

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГОРНАЯ АКАДЕМИЯ УКРАИНЫ**

На правах рукописи

КУЗЬМЕНКО Александр Михайлович

**ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИИ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ
В ДИНАМИЧЕСКИХ ПОЛЯХ НАПРЯЖЕНИЙ
ПОРОДНОГО МАССИВА**

Специальности:

05.15.11 — «Физические процессы горного производства»;

**05.15.02 — «Подземная разработка месторождений
полезных ископаемых»**

А в т о р е ф е р а т

**диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук**



00751587 (X)

2

Дв. 35.842

диссертация является рукописью.

Работа выполнена в Государственной горной академии Украины

Научный консультант:

доктор технических наук,
профессор, академик АИН
Украины и МАНЭБ

КОЛОКОЛОВ

Олег Васильевич

Официальные оппоненты:

член-корреспондент АГН Украины,
доктор технических наук,
профессор, заслуженный
деятель науки Украины

САПИЦКИЙ

Константин Федорович

член-корреспондент НАН Украины,
доктор технических наук,
профессор,

БУЛАТ

Анатолий Федорович

доктор технических наук,
профессор,

САДОВЕНКО

Иван Александрович

Ведущая организация- Государственный проектный
институт по проектированию
шахт "Днепрогипрошахт"

Защита состоится "14" 11 1996г. в 14 час. на заседании
специализированного совета Д 03.06.02 при Государственной горной
академии Украины по адресу: 320027, г. Днепропетровск, пр. Карла
Маркса, 19.

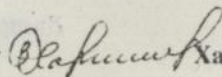
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке академии.

Автореферат разослан "09" 10 1996г.

Ученый секретарь

специализированного совета,

кандидат технических наук, доцент

 Харченко В.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Добыча угля в Донбассе сдерживается сложностью горно-геологических и горнотехнических условий, а также низкой эффективностью технологии подземных горных работ. Сложность условий разработки обусловлена современными тектоническими движениями и многократной подработкой породного массива, в котором образовались геодинамические поля напряжений.

В настоящее время ежегодно более 50% очистных забоев работают в зонах малоамплитудных тектонических нарушений, в повышенных температурных полях и зонах повышенного горного давления. Более половины вентиляционных штреков непригодны к эксплуатации. Их ремонт приводит к дополнительным затратам на транспорт и складирование породы в отвалах. В этих условиях активное управление горным давлением рассматривается как стабилизирующий фактор. В этом аспекте уделялось пристальное внимание вопросам совершенствования технологии с использованием породы отраслевыми, академическими, проектно-исследовательскими институтами, а также вузами Украины и России. Однако, технологические совершенствования велись без должного учета зональности породного массива. Необосновано мало внимания уделялось таким факторам как направление движения забоев в зонах повышенного горного давления и ориентации линии забоя к следу тектонических трещин в боковых породах, что особенно важно при управлении горным давлением.

Несмотря на достаточно хорошо изученный вопрос влияния зональности напряженно-деформированного состояния (в дальнейшем НДС) на эффективность применения технологий, отсутствует четко выраженный подход в установлении приоритетности зональности при выборе направления развития горных работ и способа управления горным давлением.

ЛНБ М. В. Стефанюк
С. В. Стефанюк

Недостаточно изучен вопрос изменения НДС породного массива при переходе горных работ из зоны в зону. Частая смена зональности породного массива и противоположность направления развития горных работ в шахтном поле требует обоснованного решения при выборе технологии выемки угля с учетом экологических последствий и является проблемой для пластов со сложными горно-геологическими условиями.

Учитывая изложенное, вопросы геомеханического обоснования технологии подземных горных работ в динамических полях напряжений породного массива представляют решение важной научно-практической и актуальной проблемы для угольной промышленности Украины.

Цель работы - выполнить геомеханическое обоснование технологии подземных горных работ в динамических полях напряжений путем определения параметров изменения напряженно-деформированного состояния породного массива.

Идея работы заключается в учете геодинамического строения и состояния геологической среды и их влияния на выбор рационального направления развития горных работ.

Методы исследования. В работе использован комплексный подход, включающий экспериментально-производственные, лабораторные и аналитические методы исследований, методы математической статистики, численные решения геомеханических задач (методы конечных и граничных элементов МКЭ и МГЭ).

Защищаемые научные положения и результаты, их новизна.

1. Напряженно-деформированное состояние породного массива и эффективность технологии подземных горных работ находятся в прямой зависимости от азимутального отклонения проекции результирующего вектора геодинамических полей, изменяющегося циклично во времени и в пространстве. Эта геомеханическая закономерность

учитывается в новом способе разработки пластовых месторождений, что позволяет уменьшить вывалообразование и сейсмическую эмиссию породного массива в 2 - 10 раз, увеличить подвигание забоя в 1,4 - 1,6 раза, снизить расход лесоматериалов на 20 - 30% и себестоимость угля на 2,0 - 9,8%.

2. В переходной зоне геодинамических полей внутрипластовое газовое давление снижается пропорционально величине горизонтальных главных напряжений и сейсмоакустической эмиссии. Эта закономерность проявляется в увеличении горизонтальных напряжений в 1,4 - 2,9 раза, сейсмоакустической эмиссии до 20 раз, интенсивности деформаций подготовительных выработок в 2,1 раза и частоты внезапных выбросов в 3 раза.

Учет этого явления позволяет выделять главенствующую трещиноватость и выбирать способ активного управления горным давлением.

3. На крутых пластах в переходных зонах нормальные сжимающие напряжения, в призабойной части очистных забоев изменяются обратно пропорционально ширине зоны. Эта закономерность учитывается при ориентации линии очистного забоя, что позволяет снизить плотность призабойной крепи в 1,4 - 1,6 раза и выбрать параметры частичной закладки выработанного пространства.

4. В кровле очистных забоев на пологих пластах максимальные растягивающие напряжения увеличиваются пропорционально расстоянию от забоя до зоны интенсивной трещиноватости и значениям углов скрещивания трещин с пластом по секторам. Наибольшее значение они имеют в секторах 45° ; 135° и $160-170^\circ$, где коэффициент их концентрации достигает 1,3 - 1,6 уН.

Эта закономерность учитывается при ориентации развития горных работ путем расположения выработок под углом $54-60^\circ$ к зонам

интенсивной трещиноватости, и выборе средств механизации очистных забоев, что позволяет повысить подвигание забоев на 25 - 28%.

5. При сухой самотечной закладке выработанного пространства плотность массива возрастает прямопропорционально углу падения пласта и наклона полка обтекаемого ограждающего устройства к линии восстания и обратно пропорционально ширине бокового выпускного отверстия.

а закономерность учитывается в новом способе частичной ячеисто-сотовой закладки, что позволяет создавать полосы повышенной на 15 - 20% плотности, разделяя ими вмещающие породы на предельные пролеты, а также экономить на 25 - 30% закладочный и крепежный материалы при сохранении безопасности работ и расширить возможность применения закладки.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается: комплексностью и достаточным объемом шахтных инструментальных наблюдений за конвергенцией пород и ориентировкой систем трещин в породном массиве (охвачено наблюдениями более 80 подготовительных и 20 очистных забоев на протяжении семи лет), а также обработкой данных сейсмоакустической эмиссии на протяжении 5750 м и технико-экономических показателей по 397 добычных участков на шахтах Центрального района Донбасса и ПО Торезантрацит; удовлетворительной сходимостью расчетных и экспериментальных результатов конвергенции пород (отклонения 12 - 15%); сходимостью других расчетных показателей и экспериментальных измерений с погрешностью не превышающей 12%; эффективностью разработанных рекомендаций при внедрении их на шахтах; принятием предложенной технологии закладки выработанного пространства на крутых пластах в отраслевом масштабе.

Научное значение работы:

установлено, что напряженно-деформированное состояние в переходных зонах изменяется в зависимости от степени активизации блоковой структуры геодинамических полей и направления развития горных работ. Это проявляется в ориентации линии очистного забоя к системам тектонических трещин. На основании теоретических исследований разработаны две классификации геодинамической активности породного массива, учитывающие причинно-следственную связь этого явления;

установлены зависимости изменения сжимающих и растягивающих нормальных напряжений вокруг очистной выработки в переходных зонах от ее ширины и места расположения забоя;

установлена взаимосвязь между геодинамически активными зонами и трещиноватостью породного массива, на основании которой определятся главенствующая тектоническая трещиноватость;

получены закономерности влияния систем главенствующей трещиноватости на эффективность применяемой технологии горных работ, а также раскрыт механизм вывалообразования в очистных забоях и сейсмоакустической активности породного массива. Проанализировано влияние применяемых систем разработки на экологию и разработана классификация источников получения породы для закладки по дальности ее транспортирования;

установлена этапность формирования закладочного массива при обтекаемых ограждающих устройствах и раскрыт механизм растекания закладочного материала в выработанном пространстве;

установлены зависимости изменения плотности закладочного массива от угла падения пласта, угла наклона полка ограждающего устройства и ширины выпускного отверстия по падению;

получены аналитические выражения для определения параметров частичной закладки ячеисто-сотовой структуры и для ориентировки

фронта развития горных работ, а также линии очистного забоя по отношению к главенствующей трещиноватости.

Практическая ценность работы заключается:

в разработке и внедрении рекомендаций по эффективному ведению горных работ с учетом тектонической трещиноватости и зон геодинамической активности;

в разработке технологии и технологических схем закладки выработочного пространства в очистных забоях с учетом геодинамической активности породного массива;

в составлении и утверждении нормативных документов, регламентирующих рациональное развитие горных работ на крутых пластах Донбасса.

Реализация выводов и рекомендаций работы. Научные положения и рекомендации приняты в нормативных документах: "Рекомендации по эффективному применению технологии выемки угля в очистных забоях на крутых пластах Центрального района Донбасса Минуглепрома УССР с учетом тектонической трещиноватости горного массива", Днепропетровск, 1983 г., "Технология оставления породы в очистных и подготовительных выработках крутых пластов Донбасса", Минуглепром Украины, Горловка, 1995 г.; при проектировании новых горизонтов на шахтах "Донецкая" и им.Киселева ПО Торезантрацит и институтом Днепрогипрошахт. По результатам внедрения получен экономический эффект (в 1030,7 тыс.руб в ценах 1985 г).

Апробация работы. Основные положения докладывались на технических совещаниях в производственных объединениях Артемуголь, Орджоникидзеуголь, Торезантрацит, на научных семинарах Доннии, кафедры подземной разработки месторождений Государственной горной академии Украины (1990 - 1994гг.), на шести Всесоюзных научно-технических конференциях, на семи республиканских научно-

технических конференциях и совещаниях по проблемам горной науки в областях горного давления, экологии, охраны труда (1980 - 1995гг.).

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в 34 печатных работах, в том числе получено 7 авторских свидетельств и патентов на изобретения.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, пяти приложений. Содержит 90 рисунков, 7 таблиц, перечень посылок из 207 наименований и изложена на 358 страницах машинописного текста.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Сложная разломно-блочная структура угленосных отложений Донбасса и многократные подработки массива горными работами создают геодинамические поля и зоны повышенных и пониженных напряжений. Особенно это свойственно шахтам, разрабатывающим крутонаклонные и крутые пласты Центрального района Донбасса. Переход очистными забоями зон различной напряженности сопровождается многими осложняющими явлениями: внезапными выбросами угля, породы и газа, обрушением пород, внезапными высыпаниями угля из массива, потерей устойчивости выработок и другие. Ликвидация их приводит к прямому или косвенному воздействию на экологию и к дополнительным затратам на добычу угля.

Важность изучения вопросов зонального распределения НДС в породном массиве изложена в работах Н.Я. Азарова, И.М. Батугиной, А.Ф. Булата, Н.Г. Волкова, М.С. Газизова, В.Е. Забигаило, Б.А. Закровского, А.Н. Зорина, М.П. Зборщика, Б.И. Журбицкого, В.Г. Колесникова, В.А. Корчемагина, В.В. Лукинова, Н.И. Николаева, Б.С. Панова, И.М. Петухова, И.А. Садовенко, Ю.С. Рябоштана, В.С. Ям-

щикова и других. Вместе с тем в них отсутствуют учет векторного распределения напряжений в динамических полях и выделение переходных зон. Однако, опыт разработки пластов в Донбассе показывает, что направление развития горных работ существенно влияет на устойчивость горных выработок и на эффективность применяемых технологий. Исследование закономерностей этого влияния, как новое научное направление, было заложено О.В. Колоколовым.

Значительный вклад в горную науку по учету различных горно-геологических факторов при ведении подземных горных работ внесли К.А. Ардашев, Ф.Н. Воскобоев, С.С. Гребенкин, И.Ф. Иванов, Н.И. Жизлов, В.Е. Жуков, А.И. Зильберман, А.И. Кияшко, О.В. Колоколов, В.Н. Кухарев, С.М. Липкович, Ю.Е. Мельничук, А.М. Найдыш, Я.Э. Некрасовский, В.И. Салли, К.Ф. Сапицкий, Г.Я. Степанович, и многие другие. Однако, всесторонний учет зональности строения породного массива до настоящего времени не выполнялся.

Недостаточность научной базы при выборе направления развития горных работ в условиях чередования зон различного НДС обусловила необходимость выполнения исследования по проблеме геомеханического обоснования технологии подземных горных работ в динамических полях напряжений.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе сформулированы задачи, определяющие ее основное содержание:

изучить механизм формирования геодинамически активных зон и главенствующей трещиноватости в динамических полях напряжений, а также степень их влияния на состояние породного массива при ведении горных работ;

исследовать механизм изменения НДС пород вокруг очистной выработки при продвижении ее в зонах различной напряженности;

определить характер влияния геодинамической активности и тектонической трещиноватости породного массива на эффективность

и экологичность применения технологии разработки угольных пластов;

обосновать способ закладки выработанного пространства и исследовать его геомеханические особенности при формировании ячеисто-сотовой структуры закладочного массива;

определить рациональные параметры технологии подземных горных работ в динамических полях напряжений породного массива для пластов крутонаклонного и крутого падения.

При изучении тектонических полей напряжений И.М. Батугина, М.В. Гзовский, П.Н. Кропоткин, И.М. Петухов, П.Н. Николаев и другие, обращают внимание на поля напряжений, которые образовались при современных и палеогеодинамических процессах. Выделяются зоны повышенных и пониженных напряжений, но отсутствует теоретическое обоснование расположения геодинамически активных зон. Учитывая эти обстоятельства, в работе рассматриваются изменения в геологической среде вблизи тектонических дислокаций как эллипсоид деформаций, образовавшихся в процессе гармонического обмена энергией между геотектоническими и гелиодинамическими источниками энергии. На его поверхности происходит изменение потенциального поля. Геодинамически активные зоны располагаются на границе определяемой разделом между положительными и отрицательными значениями функции общего вида:

$$P_j^m (\cos \Theta) e^{im\varphi} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2j+1}{\pi} \frac{(j-|m|)!}{(j+|m|)!}}, \quad (1)$$

где $j = 1, 2, 3, \dots$, $m = \pm 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm j$; $\cos \Theta$ - направляющий косинус вектора напряженности к точке P ; φ - направляющий угол в горизонтальной плоскости. Анализ распределения положительного и отрицательного значения функции $P_5^2 (\cos \Theta) \sin 3\varphi$ позволяет сделать

вывод о том, что в направлении подвигания горных работ через 60° происходит чередование зон, а граница их раздела может прогнозироваться как геодинамически активная зона. Зоны повышенных и пониженных деформаций располагаются диагонально относительно географических координат и представляют мозаичную картину. Тектонические трещины отражают НДС породного массива. Следовательно, главенствующая трещиноватость будет определяться направлением и степенью активизации геодинамически активных зон.

На основании теории дислокаций обосновано влияние положения линии очистного забоя на раскрытие систем трещин вокруг него. Таким образом выделяется главенствующая трещиноватость, которая оказывает влияние на устойчивость блоковой структуры при ее обнажении. Обобщая теоретические положения, в работе разработаны две классификации геодинамической активности блоковых структур, в которых учтены основные факторы, влияющие на их устойчивость при обнажении и отражающие причинно-следственную связь в их поведении.

Исходя из структурно-блочного строения Донбасса исследования выполнялись на шахтах, разрабатывающих угольные пласты Главной антиклинали и Чистяковской синклинали, которые охватывают большинство зон метаморфизма, представлены наиболее продуктивными угольными свитами, включают различные геологических нарушений и отрабатываются с применением множества технологических схем выемки угля в очистных забоях.

Учитывая ограниченные возможности аналитических решений, механизм формирования геодинамически активных зон и главенствующей трещиноватости в динамических полях напряжений изучался при помощи геолого-технологического метода на горных отводах шахт им. К.А. Румянцева и им. А.И. Гаевого, расположенных соот-

ветственно на северном и южном крыльях Главной антиклинали. Геолого-технологический метод включал структурно-динамическое картирование и сопоставление технологических параметров и технико-экономических показателей по зонам геодинамической активности в одном временном промежутке. Структурно-динамическое картирование (СГДК) позволяет получить лишь качественную оценку НДС породного массива по геодинамически активным зонам.

Для определения количественных значений выполнялись шахтные инструментальные измерения проявлений горного давления в горных выработках. Одновременно собирались и обрабатывались данные о сейсмоакустической эмиссии породного массива и распределении в нем газа и газового давления. Между показателями геодинамической активности и проявлениями горного давления определялась корреляционная связь. Достоверность полученной информации подтверждалась аномальными отклонениями в состоянии породного массива установленными горными работами, которые велись в геодинамически активных зонах. Объективность качественного распределения геодинамической активности достигалась путем сопоставления среднегодовых характеристик различных параметров между собой на одном исследуемом объекте, между объектами, а также с показателями сейсмоакустической эмиссии породного массива по текущему контролю из выработок на выбросоопасных пластах. При этом источники информации были взаимонезависимыми.

Влияние геодинамически активных зон на эффективность ведения горных работ и состояние породного массива определялось по следующим показателям: деформация горных выработок в неподроботанной части массива; подвигание очистных забоев; интенсивность и частота внезапных выбросов угля и газа; изменение НДС пород вблизи горных выработок; распределение ориентировки трещин в масси-

ве, их генезис; параметрам главенствующей трещиноватости, совпадающей с геодинамически активными зонами.

НДС пород изучалось методом локального гидророзрыва.

В результате выполненных исследований установлено, что ширина геодинамически активных зон составляет 50-80 м, достигая 150-170 м в местах их взаимного пересечения. Зоны пространственно ориентированы на северо-восток, северо-запад, субширотно и на северо-северо-восток. Их простирание хорошо коррелирует с установленными геологическими нарушениями и тектонической трещиноватостью. Режимными наблюдениями выявлена цикличность вариации газовых и эманационных полей. Повышение активности выделения газов на поле шахты им. А.И. Гаевого отмечается в летний период, а на шахте им.К.А. Румянцева - летом и зимой.

На выявленных тектонических блоках измерениями анизотропии естественного электромагнитного импульсного поля установлены четко выраженные ориентированные поля напряжений, которые подчинены региональным и локальным тектоническим структурам. Отдельные блоки имеют противоположную ориентировку полей напряжений. Это происходит под влиянием Горловского надвига и поперечной складчатой структуры (шахта им. К.А. Румянцева). Геодинамически активные зоны отличаются по степени своей активности, что позволило выделить среди них ведущие и второстепенные. Границы зон не постоянны и изменяются в зависимости от степени активизации геологической среды. Полученные результаты подтверждают теоретические выводы, сделанные в работе.

Геодинамическая активность имеет зональное проявление, а тектоническая трещиноватость имеет место по всему породному массиву. Степень ослабленности трещин отражает направление современных тектонических движений и определяет устойчивость породных блоков к обнажению. Трещиноватость породного массива устанавливалась по

данным 350 замеров элементов трещин в 44 подготовительных и в восьми очистных забоях шахты им.К.А. Румянцева и в 42 подготовительных и шести очистных забоях шахты им.А.И. Гаевского. Взаимосвязь геодинамически активных зон с главенствующей трещиноватостью подтверждается их общей ориентировкой по площади шахтных полей. Сравнительный анализ геодинамической активности с сейсмоакустической эмиссией показал совпадение их годовых режимов, что подтверждается высокой корреляционной связью ($\chi = 47,09$; $k = 0,91$).

Количественная оценка НДС породного массива определялась локальным гидроразрывом на 58 замерных станциях контурного типа с обработкой данных по методике ИГТМ НАН Украины. Станции оборудовались в установленных зонах геодинамической активности по результатам СГДК. Установлено, что горизонтальные нормальные напряжения в пределах одного горизонта изменяются в широком диапазоне от 12 до 60 МПа и более, превышая вертикальные в 2,4 -3,5 раза. Переход из одной зоны геодинамической активности в другую происходит без скачков, в узкой полосе шириной от нескольких метров до 30-50 м. Наличие переходной зоны подтверждается данными 72 замеров пластового газового давления, выполненных при вскрытии выбросоопасных пластов в зонах различной геодинамической активности.

В переходных зонах отмечается нелинейная зависимость между тектоническими напряжениями ($\sigma_{сж.}^{20p}$) и средней величиной внутрипластового газового давления (P_D). Последнее на порядок превосходит интенсивность его приращения на единицу изменения горизонтальных нормальных напряжений (k). Это присуще разделу зон высокой и низкой геодинамической активности, где зафиксировано внезапных вы-

бросов в три раза больше, чем в других зонах. Здесь же имеет место двукратное увеличение интенсивности деформаций (δ) контура подготовительных выработок (результаты инструментальных измерений на 25 замерных станциях (рис 1).

Исходя из выполненных исследований в работе делается вывод, что геодинамическая активность меняется во времени и в пространстве и отражается комплексным показателем НДС пород.

Главенствующая трещиноватость совпадает с простираем геодинамически активных зон, тектонических нарушений, системами тектонических трещин и с направлением вектора напряжений в тектоническом блоке.

Зональность НДС породного массива приводит к тому, что направление развития горных работ на горизонте ориентировано под различным углом к распределению главных горизонтальных нормальных напряжений как внутри динамического поля, так и при переходе их в соседнее поле. Очистные забои переходят в различной последовательности зоны повышенного горного давления и зоны интенсивной тектонической трещиноватости.

Учитывая ограниченные возможности аналитических решений в раскрытии механизма формирования геодинамически активных зон, исследование изменения НДС пород вокруг выработки выполнено автором при помощи численных методов.

Для этого решены две задачи, которые потребовали разные подходы к их реализации. В решении первой задачи исследовалось изменение НДС пород при переходе очистным забоем переходных зон в отсутствие визуально наблюдаемых трещин. Во второй - при дальнейшем продвижении забоя в зону интенсивной тектонической трещиноватости, когда появляются первые визуально наблюдаемые трещины. Такой подход позволил раскрыть механизм геомеханических преобразований вокруг очистного забоя и комплексно оценить влияние на-

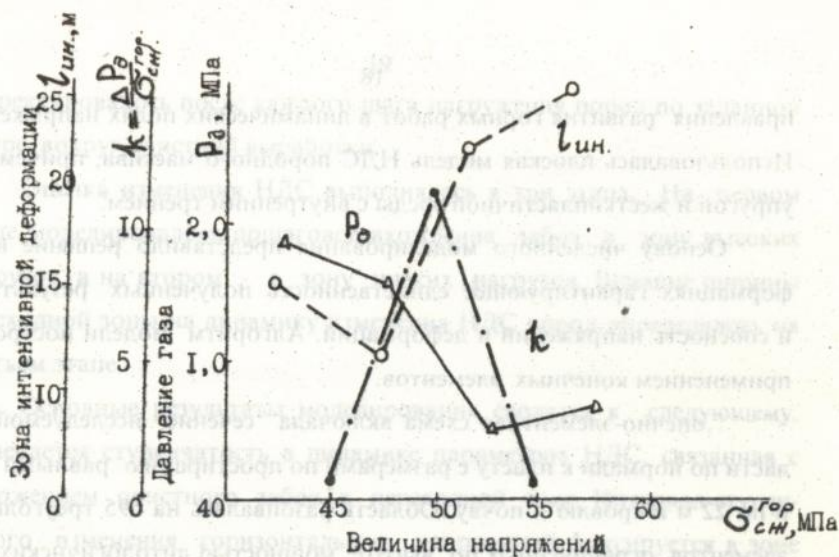


Рисунок 1 - Изменения напряженно-деформированного состояния в переходной зоне

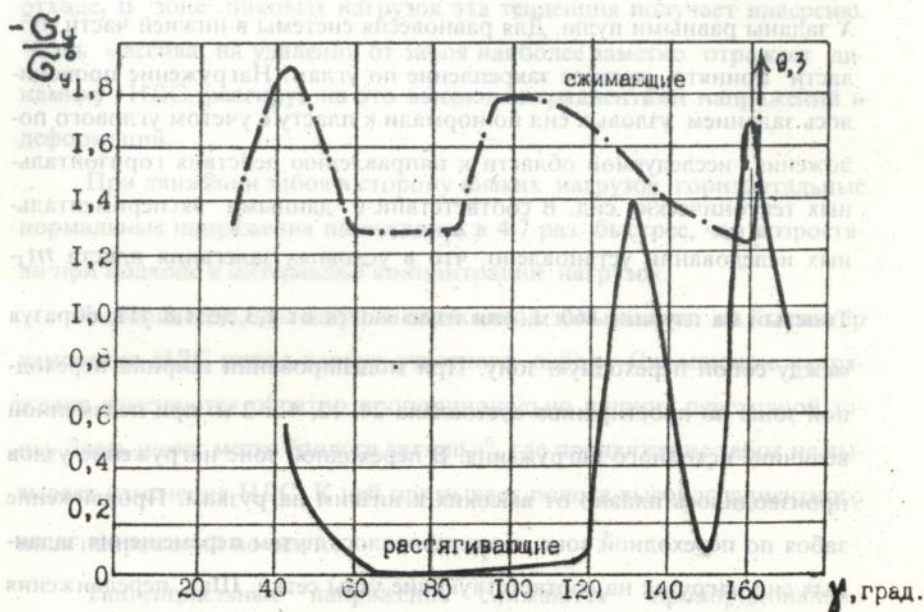


Рисунок 2 - Относительные изменения нормальных напряжений в зависимости от угла скрещивания трещины с выработкой

правления развития горных работ в динамических полях напряжений. Использовалась плоская модель НДС породного массива, причем для упругой и жесткопластичной среды с внутренним трением.

Основу численного моделирования представило решение в деформациях гарантирующее единственность полученных результатов и соосность напряжений и деформаций. Алгоритм модели построен с применением конечных элементов.

Конечно-элементная схема включала сечение исследуемой области по нормали к пласту с размерами по простиранию равными 76 м и по 22 м в кровлю и почву. Область разбивалась на 595 треугольных элементов, ограниченных по высоте мощностью литологических разностей. По простиранию разбивка на элементы корректировалась с учетом точности полученного результата и динамики подвигания забоя. На вертикальных границах перемещения узлов в направлении оси X заданы равными нулю. Для равновесия системы в нижней части области принято жесткое закрепление по углам. Нагружение проводилось заданием узловых сил по нормали к пласту с учетом углового положения исследуемой области к направлению действия горизонтальных тектонических сил. В соответствии с данными экспериментальных исследований установлено, что в условиях залегания пласта M_3 -Толстый на глубине 860 м. они изменяются от 1,3 до 1,8 МН , образуя между собой переходную зону. При моделировании ширина переходной зоны по простиранию составляла 24, 12, 4 и 2 м. при неизменной величине исходного нагружения. В переходной зоне нагружение узлов производилось плавно от высоких к низким нагрузкам. Продвижение забоя по переходной зоне моделировалось путем перемещения заданных сил нагрузок на соответствующие узлы сетки. Шаг передвижения равнялся суточному подвиганию забоя. Нагружение узловых точек

корректировалось после каждого шага нагружения пород по заданной эпюре вокруг очистной выработки.

Оценка изменения НДС выполнялась в три этапа. На первом этапе моделировалось пошаговое вхождение забоя в зону высоких нагрузок, а на втором - в зону низких нагрузок. Влияние ширины переходной зоны на динамику изменения НДС пород определялось на третьем этапе.

Основные результаты моделирования сводятся к следующему. Отмечается ступенчатость в динамике параметров НДС, связанная с положением очистного забоя в переходной зоне. Интервал ступенчатого изменения горизонтальных напряжений фиксируется в зоне шириной 2,7 м. Характерно также то, что при движении забоя в сторону высоких нагрузок, сжимающие напряжения впереди максимума опорного давления возрастают в три раза быстрее, чем снижаются при отходе. В зоне пиковых нагрузок эта тенденция получает инверсию. Часть массива на удалении от забоя наиболее заметно отражает динамику НДС, реагируя на это высокими градиентами напряжений и деформаций.

При движении забоя в сторону низких нагрузок горизонтальные нормальные напряжения понижались в 4-7 раз быстрее, чем возрастали при подходе к интервалам концентрации нагрузок.

Установлено, что ширина переходной зоны влияет на характер изменения НДС пород вокруг очистного забоя. Сжимающие напряжения изменяются обратно пропорционально ширине переходной зоны. Здесь имеет место "полоса затишья", где продвижение забоя не вызывает изменения НДС. К ней примыкает полоса высокоградиентного поля напряжений по оси X .

Тангенциальные напряжения снижаются пропорционально расстоянию от пласта в глубь массива, а характер их распределения зависит от структуры и физико-механических свойств пород. Увели-

чение плотности обрушаемых пород в выработанном пространстве приводит к сглаживанию пиковых значений тангенциальных напряжений в угольном массиве.

В переходной зоне отмечается волнообразное изменение деформаций породного массива. В отдельных точках массива величина амплитуды волны отличается в два раза. Характер деформаций пород определяется направлением движения забоя. Общий уровень деформаций возрастает в два и более раз при движении забоя в сторону высоких нагрузок по сравнению с противоположным направлением. При движении забоя в сторону низких нагрузок отмечается широкий диапазон изменения деформаций от исходного положения.

Вторая задача решена в упругой постановке в два этапа. На первом этапе из решения объемной задачи определялся коэффициент пригрузки поля напряжений. На втором выполнялось моделирование развития трещин и исследование их влияния на НДС породного массива для "догруженного сечения" очистного забоя. Задача решена при помощи метода граничных элементов в форме разрывных сечений. Разрыв представляется в виде смещений поверхностей линейной трещины друг относительно друга.

На основе численной реализации задачи о плоской деформации неограниченной пластины с вырезом продольной формы, нагруженной на бесконечности равномерно распределенной нагрузкой, был разработан более сложный алгоритм моделирования последовательной отработки пласта в условиях пересечения забоем одиночной ослабленной трещины или системы параллельных трещин. Алгоритм решения реализует следующие допущения:

горный массив, окружающий выработку, является упругим и изотропным; мощность угольного пласта мала по сравнению с геометрическими размерами исследуемой области, что позволяет рассматривать его как контакт, заполненный сжимаемым материалом;

материал-заполнитель трещины является упруго-пластичным; скольжение вдоль трещины между породными блоками характеризуется нелинейной зависимостью от нагружения. Процесс трещинообразования моделировался поэтапным подвиганием забоя очистной выработки к трещине.

Задача сводилась к отысканию элементарных разрывов смещений на каждом элементе, которые необходимы для удовлетворения граничных условий. В бесконечной плоскости смещения непрерывны всюду, кроме отрезка $|x| < a, y = 0$, вдоль которого разрывные смещения постоянны по величине с компонентами D_x и D_y .

Прямолинейный отрезок контакта трещины моделируется элементарным смещением, отвечающим случаю, когда поверхности разрыва связаны пружиной. Нормальная и касательная жесткости подбирались таким образом, чтобы отразить свойства материала, заполняющего контакт между плоскостями трещины.

С учетом нормальной и касательной жесткости пружины напряжения на каждом i -м элементе трещины определялись из выражения:

$$\left. \begin{aligned} -k_s^i D_s^i &= \sum_{j=1}^N (A_{ss}^{ij} D_s^j + A_{sn}^{ij} D_n^j) \\ -k_n^i D_n^i &= \sum_{j=1}^N (A_{ns}^{ij} D_s^j + A_{nn}^{ij} D_n^j) \end{aligned} \right\} i = (1, \dots, N), \quad (2)$$

где k_s^i и k_n^i - коэффициенты жесткости, отражающие соотношения между модулем Юнга $k_n = \frac{E_0}{h}$ и сдвига $k_s = \frac{G_0}{h}$; h - ширина зияния трещины. Пластические деформации на контакте элемента обеспечивались между нормальными и касательными напряжениями ограничением в виде условия Кулона-Мора:

$$\left| \sigma_s^i \right| \leq C^i + (-\sigma_n^i) \operatorname{tg} \varphi, \quad (3)$$

где C и φ - соответственно коэффициенты сцепления и угол внутреннего трения материала-заполнителя трещины. Условие (3) отличает модель трещины от обычного контакт-элемента.

Моделирование очисной выемки в плоскости пласта реализовалось за счет последовательного шагового перемещения граничных условий на пластовом элементе, который переходил в призабойное, затем в выработанное пространство. В вычислительную программу решения известной задачи Крауча были внесены изменения, связанные с внедрением упругих "пластовых элементов", которые моделируют угольный пласт, зону разрыхленных пород и трещину. Добавлен блок, организующий итерационную процедуру изменения по шагам граничных условий на элементах, моделирующих призабойное пространство, а так же проверку условий скольжения и раскрытия контактов на элементах трещины. Граничные условия на элементе определяются уравнениями свойственными данному элементу в общей системе $2N$ уравнений с $2N$ неизвестными D_S^i и D_N^i ($i=1, N$).

Расчетная схема включала часть пласта h_4^B - Усовский, вмещающие породы, призабойное и выработанное пространство. Трещина пересекала вмещающие породы в месте расположения очистной выработки. Ее положение изменялось от контакта с забоем до выхода в выработанное пространство. В качестве исходных данных использованы физико-механические свойства пласта h_4^B - Усовский и вмещающих пород на шахте "Донецкая".

В результате моделирования установлено: изменение главных максимальных сжимающих и растягивающих напряжений происходит волнообразно при падении трещин на завал. Выделяются сектора ро-

ста и спада напряжений в узкой полосе угловых значений. Наибольшего значения они достигают при углах скрещивания плоскости пласта и трещины $\gamma = 45$ и 135° (кососекущее трещины) и $\gamma = 160-170^\circ$ (диагональные), где сжимающие напряжения составляют 1,8 - 9,3, а и растягивающие - 1,3 - 1,6 от начальных (рис.2).

При подходе очистного забоя к зоне интенсивной трещиноватости максимальные растягивающие напряжения увеличиваются. Выход очистного забоя из тектонически ослабленной зоны сопровождается возникновением значительных растягивающих напряжений независимо от угла скрещивания трещины с пластом. Вблизи зоны интенсивной трещиноватости имеется переходная зона. Она характеризуется появлением в кровле растягивающих напряжений, увеличивающихся пропорционально ширине выработки.

В зоне интенсивной трещиноватости сжимающие напряжения снижаются, а растягивающие не фиксируются вовсе. Увеличение расстояния между трещинами приводит к смещению местоположения максимума опорного давления и повышает его значение.

Падение трещины на завал существенно изменяет НДС пород. Максимум сжимающих напряжений находится над выработанным пространством. Показательно, что частота трещин не влияет на появление интервальности растягивающих напряжений в кровле пласта независимо от их падения относительно забоя.

Моделирование очистной выемки вблизи зоны интенсивной трещиноватости показало, что при отходе от разрезной печи образуется значительная зона растягивающих напряжений. Увеличение рабочего пространства вызывает скачок в сжимающих и растягивающих напряжениях. Величина скачка пропорциональна ширине поддерживаемой очистной выработки.

Степень раскрытия трещин при падении их на завал меньше, чем при падении на забой. Степень раскрытия трещин зависит также от угла скрещивания трещины с пластом и ее местоположения относительно забоя. Раскрытие трещины увеличивается с приближением угла скрещивания трещины к значениям 45° и 135° и уменьшается по мере удаления трещины от центра выработки.

Наличие трещины только в кровле пласта нарушает симметрию в распределении растягивающих напряжений.

При тектонической трещине, секущей почву и кровлю пласта распределение зон напряжений близкое к симметрии. В модельном варианте в почве пласта под выработкой максимум растягивающих напряжений равен 41,8 МПа и 32,5 МПа - в кровле. Здесь же и степень раскрытия трещин больше в 1,4 раза, по сравнению с предыдущим случаем.

Результаты моделирования подтверждены инструментальными измерениями конвергенции пород и визуальными наблюдениями в очистных и подготовительных выработках угольных пластов m_3, m_5^1 на гор. 860 м шахты им.А.И.Гаевского и k_7^H - на гор.970 м шахты "Кочегарка".

При одинаковой технологии отработки пласта m_3 из одной разрезной печи конвергенция и скорость сближения пород в очистной выработке при развитии горных работ в восточном направлении соответственно больше на 18 и 12,5% в сравнении с западным направлением. Здесь отмечены частые заколы в кровле, склонность пород к сползанию, разрушение стоек в третьем ряду. Обрушение пород происходило на расстоянии 5,4 - 10 м от забоя. При отработке же пласта в западном направлении кровля была устойчивой, зависая до 20 м. Стойки крепи разрушались в седьмом ряду.

Независимо от направления отработки пластов в характере конвергенции по ширине очистной выработки имеют место интервалы различной динамичности изменения НДС пород. Ширина таких интервалов равнялась 2,3 - 2,7 м. Например, в уступе №5 на расстоянии до 2,7 м от забоя породы сблизились на 55 мм. В то же время в интервале от 2,7 м до 4,0 м эта величина составила 3 - 4 мм. Далее динамика смещений повторяется. Этим подтверждается блоковый характер сдвижения пород.

В переходной зоне скорость сближения пород отличалась от фонового в 4 - 7 раз на участке №41 и в 3 - 10 раз на участке №42. На участке №41 штрек интенсивно деформировался на расстоянии до 20 м впереди лавы, что в 1,4 раза больше, чем на участке №42. Позади лавы этот процесс стабилизировался на расстоянии 5 - 8 м, тогда как на участке №42 он отмечался на удалении до 20 м. Различие в характере поведения пород объясняется тем, что переходные зоны чередовались с зонами развитой тектонической трещиноватости. Последняя влияет на устойчивость пород и способность породных блоков объединяться в энергетические ансамбли. Размер такого ансамбля определяется положением забоя в трещиноватой среде и его способностью активизировать одну из систем тектонических трещин.

Полученные значения шахтных измерений отличаются на 12% от результатов моделирования, что вполне допустимо, учитывая точность измерительных приспособлений и приборов.

Зональность геодинамической активности подтверждена анализом данных о характере сейсмоакустической эмиссии по 11 шахтопластам общей протяженностью 5750 м. Проявление геодинамической активности изменяется: при смене направления отработки пласта и зависит от угла скрещивания его с главенствующей тектонической трещиноватостью, при замене средств механизации, при смене производственных процессов. Парное сравнение значения среднесуточ-

ной эмиссии по пластам k_7^{1-8} и k_5^2 шахты им. К.А.Румянцева показано, что при обработке пластов в восточном направлении она в 20 раз больше, чем в западном направлении. Замена отбойных молотков на комбайн по пласту k_2 привела к увеличению сейсмоакустической эмиссии до двух раз. На отдельных пластах существует явно выраженная периодичность ее повышения от нескольких дней до месяцев. Геодинамическая активность породного массива подтверждается пучением пород в узкой полосе неподроботанного массива, где величина пучения в три - четыре раза больше, чем в остальной части шахтного поля.

Искусственно вызванная горными работами геодинамическая активность проявляется в коржении пород, усилении давления на крепь, увеличении конвергенции пород и ее скорости в два - три раза.

Изменение направления вскрытия на противоположное приводит к возрастанию относительной газообильности от двух до восьми раз и более, что подтверждается статистической обработкой данных по 20 парным участкам.

Влияние главенствующей тектонической трещиноватости четко прослеживается при анализе более чем 300 случаев вывалообразований по пласту h_4^B на шахтах "Донецкая" и им.Киселева (между шахтными полями проходит граница двух тектонических блоков). При одинаковых технологических схемах выемки угля смена направления падения трещин относительно забоя, привела к возрастанию числа вывалов в 2,4 - 3,0 раза. Этим подтверждается результат моделирования, когда при угле скрещивания равном 45° растягивающие напряжения в кровле пласта в 2,6 раза больше с падением трещин на завал, чем с их падением на забой.

Выполненными исследованиями установлена взаимосвязь между изменением НДС породного массива и технико-экономическими показателями работы добычных участков. Сравнение эффективности применяемых технологических решений осуществлялось путем сопоставления среднемесячных показателей работы добычных участков, ведущих выемку угля по одному и тому же пласту, на одной глубине, с применением одних и тех же средств выемки и управления горным давлением, при одинаковых системах разработки. Смена ориентации развития горных работ на горизонте на противоположное направление способствует увеличению подвигания забоя в 1,4 - 1,6 раза и более, понижению расхода лесоматериалов на 20 - 30% и себестоимости угля на 2,0 - 9,8%. Установлены зависимости изменения среднемесячной величины подвигания очистного забоя от азимутального отклонения направления отработки пласта. Эти выводы основаны на анализе показателей работы 82 добычных участков, расположенных на северном крыле Главной антиклинали и 123 - на ее южном крыле, а также по 84 и 123 добычным участкам, расположенным соответственно на северном и южном крыле с замковой частью Чистяковской синклинали. Объем выборки включал показатели периода 1997 - 1980 гг. и 1984 - 1990 гг.

На основании исследований геомеханических особенностей породного массива в геодинамических зонах в работе обоснован и впервые предложен новый способ активного управления горным давлением на крутых и крутонаклонных пластах - самотечная частичная закладка с ячеисто-сотовой структурой закладочного массива. Закладочный массив формируется при управляемом движении закладочного материала при помощи предварительно установленных в шахматном порядке П-образных оградительных устройств. Частичная закладка протекает в два этапа. Первоначально возводится массив в направлении движения потока закладочного материала (по падению), а

затем в противоположном направлении (по восстанию). Предложенный способ позволяет разделять вмещающие породы на предельные пролеты и экономить на 25 - 30% закладочные и крепежные материалы при сохранении безопасности работ, расширяя возможность применения закладки.

Исследование геомеханических особенностей формирования закладочного массива выполнялось при помощи физического моделирования на поворотном стенде при различных углах наклона пласта и угла наклона полка оградительного устройства к линии восстания с соблюдением критериев подобия и теории планирования эксперимента. Параметры ячеек и сот приняты с учетом блочного опускания пород и размеров блоков.

В результате моделирования установлено, что на первом этапе над полком оградительного устройства формируется породная подушка, уплотняемая движущимся потоком закладочного материала. В дальнейшем она выполняет роль опоры, разделяя вмещающие породы на предельные пролеты, а также устанавливает ширину активного выпускного отверстия для потока закладочного материала. На втором этапе закладочный массив формируется в вертикальной и горизонтальной полосах. В вертикальной - при хаотичном движении закладочного материала и в горизонтальной - при управляемом. Управление потоком происходит за счет изменения величины и формы активного отверстия, что регулирует ширину растекания потока поработанному пространству.

Формирование массива в горизонтальной полосе протекает в несколько фаз, что способствует повышению его плотности. Расстояние между ограждающими устройствами по падению пласта и угол наклона полка зависят прямопропорционально от угла падения пласта и угла естественного откоса закладочного массива в стесненном объеме. Растекание закладочного материала возрастает в 2,6 раза

при изменении угла падения пласта от 50° до 70° . Установлены зависимости изменения плотности закладочного массива от угла падения пласта, угла наклона полка ограждающего устройства и ширины выпускного отверстия по падению. При самотечной закладке дробленой породой плотность возводимого массива зависит от направления движения потока, достигая наибольшего значения при откосе равном углу естественного откоса. Независимо от угла падения пласта плотность в горизонтальной полосе больше на 5 - 7% и на 15 - 20%, чем в вертикальных соответственно расположенных под и над ней. Создание плотного массива происходит при спокойном характере заполнения выработанного пространства движущимся потоком закладочного материала и уплотнение им с разных сторон ранее уложенного массива.

Увеличение угла наклона полка ограждающего устройства с 45° до 90° к линии восстания способствует возрастанию плотности породной подушки на 7 - 10%.

На основании исследованных геомеханических особенностей формирования закладочного массива получены аналитические выражения для определения параметров частичной закладки ячеистой структуры. Определены зависимости изменения площади породной подушки (S) от угла установки полка ограждающего устройства (ψ), угла падения пласта (α) и ширины активного бокового отверстия (a) (рис. 3).

Предложена классификация способов формирования закладочного массива, где в качестве основных классификационных критериев технологии приняты: тип получаемого закладочного массива и способ его формирования.

На основании комплексных исследований и установленных закономерностей обоснованы рациональные параметры новых способов

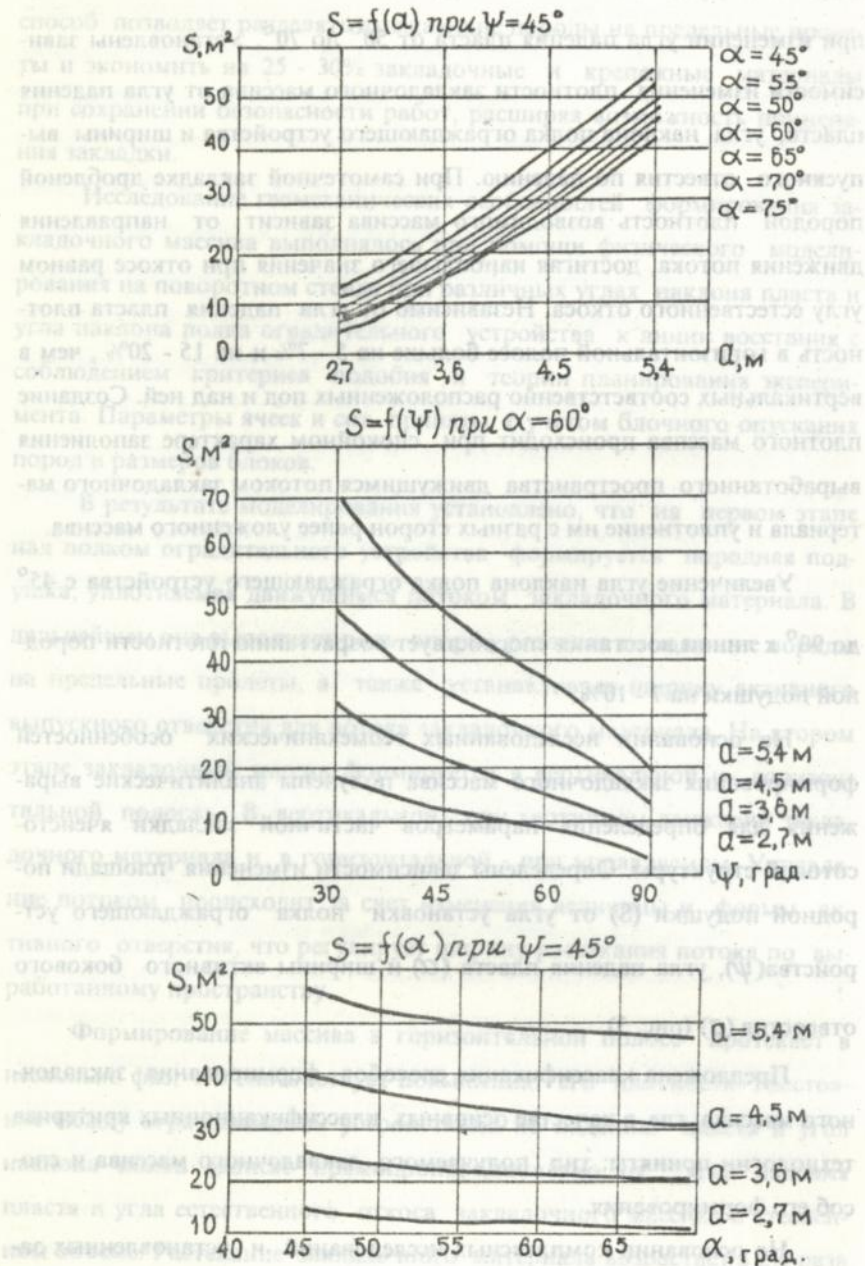


Рисунок 3 - Изменение параметров породной подушки над полком ограждающего устройства

разработки угольных пластов, учитывающие распределение геодинамически активных зон и главенствующей тектонической трещиноватости. Так, рекомендуется ориентировать линию забоя и фронт развития горных работ под углом $54 - 60^\circ$ к простиранию зон геодинамической активности и под углом $40 - 45^\circ$ к главенствующей тектонической трещиноватости, а выбор рационального развития горных работ производить по результирующему главному вектору газодинамической напряженности.

Разработана технология комбинированного способа отработки запасов на горизонтах шахт и технологические схемы закладки выработанного пространства в очистных забоях с индивидуальной крепью. При частичной ячеисто-сотовой закладке на крутых пластах рекомендованы размеры ячеек $2,7 - 4,5$ м по простиранию и $2/3$ величины предельного пролета боковых пород. На крутонаклонных пластах - частичная закладка полосами по простиранию шириной $15 - 20$ м и с расстоянием между ними $20 - 30$ м.

Обоснованы принципы формирования техногенного массива при многократной подработке породного массива с учетом источника образования и вида отходов горного производства. Разработаны классификации полостей, пригодных для захоронения отходов и самих отходов горного производства. Размещение отходов в массиве обусловлено размерами и степенью доступности к естественным и искусственным полостям, а так же разной степенью востребованности природных запасов. Технологическая схема сочетает в себе элементы подземной и скважинной технологий добычи угля.

В результате внедрения разработанных методических указаний по эффективному применению средств механизации на крутых пластах получен экономический эффект в $1030,7$ тыс. руб (в ценах 1985 года).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является законченной научно-исследовательской работой, в которой решена актуальная для угольной промышленности Украины проблема по геомеханическому обоснованию технологии подземных горных работ в динамических полях напряжений, путем учета строения и состояния геологической среды, позволяющая повысить их эффективность и безопасность.

Результаты выполненных исследований приводят к следующим выводам:

1. Изучен механизм формирования геодинамически активных зон и главенствующей трещиноватости в геодинамических полях напряжений, выявлена степень их влияния на состояние породного массива при ведении горных работ. Установлено, что геодинамически активные зоны располагаются в местах сосредоточенных деформаций и отличаются по степени своей интенсивности. Направление главенствующей трещиноватости характеризуется простиранием геодинамически активных зон.

На границе геодинамических полей напряжений находится переходная зона, активность которой на порядок превышает фоновые значения по сейсмической эмиссии и выделению газа.

2. Исследован механизм изменения напряженно-деформированного состояния пород вокруг очистной выработки при продвижении ее в зонах различной напряженности массива. Установлены закономерности распределения напряжений в кровле пласта вблизи очистного забоя в зависимости от ширины переходной зоны, положения забоя и направления его подвигания относительно расположения зон различной напряженности. Нормальные горизонталь-

ные напряжения возрастают в два раза интенсивнее при входе очистного забоя в зону низких нагрузок, чем при выходе из них.

3. Определено влияние геодинамической активности и тектонической трещиноватости породного массива на эффективность и экологичность применяемой технологии разработки угольных пластов, характеризующееся тем, что рациональное развитие горных работ позволяет уменьшить вывалообразование и сейсмическую эмиссию в 4-10 раз, газовыделение от 2 до 8 раз и скорость опускания пород в 2-3 раза, увеличить подвигание очистного забоя в 1,4-1,6 раз, снизить расход лесоматериалов на 20-30% и себестоимости угля на 2,0-9,8%.

4. Обоснован новый способ частичной закладки выработанного пространства и исследованы его геомеханические особенности при формировании закладочного массива ячеисто-сотовой структуры, которые позволяют возводить полосы по простиранию с повышенной на 5-20% плотностью. Установлены закономерности изменения параметров технологии закладки от горно-геологических условий и конструктивного исполнения ограждающих устройств.

5. Определены рациональные параметры технологии подземных горных работ в динамических полях напряжений породного массива для крутонаклонного и крутого падения, которые заключаются в ориентировке фронта горных работ под углом $54-60^\circ$ к простиранию главенствующей тектонической трещиноватости, а линии очистного забоя под углом $40-50^\circ$ и создании ячеек закладочного массива шириной 2,7-4,5 м, а по падению - не более $2/3$ величины предельного пролета вмещающих пород.

6. Разработаны классификации: геодинамической активности породного массива, образования в нем полостей, отходов горного производства, которые позволили предложить технологию активного способа управления горным давлением как в зоне влияния очистного

забоя, так и по глубине подрабатываемого массива. Это дает возможность формировать техногенный массив с разными техническими требованиями.

7. Разработки реализованы на шахтах Центрального района Донбасса, в ПО "Торезантрацит" и институтом "Днепрогипрошахт". В результате получен экономический эффект в 1030,7 тыс.руб. (в ценах 1985 года).

Основные положения диссертационной работы опубликованы в следующих работах:

1. Влияние горногеологических условий на эффективность работы комплексно-механизированных забоев на шахтах Центрального района Донбасса // В кн. под общ. ред. О.В.Колоколова. Улучшение использования средств механизации на угольных шахтах. - Киев: Техника, 1986. - С. 37 - 45.

2. Эффективность разработки пластов на шахтах Центрального района Донбасса // Уголь Украины. - 1985. - №5 - С. 10 - 12. (соавторы Колоколов О.В., Васильев Ю.В.)

3. Технологические схемы разработки крутых пластов в сложных условиях // Уголь Украины. - 1986. - №5 - С. 13 - 15. (соавторы Колоколов О.В., Доценко В.И.)

4. Влияние геодинамических полей напряжений на эффективность ведения горных работ // В сб. Деформирование и разрушение материалов с дефектами и динамические явления в горных породах и выработках. - Симферополь, 1987. - С. 55 - 56. (соавторы Колоколов О.В., Доценко В.И., Князев М.В., Притыскач В.П.)

5. Моделирование горных работ в аномальных зонах массива горных пород // В сб. труд. Пути повышения экологотехнологических задач на горных предприятиях. - Ташкент. Ч.2., 1991. - С. 35 - 37. (соавторы Сдвижкова Е.А., Приходько В.В.)

6. Влияние направления разработки пласта и тектоники на эффективность технологии горных работ // Уголь Украины. - 1991. - №11 - С. 27 - 30. (соавтор Бойченко В.Н.)
7. Основы разработки месторождений с геодинамически активными зонами // В сб. Подземная разработка на тонких и средней мощности пластах. - Тула: Тульский политехнический институт. 1991. - С. 103 - 105.
8. Повышение эффективности отработки запасов с учетом геодинамического районирования месторождений // В сб. науч. труд. Геодинамическое районирование недр. - Кемерово. КузПИ. 1991. - С. 90 - 94.
9. Экологические аспекты разработки угольных пластов с учетом геодинамики породного массива // Уголь Украины. - 1994. - №4 - С. 30 - 33. (соавтор Колоколов О.В.)
10. Выбор технологической схемы закладки при применении механизированных крепей // В сб. науч. труд. АН УССР. - Киев: Наукова думка, 1980. С. 14 - 16. (соавтор Колоколов О.В.)
11. Управление напряженно-деформированным состоянием массива горных пород на концевых участках лавы // Уголь Украины. - 1995. - №1 - С. 13 - 16. (соавторы Колоколов О.В., Лубенец Н.А.)
12. О взаимодействии закладочного массива с мягкой оболочкой механизированной крепи. // В сб. Разработка месторождений полезных ископаемых. - Киев: Техника, 1980, вып. 57 - С. 84 - 87.
13. Физическая основа возникновения экологической напряженности в угледобывающих районах Донбасса // В сб. труд. Ресурсосбережение и экология промышленного региона. - Макеевка: Донбасская ГАСА, 1995, т.2 - 17. (соавтор Колоколов О.В.)
14. Технологические принципы закладки выработанного пространства при разработке тонких крутых пластов на шахтах будущего // В сб. труд. Основные направления создания способов управления со-

стоянием угленосной толщи, техники и технологии горных работ на шахтах будущего - М.: МГИ, 1982 - С. 22 - 24. (соавтор Колоколов О.В.)

15. Влияние расположения очистного забоя при безлюдной выемки угля // В сб. Направления создания и совершенствования технологии и средств безлюдной выемке угля в шахтах: Тез. докл. Всесоюз. научн.-техн. совещ. - М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1980. - С. 51 - 52. (соавторы Колоколов О.В., Рахутин В.С.)

16. Обоснование выбора направления развития горных работ с учетом трещиноватости горного массива и геологических нарушений // В сб. труд. Охрана труда. Ч.2 - Таллин, 1982. - С. 47 - 49. (соавторы Колоколов О.В., Чистяков В.И., Доценко В.И., Бондарь А.П.)

17. Обоснование технологии закладки выработанного пространства, обеспечивающей безопасность ведения горных работ на угольных шахтах // В сб. труд. Охрана труда. Ч.2 - Таллин, 1982. - С. 87 - 89. (соавтор Колоколов О.В.)

18. Перспективы повышения эффективности разработки крутых пластов и управления горным давлением на шахтах Донбасса // В сб. труд. исследование, прогноз и контроль проявления горного давления. - Л.: ЛГИ, 1982. - С. 57. (Чистяков В.И.)

19. Ячеистая закладка - один из способов управления горным давлением на крутых пластах со сложными горно-геологическими условиями // В сб. труд. исследование, прогноз и контроль проявления горного давления. - Л.: ЛГИ, 1982. - С. 57

20. Эффективность применения пневматических крепей в трещиноватом горном массиве // В сб. труд. Состояние и перспективы применения пневматических конструкций из мягких оболочек в горном деле: Тез. докл. I Всесоюз. научн.-техн. конф. - Днепропетровск, 1983. - С. 17 - 18. (соавторы Чистяков В.И., Доценко В.И.)

21. Технология очистной выемки угля с учетом трещиноватости боковых пород // Геомеханические проблемы высокопроизводительной разработки тонких и средней мощности угольных пластов: Тез. докл. Всесоюз. научн.-техн. конф. - Донецк, 1980. - С. 152 -153. (соавторы Колоколов О.В., Рахутин В.С., Доценко В.И.)

22. Применение пневматических конструкций при ведении закладочных работ // В сб. труд. Состояние и перспективы применения пневматических конструкций из мягких оболочек в горном деле: Тез. докл. I Всесоюз. научн.-техн. конф. - Днепропетровск, 1983. - С. 11 - 12. (соавтор Колоколов О.В.)

23. Принципиальные положения формирования техногенных сред при подземной разработке угля с учетом геодинамики породного массива // Экологические проблемы горного производства, переработки и размещения отходов: Тез. докл. I науч. тех. конф. - М.: МГТУ, 1995. - С. 560 - 562. (соавтор Колоколов О.В.)

24. Технологические схемы оставления породы в очистных и подготовительных выработках крутых пластов Донбасса // Горловка, Минуглепром Украины, 1995 - 245с. (соавторы Мельничук Ю.Е., Ткаченко Н.М., Стрижиборода С.К. и др.)

25. А. с. № 838096. Способ виброуплотнения закладочного массива. 1981 Опуб. в Б.И. № 22 (соавторы Колоколов О.В., Некрасовский Я.Э., Белинский И.Л. и др.)

26. А. с. № 1167329 Способ разработки пластовых месторождений полезных ископаемых. 1985. Олуб. в Б.И. № 26. (соавторы Колоколов О.В., Рябоштан Ю.С.)

27. А. с. № 1530181 Способ крепления очистных выработок. 1989. Опуб. в Б.И. № 47 (соавторы Колоколов О.В., Федоренко Э.А., Усатенко А.В. и др.)

28. А. с. № 1537808. Способ разработки крутых угольных пластов в трещиноватом горном массиве. 1990. Оpub. в Б.И. №3 (соавторы Колоколов О.В., Доценко В.И., Герасименко В.А. и др.)

29. Патент № 2013564 (РФ). Способ возведения закладочного массива и устройство для его осуществления. 30.05.1994 (соавторы Колоколов О.В., Ткаченко Н.М., Стрижборода С.К., Притыскач В.П.)

30. Патент № 2048213 (РФ). Способ захоронения твердых бытовых и промышленных отходов. 20.11.1995. (соавторы Колоколов О.В., Ткаченко Н.М., Стрижборода С.К., Притыскач В.П., Слащев И.Н.)

31. Патент № 2046948. Способ охраны пластовых магистральных штреков. 27.10.1995. (соавторы Колоколов О.В., Бойченко В.Н., Халимендик Ю.М., Лубенец Н.А.)

32. Определение шага посадки основной кровли из расчета трехмерного напряженно-деформированного состояния породного массива //Деп. в Укр.ИНТЭИ, № 1125 - Ук - 92 23.07.92. (соавторы Новикова Л.А., Сдвижкова Е.А., Приходько В.В.)

33. К вопросу разработки весьма тонких крутых пластов. Днепропетровский горный институт. - Днепропетровск, 1987. - 7с. Деп.во ВИНТИ, №2468 Ук. - 86, №2(184) б/о1130.(соавтор Борт А.Д.)

34. Исследование напряженно-деформированного состояния горного массива вокруг выработки, пересеченной тектонической трещиной // Деп. в ГНТБ Украины, № 333 - Ук - 95. от 13.02.95. - 8 с.

В совместно написанных работах личный вклад автора состоит в разработке методов исследований, проведении экспериментов, анализе результатов(1 - 22, 32 - 34), разработке принципиальных схем (23,24), а также в разработке существенных признаков новых технических решений (25 - 31).

Annotation

A.Kuzmenko. Geomechanical foundation of underground technology in dynamic stress fields of rock massif (manuscript).

Thesis on doctor's degree competition under specialities 05.15.11 - "Phisic processes of mining production" and 05.15.02 - "Underground mining of usefull mineral deposits". State mining academy of Ukraine. Dniepropetrovsk. 1996

Determined regularities of the rocks stress-deformed state change in transition zones between geodynamic fields and parameters of underground mining technology and partial backfilling of cell-honey-comb structure being created in the mined out area are defended in the thesis. These regularities and parameters have been issued in 34 scientific works including 7 copyright sertificates and invention patents.

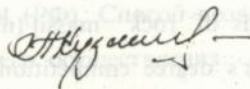
АНОТАЦІЯ

Кузьменко О.М. Геомеханичне обґрунтування технології підземних гірничих робіт в динамічних полях напруженості породного масива (рукопис).

Дисертація на здобуття вченого ступеня доктора технічних наук по спеціальностям: 05.15.11 - "Фізичні процеси гірничого виробництва" та 05.15.02 - "Підземна розробка родовищ корисних копалин". Державна гірнича академія України. Дніпропетровськ. 1996.

В роботі захищаються встановлені закономірності змінення напружено-деформованого стану порід в перехідних зонах на границі динамічних полів та параметри технології ведення гірничих робіт і часткової закладки пористо-щільникової структури, виготовляемій в виробничому просторі, которі знайшли відображення в 34 наукових працях, в тому числі 7 авторських свідоцтв та патентів на винаходи.

Ключові слова: гірський масив, геодинамічні та перехідні зони, напружено-деформований стан, часткова закладка пористо-щільникової структури, параметри, технологія, ефективність, екологічність.



АВТОРЕФЕРАТ

Відповідальний за випуск Харченко В. В.

Здано до набору 30.09.96. Підписано до друку 30.09.96. Формат 60x84/16. Папір друкарський. Офсетний друк. Умовн. друк. арк. 2,3. Умовн. фарб.-відб. 2,3. Тираж 100. Замовлення N 835. Замовлене. ЗАТ Видавництво «Поліграфіст», 320070, м. Дніпропетровськ, вул. Серова, 7.

441394

441394

AB 35.842

AB. 35.842