

О Т З Ы В

официального оппонента, кандидата технических наук **Трофимова Андрея Викторовича** на диссертацию **Романовой Екатерины Леонидовны** на тему: **«Геомеханическое обоснование методики расчета напряженно-деформированного состояния крепи вертикальных стволов в нарушенных зонах массивов горных пород»**, 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

Важность достоверной оценки напряженного состояния вмещающего массива и выработок в современных условиях усложнения условий и углубления отработки полезных ископаемых определяет актуальность данного исследования. Точная и достоверная оценка напряженно-деформированного состояния системы крепь-массив необходима для прогноза и предупреждения зон повышенной концентрации напряжений с целью обеспечения безопасности ведения горных работ. Проведение стволов в регионах с интенсивно развитой системой тектонических нарушений также требует внимательного комплексного подхода, поскольку действующие нормативные документы не содержат детализированных указаний по расчёту крепей в нарушенной тектоникой массивах. Следовательно, на сегодняшний день возникает потребность в дополнении нормативной базы методами математического моделирования с целью обеспечения достоверного прогноза напряжений в массиве и крепи и безопасной отработки полезного ископаемого.

2. Научная новизна диссертации

Научная новизна диссертации обусловлена нижеперечисленными пунктами:

1. Установлена квадратичная зависимость напряжений в бетонной крепи ствола, проведенном в тектонически напряженном массиве, от ориентации, размера и формы неровности на контуре крепи.

2. Установлена полиномиальная зависимость размера области пластических деформаций в окрестности вертикальной выработки, пересекающей зону дробления в тектонически напряженном массиве, от мощности и угла наклона зоны дробления.

3. Разработана методика определения напряженно-деформированного состояния крепей вертикальных стволов, пересекающих зоны дробления в тектонически напряженных массивах, позволяющая повысить точность расчетов за счет учета мощности и угла наклона зоны дробления в явном виде.

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

Достоверность научных положений и выводов определена использованием стандартных методов математического моделирования и большим числом проведенных численных экспериментов, использованием статистических методов обработки данных, верификацией

ОТЗЫВ
ВХ. № 9-331 от 04.07.21
АУ УС

моделей с натурными данными и ранее проведенными экспериментами других исследователей, а также сопоставлением полученных результатов с уже существующими в этой области исследованиями с высокой степенью сходимости.

4. Научные результаты, их ценность

Полученные научные результаты представляют ценность для развития методов прогноза напряженно-деформированного состояния массива и крепи при строительстве подземных сооружений. На защиту выносятся следующие положения:

1. При проведении вертикального ствола через зоны дробления мощностью свыше 25% его диаметра и углом падения свыше 15 градусов в тектонически напряженных массивах размер зоны пластических деформаций в окрестности зоны дробления следует определять из пространственной постановки задачи, в иных случаях допускается использование упрощенной (плоской) постановки.

2. Максимальные напряжения в бетонной крепи ствола при пересечении зон дробления в тектонически напряженных массивах образуются в областях контакта с ненарушенным породным массивом, примыкающим к зоне дробления, где величина напряжений повышается до 2,4 раз в сравнении с аналогичными участками вне зон дробления, причем, определяющее влияние на значение напряжений в крепи оказывает угол наклона зоны дробления, в то время как мощность зоны дробления оказывает влияние только при достижении ее размерами значений, соизмеримых с диаметром ствола.

3. Неровности контура бетонной крепи вертикального ствола при расчете ее напряженно-деформированного состояния следует учитывать при превышении линейного размера неровности на 6% от радиуса ствола в черне.

Указанные защищаемые положения расширяют область знаний геомеханики в вопросе прогноза напряженно-деформированного состояния горных пород в тектонически напряженных и нарушенных массивах при проведении вертикальных выработок в них.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 6 печатных работах, в том числе в 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), в 2 статьях – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получен 1 патент – свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Теоретическая и практическая значимость диссертации определена следующими результатами:

1. Разработана численная модель прогноза напряженно-деформированного состояния системы крепь-массив в тектонически нарушенном массиве.

2. Разработана методика расчета крепей стволов в тектонически напряженных массивах (получены переходные коэффициенты для аналитического расчета).

3. Определены оптимальные параметры крепи ствола, пересекающего зоны дробления в массивах.

4. Результаты диссертационной работы отражены в свидетельстве о регистрации программы для ЭВМ № 2023680836 «Программа для расчета крепи вертикального ствола в программном пакете Abaqus CAE» от 05.10.2023.

5. Результаты диссертационной работы приняты к использованию при определении параметров крепи вертикальных стволов на месторождениях полезных ископаемых, добываемых подземным способом, и применены в проектной деятельности компании АО «Гипроцветмет» – получен акт об использовании результатов кандидатской диссертации от 28.11.2024 г.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Методика расчета крепи вертикальных стволов в тектонически напряженных массивах пород, основанная на использовании методов объемного численного моделирования, подлежит использованию в горнодобывающих компаниях, а также в организациях, осуществляющих деятельность в области подземного строительства. Полученные результаты также представляют значимость для научно-исследовательских центров и институтов для обоснования решений по креплению вертикальных стволов в тектонически осложнённых массивах.

7. Замечания и вопросы по работе

– На стр. 57 указано, что соотношение σ_1/σ_2 было принято в промежутке от 1 до 1,3 с шагом 0,1, затем на стр. 59 указано следующее: «соотношение вертикальной и максимальной горизонтальной компонент горного давления $\sigma_2/\sigma_1 = 1,3$ ». Скорее всего это опечатка и подразумевалось $\sigma_1/\sigma_2 = 1,3$.

– На стр. 61 в Таблице 8 указано, что представлены физико-механические свойства массива горных пород, однако указанные значения параметров больше соответствуют свойствам в образце. Угол внутреннего трения указан 50 градусов, хотя его значение обычно не превышает 45 градусов.

– На стр. 66. При описании граничных условий для плоской модели указано, что Начальное напряженное состояние имеет следующие характеристики: вертикальные напряжения – 10 МПа, горизонтальные – 7 и 4 МПа. При этом в разделе 2.1 указано что поле напряжений в условиях Талнахского месторождения является тектоническим, в самой диссертации это подтверждается верификационным численным моделированием и представлены соотношения главных напряжений. Соотношение главных напряжений, используемых в модели, не совпадают с верификационным. Дополнительно возникает вопрос, почему моделирование выполнено при данном уровне напряжений, соответствующим глубине 400 м.

– Результаты работы базируются на численном моделировании, однако, ни в автореферате, ни в диссертации не представлено детально описание построения модели, определения граничных условий (параметры сетки конечных элементов, оценка качества конечных элементов, подбор параметров и размеров элементов).

– В автореферате Формула 3 получена для частного случая, поэтому в работе необходимо привести области допустимых значений переменных, используемых в уравнении.

Заключение по диссертации

Диссертация «Геомеханическое обоснование методики расчета напряженно-деформированного состояния крепи вертикальных стволов в нарушенных зонах массивов горных пород», 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», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор Романова Екатерина Леонидовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

Официальный оппонент

Директор департамента научно-технического развития

ООО «Институт Гипроникель»

кандидат технических наук



Трофимов Андрей Викторович

03.07.2025

Сведения об официальном оппоненте:

ООО «Институт Гипроникель»

Почтовый адрес: 195220, г. Санкт-Петербург, Гражданский проспект, д. 11

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

эл. почта: trofimovav@nornik.ru, телефон: +7-921-849-41-11