

На правах рукописи



Креницын Роман Владимирович

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ
ТЕКТОНИЧЕСКОГО НАРУШЕНИЯ НА ВТОРИЧНОЕ ПОЛЕ
НАПРЯЖЕНИЙ В ПРИКОНТУРНОМ МАССИВЕ
ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ**

Специальность: 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород,
рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Екатеринбург 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте горного дела Уральского отделения Российской академии наук (ИГД УрО РАН).

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор
ЗОТЕЕВ Олег Вадимович

Официальные оппоненты:

РАССКАЗОВ Игорь Юрьевич, член-корреспондент РАН доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Хабаровский Федеральный исследовательский центр, директор

АКСЕНОВ Анатолий Аркадьевич, кандидат технических наук, Уральский филиал ВНИМИ, заведующий лабораторией горных ударов

Ведущая организация – Научно-исследовательский и проектный институт обогащения и механической обработки полезных ископаемых АО «Уралмеханобр», г. Екатеринбург

Защита состоится « 30 » сентября 2022 г. в 14:00 часов на заседании диссертационного совета Д 004. 010. 02 при ИГД УрО РАН в зале заседаний по адресу г. Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, 58.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИГД УрО РАН.

Просьба направлять отзывы почтой в 2 экземплярах, заверенных печатью организации по указанному выше адресу.

Автореферат диссертации разослан « » 2022г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук



А.А. Панжин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы в настоящее время на целом ряде рудников России остро стоит проблема обеспечения устойчивости подземных выработок. Во многих случаях (Апатиты, Норильск, Североуральск, Таштагол, Дальнегорск, Нижний Тагил и др.) эта проблема обусловлена высоким уровнем природных напряжений действующих в массиве пород. Нарушения устойчивости происходят как за счет вывалов по существующим поверхностям ослабления, так и за счет образования новых трещин скола. Также в процессе проходки и эксплуатации зачастую наблюдаются и динамические проявления горного давления (стреляния, шелушения, а иногда и горные удары).

Невзирая на постоянный рост профилактических мероприятий, количество аварийных ситуаций при проходке и эксплуатации выработок различного назначения практически не снижается, что говорит как об ухудшающихся горнотехнических условиях разработки, так и о недостаточной изученности воздействующих факторов и низком качестве их прогноза.

Поэтому исследования направленные на разработку методики оценки влияния тектонического нарушения (ТН) на вторичное поле напряжений в приконтурном массиве выработок как одного из факторов, определяющих устойчивость выработок, являются актуальными.

Объект исследования - приконтурный массив выработки в стадии проходки вблизи тектонического нарушения.

Предмет исследований - закономерности изменения напряженно-деформированного состояния (НДС) приконтурного массива горных пород при наличии тектонического нарушения

Целью работы является исследование влияния тектонического нарушения на распределение напряжений в приконтурном массиве выработки.

Идея работы заключается в учете влияния ориентировки действия главных нормальных напряжений относительно ТН, физико-механических свойств массива и заполнителя ТН на НДС приконтурного массива выработки.

Задачи:

- исследование влияния ориентировки ТН относительно главных нормальных напряжений на напряженное состояние приконтурного массива;
- исследование влияния расстояния между контуром выработки и ТН на распределение напряжений;
- исследование влияния физико-механических свойств заполнителя ТН на распределение напряжений в приконтурном массиве.

Методы исследований. В диссертационной работе использован комплексный метод научных исследований, включающий анализ и теоретическое обобщение выявленных закономерностей влияния ТН на концентрацию напряжений в приконтурном массиве горной выработки, математическое моделирование поведения изучаемого объекта исследований.

Научные положения, выносимые на защиту:

- существенное влияние ТН на распределение напряжений в приконтурном массиве начинается с расстояния не более чем $1/3$ диаметра выработки от ее контура до ТН;
- с приближением ТН к контуру выработки степень влияния нарушения растет и достигает максимума при ориентировке нарушения параллельно максимальному сжимающему напряжению. В дальней зоне (на расстоянии более $1/3$ диаметра) максимальное влияние ТН достигается при его ориентировке к направлению максимального сжимающего напряжения под углом 45° ;
- влияние свойств заполнителя тектонического нарушениями мощности тектонического шва на концентрацию напряжений на контуре выработки не превышает 10-15% от максимально возможного уровня.

Достоверность обоснована

- современными представлениями об основных закономерностях деформирования пород вокруг выработок;
- соответствием построенных геомеханических моделей реальным свойствам горных пород.

Научная новизна работы:

- учтены соотношения главных нормальных напряжений и их ориентировки относительно тектонического нарушения;
- установлено минимальное расстояние между выработкой и тектоническим нарушением, при котором отмечается существенное влияние на НДС приконтурного массива;
- установлено, что влияние свойств заполнителя ТН на НДС приконтурного массива не превышает 10-15%, т.е. с учетом реальной изученности массива является несущественным фактором.

Практическая ценность. Результаты проведенных исследований позволяют заранее оценивать потенциально аварийные участки на стадии проектирования выработок и предусмотреть комплекс мер по предотвращению динамических явлений.

Личный вклад автора:

- составление геомеханической модели;
- проведение моделирования;
- анализ результатов и установление основных зависимостей влияния физико-механических свойств заполнителя и ориентировки действия главных нормальных напряжений относительно ТН на напряженное состояние приконтурного массива выработки.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались на молодежной научно-практической конференции «Проблемы недропользования» (12-15 февраля 2008 г.), на научном симпозиуме «Неделя горняка», (28 января – 1 февраля) г. Москва 2008 г., на

конференции «Геодинамика и напряженное состояние недр Земли» (06-10 июля) г. Новосибирск 2009 г., на научном симпозиуме «Неделя горняка» (25-29 января) г. Москва 2010 г.; на III Всероссийской научно-практической конференции Золото. Полиметаллы. XXI век (2-3 марта) г. Челябинск 2022 г; 10-й Китайско-Российский форум проблемы геомеханики и инженерии на больших глубинах – 25-26 июня 2022г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 15 печатных работ, в т.ч. 6 в изданиях, рекомендованных ВАК.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 4-х глав, заключения, содержит 85 страниц машинописного текста, 45 рисунков, 3 таблицы.

Основное содержание работы:

В первой главе проведен анализ ранее выполненных работ по изучению проявлений горного давления и их последствий при подземной геотехнологии. Проблема предотвращения опасных проявлений горного давления является одной из самых важных и сложных при подземной добыче.

Рассмотрены природа и механизм проявлений горного давления, в том числе в динамической форме. Изучение опыта ведения горных работ показал, что тектонические нарушения, как правило, являются концентраторами напряжений, вносящими значительную неоднородность в поле напряжений участка вскрываемого массива, что зачастую приводит к возникновению аварийных ситуаций при приближении выработок и очистных работ к дизъюнктивам.

Большой вклад в становление и развитие этого научного направления внесли работы: Петухова И.М., Влоха Н.П., Шуплецова Ю.П., Зотеева О.В., Рассказова И.Ю., Шреппа Б.В., Мазолева А.В., Ловчикова А.В., Липина Я.И., Аксенова А.А., Зубкова А.В., Феклистова Ю.Г., Асанова В.А., Авершина С.Г., Бича Я.А., Егорова П.В., Турчанинова И.А., Маркова Г.А., Старикова

Н.А., Малахова Г.М., Квапила Р., Кука Н., Пельнаржа А., Мюллера Л. и др. Научные основы и основные принципы борьбы с горными ударами впервые были разработаны в научно исследовательском институте горной геомеханики и маркшейдерского дела - ВНИМИ.

Анализ результатов предшествующих исследований позволил сформулировать решаемые задачи и цель диссертации.

Во второй главе диссертации проанализировано влияние основных геологических факторов, оказывающих влияние на напряженное состояние скального массива, а именно: влияние неоднородности прочностных и деформационных свойств массива, влияние трещиноватости на свойства массива, влияние тектонических нарушений.

Как известно, напряженное состояние земной коры меняется в широких пределах от региона к региону. Объяснением этого факта может только деформационная неоднородность строения литосферы. В меньших масштабах это проявляется и в масштабах месторождений: из результатов натурных наблюдений, моделирования и аналитических решений, а так же опыта отработки месторождений известно, что напряжения в смежных разностях пород могут существенно отличаться от средних: в более жестких породах напряжения выше, чем в более слабых.

В целом массивы горных пород, представляют собой сложные среды, расчлененные на структурные элементы различных порядков и отличающиеся той или иной степенью неоднородности и анизотропии физико-механических свойств горных пород. В большинстве случаев скальные горные породы с достаточной точностью могут рассматриваться как упругие тела.

В качестве деформационной неоднородности может выступать смена пород, либо появление зоны повышенной трещиноватости, приводящее к снижению модуля деформации массива.

Условия залегания горных пород в массиве и параметры трещиноватости так же существенно влияют на распределение напряжений в

нем. Это влияние, как правило, оценивается через снижение упругих свойств горных пород в зоне трещиноватости породного массива, т.е. реальный трещиноватый массив в расчетах заменяется эквивалентной по свойствам изотропной средой.

Тектонические нарушения, по сути дела, являются одним из видов деформационной неоднородности массива. Но при этом из-за их протяженности при относительно малой мощности нельзя проигнорировать ориентировку ТН и ввести в свойства изотропного однородного массива за счет введения коэффициентов, т.е. тектоническое нарушение должно рассматриваться как отдельное протяженное включение. По сути дела, влияние тектонических нарушений проявляется в масштабном перераспределении естественного напряженного состояния массива пород, а ведение горных работ только усугубляет ситуацию.

При этом следует иметь в виду, что разномасштабные тектонические нарушения имеют разную степень влияния на НДС массива. Установлено существование достаточно тесной связи между протяженностью разломов, амплитудой их смещения и возможной величиной подвижки l .

Реальный скальный массив всегда разбит на блоки тектоническими разломами различного ранга. При этом локальные возмущения НДС, вносимые крупными разломами достигают 100% от средней величины.

Влияние тектонических нарушений при ведении горных работ проявляется в виде двух основных факторов. Одним является повышенная опасность динамического проявления горного давления, другим – увеличение степени разрушения вмещающего массива по мере приближения фронта горных работ к разлому.

В третьей главе на основе численного моделирования проведено исследование закономерностей НДС скального массива в окрестности одиночной выработки при наличии близко расположенного тектонического нарушения. В качестве основных параметров, определяющих степень влияния ТН, рассматривались углы между направлением максимального

сжимающего напряжением и ТН, расстояние от ТН до выработки и свойства его заполнителя. В ходе исследований НДС моделировались для семи углов падения тектонического нарушения: 90° , 75° , 60° , 45° , 30° , 15° и 0° (рисунок 1), - ориентировка максимального сжимающего напряжения принималась горизонтальной. Для каждой ориентировки ТН были просчитаны задачи с различными расстояниями L между ТН и контуром круглой выработки (рисунок 1 - 3) при соотношениях величин главных нормальных напряжений (горизонтальных и вертикальных) $0,5:1$; $1:1$; $1,5:1$ и различных заполнителях ТН. Для универсальности решений и устранения ошибок, возникающих при моделировании в углах, моделировалась выработка круглого сечения. σ_{\max}

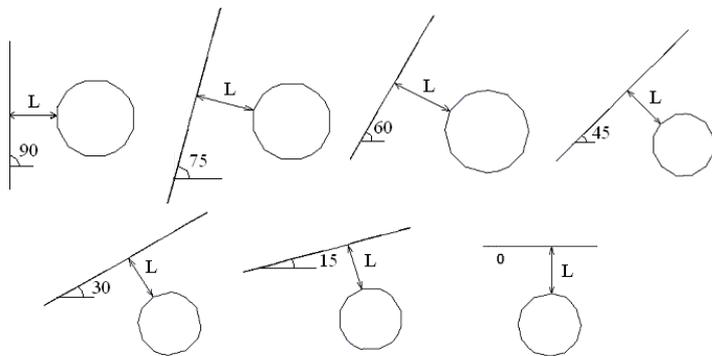


Рисунок 1 - Моделируемые положения тектонического нарушения относительно выработки



Рисунок 2 – План моделируемых положений тектонического нарушения относительно профиля выработки

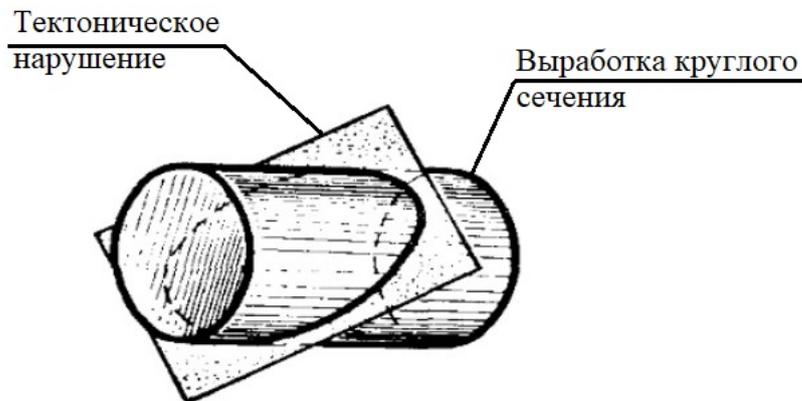


Рисунок 3 - Трехмерное представление моделируемого положения тектонического нарушения относительно одиночной круглой выработки

Тектоническое нарушение задавалось швом с постоянными параметрами (мощность шва, модуль деформации и коэффициент Пуассона шва и т.д.). По обеим сторонам ТН находится неизменный массив пород, т.е. моделировалось тектоническое нарушение I типа по классификации ВНИМИ.

При этом не моделировалось чередование «плотных» и «рыхлых» участков ТН, т.е. предполагалось, что протяженность тектонического нарушения превышает размеры выработки в 7 и более раз. При диаметре выработки $d=3$ м, заложенном в модель, длина однородного участка ТН была не менее 21 м, т.е. моделировалось ТН 4-5 ранга с возможной амплитудой смещения 10-100 м. Тектоническое нарушение моделировалось специальными контакт-элементами.

При моделировании модуль деформации неизменного массива задавался равным 30 ГПа, модуль деформации шва – для разных вариантов расчетов равным 250, 50, 1000 и 2000 МПа. В дальнейшем, при анализе результатов моделирования, все зависимости приводились к относительным единицам, т.е. модуль деформации шва принимался в 120, 60, 30 и 15 раз меньше, чем модуль деформации массива, т.е. расчеты охватывали весь реально существующий диапазон соотношений деформационных характеристик ТН и массива пород.

Аналогичный прием был использован и в отношении геометрических параметров: расстояние ТН от контура выработки нормировалось к ее диаметру. Расчеты велись при удалении ТН от контура выработки на расстояниях, равных одной десятой диаметра выработки, т.е. 0,3 м (на рисунках кривые обозначены как «0,1d»), одной трети диаметра выработки, т.е. 1,0 м (на рисунках кривые обозначены как «1/3d»), двум третям («2/3d»), т.е. 2 м и одному диаметру («d»), т.е. расстоянию 3 м.

Для каждой ориентировки ТН были просчитаны задачи с различными расстояниями L между тектоническим нарушением и контуром выработки при трех соотношениях величин главных нормальных напряжений $\sigma_x:\sigma_z$,

равных 0,5:1; 1:1 и 1,5:1 и различным заполнителем тектонического нарушения (принималось, что главные нормальные напряжения совпадают с координатными осями).

В результате расчетов получены эпюры концентрации напряжений на контуре выработки (одна из них приведена на рисунке4). В силу того, что проведено большое количество расчетов, результаты в виде эпюр составляют слишком большой объем информации, поэтому изменения напряженного состояния на контуре выработки решено было оценивать по трем характерным точкам А, F, С на контуре выработки (рисунок5), где точка А расположена на стенке выработки, точка С – в кровле выработки, точка F– на минимальном расстоянии от стенки выработки до ТН. По результатам построены графики зависимости концентрации напряжений в стенке выработки от изменяемых параметров модели, часть из них приведена на рисунках 6 – 7.

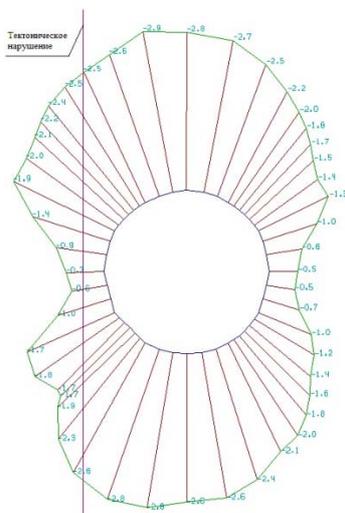


Рисунок 4 – Распределение напряжений на контуре выработки

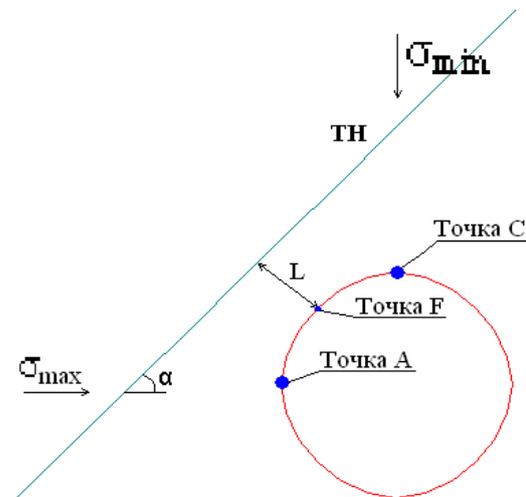


Рисунок 5 – Расчетная схема для определения напряженно-деформированного состояния

Для каждой ориентировки ТН были просчитаны задачи с различными расстояниями L между тектоническим нарушением и контуром выработки при трех соотношениях величин главных нормальных напряжений $\sigma_x:\sigma_z$, равных 0,5:1; 1:1 и 1,5:1 и различным заполнителем тектонического

нарушения (принималось, что главные нормальные напряжения совпадают с координатными осями).

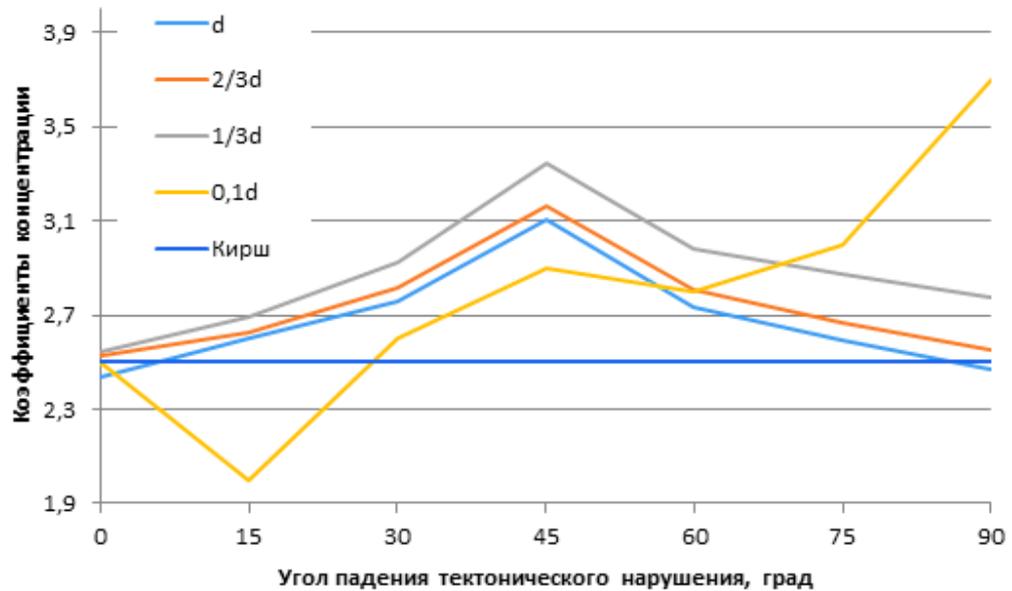


Рисунок 6 - Изменение коэффициентов концентрации напряжений в стенке выработки (точка А) в зависимости от угла падения ТН и его удаления от контура при $\lambda_x=0,5$

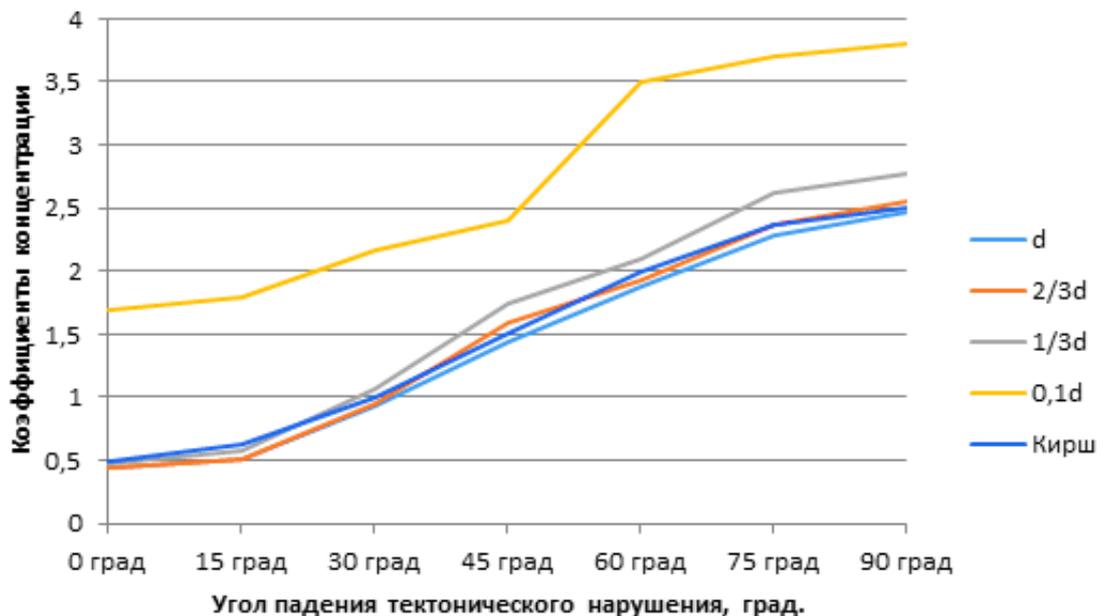


Рисунок 7 - Изменение коэффициентов концентрации напряжений точке контура выработки, ближайшей к ТН (точка F) в зависимости от угла падения ТН и его удаления от контура при $\lambda_x=0,5$

При больших расстояниях между ТН и выработкой максимальное влияние нарушения на НДС приконтурного массива отмечается при угле 45° между максимальным сжимающим напряжением и нарушением. В ближней зоне (при расстоянии между ТН и выработкой менее $1/3 d$) максимальные изменения в распределении напряжений происходят в случае, когда ТН субпараллельно максимальному сжимающему напряжению.

В случае геостатического напряженного состояния максимальная концентрация напряжений отмечается в стенке выработки при субвертикальном тектоническом нарушении. В случае гидростатического напряженного состояния наиболее опасны наклонные ТН, а места концентрации напряжений возникают в стенках, кровле и пятах свода выработок. При тектоническом характере распределения первоначальных напряжений наиболее напряженным участком является свод выработки при субгоризонтальном нарушении.

Моделирование НДС приконтурного массива для различных величин заполнителя ТН показало, что его влияние на распределение напряжений незначительно и не превышает 10% (рисунок 8). Моделирование же толщины шва ТН меняет уровень напряжений на контуре выработки в пределах 15% (рисунок 9).

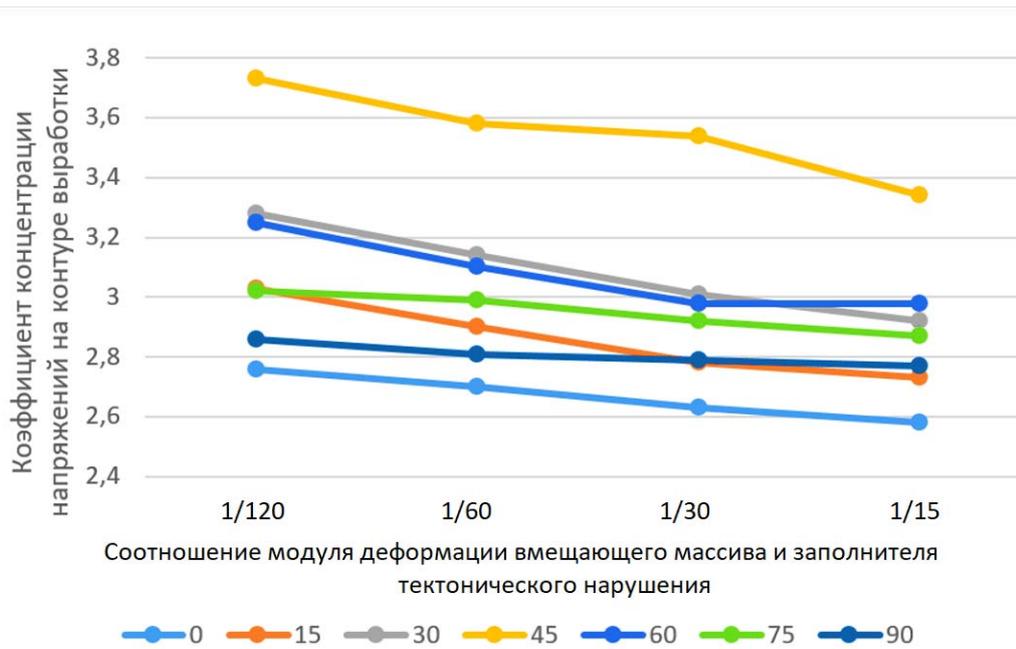


Рисунок 8 – Зависимость коэффициентов концентрации напряжений в стенке выработки, точка А от модуля упругости заполнителя ТН при геостатическом напряженном состоянии.

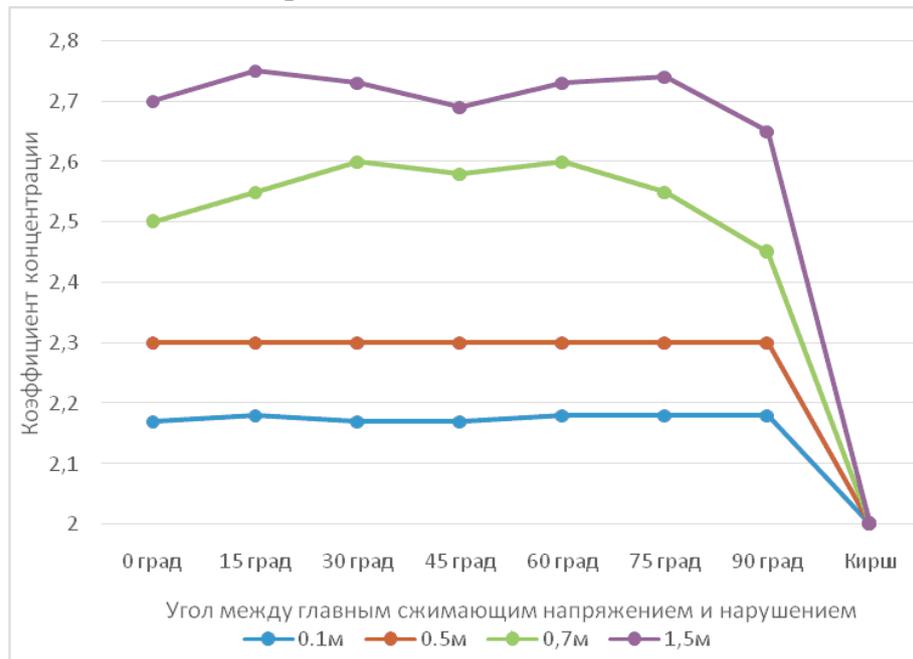


Рисунок 9 – Зависимость концентрации напряжений в стенке выработки, точка F от угла между максимальным сжимающим напряжением и тектоническим нарушением при различной мощности нарушения, напряженное состояние гидростатическое, $L=1\text{ м}$

В четвертой главе предложены мероприятия по предотвращению проявлений горного давления при проходке выработок.

Мероприятия по снижению негативных последствий от концентрации сжимающих напряжений хорошо известны и апробированы на практике. В рамках настоящей работы лишь проводится уточнение границ применимости этих мероприятий в зависимости от напряженного состояния массива и ориентировки ТН.

1. Бурение разгрузочных скважин, как стенках, так и в забое выработки (рисунок 10). Широко применяется на удароопасных рудниках Севералбокситруды, Норникеля, АО «ФОСАГРО» и др.

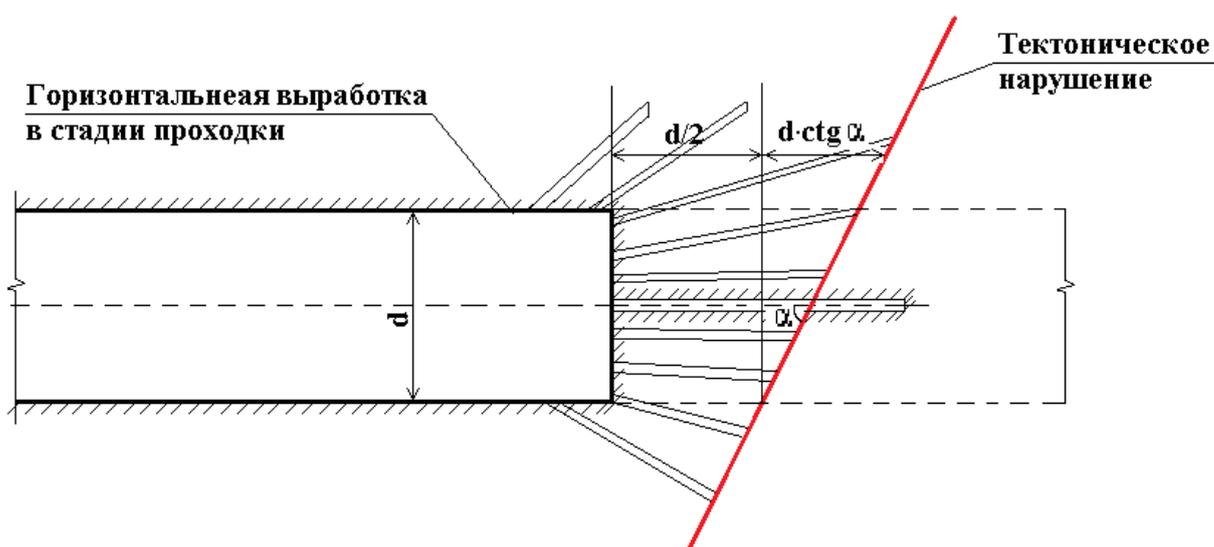
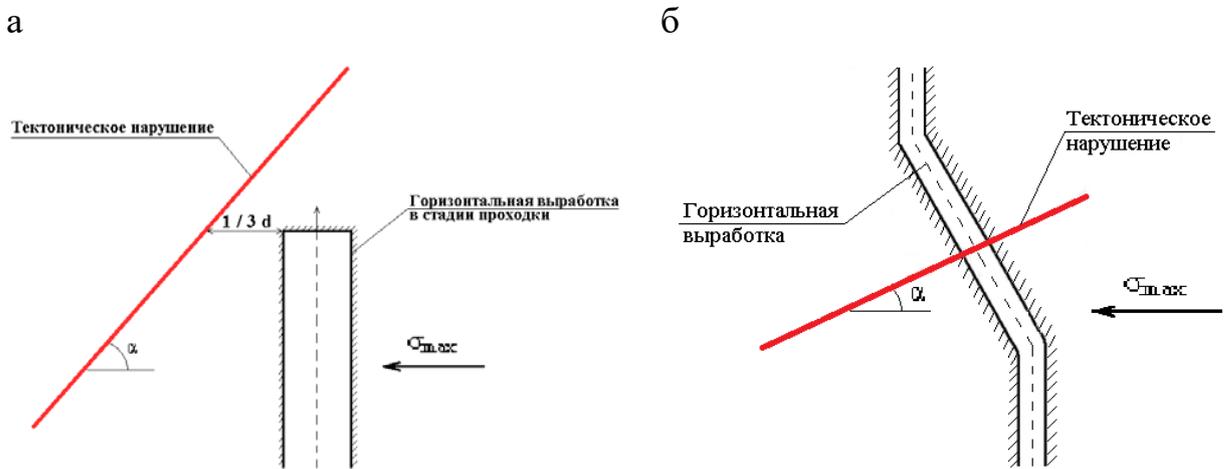


Рисунок 10 – Технология проходки выработки через ТН.

2. Камуфлетное взрывание, т.е. взрывание заряда внутреннего действия, обеспечивает рыхление массива в глубине. В настоящее время применяется редко и только на удароопасных рудниках.

3. Отстой выработок – данная мера представляет собой наиболее пассивную форму борьбы с проявлением горного давления. Она рассчитана исключительно на проявление реологических свойств массива. Широко применяется, например, на шахтах «Естюнинская» ВГОКа и «Северопесчанская» БРУ.

4. Локальное изменение направления проходки выработки (рисунок 11), широко применявшееся на рудниках ПО «Жезказганцветмет» при проходке выработок через флексуры, а также на удароопасных железорудных шахтах Высокогорского ГОКа и Гороблагодатского и Богословского рудоуправлений при проходке выработок через тектонические нарушения. В результате изменения направления проходки располагая забой выработки по нормали к ТН. Длина такого участка определяется исходя из того, что существенное влияние ТН начинается с расстояния, равного $1/3$ диаметра выработки (ранее минимальное расстояние, на котором менялось направление выработки составляло не менее 1 диаметра выработки).



а – проходка при наличии ТН

б - корректировка направления проходки

Рисунок 11 – Проходка выработки при наличии ТН

5. Изменение конфигурации выработки при близкорасположенном ТН. Применяется при приближении ТН к контуру выработки на $1/3$ ее диаметра с продолжением вплоть до выхода ТН в контур выработки. Активно применялось на шахтах «Южная» ГБРУ и «Естюнинская» ВГОКа.

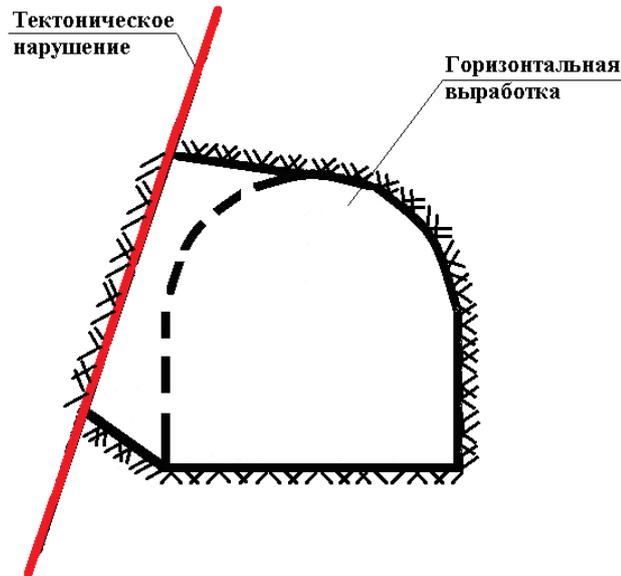


Рисунок 12 – Изменение сечения выработки при близкорасположенном ТН

При выборе и обосновании мероприятий по управлению горным давлением все варианты НДС приконтурного массива были разделены на три группы по соотношению горизонтальной и вертикальной компонент поля природных напряжений λ :

- НДС приконтурного массива при природном поле напряжений, близком к геостатическому ($\lambda \leq 0,7$);
- НДС приконтурного массива при природном поле напряжений, близком к гидростатическому ($0,7 \leq \lambda \leq 1,3$);
- НДС приконтурного массива при природном поле напряжений с преобладанием тектонической компоненты ($1,3 \leq \lambda$).

Показано, что наиболее эффективным является расположение выработок вдали (на расстоянии 2-3 м и более) от ТН. При этом в случае геостатического или гидростатического напряженного состояния выработка должна смещаться по горизонтали, а при наличии тектонической составляющей – по вертикали.

Вторым по эффективности методом снижения концентрации напряжений является изменение ориентировки выработки (рисунок 10). При этом забой выработки ориентируется по нормали к ТН. Длина такого участка

определяется исходя из того, что существенное влияние ТН начинается с расстояния, равного $1/3$ диаметра выработки.

Традиционные методы разгрузки массива (бурение разгрузочных скважин, камуфлетное взрывание скважин, отстой выработки и т.д.) являются менее эффективными и должны применяться только в случаях невозможности изменения расположения или направления проходки выработок.

Заключение

В диссертации, являющейся законченной научно-квалификационной работой, дано решение актуальной научно-технической задачи – разработана методика оценки вторичного поля напряжений при проходке горизонтальной выработки вблизи тектонического нарушения, позволяющая повысить безопасность подземных горных работ, имеющая важное значение для развития горнопромышленного комплекса России.

Основные результаты проведенных исследований состоят в следующем:

1. Разработана геомеханическая модель массива горных пород для сближенных одиночной выработки и тектонического нарушения.

2. Определены закономерности формирования напряженно-деформированного состояния приконтурного массива при наличии тектонического нарушения, определяемые углом между максимальными сжимающими напряжениями и тектоническим нарушением, и расстоянием между ним и выработкой, а также соотношением между компонентами поля напряжений и физико-механических свойств массива и заполнителя тектонического нарушения.

3. Установлено расстояние, при котором влияние тектонического нарушения на распределение напряжений в окрестности горной выработки становится существенным. Показано, что при расстоянии между нарушением и контуром выработки более $1/3$ ее диаметра влиянием ТН можно пренебречь.

4. Предложены мероприятия по снижению концентрации напряжений на контуре выработки, в зависимости от напряженного состояния массива пород, при их проходке и последующей эксплуатации. Показано, что наиболее эффективным методом является заложение выработок на удалении 2-3 м от ТН.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

В изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ:

1. Оценка влияния разработки Высокогорского месторождения на устойчивость тектонических нарушений / **Р.В. Креницын**, Ю.П. Шуплецов, О.Ю. Смирнов, Е.А. Медведев [и др.] // Горный журнал. – 2004. – № 2. – С. 51–55.

2. **Креницын Р.В.** Влияние тектонического нарушения на проходку одиночной выработки / **Р.В. Креницын** // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 9. – С. 297-300.

3. **Креницын Р. В.** Мониторинг напряженного состояния массивов руд и пород в очистных блоках шахты «Магнитовая» / **Р.В. Креницын** // Вестник Магнитогорского госуд. техн. университета им. Г.И. Носова. – 2007. – №4. – С.18-21.

4. **Креницын Р.В.** Мониторинг напряженного состояния и обеспечение устойчивости массивов руд и пород в очистных блоках ш.Магнитовая / **Р.В. Креницын**, С.В. Худяков // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008. – №7. – С.250-256.

5. **Krinitzyn R.V.** Designing support for narrow rib pillars with subvertical fractures / **R.V. Krinitzyn**, S.V. Khudyakov // Eurasian Mining. – 2017. – №2 P.16-19.

6. **Креницын Р.В.** Районирование территории по действующим первоначальным напряжениям на месторождениях полезных ископаемых / **Р.В. Креницын**, А.В. Зубков, С.В. Сентябов, К.В. Селин // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2021. – №5-2. – С. 80-92.

В прочих научных изданиях:

1. **Креницын Р.В.** К расчету методом конечных элементов напряженного состояния массива при пересечении выработкой тектонического нарушения / **Р.В.Креницын** // Геомеханика в горном деле: докл. междунар. конф. (19 – 21 ноября 2002 г.). – Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2003. – С. 154-163.

2. Анализ подвижки массива по тектоническому нарушению на шахте «Магнетитовая» / Ю.П. Шуплецов, О.Ю. Смирнов, Е.А. Медведев, **Р.В. Креницын**, М.Ю. Оплетаев, В.М. Барышев // Геомеханика в горном деле: докл. междунар. конф. (19 – 21 ноября 2002 г.). – Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2003. – С. 225-232.

3. Влияние тектонической нарушенности массива на конструктивные параметры камерно-столбовой системы при разработке месторождения магнезитов ОАО «Комбинат Магнезит» / Ю.П. Шуплецов, А.А. Смирнов, С.В. Худяков, **Р.В. Креницын**, М.Ю. Оплетаев, Е.М. Ушаков // Вопросы осушения, горнопромышленной геологии и охраны недр, геомеханики, промышленной гидротехники, геоинформатики, экологии: материалы 7-го Междунар. симпозиума «Освоение месторождений минеральных ресурсов и подземное строительство в сложных гидрогеологических условиях». – Белгород: ВИОГЕМ, 2003. – С. 170-174.

4. **Креницын Р.В.** Напряженно-деформированное состояние трещиноватых и упругопластических сред / **Р.В. Креницын** // Проблемы недропользования: материалы I-й молодежной научно-практической конференции 14 февр. 2007 г. / ИГД УрО РАН. – Екатеринбург: УрО РАН, 2007. – С. 157-160.

5. **Креницын Р.В.** Прогноз удароопасности массива при проходке выработок вблизи тектонических нарушений / **Р.В. Креницын** // Проблемы недропользования: материалы II всерос. молодежной научно-практ. конф. 12-15 февр. 2008 г. / ИГД УрО РАН. – Екатеринбург: УрО РАН, 2008. – С. 24-31.

6. **Креницын Р.В.** Прогноз удароопасности массива при проходке выработок вблизи тектонических нарушений / **Р.В. Креницын** // Proceedings of the X-th Jubilee national conference with international participation of the open and underwater mining of minerals, June 07 11 2009 / International House of Scientists “Fr. J. Curie” Varna, Bulgaria. – Varna, Bulgaria, 2009. – P. 414-418.

7. **Креницын Р.В.** Актуальные вопросы оценки напряжений при прогнозе удароопасности на современном этапе / **Р.В. Креницын, Я.И. Липин** // Современные проблемы механики. – 2018. – №33. – С.410-418

8. **Krinityn R.** Investigation of geomechanical parameters of rock mass condition of Magnezitovaya mine / **R. Krinityn, S. Sentyabov** // сборнике E3S Web of Conferences. 8. Сер. “8th International Scientific Conference “Problems of Complex Development of Georesources”, PCDG 2020”. – 2020. – С.01019.

9. **Креницын Р.В.** Лаборатория геодинамики и горного давления Института горного дела УрО РАН: исследования массива горных пород / **Р.В. Креницын, А.В. Зубков, С.В. Сентябов, К.В. Селин** // Горная промышленность. – 2022. – №S1. – С. 119-126.