



Общество с ограниченной ответственностью
«ПОЛИГОР»

199106, Санкт-Петербург, В.О., 22-я линия, д.3, к.1, литера М, помещение 1Н, комната 293 (офис 519)

(812) 945-08-07, mail@polygor.com, www.polygor.com

От 27.01.2025г № 11-01/25

На № от

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Дмитриева Сергея Владимировича на тему: «Развитие методики оценки напряженно деформированного состояния массива горных пород с учетом контактных характеристик структурных неоднородностей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика

Диссертация С.В. Дмитриева состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников, семи приложений и изложена на 149 страницах, содержит 73 рисунка, 17 таблиц.

1. Актуальность избранной темы диссертации связана с необходимостью повышения эффективности системы прогнозирования геомеханического состояния массива горных пород для стабильной разработки тектонически нарушенных Хибинских апатит-нефелиновых месторождений, являющихся одним из наиболее стабильных и основных поставщиков фосфатного сырья для производства минеральных удобрений.

Опыт разработки Хибинских апатит-нефелиновых месторождений показывает, что современное состояние горных работ не всегда соответствует реальным геологическим условиям, что объясняется не учетом пространственного характера распределения напряжений в блочном массиве с учетом контактных характеристик структурных неоднородностей при проектировании параметров отработки месторождений. Для повышения надежности прогноза нелинейных геомеханических процессов в блочных массивах горных пород в России и зарубежом интенсивно развиваются расчетные методы и программное обеспечение. Нельзя констатировать, однако, что вопросы численной оценки напряженно-деформированного состояния с учетом контактных характеристик структурных неоднородностей при отработке рудных месторождений изучены в полной мере.

Указанные обстоятельства актуализируют постановку цели диссертации – разработку метода учета структурных нарушений при объёмном моделировании напряженно-деформированного состояния массива горных пород методом конечных элементов.

Тема и содержание диссертации С.В. Дмитриева соответствует паспорту специальности 2.8.6 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, изложенных в диссертации, подтверждается анализом представительного количества источников зарубежной и российской научной литературы по теме диссертации, данных о параметрах напряженно-деформированного состояния массива на рудниках АО «Апатит» и АО «СЗФК», теоретическими исследованиями, проведенными с применением современного программного комплекса «Sigma GT» (Горный институт КНЦ РАН), позволяющего прогнозировать геомеханические процессы в массиве горных пород.

Первое защищаемое положение подтверждается значительным объемом экспериментальных данных лабораторных испытаний образцов горных пород на сдвиг в сертифицированной лаборатории «Инструментальных исследований состояния горных пород Арктической зоны РФ» Горного института КНЦ РАН, позволяющих установить усредненные критериальные значения нормальной и касательной жесткости закрытой трещины для образцов вмещающих пород месторождений Хибинского массива (табл. 3.1 диссертации), и обосновано в разделах 3.1-3.3 главы 3 диссертации, а также в работах «Численное моделирование неоднородностей в трехмерной постановке метода конечных элементов // Горный журнал. – 2020. – № 12. – С. 35-39» в соавторстве с И.Э. Семеновым и А.А. Шестовым, «Выбор оптимальной модификации контактного элемента для моделирования напряженно-деформированного состояния массива горных пород с учетом структурных неоднородностей // Север и рынок: формирование экономического порядка. – 2019. – № 1(63). – С. 143-153», «Обеспечение гетерогенности сетки при внедрении контактных элементов в трехмерные модели напряженно-деформированного состояния // Цифровые технологии в горном деле: Тезисы докладов Всероссийской научно-технической конференции. - 2021. – С. 23» в соавторстве с И.Э. Семеновым и А.А. Шестовым, «The numerical modeling of heterogeneities by the finite element method in 3d setting // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Proceedings of the EUROCK 2021 Conference on Rock Mechanics and Rock Engineering, Turin, Italy. Vol. 833.- 2021. – P. 012094» в соавторстве с И.Э. Семеновым и А.А. Шестовым.

Второе защищаемое положение подтверждается результатами многовариантных численных экспериментов выполненных автором при оценке компонент главных напряжений моделей с различными параметрами жесткости разлома, в ходе которых установлен тип структурных неоднородностей с заполнителем, учет контактных характеристик по поверхностям которых, приводит к значимым отличиям в распределении полей напряженно-деформированного состояния (рис. 3.34, 3.36 диссертации), и обосновано в разделе 3.4 главы 3 диссертации, а также в работе «Выявление особенностей распределения напряженно-деформированного состояния массива при вариации контактной жесткости разлома // Горная промышленность. – 2023. – № S1. – С. 110-115» в соавторстве с И.Э. Семеновым.

Третье защищаемое положение подтверждается совокупностью конкретно описанных операций, выполнение которых обеспечивает получение результатов численных расчетов напряженно-деформированного состояния массива горных пород с учетом структурных неоднородностей (рис. 4.7 диссертации), что позволяет оценить влияние разломных структур с различным масштабом и типом заполнителя на вероятность сдвига по их контакту (рис. 4.12-4.13 диссертации), и обосновано в главе 4 диссертации, а также в работах «Решение упругой задачи методом конечных элементов. Визуализация тензора напряжений // Горный информационно-

аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – № 7. – С. 222-227», «Анализ главных касательных напряжений и площадок сдвига в объемной модели упруго деформируемого массива горных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – № S23. – С. 258-264» в соавторстве с И.М. Аветисяном, И.Э. Семеновым и А.А. Шестовым, «Моделирование напряженно-деформированного состояния массивов горных пород с учетом неоднородностей // Проблемы недропользования. – 2017. – № 1(12). – С. 132-137», «Решение задачи трехмерной визуализации расчетов напряженно-деформированного состояния массива горных пород // Геотехнология и обогащение полезных ископаемых: Материалы VII Конференции-школы молодых ученых, Апатиты. - 2016. – С. 5-10», «Применение численных методов для моделирования напряженно-деформированного состояния массивов горных пород с учетом неоднородности // Современная тектонофизика. Методы и результаты: материалы четвертой молодежной тектонофизической школы-семинара. - 2015. – С. 85-90», «The numerical modeling of heterogeneities by the finite element method in 3d setting // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Proceedings of the EUROCK 2021 Conference on Rock Mechanics and Rock Engineering, Turin, Italy. Vol. 833.- 2021. – P. 012094» в соавторстве с И.Э. Семеновым и А.А. Шестовым, «Evaluation of a potential shear in the vicinity of structural violations by calculation results of stress-strain state of the rock mass Evaluation of a potential shear in the vicinity of structural violations by calculation results of stress-strain state of the rock mass // EUROCK2018: Geomechanics and Geodynamics of Rock Masses: SET OF 2 VOLUMES, Vol. 1-2. - 2018. – P. 1593-1596».

Диссертация отличается логикой построения и последовательностью изложения, соответствием современному уровню развития теории и практики проведения лабораторных физико-механических испытаний образцов горных пород, численного анализа методом конечных элементов с модифицированными контактными элементами, систематизированным представлением аналитической информации. Все вышеизложенное свидетельствует о высоком научном и методическом уровнях диссертационного исследования.

3. Научная новизна и достоверность результатов.

Основные элементы научной новизны диссертации С.В. Дмитриева и приращения научного знания заключаются в следующем:

- разработана геомеханическая модель фиктивного контактного элемента, характеризующего свойства массива со структурными нарушениями для использования в программном обеспечении «Sigma GT» (Горный институт КНЦ РАН) (главы 2-4 диссертации);
- получены зависимости изменения параметров нормальной и касательной жесткости для закрытых трещин в образцах пород месторождений Хибинского массива (глава 3 диссертации);
- установлена степень влияния соотношения упругих характеристик заполнителя и вмещающего массива на распределение напряжений в окрестности моделируемой разломной структуры (глава 3 диссертации);
- численными экспериментами установлено влияние структурных неоднородностей с различным масштабом и типом заполнителя на перераспределение параметров поля напряжений на участках массива горных пород (глава 2-3 диссертации);
- разработан алгоритм методики численной оценки напряженно деформированного состояния массива горных пород с учетом контактных характеристик структурных неоднородностей (4 глава диссертации).

В диссертации автором использовались общенаучные и специальные методы исследования, включая данные лабораторных экспериментов.

Достоверность результатов диссертации подтверждается качественным соответствием с данными, полученными в ходе аналогичных исследований других авторов, разъясняющих полученные в теории и на практике результаты.

4. Значимость результатов для науки и практики.

Предлагаемые в диссертации теоретические положения по совершенствованию методики оценки напряженно деформированного состояния массива горных пород с учетом контактных характеристик структурных неоднородностей вносят существенный вклад в развитие теории прогнозирования геомеханического состояния блочного массива горных пород, что позволяет повысить безопасность и эффективность ведения горных работ.

Практическая ценность работы для горнодобывающих предприятий заключается в возможности применения разработанной автором методики и программного обеспечения для определения параметров геомеханически опасных зон и мероприятий по заблаговременному предотвращению обрушений в горных выработках.

5. Публикации, отражающие основное содержание диссертации, апробация результатов.

Результаты диссертации в достаточной степени освещены в 11 печатных работах в научных изданиях, в том числе в публикациях рекомендованных ВАК РФ и входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus. Основные положения и результаты исследования были представлены и получили положительную оценку на российских и международных научных конференциях, геомеханическом симпозиуме «EUROCK 2018».

Автореферат диссертации и публикации отражают основное содержание исследования.

6. Замечания по диссертации.

По нашему мнению, в диссертации следует отметить некоторые недостатки.

1. Необходимо пояснить какой вид трения учитывался в области контакта между тектонической трещиной и вмещающей породой.

2. Имеются ли различия в использовании предлагаемой методики для прогноза НДС на контактной поверхности трещин растяжения или отрыва?

3. Необходимо пояснить правомочно ли использовать единицы размерности «МПа/мм» при задании коэффициентов нормальной и касательной жесткости в матрицу жесткости, не будут ли используемые физические величины иметь разный размер и вносить искажение в результаты вычислений.

Замечания по существу имеют в значительной мере дискуссионный характер, представляя направление для дальнейшей работы, и не снижают высокого качества выполненных в диссертации исследований и полученных результатов.

7. Заключение по диссертации.

В диссертации на основе выполненных автором экспериментальных и теоретических исследований решена актуальная научная задача разработки методики оценки напряженно деформированного состояния массива горных пород с учетом контактных характеристик структурных неоднородностей, что имеет важное значение для расчетов параметров подземной разработки месторождений полезных ископаемых.

Диссертация «Развитие методики оценки напряженно деформированного состояния массива горных пород с учетом контактных характеристик структурных неоднородностей» полностью соответствует квалификационным требованиям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней от 24 сентября 2013 г № 842». По совокупности представленных результатов, актуальности, научной и практической значимости, обоснованности и достоверности основных результатов, а также по объему личного вклада автора, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, ее автор, Дмитриев Сергей Владимирович, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика» (технические науки).

Официальный оппонент

Сидоров Дмитрий Владимирович,
доктор технических наук, 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород,
рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика,
заместитель генерального директора по научной работе,
общество с ограниченной ответственностью «Полигор» (ООО «Полигор»),
199106, Санкт-Петербург, 22-я линия, д. 3, к. 1, литера М, ком. № 293 (офис № 519),
пом. 1Н,
mail@polygor.com, (812) 945-08-07

27.01.2025 г



Выражаю согласие на обработку персональных данных и на размещение отзыва на автореферат диссертации на сайте Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук (ИПКОН).

27.01.2025 г



Подпись Сидорова Дмитрия Владимировича заверяю:
Начальник отдела кадров ООО «Полигор» Л.П. Хлюпина

