

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Вербило Павла Эдуардовича
«ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМИРОВАНИЯ МЕЖДУКАМЕРНЫХ
ЦЕЛИКОВ В БЛОЧНОМ ГОРНОМ МАССИВЕ»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности: 25.00.20 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная
аэрогазодинамика и горная теплофизика»

1. Актуальность работы

Разработка рудных месторождений полезных ископаемых ведется, в том числе, с использованием камерно-столбовой системы разработки для выемки пологих и наклонных залежей полезных ископаемых, где для поддержания выработанного пространства и кровли используются целики. Проектирование и расчет несущей способности целиков в сложных горно-геологических условиях требует особого подхода, позволяющего учесть наибольшее количество факторов, влияющих на прочность горного массива. При этом создаваемые в современных условиях проекты должны иметь соответствующее геомеханическое обоснование, подразумевающее учет комплексности строения трещиноватого горного массива. Следует отметить, что надежная оценка механического состояния, прочностных и деформационных характеристик блочного горного массива, основанная на сочетании натуральных и численных экспериментов, аналитических исследований, составляет основу для проектных решений при разработке технологических схем добычи полезного ископаемого, возведении высоконапорных плотин различных типов, проектировании откосов, мостов, автострад, строительстве подземных сооружений различного назначения. В связи с трудоемкостью и капиталоемкостью реализации натуральных экспериментов, ограниченностью применения аналитических и эмпирических подходов вычисления механических характеристик блочного горного массива, разработка численных методов моделирования является актуальным направлением развития научной области для создания научно-обоснованных подходов вычисления коэффициента структурного ослабления трещиноватого горного массива, вычисления его напряженно-деформированного состояния в сложных горно-геологических условиях и изучения анизотропии прочностных и деформационных характеристик. Современные компьютерные комплексы в рамках метода конечных элементов позволяют реализовать в численном виде адекватные реальному механическому поведению массива сложные геомеханические процессы в плоской и пространственной постановках. При этом, успешное применение численных методов моделирования требует правильной настройки виртуальной геомеханической модели, основанной на геотехническом анализе и понимании моделируемых процессов.

Полученные автором диссертации данные являются научно значимыми в свете того, что работа выполнена на актуальную тему по изучению прочности и деформационных процессов в блочном горном массиве на примере междукамерных целиков с использованием передовых вычислительных технологий, требующих высокой производительной мощности и большого количества труда для создания численных геомеханических моделей блочного горного массива, где его строение воспроизводится в явном виде и испытание проводится по схеме заданных деформаций.

2. Полученные автором результаты, научная новизна и практическая значимость выносимых на защиту положений

Разработанный автором подход создания численной геомеханической модели блочного горного массива в рамках существующего программного комплекса позволяет производить оценку деформации блочного горного массива, где разрушение последнего происходит в явном виде за счет дискретной постановки задачи, когда каждый блок горной породы взаимодействует с соседними по контактными поверхностям с использованием нелинейного критерия прочности Бартона. Отдельной оценки требует выполненный автором диссертации обзор современного мирового опыта по проектированию междукамерных целиков и способов вычисления механических характеристик трещиноватого горного массива, так как преимущественно используется зарубежная литература, что представляет большую практическую ценность, так как вся информация может быть применена специалистами в конкретных проектах в аналогичных горно-геологических условиях.

По результатам проведенных исследований с использованием численного метода моделирования геомеханических процессов в блочном горном массиве автором получены важные результаты (в связи с ограниченностью применения натуральных экспериментов по причине их трудоемкости и капиталоемкости), позволяющие дать качественную и количественную оценки прочности и деформирования блочного горного массива. Обосновать, с использованием существующих геомеханических моделей (например, упруго-пластическое или жестко-пластическое), поведение блочного горного массива под нагрузкой. Произвести оценку коэффициента структурного ослабления, изучить закономерность изменения прочностных и деформационных характеристик блочного горного массива при изменении строения его трещиноватости и её ориентации в пространстве (анизотропия механических характеристик).

В качестве основного научного достижения следует отметить разработанную автором концепцию вычисления масштабного эффекта прочностных характеристик блочного горного массива. Предложенный подход предусматривает ряд последовательно

выполняемых действий по созданию численной геомеханической модели с высокой степенью детализации геомеханических процессов за счет виртуального представления строения массива в явном виде. Широкие возможности, которые имеет предложенный метод компьютерного моделирования, позволили автору исследовать поведение междукламерных блочных целиков, особенности формирования напряжённо-деформированного состояния в них и выявить основные закономерности их разрушения в зависимости от соотношения их сторон.

В целом, анализ сформулированных автором по результатам исследований трех научных положений, выносимых на защиту, позволяет сделать вывод о их обоснованности и наличии в них несомненной научной новизны и практической значимости.

3. Достоверность и обоснованность полученных в диссертации результатов

Достоверность и обоснованность полученных в диссертации научных результатов подтверждается на основе следующих соображений: данные полученные автором качественно и количественно сопоставимы с результатами других исследователей в области изучения трещиноватых горных массивов. В высокой степени сопоставимые результаты сравнения прогнозных и лабораторных экспериментов на сдвиг блоков горной породы, прогнозной прочности междукламерных целиков с использованием численной модели и эмпирических подходов позволяют говорить об адекватности применяемых расчетных моделей и обоснованности сформулированных в диссертации научных положений, выносимых на защиту.

4. Замечания и рекомендации по диссертационной работе

Отмечая высокий уровень выполненных автором исследований, тем не менее, по тексту диссертации можно сделать следующие замечания:

1. Отмечается большое количество грамматических ошибок. В автореферате при обозначении кривых на графиках принята неверная стилистика их нумерации, что приводит к неверному пониманию результатов, представленных на рис.15 (позиции 3 и 4 перепутаны местами).

2. По тексту диссертации часто идет сопоставление результатов численного моделирования с аналитическими (эмпирическими) решениями. При этом автор для обоих методов использует и другие термины, такие как: «виртуальные испытания», «аналитическое решение на основе лабораторного эксперимента», «экспериментальные данные». Как пример, ссылка на рис. 3 автореферата – в тексте один термин, в подрисуночной надписи второй термин, а на аналогичный рисунок в диссертации третий термин. Следовало бы пользоваться одинаковой терминологией.

3. В работе утверждается, что достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается удовлетворительной сходимостью результатов натуральных наблюдений и экспериментов по исследованию прочности блочного массива с результатами численного моделирования. Однако в диссертации приведены только единичные натурные исследования на Текелийском руднике без описания типа пород и их свойств, состояния трещин. При этом своих расчетов для показанных натуральных условий не представлено. В работе имеются ссылки на результаты численного моделирования других авторов и сопоставления таких результатов с натурными исследованиями. Путая терминологию, автор диссертации результаты, полученные эмпирическими методами, называет натурными данными, как например, в автореферате на стр. 16 ссылается на рис.15.

4. В п.1. выводов к 3 главе диссертации сказано, что «определяющим фактором снижения несущей способности целика в блочном рудном массиве при увеличении его размеров или изменении угла наклона трещиноватости является неоднородность распределения напряжений и деформаций внутри него». Только такой процесс происходит и без увеличения размера целика. Данный пункт следовало бы объединить с п.7 выводов, в котором говорится о таких же процессах.

5. Некоторые выводы настолько сильно перегружены смысловой нагрузкой, что тяжелы для понимания, как например п.4 выводов к третьей главе: «учет системы трещиноватости в блочном горном массиве позволяет получить результаты, свидетельствующие о несимметричности распределения внутри него напряженного состояния, зона наиболее нагруженных частей участка массива варьируется в зависимости от его структуры». Такие выводы нужно представлять в более понятной форме.

6. В главе 4 для конечно-элементной модели рекомендуется учитывать структуру массива по данным геофизических исследований. Но ведь геофизические исследования позволяют определять и деформационно-прочностные свойства массива, которые дают возможность учитывать всю структурную нарушенность массива. В работе приведены исследования, показывающие зависимость модуля деформации от системы трещиноватости. Поэтому рекомендации использовать геофизические методы для определения деформационно-прочностных свойств массива были бы уместны.

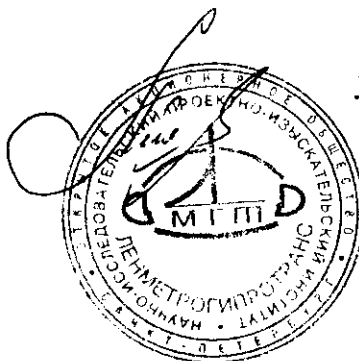
7. При создании численных геомеханических моделей блочного горного массива и геомеханических процессов, происходящих в нем, автору следовало бы более подробно отобразить процесс создания сетки трещин, так как она производится не в автоматическом режиме.

В целом, сформулированные замечания не относятся к научным положениям проведенного исследования и носят рекомендательный характер.

5. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней»

В качестве заключения необходимо наряду с научной новизной и практической значимостью выполненного П.Э. Вербило диссертационного исследования отметить, что оно содержит решение актуальной научной задачи, связанной с разработкой подхода количественного обоснования коэффициента структурного ослабления блочного горного и рудного массивов, описания процессов деформирования блочной среды и обосновании того факта, что для описания одного и того же массива могут быть использованы различные геомеханические модели в зависимости от граничных условий. Изложенное выше позволяет констатировать, что диссертация П.Э. Вербило является законченной научно-квалификационной работой, полностью соответствующей требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям. Таким образом, П.Э. Вербило заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Официальный оппонент,
заместитель генерального
директора по научно-
исследовательской работе
Открытое акционерное общество
«Научно-исследовательский,
проектно-изыскательский
институт «Ленметрогипротранс»,
к.т.н.



Лебедев Михаил Олегович

05.09.18

Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский,
проектно-изыскательский институт «Ленметрогипротранс»
191002, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Московская, д. 2
тел.: +7 (812) 316-20-22
e-mail: lebedev-lmgt@yandex.ru