

АННОТАЦИЯ

Диссертация на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07202 - «Горное дело»

Жунусбекова Гаухар Жумашевна

«ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОГЕННЫХ ОБНАЖЕНИЙ В СЛОИСТОМ МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД»

Актуальность исследований

Развитие горнодобывающей промышленности требует постоянного совершенствования методов и технологий обеспечения устойчивости горных выработок. Одним из ключевых факторов, определяющих безопасность и эффективность подземных горных работ является правильный выбор и обоснование параметров крепления выработок, особенно в условиях сложного геологического строения.

Неучет неоднородности пород приводит к значительной идеализации условий проходки и крепления техногенных обнажений и снижению надежности принимаемых по ним решений. Такой подход существенно понижает полноту и достоверность данных в оценке условий поддержания техногенных обнажений. Оценка неоднородности многослойных толщ имеет большой практический интерес для решения вопросов крепления с учетом структурной и прочностной неоднородности массива пород.

Слоистый массив горных пород характеризуется анизотропностью механических свойств, сложным напряженно-деформированным состоянием и высокой вероятностью потерь устойчивости под воздействием горного давления. В таких условиях применение традиционных методов расчета и проектирования крепи может приводить к значительным погрешностям, что негативно сказывается на безопасности ведения горных работ.

Многочисленные исследования, проведенные в последние годы, направлены на изучение особенностей напряженно-деформированного состояния и разрушения слоистых массивов горных пород, в том числе при различных углах залегания пластов, степени трещиноватости и изменчивости физико-механических свойств. Методами физического моделирования и численного анализа (с применением современных программных комплексов RS2, FLAC3D, UDEC и др.) установлено, что изменение геометрии слоистости и параметров контактов между слоями существенно влияет на распределение напряжений и формирование зон разрушения в окрестности выработок.

Несмотря на полученные результаты, остаются нерешенными задачи комплексной оценки устойчивости выработок с учётом полной геомеханической характеристики массива. По-прежнему недостаточно разработаны универсальные методики, позволяющие учитывать влияние геометрических, прочностных и деформационных параметров слоистости, особенно в условиях анизотропии. Отсутствие внедрения полученных

результатов в инженерную практику подтверждает необходимость дальнейших исследований, направленных на разработку практических рекомендаций по проектированию крепи в сложных геологических условиях.

Современные численные методы моделирования, включая применение программного комплекса RS2, позволяют проводить детальный анализ взаимодействия элементов крепи с окружающей горной породой, учитывая важнейшие геомеханические факторы, такие как угол залегания слоёв, коэффициент запаса устойчивости и параметры зоны неупругой деформации (ЗНД).

Таким образом, актуальность настоящего исследования обусловлена необходимостью научного обоснования устойчивости горных выработок в условиях неоднородных слоистых массивов и разработки практических рекомендаций по проектированию и оптимизации параметров крепления с учётом реальных геомеханических условий эксплуатации.

Целью диссертационной работы является установление закономерностей изменения напряженно-деформированного состояния массива вокруг техногенных обнажений пройденных в слоистом массиве и разработка рекомендации по выбору типов и параметров крепления.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- проведение обзорного анализа проблемы и исследованности вопроса устойчивости техногенных обнажений в анизотропном массиве;
- анализ геомеханических условий залегания слоистых горных пород и их влияния на устойчивость выработок;
- проведение лабораторного эксперимента по определению влияния угла наклона слоев на прочность образцов горных пород;
- исследование напряженно-деформированного состояния массива с учетом различных углов залегания слоев;
- проведение численного анализа для установления закономерности влияния углов залегания слоев пород на НДС массива приконтурной части горных выработок;
- разработка методики выбора и оптимизации параметров крепи, включая штанговую крепь, канатные анкеры в сочетании с торкретбетоном и металлической сеткой;
- моделирование взаимодействия крепи с горным массивом и оценка коэффициента запаса устойчивости;
- разработка практических рекомендаций по креплению горных выработок в условиях слоистого массива.

Идея работы состоит в разработке технологических схем крепления, регламентирующих типы и параметры поддержания горных выработок, пройденных в слоистом массиве горных пород с учетом геологического индекса прочности (GSI) и горно-геологических условий месторождения.

Объектом исследования являются горные выработки, пройденные в слоистом массиве, где мощность слоев не превышает две высоты ($2h$) выработки.

Методы исследований. В ходе выполнения диссертационной работы использован комплекс методов исследования, включающий аналитический обзор современных представлений о механическом поведении слоистого массива горных пород, анализ моделей прочностных свойств анизотропных пород и критериев их разрушения; экспериментальные исследования, направленные на определение прочностных характеристик горных пород, включая модуль упругости, предел прочности при одноосном сжатии и деформационные свойства; численное моделирование напряженно-деформированного состояния массива и зон разрушения вокруг горных выработок с использованием программного комплекса RS2, учитывающее угол залегания слоев, их мощность и геомеханические характеристики; сравнительный анализ влияния различных геологических и геомеханических факторов на устойчивость горных выработок; а также метод геомеханического районирования, примененный для классификации массива по устойчивости и обоснования оптимальных параметров крепления.

Научные положения, выносимые на защиту:

- с увеличением угла наклона слоев пород наблюдается изменение конфигурации зоны неупругой деформации, при угле залегания 45° и выше наблюдается значительное расширение зоны неупругих деформаций в боковых частях выработки.

- соотношение ширины выработки к мощности отдельного слоя массива горных пород, равное 1 или большее, определяет значительное влияние структурных особенностей массива на напряженно-деформированное состояние горных пород в окрестности выработки;

- зона влияния сближенных выработок проявляется при расстояниях между выработками равных или меньше трехкратной ширины выработки, где происходит увеличение зоны неупругой деформаций;

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

- выявлены особенности формирования зон неупругих деформаций вокруг горных выработок с учётом углов залегания слоёв, что позволило объяснить асимметричное распределение зоны разрушения пород относительно оси выработки;

- установлены закономерности влияния расстояния между сближенными горными выработками на формирование зон неупругих деформаций, полученные на основе численного моделирования;

- установлены закономерности формирования и пространственного распределения зон неупругих деформаций в массиве горных пород с учётом толщины слоёв, что позволило выявить влияние слоистой структуры на развитие деформационных процессов вокруг горных выработок;

– разработаны научно обоснованные рекомендации по выбору схем и параметров крепления горных выработок с учётом категории устойчивости пород, углов залегания и горно-геологических условий.

Практическая значимость исследования заключается в возможности применения полученных результатов для проектирования и оптимизации крепи горных выработок, что позволит повысить безопасность подземных работ, снизить затраты на материалы и увеличить срок службы крепи.

Обоснованность и достоверность научных положений.

Обоснованность и достоверность научных положений диссертационной работы подтверждаются результатами численного моделирования напряженно-деформированного состояния массива горных пород с учетом углов залегания слоев, сопоставлением полученных данных с результатами лабораторных испытаний, а также аналитическими и статистическими методами оценки параметров зон неупругих деформаций.

Формирование зон неупругих деформаций вокруг горной выработки и их асимметричное распределение при различных углах залегания слоев подтверждено данными численного моделирования в программе RS2 и анализом исследований.

Влияние углов залегания слоев пород на напряженно-деформированное состояние массива обосновано сравнительным анализом моделируемых напряжений и деформаций, а также результатами опытных лабораторных испытаний образцов горных пород.

Прогнозирование влияния сближенных выработок подтверждено расчетами критических расстояний между ними, выявленных по данным моделирования и сопоставленных с результатами лабораторных исследований. Установлено, что при расстояниях, равных или меньших трехкратной ширине выработки, происходит значительное увеличение зоны неупругих деформаций, что согласуется с фактическими данными эксплуатации горных выработок.

Реализация результатов работы в промышленности. Научно-прикладные результаты диссертационной работы внедрены в практику проектирования и эксплуатации горных выработок. Разработанные рекомендации позволяют определять оптимальную конструкцию крепи на основе комплекса геотехнических решений, направленных на повышение устойчивости горных выработок в слоистом массиве с учетом категорий устойчивости и горно-геологических условий массива горных пород.

Личный вклад автора заключается в: постановке задач исследований, выполнении лабораторных экспериментов и анализе полученных результатов; проведении комплексных исследований, направленных на выявление особенностей формирования зон неупругих деформаций вокруг горных выработок с учетом углов залегания слоев; разработке практических рекомендаций по выбору типов и параметров крепи горных выработок в сложных геологических условиях, учитывающие особенности анизотропии и механического поведения слоистых горных пород.

Апробация работы.

Основные положения и результаты исследований были представлены на международных-практических конференциях: «Инновации в науке и практике», г.Уфа (Россия), 2023 г., «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации», г.Караганда, 2021 г., XV Сагиновские чтения. Интеграция образования, науки и производства». г.Караганда, 2023 г.,

Публикация работы. Основные положения работы отражены в 6 печатных работах, из них 2 статьи опубликованные в журналах, входящих в базу Scopus, 4 статьи, опубликованные в журналах, входящих в Перечень рекомендованных изданий КОКСНВО, 3 тезиса докладов, 1 патент на полезную модель, и 4 свидетельства о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка использованных источников и приложений. Работа представлена на 124 страницах, содержит 54 рисунка, 22 таблицы, 75 наименований использованной литературы и 4 приложения.