

О Т З Ы В

официального оппонента, *доктора технических наук, профессора Саммалая Андрея Сергеевича* на диссертацию *Емельянова Ивана Андреевича* на тему: «Развитие метода полной разгрузки для определения естественного напряженного состояния горных массивов апатит-нефелиновых месторождений Хибин», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

1. Актуальность темы диссертации

Успешное решение проблемы повышения технико-экономических показателей и развития горнодобывающей промышленности Российской Федерации связано с необходимостью разработки новых подходов и совершенствованию методологии проведения натурных геомеханических исследований, в том числе, связанных с оценкой полей напряжений в горных массивах, поскольку эти данные имеют большое значение для обеспечения безопасного и экономически эффективного ведения горных работ.

Существующие до настоящего времени методы экспериментального определения естественного напряженного состояния породных массивов характеризуются высокой трудоёмкостью и предусматривают применение сложных высокоточных измерительных приборов. При этом методики обработки полученной информации, как правило, базируются на решениях обратных задач геомеханики и теории упругости, в постановках которых имеются существенные упрощения и допущения, что может приводить к искажению представлений о величинах и направлениях действующих главных напряжений в горных массивах, сводя результаты дорогостоящих натурных исследований лишь к качественной оценке горно-технических условий горных работ. Таким образом, повышение точности и достоверности прогноза полей напряжений в массивах на основе комплексного подхода, включающего разработку современных методик натурных и лабораторных исследований с применением высокоточного оборудования, численного мо-

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-14С от 10.09.21
А В В С

делирования с учётом неоднородности пород и термодинамических проявлений, а также математического моделирования, позволяющего получать количественные параметры, характеризующие естественные поля напряжений, является важной задачей геомеханики.

Оценивая **актуальность** выполненного Емельяновым Иваном Андреевичем исследования в целом, можно заключить, что в диссертации на высоком уровне поставлен и успешно решен ряд научных и прикладных задач геомеханики, связанных с совершенствованием экспериментального метода полной разгрузки, используемого для определения естественного напряженного состояния горного массива применительно к условиям апатит - нефелиновых месторождений Хибин. Очевидно, внедрение полученных в диссертации результатов в инженерную практику будет способствовать снижению капитальных затрат и рисков в горном деле.

2. Научная новизна диссертации

Анализируя научную новизну представленной диссертации, можно отметить, что в рамках выполненных исследований автором были установлены новые закономерности, иллюстрирующие изменения радиальных смещений стенок измерительных скважин и деформаций горного массива на различном удалении от контура горной выработки применительно к условиям месторождений апатит-нефелиновых руд Хибин. В работе также представлена усовершенствованная методика учета трещиноватости горного массива применительно к случаям, когда размеры трещин сопоставимы с диаметрами измерительных скважин, при представлении контактного взаимодействия в явном виде в форме напряжений на границах между структурными блоками, и разработаны соответствующие рекомендации по определению областей применения разработанного подхода.

Научной новизной обладает предложенная в работе методика учета влияния термомеханических параметров пород на изменение диаметра измерительной скважины при обурировании окружающего выработку горного массива. На основе обработки выполненных многофакторных исследований с использованием предложенной методики была установлена закономерность, которую автор предложил аппроксимировать соответствующей зависимостью.

3. Оценка обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность содержащихся в диссертации научных положений, выводов и рекомендаций сомнений не вызывает, поскольку их обоснованность подтверждается результатами комплексных натурных измерений, выполненных в условиях функционирующих горных выработок, данными испытаний отобранного кернового материала в лабораторных условиях, использованием стандартных методов математического моделирования, и применением апробированных в геомеханике методов статистической обработки полученных экспериментальных данных. Кроме этого о достоверности полученных автором результатов свидетельствует верификация реализованных в работе математических моделей, выполненная путем сравнения получаемых результатов с данными натурных измерений, в том числе, выполненными другими исследователями.

4. Научные результаты, их ценность

Анализ полученных в ходе работы над диссертацией результатов позволил автору сформулировать три научных положения, которые выносятся на защиту. Оценивая ценность полученных научных результатов, можно отметить, что они обладают новизной и представляются в достаточной степени обоснованными. При этом в качестве основного достоинства работы следует отметить, что защищаемые научные положения базируются на данных натурных исследований, выполненных автором в условиях действующих апатит-нефелиновых рудников. Использование апробированного в данных условиях метода кольцевой разгрузки и современных средств измерений, включая трехкомпонентные датчики, а также представительный объем лабораторных и вычислительных экспериментов позволили автору разработать методику обработки данных натурных исследований, позволяющую существенно повысить точность инженерной оценки величин и направлений главных напряжений, действующих в исследуемом горном массиве. В качестве научного результата можно также отметить разработанную с участием

автора оригинальную компьютерную программу, которая применялась как важный компонент предложенной методики.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 4 печатных работах, в том числе 2 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), 2 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования (Scopus). Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Теоретическая и практическая значимость исследования заключается в следующих полученных автором диссертации научных результатах:

- усовершенствован метод определения естественного напряженного состояния горного массива апатит-нефелиновых месторождений Хибин, основанный на кольцевой разгрузке с применением трехкомпонентного датчика смещений;
- разработаны рекомендации по учету влияния трещиноватости горных пород, в том числе - применительно к условиям, когда размеры трещин сопоставимы с размерами измерительных скважин;
- выявлена закономерность изменения смещений контура измерительной скважины вследствие повышения температуры пород при бурении разгрузочной щели;
- разработано оригинальное программное обеспечение расчета (авторство закреплено свидетельством о регистрации программы для ЭВМ № 2023666261);
- сформулированные в диссертации выводы и рекомендации приняты компанией ООО «Спб-Гипрошахт» к использованию в проектной деятельности.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Усовершенствованный в рамках выполненных исследований экспериментальный метод определения естественного напряженного состояния горных мас-

сиров применительно к горно-техническим условиям апатит-нефелиновых месторождений Хибин, вследствие того, что он предусматривает комплексное проведение полевых и лабораторных испытаний, а также многовариантное компьютерное и математическое моделирование, является, в определенном смысле, универсальным, поэтому может быть рекомендован к использованию различным профильным организациям, занимающимся проблемами подземной разработки полезных ископаемых и строительства. При этом сформулированные в работе рекомендации представляют практическую ценность для научно-исследовательских центров, специализирующихся на натурных изысканиях.

7. Замечания и вопросы по работе

Отмечая научную ценность и практическую значимость полученных в диссертации Емельянова Е.А. результатов, следует обратить внимание на следующее:

- форма изложения материала первой главы, посвященной анализу современного состояния рассматриваемого вопроса, представляется весьма обобщенной; в этой связи автору следовало основное внимание уделить анализу конкретных проблем, связанных с практическим применением экспериментальных методов геомеханических исследований, в частности, указать, чем обоснован выбор в качестве основного инструмента при проведении натурных исследований метод кольцевой разгрузки, рассмотреть его достоинства и недостатки, изложить научное обоснование данного метода и проблемы, связанные с обеспечением точности измерений, а затем на этой основе сформулировать цель и идею работы;
- в ходе решения поставленных задач, связанных с совершенствованием метода кольцевой разгрузки, автор сосредоточился на вопросах, связанных с корректировкой данных измерений с целью учета трещиноватости пород и термодинамических проявлений в ходе бурения измерительных скважин, при этом следовало показать, как повлияло предложенное развитие методологии обработки полученной информации на конечный результат, а именно, на величины и направления определяемых главных напряжений в массиве;

- на стр. 7 автореферата основная формула (3), с помощью которой предлагается оценивать влияние температурного фактора на изменение диаметра z измерительной скважины, дана без какого-либо описания; при этом анализ указанной формулы, приведенной на стр. 109 диссертации с соответствующими пояснениями, вызывает ряд вопросов, в частности, непонятно, каким образом производить вычисления с ее применением, если определяемый параметр z также входит в правую часть выражения (в коэффициенты K_1, K_2), и почему автор называет предложенную зависимость полиномиальной;

- основной информацией, которая необходима при проектировании горных работ, являются адекватные данные о полях естественных (начальных, бытовых) напряжений в горном массиве, в связи с этим автору следовало также уделить внимание методическим вопросам практического применения метода кольцевой разгрузки, в частности, выработке конкретных рекомендаций по выбору направлений и длин измерительных скважин, количеству измерений и пр., с тем, чтобы повысить точность прогнозных оценок, исключив при этом из рассмотрения воздействия, обусловленные различными техногенными горно-техническими факторами, например, влиянием существующих выработок, выработанного пространства и т.д.

Сделанные замечания, впрочем, в значительной степени имеют рекомендательный характер и не влияют на положительную оценку выполненных автором исследований.

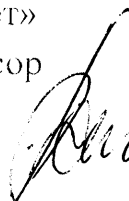
8. Заключение по диссертации

Диссертация «Развитие метода полной разгрузки для определения естественного напряженного состояния горных массивов апатит-нефелиновых месторождений Хибин», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвер-

жденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор **Емельянов Иван Андреевич** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

Официальный оппонент

Профессор кафедры механика материалов и геотехнологий ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»
доктор технических наук, профессор



Саммал Андрей Сергеевич

Подпись официального оппонента Саммала Андрея Сергеевича заверяю
М.П.

Сведения об официальном оппоненте:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет»

Почтовый адрес: 300012, Тульская область, г. Тула, проспект Ленина, д. 92

Официальный сайт в сети Интернет: <https://tulsu.ru/>

эл. почта: assammal@mail.ru

телефон: (4872) 25-79-21

