

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Лаптева Владимира Викторовича "Исследование механизма формирования потерь и разубоживания руды на основе численного моделирования процесса торцевого выпуска", представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.8.8 – "Геотехнология, горные машины"

1. Структура и объем работы

Диссертационная работа Лаптева В. В. представляет собой научное исследование, оформленное на 128 страницах машинописного текста, состоит из введения, четырех глав, заключения и библиографического списка, включающего 93 наименования, содержит 55 рисунков и 20 таблиц. Перечень глав и последовательность их представления соответствуют выполнению поставленных научных задач, решение которых раскрывает суть изучаемой проблемы.

2. Актуальность темы диссертации

Подземная разработка рудных месторождений за последние десятилетия претерпела существенные изменения в плане представлений о состоянии массива пород, технологий добычи полезных ископаемых, механизации очистных работ и предельных глубин безопасной выемки залежей. Изменились также определяющие факторы выбора систем разработки, которые из категории маловажных, имеющих ранее в большинстве случаев научный интерес, перешли в значимые и критериальные.

Непрерывное сокращение геологических запасов, удовлетворяющих требованиям промышленных кондиций, и необходимость их воспроизводства за счет вовлечения в отработку бедных, а в некоторых случаях забалансовых руд, создает перспективу для применения систем разработки с обрушением руды и вмещающих пород как наиболее индустриально развитых способов добычи. Данные технологии широко применяются при выемке руд черных и цветных металлов, агрохимического сырья, а в последнее время – золота и даже алмазов. Особняком встают вопросы прогнозирования и управления показателями полноты и качества извлечения запасов из недр в различных горно-геологических и горнотехнических условиях эксплуатации месторождений.

Системы разработки с обрушением, и в частности получившая широкое распространение технология подэтажного обрушения с торцевым выпуском руды, в настоящее время рассматриваются в контексте многолетней перспективы развития горнодобывающей отрасли страны. Их влияние на показатели деятельности подземных рудников будет только возрастать.

Эффективность технологий с обрушением доказана мировым опытом, даже при-

нимая во внимание основной недостаток – сравнительно высокие потери и разубоживание руды. Вместе с этим область их применения в полной мере недооценена, особенно в части конструкционного развития, управления показателями извлечения, поиска новых закономерностей истечения рудной массы под обрушенными породами и глубины возможного применения.

Исследование торцового выпуска руды способствует, с одной стороны, эффективному определению рациональных параметров технологий по условию извлечения полезных ископаемых, с другой – развитию более конкурентоспособного способа добычи, в том числе систем с самообрушением. Автор отмечает, что до сих пор нет методологического единообразия в определении и установлении качественных и количественных показателей выпуска руды под обрушенными породами при реализации различных вариантов горизонтов погрузки и доставки горной массы.

В связи с выше изложенным поиск новых закономерностей и особенностей торцового выпуска руды, а также развитие теории и практики извлечения минерального сырья под обрушенными породами являются не просто актуальными исследованиями, но и "оперативной" целью для действующих подземных рудников. Все это безусловно говорит о значимости и потенциальной ценности диссертационной работы Лаптева Владимира Викторовича.

3. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций соискателя, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна

Основные результаты исследований раскрыты в четырех научных положениях.

Первое научное положение – использование метода дискретных элементов обеспечивает адекватное имитационное моделирование процесса выпуска раздробленной горной массы (ГМ) при исследовании различных технологических схем. Подбор характеристик модели позволяет не только обеспечить её соответствие реальной среде, но и многократно снизить время вычислительного эксперимента.

В основу данного научного положения поставлен анализ и критическое обобщение методов моделирования выпуска руды под обрушенными породами, где раскрываются в целом достоинства и недостатки различных научных и вычислительных подходов исследований, а также особенности учета "многофакторного влияния" характеристик сыпучего материала и граничных условий на закономерности истечения раздробленной горной массы и, соответственно, на показатели извлечения. Автор показывает, что численные эксперименты позволяют реализовать вариационный принцип изучения различного рода явлений. Однако все это не является новым и в той или иной степени освещено в научно-технической литературе при оценке эффективности применения численных методов моделирования и, в частности, метода дискретных элементов. Последний достаточно широко представлен в научной и инженерной среде и доказал свою действен-

ность на практике. На мой взгляд, в представленной интерпретации первое научное положение является не совсем удачным, звучит как использование известного метода для решения определенного типа задач, эффективность которого доказана многолетним опытом его применения в различных областях науки. По тексту диссертации напрашивается иная формулировка научного положения, "фокус" которой ориентирован на "принципы" постановки и краевые условия численных задач выпуска руды под обрушенными породами, где выделяется конкретная "ремарка" проблемы с точки зрения методологии, возможно, в явном виде не на следствие, а на причину.

Достоверность положения подтверждается объемным сравнительным анализом методов физического, аналитического и численного моделирования процессов выпуска раздробленной горной массы и влиянием характеристик сыпучих материалов, а также конструктивной сложностью объемов, из которых осуществляется истечение, на показатели извлечения полезных ископаемых.

Новизна научного положения заключается в установлении зависимости форм и размеров зоны потоков выпуска руды от параметров модели и граничных условий для корректной постановки численных задач истечения разрыхленной горной массы применительно к конкретным условиям разрабатываемых месторождений. Следует отметить еще раз, что используемый метод дискретных элементов не является ни объектом, ни предметом исследования, а лишь инструментом "расчетов".

Второе научное положение по мнению автора состоит в том, что движение кусков горной массы к выпускному отверстию можно описать закономерностью, близкой к графику кубической функции. Автором установлено, что при определенных граничных и краевых условиях движение частиц разрыхленного сыпучего материала происходит по траектории, близкой к кубической зависимости. Выполненные численные исследования определенно подтверждают данное положение. Вместе с этим следует констатировать, что данный результат – это частный случай, имеющий место быть, характеризующий обособленный выпуск сыпучего материала из конкретного геометрически выверенного объема. Имеется множество исследований экспериментального и численного характера, согласно которым движение кусков разрыхленной горной массы, принимая во внимание различный конструктив форм выпуска, происходит по отличным друг от друга, но достаточно близким траекториям, зависящим главным образом от множества природных и техногенных факторов, а также различного рода допущений, особенно при математическом моделировании и идеализации экспериментов.

Данное положение обосновывается результатами многовариантного численного моделирования и приемлемой, на мой взгляд, корректностью постановки задач, вполне достаточной для выполнения практических расчетов, связанных с выпуском руды. Вместе с этим имеется недосказанность автора в части теоретического и практического при-

ложения полученной закономерности.

Новизна научного положения заключается в установлении закономерности движения кусков отбитой руды по кривой, описываемой кубической функцией, характерной для определенного выпуска сыпучего материала.

Третье научное положение доказывает, что наилучшие показатели извлечения в рамках освоения технологии поэтажного обрушения при разработке конкретного месторождения, в частности добычи апатит-нефелиновой руды, обеспечиваются при расстоянии между осями выпускных выработок 16-18 м и фронтальным углом наклона отбиваемой секции 82-87°.

Обоснованность данного научного положения подтверждается всесторонним подходом к оценке показателей извлечения, учитывающим одновременное влияние физических и технологических факторов в рамках действующего рудника. Вариантность исследований позволила установить основные особенности изменения потерь и разубоживания руды и формализовать последние в виде рациональных по условию выпуска руды параметров рассмотренного варианта поэтажного обрушения. Тем не менее данное положение представляет собой абсолютный результат решения конкретной задачи, что характеризует его как обособленный случай для выделенных условий разработки месторождений.

Автор опосредованно показывает возможность возврата временных потерь руды, формируемых в процессе выпуска при определенных параметрах отбойки панели, что является весьма важным моментом в контексте повышения показателей полноты и качества извлечения запасов.

Достоверность положения подтверждается использованием многовариантного подхода в рамках численных экспериментов с варьированием физических величин и технологических параметров в широком диапазоне данных. Полученные в ходе исследований закономерности изменения зон потоков отбитой горной массы и показателей извлечения сопоставлялись с имеющимися на практике данными. Установлена корреляционная связь между параметрами отбиваемого слоя, оказывающая влияние на показатели выпуска.

Новизна научного положения заключается в том, что величины потерь и разубоживания руды зависят не только от свойств сыпучей горной массы, но и определенных соотношений основных геометрических параметров горизонтов доставки и зон потоков истечения как единого конструкционного объекта отбойки и выпуска.

В основе четвертого научного положения лежит "формула" управляемого выпуска горной массы за счёт выбора момента остановки извлечения руды в предыдущем слое отбойки при его выделенной толщине.

Достоверность результатов исследований доказывается использованием нескольких режимов выпуска, рассмотрением процесса извлечения рудной массы на предельной стадии (анализировался выпуск 3 слоя с учетом влияния смежных по высоте подэтажей).

Новизна научного положения заключается в установлении закономерностей изменения показателей извлечения в слоях очистной панели для формирования управляемого выпуска рудной массы путем изменения предельного разубоживания в дозе погрузки с различными по величине временными потерями, частично извлекаемыми при выемке смежных запасов. Этим обеспечивается, при определенных параметрах отбойки слоев, возможность не только управлять процессом выпуска, но и эффективно регулировать величины потерь и разубоживания руды на различных стадиях извлечения.

В целом научные положения и новизна, раскрытые в диссертационной работе Лаптева Владимира Викторовича, не вызывают сомнений и являются логическим продолжением развития теории и практики выпуска руды под обрушенными породами, в том числе, на примере действующих рудников. В данной работе импонирует не то, как Автор реализовал свои исследования, а какие цели и задачи ставил перед собой и как интерпретирует свои результаты в разрезе признанных положений.

4. Значимость полученных результатов для науки и практики

Научная значимость результатов диссертационной работы Владимира Викторовича Лаптева заключается в выявлении закономерностей изменения показателей извлечения руды в зависимости от параметров технологии и режима выпуска. Установление зависимостей взаимного влияния техногенных факторов, реализованных в представленной работе, способствует обоснованному выбору параметров систем разработки подэтажного обрушения с торцовым выпуском руды и поиску рациональной области их применения. Дифференцированный подход, реализованный в диссертации, относит выполненные исследования к категории прикладных.

Практическая ценность работы состоит в развитии методологии выбора и обоснования параметров систем разработки подэтажного обрушения на базе численного моделирования за счет конструктивных усовершенствований и технологического управления режимами выпуска. Последнее также способствует развитию направления нормирования и планирования показателей полноты и качества извлечения запасов из недр, соблюдая принципы рационального недропользования.

5. Оценка содержания диссертации

Диссертационное исследование, выполненное Лаптевым В.В., представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая направлена на решение актуальной проблемы повышения показателей извлечения запасов полезных ископаемых в

рамках системы разработки подэтажного обрушения с подготовкой горизонта доставки по торцовой схеме на основе дифференцированного подхода к оценке параметров технологии и управляемого выпуска руды.

Выполнен достаточный анализ различных методов моделирования, в том числе аналитических и численных подходов с оценкой их достоинств и недостатков.

Научные положения обладают доказательной базой, основные принципы которых широко освещены в научно-технической литературе и с достаточной степенью детальности проработаны в диссертации. Количество публикаций по теме исследований – 5, из них в рецензируемых журналах – 2.

Научная новизна из диссертации отражает "семейство" практических закономерностей многофакторных исследований извлечения полезных ископаемых под обрушенными породами, использование которых может способствовать возможности ведения управляемого выпуска руды в разнообразных горно-геологических и горнотехнических условиях разрабатываемых месторождений. Наличие устойчивых связей между параметрами систем разработки и показателями полноты и качества извлечения запасов из недр свидетельствует о дифференцированной области применения системы разработки подэтажного обрушения с торцовым выпуском руды.

Защищаемые научные положения и новизна исследований соответствуют паспорту научной специальности 2.8.8 – "Геотехнология, горные машины".

В диссертационной работе соблюдена терминология горного дела, даются пояснения новых представлений о явлениях и процессах, возникаемых при выпуске разрыхленной горной массы, которые в конечном счете сводятся к прикладному назначению. Последнее относит работу к категории практически значимой.

Диссертация структурно упорядочена, решение задач выполнено последовательно: от теоретических исследований до практического применения. Содержание автореферата соответствует диссертации.

6. Замечания по диссертации

1. Научные положения формулируются на основе научной новизны. В автореферате представлена обобщающая научная новизна. Следовало бы обозначить новизну исследований для каждого научного положения, что существенно бы повысило восприятие результатов работы. Нужно отметить, что в тексте диссертации научная новизна по каждому положению прослеживается достаточно хорошо. Идея работы в представленном виде не раскрывает оригинальность в установлении определенной значимости исследований.

2. По тексту диссертационной работы. Из анализа работ различных авторов следует, что на процесс истечения ГМ из выпускных отверстий при торцевом выпуске руды

влияет ряд факторов, среди которых: параметры конструктивных элементов выемочных единиц и характеристики ГМ. В меньшей степени влияют особенности выемки ГМ (объём ковша ПДМ, глубина его внедрения, частота черпания), очерёдность выпуска, момент остановки забоя и объём дозы выпуска. Предельное разубоживание в дозе выпуска – это основной критерий управления показателями извлечения (устанавливает величины потерь и разубоживания руды в каждый момент выпуска, создавая определенный режим). В связи с этим момент остановки можно отнести к основным факторам (планограммы выпуска без данного критерия невозможно построить). Величина внедрения ковша также весьма важный показатель.

3. На мой взгляд, описываемые автором процедуры по сокращению (или как говорится в работе – оптимизации) времени расчетов носят по своей сути инженерный характер. С научной же точки зрения весьма важно получение качественных закономерностей изучаемых явлений и максимальный учет влияющих параметров как физических, так и геометрических. В связи с этим возникает вопрос, насколько или как изменяются результаты исследований под влиянием ограничений и допущений, о которых говорится в диссертации, по сравнению с точным описанием модели и полным учетом "входящих факторов" в соответствии с реально моделируемой сыпучей геосредой.

4. В результате экспериментов была установлена возможность применения упрощённых физических моделей расчёта и выявлено, что сыпучий материал с однородным ГС и средним размером фрагмента 0,3 м наиболее точно соответствует поведению сыпучего материала с неоднородным ГС (для рассматриваемых условий). Данный аргумент выглядит как неочевидный факт либо требующий более детальных с качественной точки зрения доказательств.

5. Почему для тестовых экспериментов использовался донный выпуск, а не торцевой? Логично при исследовании параметров торцевой схемы выпуска использовать в качестве тестовых (отладочных) расчетов торцовую подготовку горизонтов доставки. Это связано с принципиальным отличием торцового выпуска от площадного.

6. Автор, доказывая второе научное положение, не поясняет, как с практической точки зрения можно использовать эти результаты для оценки показателей извлечения, управления процессом выпуска или конструкционного обоснования горизонтов доставки руды. Более того, изменяя параметры выпуска при определенных условиях, движение частиц, скорее всего, будет происходить не по кубической, а квадратичной или даже, возможно, другой функции (например, из фигур, напоминающих по своей форме и объёму "вытянутые столбы"). Поэтому данное положение точнее подпадает под частный случай, характерный для торцового выпуска.

7. Отсутствуют результаты внедрения выполненных исследований.

На мой взгляд, исследования тем и интересней, если они побуждают к дискуссии,

если существуют расхождения с установившимися (классическими) догмами, при этом в принципиальном плане не противореча последним и т.д. Работа существенно бы "выиграла" если диссертант сделал бы акцент на сравнительные оценки в виде графиков, зависимостей и корреляционных связей, в том числе в формализованном виде. Отмечу, что данных по результатам исследований в диссертации более чем достаточно.

Выделенные замечания носят интерпретационный характер и не снижают общую положительную оценку диссертации.

7. Заключение

Диссертация Лаптева В.В. представляет собой научно-квалификационную работу, в которой приводятся научно обоснованные технологические решения, заключающиеся в установлении механизма формирования потерь и разубоживания руды путем вариационного исследования процесса истечения разрыхленной горной массы под обрушенными породами в рамках геотехнологий с торцовым выпуском, внедрение результатов которых вносит значительный вклад в развитие горнодобывающей отрасли страны и расширяет диапазон применения систем разработки данного класса.

Совокупность результатов исследований, а также прикладное значение выводов и рекомендаций свидетельствуют о соответствии представленной диссертации требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ, а её автор – Лаптев Владимир Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.8.8 – "Геотехнология, горные машины".

Официальный оппонент,

доктор технических наук по специальности 25.00.22, в.н.с., зав. Лабораторией подземной разработки рудных месторождений Института горного дела СО РАН: 630091, Россия, Новосибирск, Красный проспект, 54,

тел. +7 (383) 205–30–30, доб. 125,

E-mail: nsa_nsk@mail.ru



Неверов Сергей Алексеевич

подпись

Я, Неверов Сергей Алексеевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их обработку.



подпись

Личную подпись официального оппонента Неверова С.А. заверяю

Ученый секретарь ИГД СО РАН



К. А. Коваленко

30.10.2023 г.