

## ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора  
Айнбиндера Игоря Израилевича на диссертационную работу  
**Котенкова Алексея Владимировича**  
на тему: «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.

### 1. Актуальность темы исследования

В настоящее время, при подземной разработке рудных месторождений, наметилась общая тенденция перехода горных работ на варианты камерных систем разработки с закладкой, позволяющие вывести горнорабочих из зоны очистных работ, что характерно для слоевой выемки руды, а также широко использовать комплексы высокопроизводительного оборудования с дистанционным управлением для основных производственных процессов горного производства.

При отработке ценных малоустойчивых руд высокие показатели добычи достигаются выбором и обоснованием рациональных параметров выемочных единиц, обеспечивающих безопасность ведения работ и полноту выемки запасов.

Улучшение показателей добычи при выемке ценных малоустойчивых руд связывают с применением инновационных технологий полигональной (ромбовидной) формой очистных выработок.

В связи с этим, представленная диссертационная работа Котенкова А.В., направленная на разработку методики определения устойчивых параметров конструктивных элементов систем разработки с полигональной формой очистных выработок, является весьма актуальной.

### 2. Общая характеристика работы

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми к оформлению диссертационных работ. Содержание работы

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И.Носова»	
за № _____	_____
Дата регистрации	04.12.2023
Фамилия регистратора	_____

отвечает поставленным задачам исследования и изложено на 143 страницах машинописного текста, включая 64 рисунка и 17 таблиц.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников из 99 наименований. По теме диссертации опубликовано 12 работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых изданиях, рекомендуемых ВАК РФ для публикаций результатов диссертаций. Ознакомление с публикациями соискателя позволяет заключить, что все опубликованные статьи полностью соответствуют теме диссертационной работы.

Работа выполнена по ставшей классической схеме, которая включает в себя анализ исследований и опыт разработки по проблеме, оценку напряженно-деформированного состояния массива и обоснование на этой основе параметров выемки, разработку инновационных технологий отработки месторождений высокоценных руд.

**В первой главе** проведены результаты анализа и обобщения опыта освоения месторождений ценных руд в сложных горно-геологических условиях. Рассмотрены существующие методы расчета параметров систем разработки. Показано, что перспективным решением, применительно к освоению месторождений с малоустойчивыми рудами, является использование камер полигональной (ромбовидной) формы и шахматного порядка отработки, что позволяет расширить область применения камерных систем разработки и существенно повысить эффективность подземной добычи. 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», которое характеризуется сложностью горно-геологических условий, что предопределило применение высокочрезвычайно

технологий добычи с использованием слоевых систем разработки с закладкой.

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. Объектами геомеханического обоснования являются: пролеты обнажений пород и закладки в кровле трапециевидных (переходная зона) и ромбо-видных камер, высота и ширина камеры, то есть размеры большой и малой полуосей, углы наклона и высота стенок в верхней и нижней частях камер, прочность закладки в своде и стенках камеры, устойчивые размеры рудных целиков, рациональный порядок освоения запасов.

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. Показано, что по данным 3D-сканирования контуров камер подземных рудников, фактически контуры не всегда соответствуют проектным, чаще приобретают форму, близкую к эллиптической.

Для проверки правильности выше приведенных методических положений по механизму передачи нагрузок на несущие элементы системы разработки и уточнения закономерностей формирования полей напряжений проведено математическое моделирование геомеханической ситуации при отработке запасов ромбовидными камерами на примере рудника «Айхал».

По результатам исследований разработана методика выбора систем разработки и обоснования параметров для месторождений ценных малоустойчивых руд, согласно которой оценка возможности применения камерных систем производится решением условия прочности. Если оно выполняется, то для полигонального сечения камеры производится выбор 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 и внедрения камерной системы разработки, которая проводилась на руднике «Айхал», горно-геологические условия которого характеризуются высокой сложностью, в период 2014-2022 гг.

. Для практического применения результатов исследований составлен алгоритм выбора рационального варианта системы разработки и определения технологических параметров, который 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.

### **3. Оценка степени обоснованности защищаемых положений, выводов, рекомендаций и их достоверности.**

Автором сформулированы три положения, выносимых на защиту.

**Первое положение:** «Использование камерных выработок полигональной (ромбовидной) формы в сочетании с нисходящим порядком отработки запасов, предусматривающим смещение камер как по горизонтали, так по вертикали (шахматный порядок), обеспечивает повышение производительности блоков, эффективности использования недр и безопасность горных работ».

Достоверность и обоснованность положения основываются на выявленных закономерностях распределения тангенциальных напряжений на контуре камер, позволяющих разработать технологические рекомендации по конструированию и определению параметров камерных систем разработки при освоении запасов неустойчивых руд.

**Второе положение:** «Придание камерам полигональной формы с соотношением малой и большой полуосей 1:2, с углом стенок в нижней части камеры, равным  $75^\circ$ , а в верхней--  $105^\circ$ , обеспечивает равномерный характер распределения напряжений на контуре камеры, снижает величину растягивающих напряжений, что позволяет повысить устойчивость очистных выработок, уменьшить требуемую прочность закладки»

Положение обосновывается использованием результатов аналитических решений, натурных наблюдений и данных моделирования, позволившими установить численные значения углов наклона стенок камер, рациональное соотношение большой и малой осей очистной выработки, обеспечивающими устойчивость рудного и искусственного массивов.

**Третье положение:** «Наименьшие значения нормативной прочности, а также нагрузок на рудные целики при использовании камер полигональной (ромбовидной) формы достигаются при шахматном порядке стадийной выемки запасов по схеме 1-2-1-2 и определяются высотой формируемого искусственного массива с учетом влияния размеров выемочной единицы»

Положение обосновывается результатами моделирования методом конечных элементов, а также данными, полученными в процессе промышленной апробации и внедрения.

Обоснованность выводов и рекомендаций подтверждается представительным объемом и надежностью исходных данных, сопоставимостью результатов математического моделирования и аналитических расчетов с практическими данными.

#### **4. Научная новизна исследований и полученных результатов**

Научная новизна диссертационной работы заключается в:

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

- разработке и научном обосновании эффективной подземной технологии разработки месторождений ценных малоустойчивых руд с использованием очистных выработок полигональной формы;

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

**5. Достоверность научных выводов и рекомендаций** обеспечивается сопоставимостью с результатами предшествующих научных достижений; проведенным объемом экспериментов ; использованием признанных методов исследований и сертифицированных программных продуктов; положительными результатами опытно-промышленной апробации камерных систем разработки для освоения запасов ценных руд; корректностью постановки задач и граничных условий; надежным и достаточным объемом исходных данных, принятых на основе натурных испытаний камерных систем разработки.

**6. Практическая значимость работы** состоит в разработке и обосновании параметров технологических схем отработки месторождений ценных малоустойчивых руд камерными системами разработки с закладкой и использованием очистных выработок полигональной формы при шахматном порядке освоения запасов, обеспечивающих безопасность и повышение эффективности горных работ.

Таким образом, научная новизна полученных результатов не вызывает сомнений, а их достоверность подтверждается положительными результатами апробации и внедрения рекомендаций.

**7. Личный вклад автора** заключается в: постановке цели и задач исследования, формулировании основной идеи достижения цели; разработке методики проведения аналитических расчетов, лабораторных и шахтных экспериментов, математического моделирования геомеханического состояния природного и искусственного массивов; разработке алгоритма и

методики обоснования параметров систем разработки; апробации и внедрении предложенной технологии в промышленных условиях.

#### **8. Рекомендации по использованию результатов диссертации.**

Результаты работы можно рекомендовать к использованию при проектировании горных работ на месторождениях ценных малоустойчивых руд, а также в учебном процессе вузовской подготовки студентов горного профиля.

В целом диссертационную работу отличает достоверность, новизна и практическая значимость основных положений, выводов и рекомендаций.

#### **9. По представленной диссертационной работе и автореферату имеются следующие замечания:**

1. В анализе разработки месторождений приведен, в основном, отечественный опыт разработки сильнонарушенных руд. В данном разделе не приводятся данные по другим отечественным рудникам, например Норильского района, на различных глубинах в аналогичных условиях. Не приведен опыт разработки зарубежных рудников, ведущих выемку алмазосодержащих руд. Поэтому представленный анализ следует признать не полным.

2. Моделирование напряженно-деформированного состояния массива проведено с использованием программного комплекса RS-2 Rocscience, но в работе не приведены исходные данные для моделирования. Не понятно какая решалась задача: для упругого или упруго-пластического тела, в объемной или плоской постановке? Какое выбрано исходное напряженно-деформированное состояние массива и т.д?

3. В работе представлена методика сравнительной оценки эффективности применения слоевых и камерных систем разработки, где в качестве критерия используется себестоимость добычи руды в блоке. Показано, что камерная выемка имеет предпочтение перед слоевой.

Такое сравнение считаю не правомерным, поскольку при выемке алмазосодержащего сырья главным считается его качество, а также уровень

потерь и разубоживания руды, которые при комбайновой выемке руды слоевыми системами разработки имеют лучшие показатели.

4. При расчете параметров ромбовидных камер в закладочном массиве автор пользуется формулами О.Т. Тукмурзина и Ю.И. Чабдаровой, полученными для расчета рудных обнажений. Возможность использования данных зависимостей следует обосновать.

#### **10. Заключение и выводы по диссертации.**

Диссертация Котенкова Алексея Владимировича является законченной научно-квалификационной работой, в которой дано новое решение актуальной научно-практической задачи по обоснованию технологии выемки запасов месторождений с малоустойчивыми рудами камерными системами разработки, основанной на использовании очистных выработок полигональной (ромбовидной) формы со смещением камер в вертикальной и горизонтальной плоскостях, что обеспечивает снижение себестоимости добычи, повышение производительности труда, безопасность работ и имеет важное значение для развития горнодобывающего комплекса России.

Работа выполнена на высоком профессиональном уровне. Указанные выше замечания не влияют на положительную оценку диссертационной работы.

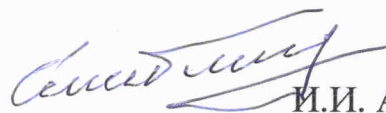
По области проведенных исследований и содержанию рецензируемая работа соответствует научной специальности 2.8.8. Геотехнология, горные машины.

Диссертационная работа Котенкова А.В. отвечает критериям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

Автор диссертации, Котенков Алексей Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8. Геотехнология, горные машины.



Официальный оппонент,  
доктор технических наук, профессор,  
Главный научный сотрудник ИПКОН РАН



И.И. Айнбиндер

Я, Айнбиндер Игорь Израилевич, согласен на обработку персональных данных.

Подпись Айнбиндера Игоря Израилевича, доктора технических наук, профессора, заверяю:

Ученый секретарь ИПКОН РАН  
доктор технических наук



С.С. Кубрин

Айнбиндер Игорь Израилевич, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ИПКОН РАН

Почтовый адрес: 111020, Москва, Крюковский тупик дом 4

Институт проблем комплексного освоения недр им. Академика Н.В. Мельникова  
РАН

Тел. 8 (495) 360-17-26

e-mail: [geoexpert47@yandex.ru](mailto:geoexpert47@yandex.ru)