



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

## УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30 тел.: (343) 257-25-47, факс: (343) 251-48-38

E-Mail: office@ursmu.ru, http://www.ursmu.ru

УТВЕРЖДАЮ:

Ректор ФГБОУ ВО «УГГУ»,

д.т.н., профессор

 А.В. Душин

ноября 2023 г.



### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный горный университет» (ФГБОУ ВО «УГГУ»), на диссертационную работу **Котенкова Алексея Владимировича** «Разработка технологии освоения месторождений ценных малоустойчивых руд камерными системами разработки с закладкой», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8. Геотехнология, горные машины.

В ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет» (УГГУ) представлены: диссертация, состоящая из введения, 4 глав и заключения, изложенная на 143 страницах машинописного текста, содержит 17 таблиц, 64 рисунка, списка литературы из 99 наименований, приложения и автореферат диссертации.

#### Актуальность темы диссертационной работы.

Современное состояние подземных горных работ характеризуется увеличением глубины, вовлечением в разработку месторождений с низкими прочностными свойствами руд и пород, следовательно, низкой устойчивостью ведет к вынужденному использованию высокочрезвычайных технологий добычи подземным способом - слоевых систем разработки с закладкой и нисходящим порядком отработки, отличающихся низкой производительностью системы разработки.

В условиях увеличения глубины ведения подземных горных работ при освоении запасов ценных малоустойчивых руд одним из основных способов

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА  
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И.Носова»

за №

Дата регистрации

01.12.2023

Фамилия регистратора

повышения эффективности является использование менее затратных вариантов систем разработки.

Как известно, эффективность ведения подземных работ напрямую зависит от размеров выемочных единиц (высота, ширина камер, рудных целиков). Чем больше размеры выемочных единиц, тем меньшие затраты требуются для добычи руды, поэтому применение камерных систем разработки существенно улучшает технико-экономические показатели освоения недр.

Внедрение камерных систем разработки малоустойчивых руд сдерживается отсутствием опыта эксплуатации месторождений и методик по обоснованию конструктивных параметров, порядка отработки запасов.

Несмотря на большой объем исследований по совершенствованию и развитию технологий освоения запасов в сложных горно-геологических условиях, по-прежнему остаются актуальными задачи, связанные с повышением эффективности освоения месторождений ценных слабоустойчивых руд и обеспечением безопасности горных работ. В представленной работе они являются предметом исследований.

### **Общая характеристика работы.**

Диссертационное исследование посвящено решению научно-практической задачи по разработке технологии и обоснованию параметров высокопроизводительных камерных систем разработки, обеспечивающих безопасное и эффективное освоение месторождений ценных малоустойчивых руд.

Эффективность и безопасность освоения месторождений достигается за счет использования устойчивых камерных очистных выработок полигональной формы и шахматного порядка отработки запасов шахтных полей.

В первой главе проведен анализ и обобщение опыта освоения месторождений ценных руд в сложных горно-геологических условиях.

Анализ существующих методик расчета параметров систем разработки с закладкой показал, что в настоящее время созданы, апробированы и применяются надежные расчетные методы определения требуемой прочности закладки, размеров рудных и искусственных целиков.

В условиях отработки малоустойчивых руд, когда использование прямоугольной формы сечения очистных выработок не обеспечивает сохранности контура, целесообразно рассмотреть вариант перехода на полигональные (эллиптические) формы камер. Внедрение данных технологий сдерживается отсутствием методик расчета параметров, учитывающих форму камер, порядок отработки со смещением камер и смежных горизонтов.

По результатам анализа опыта освоения месторождений в сложных горно-геологических условиях сформулированы цель, задачи и методы исследований.

Во второй главе диссертации изложены исходные данные и основные положения разработанной методики исследований по обоснованию параметров камерных систем разработки на примере алмазоносного месторождения «Айхальское». На основе имеющихся данных по месторождению, разработаны технологические схемы, основанные на применении камерных систем разработки, отличающихся от традиционных формой поперечного сечения и порядком отработки запасов.

Предложено переходить к использованию камерных выработок, имеющих устойчивую форму сечения – ромбовидную. При этом обеспечивается устойчивость рудных стенок камер. Устойчивость верхней части камеры достигается за счет применения твердеющей закладки соответствующей прочности.

В третьей главе, посвященной обоснованию параметров систем разработки с закладкой и использованием камер полигональной (ромбовидной) формы, приведены результаты исследования закономерностей формирования устойчивых контуров очистных выработок. Натурными исследованиями условий формирования контуров очистных камер показано, что в процессе горных работ создается устойчивая конфигурация выработанных пространств в виде пустот эллиптической формы. Обработкой большого объема данных замеров установлены углы контуров в верхней и нижней частях камер ( $73-75^\circ$ ), значения которых хорошо согласуются с результатами аналитических решений теории предельного равновесия.

Для проверки правильности и уточнения закономерностей формирования полей напряжений вокруг камер проведено математическое моделирование геомеханической ситуации при отработке запасов ромбовидными камерами на примере рудника «Айхал» в трёх вариантах стадийности выемки камер в подэтажах, произведена оценка влияния глубины горных работ на элементы системы разработки.

Произведён расчет рационального соотношения высоты и ширины, угла наклонов стенок верхней и нижней частей камер, размеров горизонтальных обнажений в кровле и почве, а также устойчивых размеров наклонных обнажений рудного и искусственного массивов. Для полигонального сечения камеры производится выбор оптимального порядка выемки запасов, геомеханическое обоснование нормативной прочности закладки, проверка устойчивости рудных целиков, расчет технологических процессов проведения подготовительных и очистных работ, технико-экономических показателей.

В четвертой главе изложены результаты промышленной апробации камерной системы разработки, которая проводилась на руднике «Айхал», горно-геологические условия которого характеризуются высокой сложностью, в период 2014-2022 гг. Была разработана и внедрена технология очистной выемки руды ромбовидными камерами, расположенными в так называемом «шахматном» порядке. Опытные-промышленные испытания подтвердили возможность и эффективность использования камерных систем для месторождений слабоустойчивых руд.

Для практического применения результатов исследований составлен алгоритм выбора рационального варианта системы разработки и определения технологических параметров камер. Разработанный алгоритм позволяет на этапе проектирования выбрать оптимальный вариант отработки месторождений ценных малоустойчивых руд, в том числе и с использованием камерных систем разработки, обеспечить безопасность горных работ и повысить эффективность использования недр.

**Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций** о возможности внедрения камерных систем разработки для выемки запасов малоустойчивых руд заключается в следующем:

- анализе фактической формы выработанного пространства камер при выемке запасов месторождений, представленных трещиноватыми скальными массивами на различных глубинах с большой вариацией прочностных свойствах руд и вмещающих пород;

- предложении для практического применения очистных камер полигональной (ромбовидной) формы, как наиболее близкой к форме выработанного пространства камер, которые формируются в слабоустойчивых трещиноватых рудах и могут быть реализованы в условиях горного производства;

- выявлении закономерностей распределения напряжений на контуре очистных камер полигональной (ромбовидной) формы учитывающих влияние геометрических размеров, параметров силового поля, стадийности выемки запасов руды;

- разработке и научном обосновании эффективной подземной технологии освоения месторождений ценных малоустойчивых руд с использованием очистных выработок (камер) полигональной формы;

- создании научно обоснованной методики и порядка расчета параметров системы разработки с использованием камер полигональной (ромбовидной) формы: размеров и углов наклона стенок, соотношения осей, нормативной прочности закладки, порядка отработки запасов в подэтаже.

**Значимость для науки и производства полученных результатов** обеспечивается сопоставимостью с результатами предшествующих научных достижений; проведенным объемом лабораторных, модельных и шахтных экспериментов с достаточной сходимостью результатов. Использованием признанных методов исследований и сертифицированных программных продуктов; положительными результатами опытно-промышленной апробации эффективных технологий с использованием камерных систем разработки для освоения запасов ценных слабоустойчивых руд.

Автором диссертации предложен алгоритм и методика обоснования параметров системы разработки выемки запасов месторождений слабоустойчивых ценных руд, представлены результаты апробации и внедрения предложенной технологии в промышленных условиях

Отмечается корректность постановки задач и граничных условий; надежный и достаточный объем исходных данных, принятых на основе натурных испытаний камерных систем разработки с использованием очистных выработок ромбовидной формы при шахматном порядке отработки запасов кимберлитовых руд на руднике «Айхал».

Полученные результаты исследований обладают существенной научной и практической значимостью, позволяют достаточно надёжно определять параметры систем камерных разработки для месторождений слабоустойчивых руд. Будут полезны при проектировании и фактическом внедрении вариантов камерных систем разработки с ромбовидной формой сечения выемочных единиц.

При этом обеспечиваются безопасность и повышение эффективности горных работ

## **О стиле и языке диссертации и автореферата. Соответствие автореферата содержанию диссертации.**

Диссертационная работа оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации». Структура и правила оформления». Автор использует общепринятую терминологию, что делает работу доступной специалистам.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

### **Замечания по автореферату и диссертации:**

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

1. В формулах определения величин пригрузки элементов системы разработки со стороны искусственного и породного массивов следует уточнить, что обозначает показатель «*a*» (стр. 86).
2. В таблице 3.9 (стр. 104) допущена неточность: указано «требуемая прочность закладки по устойчивости целиков в зависимости от высоты слоя закладки», а должно быть – «требуемая прочность закладки по устойчивости целиков в зависимости от высоты свода нагрузки».
3. На рисунках 3.23 (стр. 99), 3.26 (стр. 104) и 4.4 (стр. 119) показано, что заполнение средней части ромбовидных камер осуществляется закладкой с прочностью 3,5 МПа, а в разделе 3.3 (стр. 97) указано, что прочность закладки в камерах должна быть не менее 2 МПа. Не ясно данное разночтение в параметрах прочности закладки.
4. Следовало бы изменить масштаб на рисунке 4.12 (стр. 127). Текстовая часть алгоритма выбора рационального варианта системы разработки слишком мелкий и читается с трудом.
5. Область применения предложенной и защищаемой технологии выемки руды камерными системами разработки определена, как «выемка ценных малоустойчивых руд». В целом понятно, что имеется ввиду, но автору стоило бы конкретизировать что понимается под слабоустойчивыми рудами и обозначить область применения защищаемой технологии.
6. Углы заложения рудных и искусственных (бетонных) стенок выработанного пространства камер автором диссертации предложены в пределах 73-75 градусов, то есть для условий выемки запасов месторождений скальных грунтов. Не ясно, какие углы принимать для заложения стенок камер при выемке запасов рыхлых грунтов (например, Яковлевское железорудное месторождение).

Указанные замечания не снижают научной ценности и достоверности полученных выводов и рекомендаций работы.

### **Заключение**

Диссертационная работа посвящена актуальной научной и практической проблеме. Можно констатировать, что поставленные в диссертации задачи решены, в результате чего достигнута конечная цель исследований – повышение

эффективности горных работ. Это свидетельствует о завершенности представленной диссертационной работы.

Диссертация характеризуется единой внутренней логикой, отражающей все необходимые этапы исследований. Сформулированные по результатам исследований выводы надежно обоснованы, грамотно изложены и обладают научной и практической ценностью. Материалы диссертации свидетельствуют о достаточной научной квалификации автора.

Таким образом, представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней» (постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013), предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертации Котенков Алексей Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8 «Геотехнология, горные машины».

Диссертация и отзыв на неё рассмотрены на заседании кафедры горного дела ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет» («УГГУ») (протокол №3 от «08» ноября 2023 года).

Заведующий кафедрой горного дела  
ФГБОУ ВО «УГГУ», доктор  
технических наук, профессор



Н.Г. Валиев

Отзыв составил:

Валиев Нияз Гадым Оглы, заведующий кафедрой горного дела ФГБОУ ВО «УГГУ», доктор технических наук, профессор.

Н.Г. Валиев согласен на обработку персональных данных.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный горный университет» (ФГБОУ ВО «УГГУ»).

Адрес: 620144, Россия, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д. 30.

Телефон: (343) 257-25-47;

Факс/тел. (343) 251-48-38;

E-mail: [office@ursmu.ru](mailto:office@ursmu.ru)

Официальный сайт: <http://www.ursmu.ru/>