрушение целостности элементов опорного узла с развальцовкой и без развальцовки происходит в диапазоне разрывных усилий от 106 до 120 кН. Величины разрывных усилий образцов с развальцовкой превышают значения разрывных усилий образцов без развальцовки в среднем на 25–30%.

5. *Внедрение предложенного безопалубочного способа возведения изолирующей перемычки с использованием ускорителей схватывания твердеющей смеси и формирование несущего слоя закладочного массива в основании камеры на высоту не менее высоты перемычки, при отказе от цикличности процесса, способствует сокращению более чем вдвое срока формирования несущего слоя и исключает его слоистость.*

Доказано, что формирование изолирующих перемычек безопалубочным методом с отказом от цикличности процесса формирования закладочного массива позволяет возводить несущий слой закладочного массива на всю высоту, исключая

его слоистость и обеспечивая увеличение скорости подготовки камеры к закладке более чем в два раза. Для создания квазиизотропного неслоистого закладочного массива была разработана новая конструкция применяемой системы разработки с целью снижения объемов и трудоемкости подготовительных работ: предложена конструкция изолирующей перемычки, возводимой с минимальной трудоемкостью и обеспечивающей непрерывную подачу закладочной смеси для создания квазиизотропного закладочного массива.

б. Повышение интенсивности и снижение рисков ведения горных работ обеспечиваются выбором схемы их развития на выемочном участке и в выемочных единицах с максимальным совмещением технологических процессов в смежных камерах и достижением сбалансированности продолжительности процессов извлечения и воспроизводства запасов при синхронизации интенсивности смежных процессов и сокращении межпроцессных пауз.

Выполненный анализ опасностей и оценка уровня риска возникновения и развития аварий на объектах ведения подземных горных работ на медно-колчеданных месторождениях Урала, идентификация опасностей по объектам исследований, сгруппированных по типу гипотетически возможных аварий, связанных с видом применяемых крепей и условиями ведения закладочных работ, показали, что внедрение комплекса предлагаемых инновационных технологических решений позволяет снизить уровень риска эксплуатации подземных рудников практически на порядок.

4. Значимость для науки и производства полученных автором диссертации результатов. К наиболее значимым научным и практическим результатам диссертации в области геотехнологии относятся следующие:

1. Предложен новый концептуальный подход к повышению интенсивности отработки запасов рудного месторождения системами разработки с твердеющей закладкой выработанного пространства при переходе к перспективному технологическому укладу, базирующийся на гармоничном совершенствовании основных и вспомогательных геотехнологических процессов, сдерживающих рост интенсивности горных работ. Это процессы: проходки и крепления горных выработок, формирования изолирующих перемычек, несущих потолочин, заполнения выработанного пространства твердеющей смесью. При этом необходимо определение рационального направления и порядка развития горных работ в конкретных горно-геологических и горнотехнических условиях

2. Обоснованы параметры технологии и способа формирования изолирующих перемычек безопалубочным методом в режиме непрерывной подачи смеси с отказом от цикличности процесса, что позволяет сформировать равнопрочный несущий закладочный массив на всю высоту и обеспечивает увеличение скорости подготовки камеры к закладке более, чем в два раза.

3. Обоснована и разработана методика расчета параметров самозакрепляющейся анкерной крепи различной модификации в сочетании с усиливающими элементами в специфических горно-геологических, геомеханических и горнотехнических условиях, отличающаяся учетом способа и характера закрепления анкера в замке и силового воздействия дополнительных несущих элементов.

4. Установлены зависимости нормативной прочности твердеющей закладочной смеси при нисходящем и восходящем порядках отработки месторождения от ширины камер и мощности несущего слоя.

5. Обоснованы методы повышения коррозионной стойкости анкерной крепи в агрессивной рудничной среде, выбор которых определяется способом возведения и конструктивными особенностями крепи, сроком ее эксплуатации, а также спецификой свойств и состава укрепляемых горных пород.

Вышеуказанные результаты позволяют уверенно прогнозировать эффективность использования научно-технических решений по определению условий и параметров перехода подземного рудника к новому технологическому укладу в сложных горно-геологических, геомеханических и горнотехнических условиях с обеспечением интенсификации горных работ для повышения эффективности и снижения рисков функционирования горнотехнических систем.

Практическая значимость диссертации заключается в разработке и внедрении технологических рекомендаций по повышению интенсивности горных работ на подземных рудниках при разработке мощных рудных месторождений в сложных горно-геологических, гидрологических и геомеханических условиях.

5. О стиле и языке диссертации и автореферата. Соответствие автореферата основным положениям диссертации.

Диссертация написана грамотным языком, оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». Автор использует общепринятую научную терминологию, что делает работу доступной к пониманию широким кругом специалистов. Выводы и рекомендации работы изложены четко и лаконично. Структура и содержание автореферата соответствуют основным положениям диссертации.

6. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Полученные в диссертации результаты, оформленные в виде соответствующих методик и процедур, рекомендуется использовать:

1. Для проектирования и внедрения в горное производство с определением условий перехода подземного рудника к новому технологическому укладу в сложных горно-геологических, геомеханических и горнотехнических условиях и обеспечением интенсификации горных работ для повышения эффективности и снижения рисков функционирования горнотехнических систем. Заинтересованными предприятиями и учреждениями могут быть научно-исследовательские и проектные институты горного профиля, а также научно-производственные отделы горнодобывающих предприятий, разрабатывающих мощные рудные месторождения.

2. В учебном процессе при изучении студентами специальности «Горное дело» дисциплин «Системы разработки рудных месторождений» и «Моделирование физических процессов в горном деле», «Процессы подземной разработки», «Проектирование рудников», которые регламентированы действующими Федеральными образовательными стандартами.

7. Замечания по диссертации и автореферату:

Рассматриваемая диссертация, безусловно, имеет практическую значимость для горнодобывающих предприятий и представляет определенный интерес в научном плане. Однако по содержанию работы имеются следующие замечания:

1. На рисунке 7 автореферата (рис. 3.10 диссертации) не расшифрованы обозначения.

2. Непонятно, является ли авторской методика расчета нормативной прочности закладочного массива, результаты расчетов по которой приведены на рис. 11 автореферата (рис. 3.26 диссертации) и учитывающая установленные в диссертации закономерности.

3. В работе отсутствует оценка возможности применения предлагаемых технологических решений на других месторождениях, например, угольных, соляных и т.п.

4. В диссертации нередко употребляются неверные выражения, например: «нагрузочная способность крепи» (стр. 78) или «ухудшенные горно-геологические условия» (стр. 83).

Отмеченные замечания не снижают теоретической значимости и практической ценности работы.

8. Заключение

Представленная на отзыв диссертация работа «Интенсификация горных работ и снижение рисков эксплуатации рудных месторождений системами разработки с твердеющей закладкой при переходе к новому технологическому укладу» выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной и практической ценностью.

В диссертации в полном объеме реализована и отражена в результатах и в публикациях цель работы — обоснованы условия перехода подземного рудника к новому технологическому укладу в сложных горно-геологических, геомеханических и горнотехнических условиях с обеспечением интенсификации горных работ для повышения эффективности и снижения рисков функционирования горнотехнических систем.

Основные результаты, положения и рекомендации диссертации широко апробированы и получили одобрение горной общественности на международных конференциях и симпозиумах, опубликованы в 52 научных работах, из них: 14 статей в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ и входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования; 17 — в прочих изданиях; 1 монография, 1 учебное пособие, получено 19 патентов. Автор диссертации широко известен горнопромышленникам и научной общественности, как крупный специалист в области горного дела. Разработанные в диссертации рекомендации эффективно использованы в проектных решениях по отработке месторождений Учалинское, Узельгинское, Озерное, Гайское и ряда других.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации по всем квалификационными признакам: целям, задачам, пунктам научной новизны, практической значимости, положениям, выносимым на защиту.

Диссертация Зубкова А.А. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой обоснована совокупность актуальных научно-технических решений по определению условий и параметров перехода подземного рудника к новому технологическому укладу в сложных горно-геологических, геомеханических

и горнотехнических условиях с обеспечением интенсификации горных работ для повышения эффективности и снижения рисков функционирования горнотехнических систем, что имеет важное социально-экономическое значение для развития горнодобывающей промышленности России.

В целом, представленная работа соответствует требованиям пп.9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ, а ее автор, Зубков Антон Анатольевич, заслуживает присуждения степени доктора технических наук по специальности 25.00.22 - Геотехнология (подземная, открытая и строительная).

Диссертация и отзыв обсуждены и одобрены на расширенном заседании лаборатории подземной геотехнологии и аналитической группы ИГД УрО РАН «01» сентября 2022 г., протокол № 5.

Руководитель расширенного заседания:

Заведующий лабораторией подземной геотехнологии ИГД УрО РАН,
кандидат технических наук: Антипин Юрий Георгиевич.

Антипин Юрий Георгиевич согласен на обработку персональных данных, необходимых для работы диссертационного совета.

Отзыв составил:

Корнилков Сергей Викторович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник аналитической группы ИГД УрО РАН.

Корнилков Сергей Викторович согласен на обработку персональных данных, необходимых для работы диссертационного совета.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Уральского отделения наук Российской академии наук

Адрес: 620075, г.Екатеринбург, ул.Мамина-Сибиряка, д.58

Телефон: +7(343) 350-21-86

E-mail: direct@igduran.ru

Подписи заведующего лабораторией подземной геотехнологии ИГД УрО РАН Антипина Юрия Георгиевича и главного научного сотрудника аналитической группы ИГД УрО РАН Корнилкова Сергея Викторовича заверяю.

И.о. начальника отдела кадров ИГД УрО РАН

Штанг Юлия Александровна

