

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
"Національний гірничий університет"

Будівництва
(факультет)

Кафедра **будівництва, геотехніки і геомеханіки**

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
дипломного проекту (роботи)
магістра

галузь знань **18 Виробництво та технології**

(шифр і назва галузі знань)

спеціальність **184 Гірництво**

(код і назва спеціальності)

спеціалізація **Шахтне і підземне будівництво**

(назва спеціалізації)

освітній рівень **вища освіта**

(назва освітнього рівня)

кваліфікація **2147.2 Інженер з гірничих робіт**

(код і назва кваліфікації)

на тему: Оцінка параметрів способу кріплення та охорони виймальних штреків для повторного використання в умовах шахти «Котляревська» ДП «Селидіввугілля»

Виконавець:

студент _____ курсу, групи 184М-163-5

(підпис)

Стрільник-Дзюба І.В.

(прізвище та ініціали)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
проекту	Солодянкін О.В..		
розділів:			
1 розділ	Солодянкін О.В..	Відм	
2 розділ	Солодянкін О.В..	Відм	
3 розділ	Солодянкін О.В..	Відм	
4 розділ	Солодянкін О.В..	Відм	

Рецензент	Гапеев С.М.	Відм	
-----------	-------------	------	--

Нормоконтроль	Григор'єв О.Є.		
---------------	----------------	--	--

Дніпро
2018

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
"Національний гірничий університет"

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри
будівництва, геотехніки і геомеханіки
(повна назва)

_____ Гапеев С.М.
(підпис) (прізвище, ініціали)

«_01_» ___03___2018__року

ЗАВДАННЯ
на виконання кваліфікаційної роботи магістра

спеціальності 184 Гірництво
(код і назва спеціальності)

Студенту 184м-16з-5 Стрільник-Дзюба_І.В. _____
(група) (прізвище та ініціали)

Тема дипломної роботи Оцінка параметрів способу кріплення та охорони виймальних штреків для повторного використання в умовах шахти «Котляревська» ДП «Селидіввугілля»

1 ПІДСТАВИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

Наказ ректора ДВНЗ "НГУ" від 01.03.2018 р. № 304л

2 МЕТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ

Об'єкт досліджень Геомеханічні процеси, що розвиваються в масиві порід навколо виробки

Предмет досліджень Напружено-деформований стан вуглепородного масиву навколо підготовчих виробок

Мета НДР Обґрунтування раціональних параметрів геомеханічної системи «кріплення підготовчої виробки-охоронна крнструкція-лава» для повторного використання виробок

Вихідні дані для проведення роботи гірничо-геологічні та геомеханічні умови експлуатації виробок та видобування вугілля на шахті «Котляревська» ДП «Селидіввугілля»

3 ОЧІКУВАНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ

Наукова новизна Розроблена та досліджена геологічна модель системи «підготовча виробка-породній масив». Вперше для умов шахти «Котляревська» встановлені

закономірності масиву порід навколо виробки в зоні впливу очисних робіт

Практична цінність Геомеханічне обґрунтування параметрів кріплення і охоронної конструкції, що забезпечують стійкість виробки та можливість її повторного використання

4 ВИМОГИ ДО РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Результати роботи повинні бути обґрунтовані та відповідати умовам експлуатації виробок на шахті «Котляревська» та нормативним документам, щодо розглянутих конструкцій

5 ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБІТ

Найменування етапів робіт	Строки виконання робіт (початок-кінець)
Аналіз умов та досвіду використання виробок	02.01.-31.01.2018 р.
Аналіз результатів натурних досліджень	01.02.-28.02.2018 р.
Обґрунтування параметрів кріплення виробки	01.03.-31.03.2018 р.
Обґрунтування параметрів охоронної конструкції	01.04.-20.04.2018 р.

6 РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Економічний ефект За результатами попередніх оцінок вартість підготовчої виробки, що використовується повторно, з елементами підсилення нижча, ніж вартість нової виробки, що необхідна для підготовки суміжної лави

Соціальний ефект Використання запропонованих параметрів кріплення та охоронної конструкції підвищує безпеку виконання робіт за рахунок збереження необхідного перетину виробки

7 ДОДАТКОВІ ВИМОГИ

Завдання видав _____

(підпис)

Солодянкін О.В.

(прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Стрільник-Дзюба І.В.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: 02.01.2018 р.

Термін подання дипломної роботи до ЕК _____

РЕФЕРАТ

Дипломная работа магистра: 147 с., 55 рис., 10 табл., 95 ист., 3 прилож.

Объект исследований – устойчивость геомеханической системы «крепь подготовительной выработки-охранная конструкция-лава».

Предмет исследований – параметры напряженно-деформированного состояния геомеханической системы «крепь подготовительной выработки-охранная конструкция-лава».

Целью работы является обоснование рациональных параметров геомеханической системы «крепь подготовительной выработки-охранная конструкция-лава», при которых возможен переход на бесцеликовую отработку угля с повторным использованием штреков.

На основании анализа условий горно-геологических и горнотехнических условий эксплуатации выработок для ОП «Шахта «Котляревская» ГП «Селидовуголь», данных объемов ремонтных работ и результатов обследования подготовительных выработок, установлены основные факторы, определяющие их устойчивость.

Определены эффективные направления повышения надежности систем крепи для рассматриваемых условий с целью их повторного использования при отработке угольных пластов.

Разработана и исследована геомеханическая модель технической системы «подготовительная выработка-породный массив» в условиях больших смещений пород почвы.

Показана отрицательная роль подрывки пород почвы на последующее состояние протяженной выработки, обусловленная резким увеличением площади разрушенных пород приконтурного массива и повышением степени их разрыхления.

Установлено, что ограничение смещений пород в почве до требуемой величины достигается при установке анкеров в боках и кровле выработки в количестве не менее 10 шт., что позволяет обеспечить достаточную для нормальной работы площадь поперечного сечения выработки на сопряжении «лава-штрек» без проведения подрывки пород почвы до прохода первой лавы.

Зависимость поперечного сечения выработки $S_{св}$ от количества анкеров с несущественной погрешностью может быть описана линейной функцией.

Комплекс выполненных исследований и обоснований установлено, что система крепления выработки для повторного использования выработки после прохода первой лавы должна включать 10...12 сталеполлимерных анкеров длиной 2,4 м, канатный анкер глубокого заложения, длиной 6 м, установленный со стороны отрабатываемого пласта под углом 85...87° в сторону выработанного пространства и накатную полосу из бруса.

Ключевые слова: подготовительная выработка, повторное использование выработок, упруго-пластическая деформационная модель, метод конечных элементов, численное моделирование, напряженно-деформированное состояние, охранная конструкция.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
РАЗДЕЛ 1	
ОСОБЕННОСТИ ОХРАНЫ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК НА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТАХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ	8
1.1. Тенденции и проблемы развития горнодобывающей промышленности ...	8
1.2. Особенности отработки угольных пластов на глубоких горизонтах	17
1.3. К вопросу о целесообразности перехода шахт на повторное использование выработок.....	29
1.4. Цель работы, идея, основные задачи и методы исследований.....	31
ВЫВОДЫ	33
РАЗДЕЛ 2	
АНАЛИЗ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОТРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ НА ШАХТЕ «КОТЛЯРЕВСКАЯ» ГП «СЕЛИДОВУГОЛЬ». АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ШАХТЫ И РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГОРНЫХ РАБОТ	35
2.1. Анализ условий эксплуатации и текущего состояния капитальных и подготовительных выработок шахты «Котляревская».....	35
2.2. Очистные работы на шахте.....	50
2.3. Основные направления повышения эффективности добычи угля на шахте. Предварительная оценка возможности повторного использования выемочных штреков	53
ВЫВОДЫ	69
РАЗДЕЛ 3	
ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОКРЕСТНОСТИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ ВНЕ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ.....	71
3.1. Постановка задачи	71

3.2. Алгоритм расчетов. Описание метода. Калибровка деформационной модели среды.....	74
3.3. Моделирование и анализ состояния выемочного штрека до воздействия очистных работ	81
3.4. Исследование деформационных процессов, связанных с большими деформациями приконтурного массива.....	93
3.5. Обоснование параметров рамно-анкерной крепи для безремонтного поддержания выработки до подхода первой лавы.....	97
ВЫВОДЫ.....	102
РАЗДЕЛ 4	
ОЦЕНКА СПОСОБА ОХРАНЫ ВЫЕМОЧНОЙ ВЫРАБОТКИ ДЛЯ ЕЕ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.....	104
4.1. Способы охраны подготовительных выработок при бесцеликовой отработке угля.....	104
4.2. Техничко-экономическая оценка эффективности способов охраны подготовительных выработок при бесцеликовой отработке угля.....	114
4.3. Обоснование способа крепления и охраны выемочной выработки для ее повторного использования.....	116
ВЫВОДЫ	120
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	122
ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК	124
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	135
Приложение А. Отзыв руководителя на работу	136
Приложение Б. Рецензия	137
Приложение В. Презентация магистерской работы	138

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Постоянное увеличение глубины разработки и интенсификация горных работ на шахтах требуют реализации комплекса мероприятий, направленных на повышение надежности и безопасности труда, а также на снижение стоимости и материалоемкости технологических средств. В этом плане повторное использование выработок при отработке угольных запасов позволит сократить затраты и время на подготовку новых добычных участков, что снизит себестоимость угля и повысит рентабельность предприятий.

Чрезвычайно актуальным является этот вопрос для шахт ГП «Селидовуголь», действующие шахты которого – «Украина», «Котляревская», «Кураховская» «1/3 Новогородовская» ведут добычу энергетических углей на глубине свыше 550 м.

В соответствии с проектом дальнейшего развития ОП «Шахта «Котляревская», реализация комплекса организационных и технических мероприятий позволит существенно увеличить проектную мощность и продлить срок службы шахты не менее чем на 20 лет.

Шахта «Котляревская» в последнее время работает нестабильно из-за несвоевременной подготовки линии очистных забоев вследствие большого физического износа горного оборудования, отсутствия средств на его замену и огромных затрат на поддержание подготовительных выработок.

Традиционно отработка лав производилась по столбовой схеме подготовке с погашением подготовительных выработок после прохода лавы, что требовало выполнения большого объема работ по проведению выемочных штреков для транспортирования горной массы из очистного забоя, вентиляции, передвижения людей, доставки необходимых материалов.

При этом, в связи с увеличением глубины ведения работ, состояние выработок еще до начала отработки угля ухудшалось до

неудовлетворительного по требованиям эксплуатации. Это приводило к резкому увеличению объемов работ по их ремонту и перекреплению.

В следствие этого на шахте планируется внедрение бесцеликовой отработки выемочных участков, с повторным использованием выработок и применением эффективных комбинированных рамно-анкерных крепей, что позволит, увеличить темпы подвигания лав за счет сокращения времени на выполнение концевых операций в забоях, а также снизит металлоемкость крепи. Техническая реализация этих решений требует комплексной оценки характера работы крепи и охранных конструкций на всех этапах эксплуатации выработки с момента ее проведения, прохождения волны опорного давления от первой лавы и воздействия очистных работ при повторном использовании.

Таким образом, изучение деформационных процессов, происходящих в подготовительных выработках добычного участка под влиянием очистных работ в рассматриваемых горно-геологических условиях, с целью обоснования параметров крепей и охранных конструкций выработок для их повторного использования, является актуальной научной и практической задачей, имеющей важное значение для развития угольной отрасли Украины.

Цель работы состоит в обосновании рациональных параметров геомеханической системы «крепь подготовительной выработки-охранная конструкция-лава», при которых возможен переход на бесцеликовую отработку угля с повторным использованием штреков.

Основная идея работы заключается в обосновании параметров рамно-анкерной крепи, которая обеспечивает устойчивость выработки на первом этапе – до подхода лавы, что сохранить ее для повторного использования при отработке второй лавы.

Для достижения цели работы поставлены и решены **следующие основные задачи исследований:**

- выполнить анализ горно-геологических и горнотехнических условий добычи угля на ОП «Шахта «Котляревская» ГП «Селидовуголь» и перспектив ее дальнейшей эксплуатации с учетом перехода на

бесцеликовые способы охраны подготовительных выработок и эффективные конструкции крепей;

- выполнить анализ результатов натуральных исследований в выработках выемочного участка ОП «Шахта «Котляревская» - 3 северная лава южного уклона II ступени пласта l_1 ;
- обосновать параметры крепи выемочной выработки для обеспечения ее нормального эксплуатационного состояния до подхода первой лавы;
- обосновать параметры охранных конструкций, при которых возможен переход на бесцеликовую отработку угля с повторным использованием штреков.

Объект исследования – геомеханические процессы, развивающиеся в окружающем выработку массиве пород.

Предмет исследования – напряженно-деформированное состояние углепородного массива в окрестности подготовительных выработок, испытывающих влияние очистных работ.

Методы исследований. Методическую основу исследований составляет комплексный подход, который включает в себя анализ и обобщение литературных данных по теме работы, анализ результатов шахтных исследований в подготовительных выработках, аналитические исследования с применением численного метода, выполненные с целью обоснования рациональных параметров способа крепления подготовительной выработки в зоне влияния очистных работ.

Основные зависимости, установленные в работе.

1. Ограничение смещений пород в почве до требуемой величины достигается при установке анкеров в боках и кровле выработки в количестве не менее 10 штук, что позволяет обеспечить достаточную для нормальной работы площадь поперечного сечения выработки на сопряжении «лава-штрек» без проведения трудоемкой и дорогостоящей подрывки пород почвы до прохода очистного забоя.

2. Зависимость поперечного сечения выработки $S_{св}$ от количества анкеров с несущественной погрешностью может быть описана линейной функцией.

Научная новизна полученных результатов:

– разработана и исследована геомеханическая модель технической системы «подготовительная выработка-породный массив» в условиях больших смещений пород почвы;

– впервые для горно-геологических и горнотехнических условий ОП «Шахта «Котляревская» установлены закономерности деформирования приконтурного массива пород вокруг подготовительной выработки в зоне влияния первой лавы при использовании рамной и рамно-анкерной крепи.

Научное значение работы состоит в установлении закономерностей деформирования геомеханической системы «крепь выработки-породный массив».

Практическое значение работы состоит в геомеханическом обосновании параметров крепи и охранной конструкции, обеспечивающих устойчивость подготовительной выработки допускающих их повторное использование при допустимых объемах ремонтных работ.

Апробация результатов работы. Основные положения, результаты и содержание работы докладывались на: II Международной научно-технической интернет-конференции «Инновационное развитие горнодобывающей отрасли» (Кривой Рог, Государственный ВУЗ «КНУ», 2017), IV Всеукраїнській науково-технічній конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Молодь: наука та інновації» (Дніпро, Державний ВНЗ «НГУ», 2017), IX Всеукраїнській науково-технічній конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Наукова весна» (Дніпро, Державний ВНЗ «НГУ», 2018).

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 3 статьи в материалах научно-технических конференций.

Структура и объём. Дипломная работа магистра состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка использованных источников из 95 наименований на 11 страницах и 3 приложений на 12 страницах. Содержит 111 страниц машинописного текста, в том числе 55 рисунков и 10 таблицы. Общий объем работы составляет 147 страниц.

РАЗДЕЛ 1

ОСОБЕННОСТИ ОХРАНЫ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК НА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТАХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

1.1. Тенденции и проблемы развития горнодобывающей промышленности

Уголь – единственный энергоноситель, которым Украина может обеспечить себя самостоятельно в полном объеме. Будучи гарантом энергетической независимости, угольная промышленность Украины является одной из важнейших составляющих топливно-энергетического комплекса и экономики страны в целом. Увеличение рентабельности ее деятельности обеспечивает рост экономического потенциала государства и, наоборот – возникновение кризисных явлений на энергетическом рынке отрицательно влияет на большинство экономических показателей.

Угольная промышленность является одной из наиболее крупных отраслей народного хозяйства Украины. Доля угля составляет около 94-96% в общем объеме потребляемых собственных энергоносителей страны. Обеспечение необходимого и достаточного количества добываемого высококачественного и конкурентоспособного угля является гарантией энергетической независимости государства. Геологических запасов угля в Украине имеется на сотни лет.

Сказать, что война в Донбассе негативно отразилась на работе угледобывающих предприятий, — не сказать ничего. Многие шахты были сильно повреждены или разрушены во время боевых действий. Некоторые оказались затоплены: из-за обстрелов летом 2014 года на них не работали водоотливные комплексы.

Развитие угольной промышленности Украины сопряжено с периодами крупного роста и спада объемов добываемого угля. На протяжении всей истории основным поставщиком угля был и остается Донецкий угольный бассейн. Как видим на рисунке 1.1, к 2006 г. наблюдается постепенный спад угольной промышленности, что главным образом связано с кризисом, который до сих пор не преодолен в Украине.

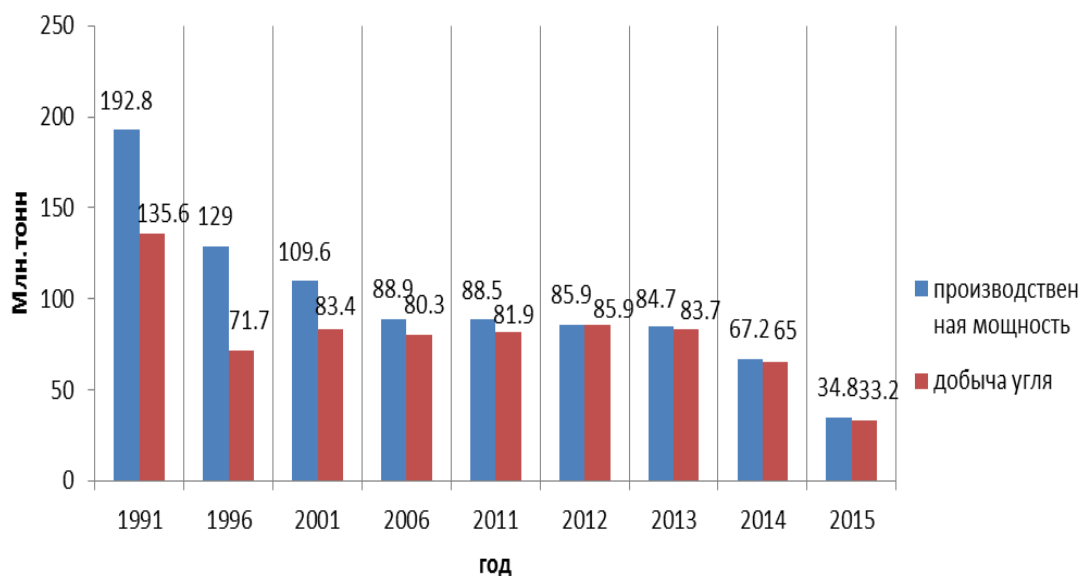


Рис. 1.1 Динамика добычи угля в Украине

Дальнейшего развития и роста угольного производства можно достичь путем технического переоснащения предприятий, их реконструкции, нового строительства с использованием наукоемких средств и технологий на базе достижений машиностроения, электроники, автоматизации, информатики, а также путем структурных преобразований, развития рыночных отношений, реформирования и коммерциализации научной деятельности и т. п.

Для угольной отрасли необходимо тщательное изучение стартовых условий, то есть уровня технического вооружения процессов угледобычи, соответствующих технико-экономических показателей, выявления «узких мест». Ориентиром при этом могут быть достижения передовых угледобывающих стран и, кроме того, собственные возможности и ресурсы.

В области совершенствования горного хозяйства шахт целесообразно и эффективно использовать следующие направления:

- при отработке пластов мощностью более 0,9-1,0 м необходимо ориентироваться на применение столбовых систем разработки (на отработку лав обратным ходом);
- по возможности осуществлять повсеместную концентрацию горных работ путем увеличения нагрузки на пласт, панель, блок, горизонт, крыло

шахтного поля. Это значит, что подземная структура шахты должна быть компактной и с малой протяженностью выработок, транспортная цепь и вентиляционная сеть простые, надежные и удобные в эксплуатации;

- мелкие шахты целесообразно объединять в одну крупную шахту;
- периодически осуществлять реконструкцию действующих шахт как для поддержания достигнутых объемов добычи угля, так и с учетом увеличения их производственных мощностей;
- систематически вести строительство новых высокопроизводительных шахт с целью компенсации потери мощностей закрываемых и консервируемых шахт, в связи с отработкой запасов или низким уровнем их технико-экономических показателей эксплуатации.

При решении первостепенных задач угольной промышленности в условиях Донбасса важно постоянно учитывать, что на действующих шахтах на пластах мощностью более 1 м осталось запасов примерно на 25-30 лет при среднегодовой добыче 90-100 млн. т. В связи с этим необходимо создание нового уровня техники для проходческих и очистных работ на маломощных пластах. Включение ее в работу обеспечит продление жизни многих действующих шахт примерно на 60-70 лет.

Теоретическая и практическая значимость исследования угольной отрасли Украины состоит в том, что сегодня вследствие активного внедрения Украины в международное рыночное хозяйство, значение угольного комплекса значительно возросло, что определяет необходимость проведения анализа рынка украинского угля и определения факторов, влияющих на повышение его эффективности.

Угольную отрасль и её состояние в своих исследованиях рассматривали такие учёные, как А.В. Быков, И.И. Павленко, Ф. Пек, А.В. Анциферов, Г.Л. Майдуков, В.В. Радченко, В.А. Кулиш. Способы модернизации отрасли изучали С.В. Анищенко [1], Ю.С. Залознова [2], Л.Л. Стариченко [4], А.С. Кофанов, А.С. Кузнецов, А.И. Коваль и другие. Но всё же остаются нерешёнными проблемы

сравнительной оценки рентабельности добычи собственного угля наряду с возможностью сокращения его добычи за счёт импорта угля из стран Европы.

Угольная промышленность в Украине является традиционной отраслью, которая занимает доминирующее место среди топливных отраслей.

Доказанные запасы угля в Украине – 33,873 млрд. т, что составляет 3,9% мировых запасов. Из всех запасов в Украине 15,351 млрд. т антрацита и битумного угля, еще 18,522 млрд. т – лигнита (бурого угля). Согласно оценке, при текущем уровне добычи, таких запасов Украине должно хватить на 462 года [9]. Основные запасы угля в основном залегают на значительной глубине в Донецком, Львовско-Волынском и Приднепровском (бурый уголь) бассейнах. При этом 75% угля используется как топливо, а 25% – как технологическое сырьё для черной металлургии, химической и других отраслей.

Всего в Украине имеется около 150 действующих шахт, более 90% из которых находятся в районе Донбасса. Запасы действующих шахт составляют 6,1 млрд. тонн (57% – энергетический уголь, 43% – коксующийся уголь).

Крупнейшим в стране районом добычи каменного угля остается Донецкий бассейн. Сейчас здесь действует около 100 шахт, почти на половине из которых добывают высококачественный коксующийся уголь. Донецкий уголь имеет высокую себестоимость, что связано с небольшой мощностью (0,5-2 м) и глубоким залеганием пластов. Чтобы стать по-настоящему рентабельной и иметь возможности для расширенного воспроизводства, украинской шахте нужно иметь превышение дохода от реализации продукции над плановой себестоимостью не менее 16% [3]. В соответствии с этими требованиями, почти 90 шахт Донецкого бассейна являются нерентабельными и постепенно должны быть закрыты.

Основными районами добычи бурого угля является Приднепровский буроугольный бассейн.

Отечественный рынок угля состоит из двух ключевых сегментов: энергетического угля, который используется в основном для производства электроэнергии и коксующегося угля, который используется в основном в металлургии. Украинский рынок угля характеризуется дефицитом коксующегося

угля и избыточным предложением энергетического угля антрацитной группы, наряду с дефицитом тощих углей марки «Т», требуемых в электрогенерации. Внутри страны около 90% добытого энергетического угля потребляют энергогенерирующие компании.

Потребление угля в стране в 2012 году, по оценкам Донецкой топливно-энергетической компании (ДТЭК), составило 74,3 млн тонн, из них на нужды энергетики было использовано 41,2 млн тонн, металлургии – 28,6 млн тонн. [7].

Основные показатели развития угольной промышленности Украины за 2008-2012 гг. представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Основные показатели угольной промышленности Украины в 2008г.-2012 г., тыс. тонн ([6], [9])

Показатель	2008г.	2009г.	2010г.	2011г.	2012г.
1) Производство	37640	34959	33716	40345	40256
2) Импорт	8569	5135	7793	8340	9926
3) Экспорт	-3325	-3869	-4820	-5587	-5192
4) Конечное потребление	10806	7927	8372	9402	9604

Анализ структуры экспорта и импорта угля Украины показал, что крупнейшими поставщиками угля в Украину являются Россия, Казахстан и США. Крупнейшими потребителями угля из Украины являются Болгария, Турция, Иран и Польша. Влияние украинского угля на европейский рынок незначительно из-за наличия крупных высококачественных запасов угля в Германии и Польше.

Украинский рынок угля имеет ряд определённых проблем, которые необходимо решить, чтобы снизить себестоимость угля и повысить его рентабельность. Рассмотрим данные проблемы подробнее.

Отрасль уже давно находится в кризисном состоянии. По данным Министерства энергетики и угольной промышленности Украины, свыше 70% основных фондов углепрома нуждаются в капитальном ремонте, который не проводили уже более 30 лет. Наряду с этим, на большинстве шахт до сих пор очень велика доля ручного труда.

Одна из главных проблем отрасли – крайне незначительный объём инвестиций (объём инвестиций в угольную промышленность Украины в таблице 1.2). Стоит отметить, что источниками инвестирования угольной промышленности в основном являются средства государственного бюджета и собственные средства предприятий. [1].

Таблица 1.2-Объём инвестиций в угольную промышленность Украины в 2014 г.- 2016 г., [5]

Показатель	2014 г.	2015 г.	2016 г.
1) Капитальные инвестиции, млн. грн.	11631	16598	23287
2) Индексы капитальных инвестиций, %	113,6	130,0	142,2

Из таблицы видно, что объём капитальных инвестиций в угольную промышленность Украины является незначительным, но увеличивается.

Из-за плохого технического состояния шахты работают с низкой продуктивностью, уголь имеет большую себестоимость. Не более чем 20 шахт финансово сбалансированы.

Кроме того, угольная отрасль Украины лидирует по уровню травматизма и смертности на производстве. Угольная промышленность продолжает оставаться наиболее небезопасным производством для здоровья работающих.[2] По официальной статистике, каждый добытый миллион тонн угля уносит жизни двух шахтёров. Это связано не только с условиями, в которых разрабатываются пласты (глубина – более 720 м, 90% шахт – газовые, 6% – опасные из-за взрывов угольной пыли и др.), но и с неудовлетворительным состоянием оборудования.

Изношенное шахтное оборудование не позволяет гарантировать и качество угля. Оно характеризуется высокой зольностью, что ведет к ускорению износа оборудования на тепловых станциях. Коэффициент полезного действия украинских ТЭС составляет 30%.

Одной из основных проблем, которая мешает добыче украинского угля, является большое количество выбросов шахтного метана. Украина занимает 4-е место в мире по объёмам выбросов шахтного метана (4,7 % от объёма мировых выбросов (1,2 млрд. м³ в год). Шахтный метан активно выделяется на 70-80% действующих шахт Украины. На сегодняшний день утилизируется менее 8% выбросов шахтного метана. Запасы шахтного метана Украины оцениваются в 12 трлн. м³.

Также в последнее время в угольной отрасли Украины наблюдается тенденция к увеличению доли частных шахт в общей добыче угля в Украине с одновременным уменьшением доли государственных шахт. Основной движущей силой в отрасли является технологическое старение шахтного фонда. Из всех государственных шахт, около 70% работают без капитального ремонта либо любого рода технических обновлений уже более 30 лет.

Другим важным вопросом, который оказывает негативное влияние на угольную промышленность Украины, является нерегулируемая добыча угля. По различным данным, нерегулируемый рынок составляет около 6-9 млн. т угля в год (в основном энергетический уголь) или около 7-10% от общей добычи энергетического угля.

Для устранения данных негативных факторов, действующих на добычу украинского угля, необходимо провести ряд определённых мер по реконструкции, модернизации и оптимизации шахт. Эти меры уже применяются на некоторых шахтах, приводя к увеличению эффективности их работ. Государству также необходимо пересмотреть свою энергетическую политику с целью её активизации.

Чтобы отечественная угольная промышленность могла надлежащим образом исполнять отведённую ей роль определённого гаранта энергетической безопасности, государственная политика должна быть направлена на решение двух глобальных задач – модернизацию отрасли и её реформирование относительно рыночных условий хозяйствования. [4]

К позитивным факторам, которые помогают внедрению новых мер, относятся: постепенный переход на энергетический уголь как источник энергии, строительство заводов по газификации угля, политика украинского правительства, направленная на уменьшение зависимости от российского природного газа.

Согласно Стратегии, уголь остается одним из основных источников в энергоснабжении Украины, и продолжает быть основным гарантом безопасности украинского государства от чрезмерной зависимости от импорта энергоносителей.

«Энергетическая Стратегия Украины 2030» основана на заявленном правительством намерении снизить зависимость страны от импортируемого топлива, включая одновременное увеличение добычи угля.

Для наращивания производственных мощностей правительство Украины планирует модернизировать наиболее эффективные шахты.

Как позитивный сдвиг, следует отметить, что за 2015-2017 года показатели общепроизводственного травматизма на угольных предприятиях снизились практически в 2 раза, а на угольных предприятиях государственной формы собственности – больше, чем в 1,5 раза. Кроме этого, в 1,5 раза уменьшилось количество аварий на шахтах.

При условии, что все вышеперечисленные шаги реализуются до 2030 г., даже при частичном закрытии убыточных шахт, объемы добычи энергетического угля вырастут на 50% по сравнению с уровнем добычи в 2010 г. Это позволит отрасли удовлетворить спрос на уголь в соответствии с планируемым увеличением производства электроэнергии. Предполагается, что добыча угля достигнет уровня 115 млн. т к 2030 г., из которых 75 млн. т будет составлять энергетический уголь.

Украина имеет значительный потенциал развития угольной промышленности и большими запасами высококачественного энергетического угля, поэтому в перспективе благодаря определенным мерам по развитию угольного комплекса Украины, наша страна может получить огромные преимущества. Таким образом, для нашего государства сейчас более важным является развитие добычи

украинского угля и минимизация его импорта из стран Европы. Поэтому основной целью политики государства в сфере угольного комплекса является снижение себестоимости добычи угля и модернизация шахт.

После устранения существующих проблем угольной отрасли для Украины добыча собственного угля станет эффективнее не только в рамках внутри-государственного использования, но и в рамках международного экспорта.

Вопросы дальнейшего состояния угольного комплекса страны и его модернизации остаются открытыми, что определяет необходимость дальнейших исследований в данном направлении.

Безусловно, ситуация в угольной отрасли уже давно требует эффективного реагирования государства, поскольку напоминает "черную дыру", которая с завидным постоянством забирает бюджетные средства и, к огромному сожалению, человеческие жизни.

За 11 месяцев 2017 года (январь-ноябрь) добыча энергетического и коксующегося угля в Украине сократилась на 13,6% в сравнении с аналогичным периодом прошлого года – до 31,9 млн тонн (об этом сообщила пресс-служба Министерства энергетики и угольной промышленности).

Так, из общего объема угля 4,4 млн тонн (13,8%) было добыто на государственных шахтах. В ноябре в Украине было добыто 3 млн тонн угля, что на 18,8% меньше, чем в ноябре 2016 года.

Добыча энергетического и коксующегося угля в Украине в 2015 году из-за боевых действий на Донбассе сократилась в 1,6 раза в сравнении с 2014 годом – до 39,8 млн тонн. В 2016 году добыча увеличилась на 2,8% – до 40,9 млн тонн.

В марте 2017-го крупнейший частный украинский энергетический холдинг [ДТЭК Энерго](#) остановил почти все угольные шахты в подконтрольных пророссийским сепаратистам районах Донбасса из-за транспортной блокады.

На сегодняшний день Украина из-за боевых действий на востоке страны и блокады грузооборота с неподконтрольными территориями испытывает значительный дефицит угля, в первую очередь энергетического (антрацита), добыча которого сконцентрирована в Донецкой и Луганской областях, в районах,

подконтрольных боевикам. По данным Минэнергоугля, потребность тепловой генерации в 2018 году в угле составит 26,6 млн тонн.

6 декабря 2017 года [Кабмин создал государственное предприятие Национальная угольная компания](#). Всего в Национальную угольную компанию войдут 19 государственных предприятий, которые в своем составе имеют 33 государственные шахты.

Угледобывающие предприятия Украины в январе-ноябре 2016 года увеличили добычу рядового угля на 1,7% (на 629,7 тыс. тонн) по сравнению с аналогичным периодом 2015 года – до 37 млн 2,7 тыс. тонн.

Угледобывающие предприятия, входящие в сферу управления Минэнергоугля, в январе-ноябре-2016 года снизили добычу на 14,3% (на 877,2 тыс. тонн) – до 5 млн 276,1 тыс. тонн, в т.ч. добыча коксующегося угля сократилась на 21% (на 379,5 тыс. тонн) – до 1 млн 424,7 тыс. тонн, энергетического – на 11,4% (на 497,7 тыс. тонн), до 3 млн 851,4 тыс. тонн.

Шахты Донецкой области за 11 месяцев этого года обеспечили добычу 14 млн 238,8 тыс. тонн угля (+9,1% к январю-ноябрю-2015), Луганской – 4,403 млн тонн (+11,1%), Днепропетровской – 16 млн 741,8 тыс. тонн (-3,3%), Львовской – 1,451 млн тонн (-19,6%), Волынской – 168,2 тыс. тонн (-25,7%) (табл. 1.4).

Украина в 2015 году снизила добычу рядового угля на 38,8% (на 25 млн 236,2 тыс. тонн) по сравнению с 2014 годом – до 39 млн 759,1 тыс. тонн, в т.ч. добычу коксующегося – на 49,8%, до 8 млн 155,1 тыс. тонн, энергетического – на 35,3%, до 31,604 млн тонн.

Таблица 1.3- Добыча угля предприятиями Украины в 2016-2017 гг., тыс. тонн

Предприятия	2016 год	2017 год	изм., %
ПАО "ДТЭК Павлоградуголь"	18 409,4	20 142,1	9,4
ПАО " Ш/У Покровское"	4 302,0	4 345,6	1,0
ООО "ДТЭК Добропольеуголь"	2 271,8	2 128,7	-6,3
ГП " Львовуголь"	1 408,7	1 342,8	-4,7

ООО "Краснолиманская"	1 566,1	899,3	-42,6
ГП "Селидовуголь"	1 394,0	810,0	-41,9
ООО "ДТЭК Ровенькиантрацит"	2 224,6	699,3	-68,6
ОДО "Белозерская"	493,1	644,0	30,6
ООО "ДТЭК Комсомолец Донбасса"	3 502,1	614,9	-82,4
ООО "ДТЭК Свердловантрацит"	2 305,6	595,2	-74,2
ГП " Мирноградуголь" (Красноармейск)	548,1	608,6	11,0
ГП " Ш/У Южнодонбасское №1"	497,9	447,6	-10,1
ГП "Краснолиманская"	443,4	378,4	-14,7
ГП " Южнодонбасская №3" им. Сургая	340,7	288,7	-15,3
ГП " Торецкуголь" (Дзержинск)	279,4	265,0	-5,2
ПАО " Лисичанскуголь"	196,5	234,1	19,1
ПАО "Надежда"	186,4	202,5	8,6
ГП " Первомайскуголь"	308,4	160,5	-48,0
ГП " Воляньюголь"	185,4	101,4	-45,3
ВСЕГО	40 864,1	34 916,2	-14,6

Угледобывающие предприятия, входящие в сферу управления Минэнергоугля, в 2015-м снизили добычу на 62% (на 10 млн 984,1 тыс. тонн) – до 6 млн 742,2 тыс. тонн, в т.ч. добычу коксующегося – на 57,6%, до 1 млн 950,1 тыс. тонн, энергетического – на 63,5%, до 4 млн 792,1 тыс. тонн.

1.2 Особенности обработки угольных пластов на глубоких горизонтах

В связи с увеличением глубины разработки месторождений полезных ископаемых горно-геологические условия ухудшаются. Многочисленные проявления сложных гидрогеологических (прорывы воды в выработки), геомеханических (ывалообразование, незатухающие смещения породы в выработке), гео- и газодинамических (внезапные выбросы угля, породы и газа, горные удары) условий, сопровождающие строительство и эксплуатацию

горных выработок, несмотря на применяемые меры по их предупреждению требуют огромных затрат на их ремонт и восстановление.

На действующих горизонтах угольных шахт Украины до 70 % промышленных запасов приходится на пологие и наклонные пласты со сложными горно-геологическими условиями. Большое количество всех угольных шахт Украины эксплуатируются в сложных газо-, геодинамических и геомеханических условиях.

Сооружение комплекса выработок при подземной разработке вызывает перераспределение напряжений, приводит к разрушению массива пород, его сдвиганиям, появлению техногенных трещин, образованию значительных зон разрушенных (деформированных) пород вокруг выработок (рис. 1.2), смещениям породных обнажений [77].

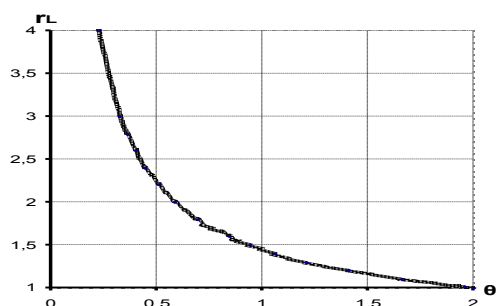


Рис. 1.2. Зависимость размеров ЗНД r_L от комплексного показателя условий разработки $\theta = R_c k_c / \gamma H$, [78]

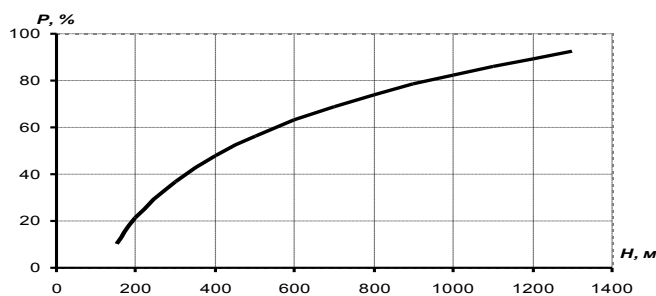


Рис. 1.3. Вероятность пучения пород почвы в выработках в зависимости от глубины разработки [79, 80]

С увеличением глубины горных работ существенно возрастает гравитационная составляющая горного давления, меняются физико-механические свойства пород и их поведение, повышается температура породной среды (до 40-55° С). По мере эксплуатации предприятия, увеличивается количество отработанных участков, происходит частичная подработка предохранительных целиков, выемка запасов в околоствольном пространстве, вблизи водоемов и объектов на поверхности и т.д. Меняется пространственная структура массива, сопровождающаяся образованием блочной геофизической среды, т.е. происходит

самоорганизация сложной механической системы «объект-породный массив», что при определенных условиях носит катастрофический характер, сопровождается человеческими и материальными потерями. Характерными проявлениями последних являются пучение пород почвы, вывалы пород кровли, горные удары, интенсивное газовыделение, самовозгорание угля, внезапные выбросы угля, породы и газа, внезапные прорывы воды в угольных шахтах, образование провальных воронок на поверхности, внезапные обрушения, оползни естественных и искусственных склонов, разрушение дамб и т.п.

Увеличение глубины разработки месторождений затрагивают еще один фактор, существенно осложняющий ведение горных работ.

Как известно, угольным месторождениям Центрального района Донбасса присуща высокая геологическая нарушенность. С увеличением глубины степень разведанности геологических нарушений уменьшается, а степень сложности обеспечения устойчивости выработок в таких условиях увеличивается. Более того, с увеличением глубины ведения горных работ на 100-120 м интенсивность (частота) нарушений возрастает на 5-7 % [81].

По всем вышеперечисленным причинам очень высоки затраты на ремонт и поддержание выработок в эксплуатационном состоянии, величина которых увеличивается с ухудшением геомеханических условий, и в первую очередь – с ростом глубины [83, 84] (рис. 1.4). Возросшая величина горного давления приводит к тому, что выработки на глубинах более 600 м, расположенные в породах с пределом прочности на сжатие до 50,0 МПа, переукрепляются по 2-3 раза еще на стадии строительства шахт или новых горизонтов

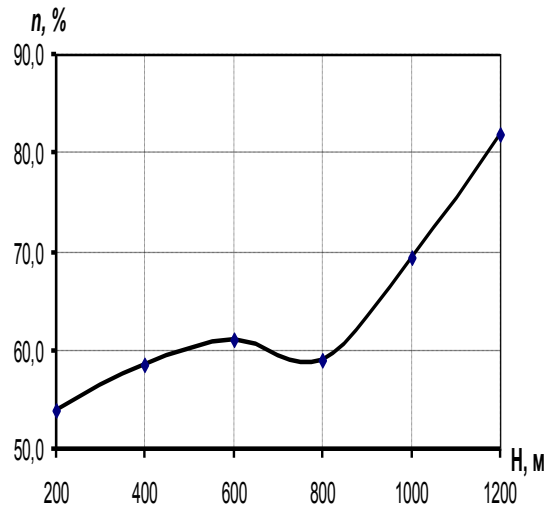


Рис. 1.4. Зависимость частоты нарушенности угольных пластов n от глубины их расположения

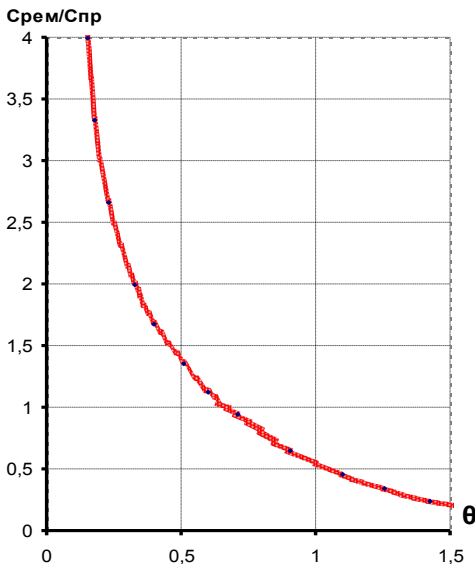


Рис. 1.5. Зависимость стоимости поддержания 1 п.м. выработок $C_{рем}/C_{пр}$ от показателя $\theta = R_c k_c / \gamma H$ по данным работы [84]

Повышение устойчивости горных выработок является одной из важнейших задач при подземной разработке месторождений полезных ископаемых. При разработке угольных месторождений проводятся сотни километров горизонтальных и наклонных выработок.

Трудоёмкость и стоимость крепления выработок составляет 40-50% и более от общей трудоёмкости и стоимости работ по строительству горной выработки. В связи с ухудшением горно-геологических условий строительства горных выработок, обусловленных, в первую очередь, увеличением глубины ведения горных работ,

и несмотря на возросшую за последние годы в 1,4 раза металлоёмкость крепи и широкое применение тампонажа закрепного пространства, ежегодный объём перекрепления составляет 10-15% от общего объёма строящихся выработок [85], а на глубоких горизонтах он достигает 65%.

Металлическая крепь является основным видом крепи горизонтальных горных выработок угольных шахт. В настоящее время более 80 %> всех протяжённых выработок крепятся металлической крепью, причем отмечается явная тенденция роста общей протяжённости выработок с этой крепью. Удельный вес таких выработок ежегодно увеличивается на 0,8-1,2 В то же время, масса применяемого для изготовления крепи специального взаимозаменяемого профиля ежегодно

Повышение устойчивости горных выработок является одной из важнейших задач при подземной разработке месторождений полезных ископаемых. При разработке угольных месторождений проводятся сотни километров горизонтальных и наклонных выработок.

Трудоёмкость и стоимость крепления выработок составляет 40-50% и более от общей трудоёмкости и стоимости работ по строительству горной выработки. В связи с ухудшением горно-геологических условий строительства горных выработок, обусловленных, в первую очередь, увеличением глубины ведения горных работ, и несмотря на возросшую за последние годы в 1,4 раза металлоёмкость крепи и широкое применение тампонажа закрепленного пространства, ежегодный объём перекрепления составляет 10-15% от общего объёма строящихся выработок, а на глубоких горизонтах он достигает 65%.

Металлическая крепь является основным видом крепи горизонтальных горных выработок угольных шахт. В настоящее время более 80 %> всех протяжённых выработок крепятся металлической крепью, причем отмечается явная тенденция роста общей протяжённости выработок с этой крепью. Удельный вес таких выработок ежегодно увеличивается на 0,8-1,2 В то же время, масса применяемого для изготовления крепи специального взаимозаменяемого профиля ежегодно возрастает на 10 %. Несмотря на устойчивый рост объёма применения тяжёлых спецпрофилей (СВП27, СВП33), объёмы ремонта горных выработок остаются весьма значительными.

Протяжённость выработок, находящихся в неудовлетворительном состоянии, по разным угольным бассейнам составляет от 15 до 50 % общей протяжённости поддерживаемых выработок.

Увеличение глубины горных работ на шахтах Донбасса привело к росту средней величины несущей способности крепи в 2,5 раза, увеличению стоимости крепления в 2,3 раза, а трудоемкости - в 3,7 раза. Ежегодно протяжённость выработок, находящихся в неудовлетворительном состоянии, увеличивается на 2-3%.

Большинство шахт Донбасса ведут работы на глубине более 500-600 м и затраты на поддержание 1 м капитальных горных выработок постоянно возрастают. При ежегодном увеличении глубины разработки на 8-10 м с достаточной уверенностью можно прогнозировать дальнейший рост затрат на проведение и поддержание выработок, если не будут найдены эффективные способы обеспечения их эксплуатационного состояния с минимальными затратами [86].

Капитальные горные выработки в свете проблемы комплексного освоения недр следует считать техногенно воспроизводимым георесурсом недр. В этом случае особенно возрастает роль обеспечения длительной устойчивости горных выработок при их дальнейшем использовании в новом функциональном качестве. Возведение мощных долговечных конструкций крепи в период строительства горной выработки потребует привлечения значительных капитальных затрат, которые начнут окупаться через много лет. В большинстве случаев такое решение является экономически нецелесообразным.

Неудовлетворительное состояние горных выработок обуславливает трудно учитываемые косвенные финансовые и трудовые затраты, а также оказывает отрицательное влияние на ряд процессов, связанных с технологией выемки угля (транспорт, вентиляция водоотлив и т. д.). Поэтому проблема устойчивости горных выработок остаётся одной из наиболее актуальных и определяющих эффективность работы угольных шахт в различных бассейнах страны.

Донецкий бассейн расположен в пределах юго–восточной части Украины. Главным образом в Луганской, Донецкой и Днепропетровской областях Украины. А также охватывает Ростовскую область в России. Площадь составляет около 60 тыс. км² (650x200 км), в том числе в пределах Украины 50 тыс. км². В центральной части бассейна находится Донецкий кряж – наиболее возвышенная часть Левобережной Украины.

Донбасс делится на 30 угленосных районов: Схема расположения угленосных районов Донецкого бассейна представлена на рис.1.6.

В угленосной части Донецкого бассейна содержится более 300 угольных пластов и прослоев, из которых почти 2/3 имеют мощность менее 0,45 м, максимальная мощность единичных пластов равна 1,8 м, редко и на ограниченных площадях она может достигать 2,5 м.

В Донецком угольном бассейне горные породы сложены аргиллитами, алевролитами, песчаниками, известняками и углем, циклически переслаивающиеся. Распространены все основные марки каменных углей: длиннопламенные (Д), газовые (Г), жирные (Ж), коксовые (К), отощённые спекающиеся (ОС), тощие (Т), полуантрациты (ПА) и антрациты (А), а также переходные от бурых углей к длиннопламенным. В целом Донецкий бассейн характеризуется весьма низкой угленосностью и углеплотностью. Средняя зольность углей в Донбассе составляет 14–17 %.

Крупнейшими центрами добычи являются Донецк, Макеевка, Горловка, Димитров, Торез, Свердловск, Красноармейск (Покровск). 60 % шахт Донецкого бассейна уголь добывают на глубине свыше 600 м. Эти шахты обеспечивают больше половины добычи. Средняя глубина добычи угля составляет 800 м., а максимальная – более 1300 м. 40% пластов опасны по выбросам угля и газа. Например, шахта им. А.Ф.Засядько, абсолютное выделение метана на которой составляет 250 м³/мин, а относительное – 75 м³/тонну добытого угля.



Рис. 1.6. Схема расположения угленосных районов Донецкого бассейна

1 – Петриковский, 2 – Новомосковский, 3 – Петропавловский, 4 – Южно–Донбасский, 5 – Красноармейский, 6 – Донецко–Макеевский, 7 – Амвросиевский, 8 – Торезско–Снежнянский, 9 – Центральный, 10 – Северо–западные окраины Донбасса, 11 – Старобельская площадь, 12 – Лисичанский, 13 – Алмазно–Марьевский, 14 – Селезневский, 15 – Луганский, 16 – Краснодонский, 17 – Ореховский, 18 – Боково–Хрустальский, 19 – Должанно–Ровенский, остальные относятся к территории России .

Средняя мощность рабочих пластов – 0,6–1,2 м. Донецкий бассейн характерен наличием крутопадающих пластов (35–55 град). Это Держинск, Горловка, Енакиево.

Марочный состав углей Украины весьма разнообразен, на рис.1.7 представлена марочная структура всех запасов.

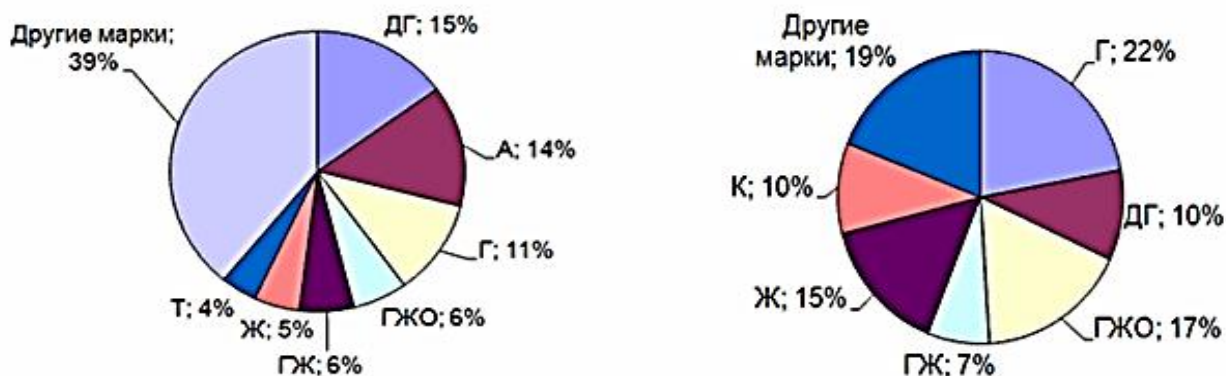


Рис. 1.7. Марочная структура запасов:

а) всех углей; б) углей, предполагаемых для коксования

В Украине преобладают шахты, разрабатывающие пологие пласты. Шахты с круто–наклонными и крутыми пластами, отличающиеся более сложными условиями эксплуатации, и в частности, выемке угля в очистных забоях, распространены преимущественно в Центральном регионе (70 % всех шахт с

таким залеганием). Распределение шахт по характеру залегания пластов представлено на рис.1.8.

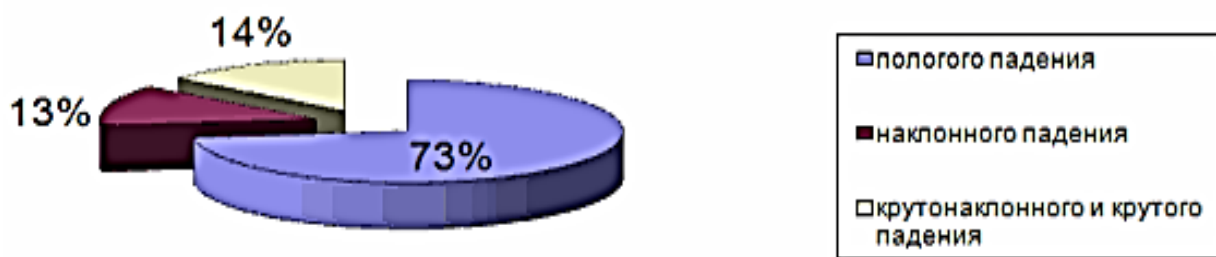


Рис. 1.8 Распределение шахт по характеру залегания пластов

На рис.1.9 представлено распределения шахт, разрабатывающих пласты со средней мощностью в интервалах 0,80 м, 0,81–1,20, 1,21–1,20; свыше 1,50 м по Украине в целом, а также указаны те регионы, где число шахт, разрабатывающих пласты в данном интервале мощности, максимальное либо минимальное. В 4-х регионах удельный вес шахт, разрабатывающих пласты мощностью до 0,81 м, составляет 30 % и больше, в Центральном – 59 %, Донецко–Макеевском –38 %, Чистяково–Снежнянском – 33%, Алмазно–Марьевском – 30 %.

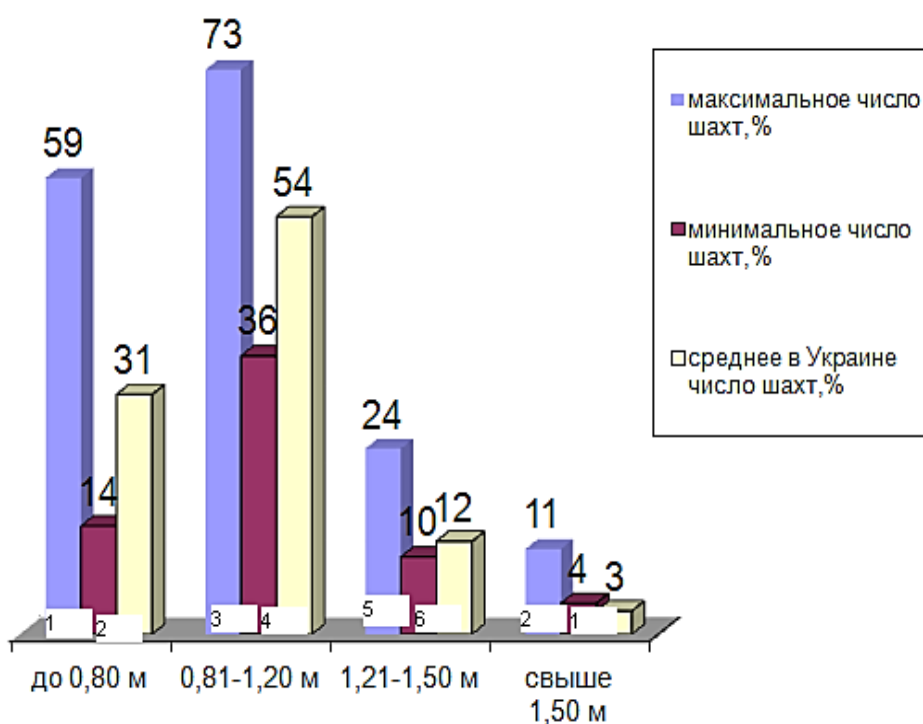


Рис. 1.9 Распределение шахт по мощности разрабатываемых пластов

Регионы: 1–Центральный; 2– Лисичанский; 3– Павлоградско–Петропавловский; 4– Донецко–Макеевский; 5– Красноармейский; 6 – Чистяково–Снежнянский.

Наиболее ценные угли технологического назначения сосредоточены в весьма тонких пластах.

На рис.1.10 представлена структура шахтного фонда Украины по глубине разработке. Из всех шахт 55 % работают на глубине свыше 600 м, 30 % – свыше 800 м и 11 % – свыше 1000 м.

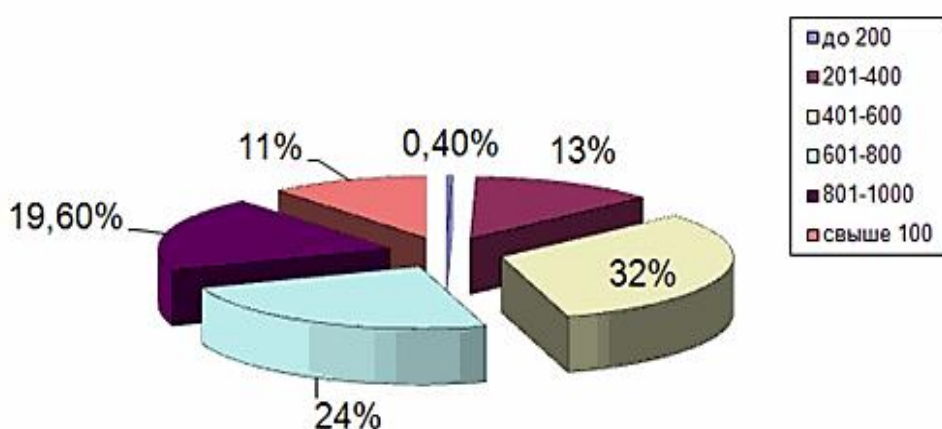


Рис. 1.10. Распределение шахт по глубине разработки

Большая часть шахт Украины отличается высокой газообильностью. Шахты низких категорий по выделению метана (до 10 м³/т суточной добычи – не газовые, I и II категории) составляют около 22 % всего числа шахт, 78 % – шахты III категории и сверхкатегорийные.

С увеличением глубины разработки и сопутствующему ей росту газообильности связаны газодинамические проявления, которые выражаются в опасности внезапных выбросов угля и газа, а также горных ударов.

Малая мощность пластов приводит к необходимости одновременно разрабатывать несколько пластов. Лишь 24 % всех шахт разрабатывают один пласт, остальные – два и больше, в том числе 16 % всех шахт одновременно разрабатывают больше 5 пластов.

Большое число одновременно разрабатываемых пластов (7 и более) характерно для шахт, разрабатывающих крутопадающие и крутые пласты, расположенные в Центральном районе.

Обводненность шахт Донецкого бассейна в большинстве случаев невелика и притоки убывают по мере увеличения глубины разработки. Распределение числа шахт по величине притоков показано в таблице 1.4.

Таблица 1.4 - Распределение шахт по величине притока

Приток, (м ³ /час)	До 50	50-100	101-150	151-250	Более 250
Количество шахт, %	60	22	7	6	5

Добыча полезных ископаемых неизбежно связана с увеличением глубины разработки. При этом существенно возрастает горное давление, происходят большие деформации приконтурного массива вокруг выработок, что приводит к вывалообразованию, пучению пород почвы, а тем самым ухудшаются условия эксплуатации выработок, что требует значительного роста затрат на ремонтные работы, приводит к повышению себестоимости добываемого сырья и снижению рентабельности предприятий.

Как известно, на глубоких шахтах пучение является следствием деформационных процессов, охватывающих весь приконтурный массив в окрестности выработки, является признаком большой глубины разработки, при которой масштабы смещений контура выработки и разрушений пород весьма значительны по величине.

Подрывка почвы интенсифицирует пучение, приводит к снижению устойчивости выработки, нарушает равновесие окружающего массива пород. Скорость пучения после подрывки возрастает в несколько раз. Опыт ведения горных работ показывает, что после 2...3-х подрывок, выработку обычно перекрепляют [87].

В настоящее время на глубоких шахтах Украины объем перекрепляемых выработок достигает 50% по отношению к пройденным, а отремонтированных – в 1,7 раза превышает протяженность пройденных. При этом более 40% выработок ремонтируется еще до сдачи в эксплуатацию, 52% действующих выработок деформировано. Ухудшение состояния выработок из-за процесса пучения составляет 45% от общего объема деформированных (рис.1.11).

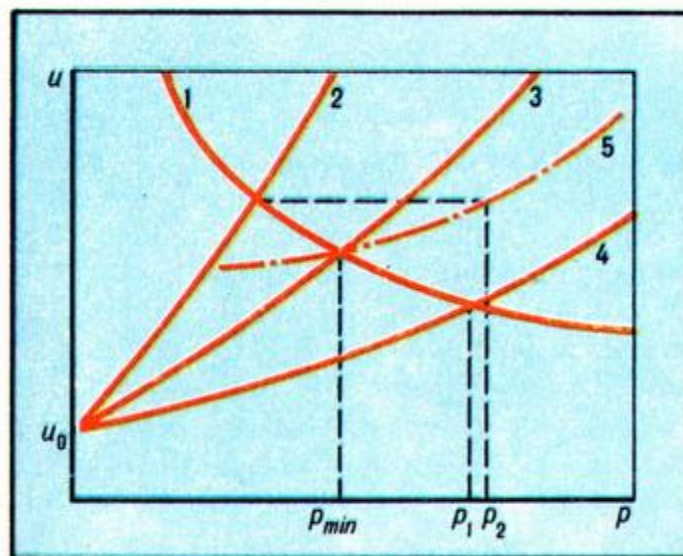


Рис. 1.11. Ухудшение состояния выработок из-за процесса пучения

Часто в капитальных выработках возникает необходимость проведения многократных ремонтов, а в условиях глубоких шахт Донбасса при столбовой системе разработки пластов, кратность ремонтов в подготовительных выработках составляет 2..3 и более.

Наиболее общей формой проявления горного давления является деформирование горных пород, которое приводит к потере ими устойчивости, формированию нагрузки на крепь, динамическим явлениям (горным ударам, внезапным выбросам). Поэтому при проведении горных выработок предварительно рассчитывают горное давление для определения прочности несущих элементов подземных сооружений (стенок выработок, целиков и крепей) и выбора способов управления горным давлением.

Если рассматривать массив, в котором ещё нет горных выработок, как однородный и изотропный с горизонтальной поверхностью и учитывать лишь

гравитационные силы, то в нём будут действовать начальные нормальные напряжения:

$$s_z = gH; \quad s_x = s_y = \chi gH,$$

где H — глубина от поверхности;

g — объёмный вес;

χ — коэффициент бокового распора.

Начальные касательные напряжения t_{xy} , t_{xz} , t_{yz} равны нулю; поэтому начальные напряжения представляют собой главные нормальные напряжения, а оси z , x , y — главные оси (рис. 1.12).

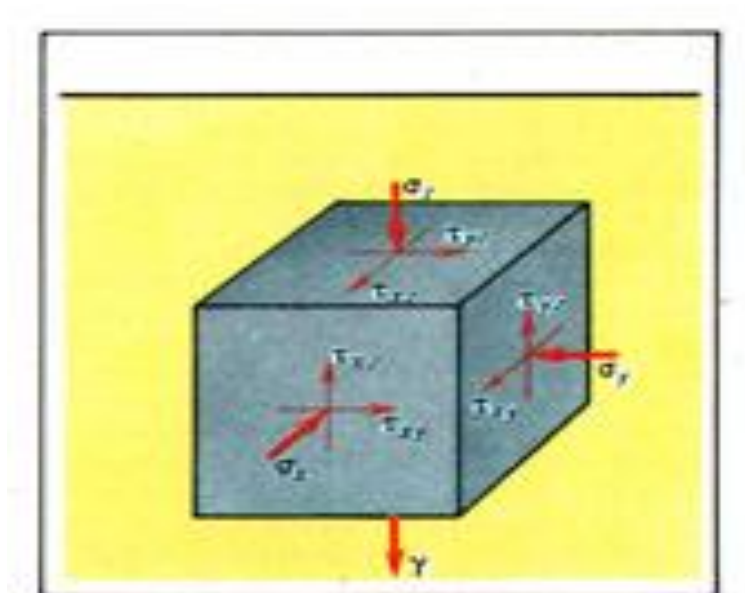
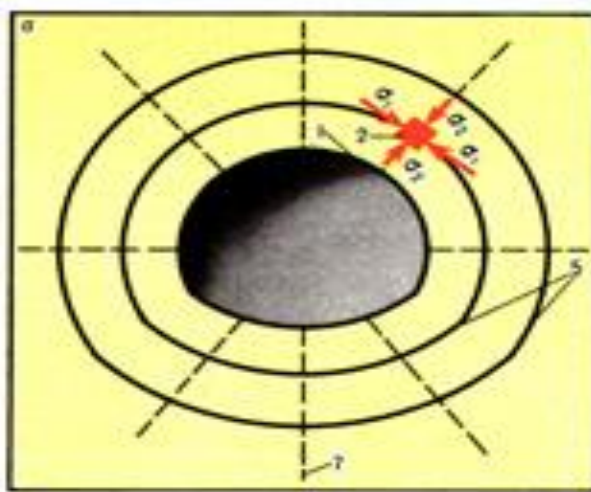


Рис. 1.12 Горное давление в нетронутом массиве

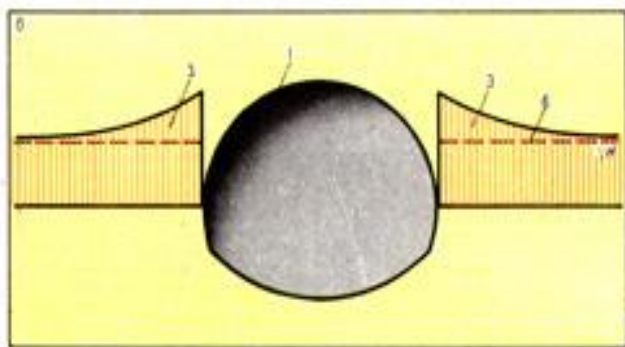
В реальных природных средах действует большое число факторов, иногда сильно влияющих на изменение значения горного давления (например, направленность тектонических сил, как правило, вызывает неравенство горизонтальных составляющих).

При проведении горизонтальных капитальных и подготовительных выработок главные нормальные напряжения изменяются, а главные оси тензора напряжения поворачиваются по сравнению с начальными. В плоском сечении, перпендикулярном оси выработки (вдали от забоя), напряжённое состояние

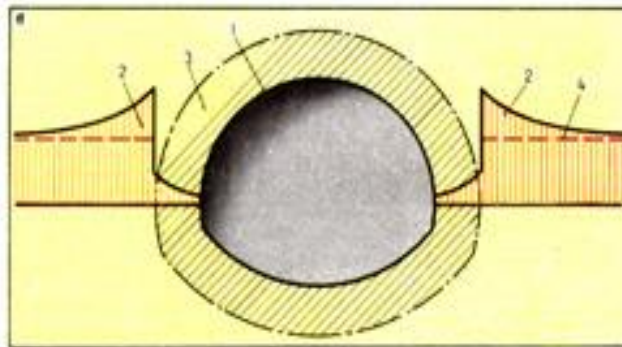
каждой точки можно охарактеризовать главными нормальными напряжениями s_1 и s_2 и линиями, указывающими направление главных осей в каждой точке, т.н. траекториями главных напряжений (рис. 1.13, а).



а)



б)



в)

Рис. 1.13. Горное давление в капитальных и подготовительных выработках (а) и распределение напряжений в окрестности выработки в упругом (б) и упруго-пластическом массиве (в)

Напряжения s_2 вблизи выработки уменьшаются по сравнению с напряжениями в нетронутом массиве, а напряжения s_1 могут значительно возрасти или изменить знак, вызывая опасное растяжение. Главные нормальные напряжения, направленные параллельно (или почти параллельно) оси выработки, вдали от забоя практически не изменяются. Концентрация напряжений s_1 , как правило, неодинакова в разных точках поверхности выработки, сильно возрастая в углах и закруглениях малого радиуса кривизны. Если концентрация напряжений

не слишком велика, то напряжения s_1 имеют общую тенденцию к убыванию при удалении от выработки (рис. 1.9, б), а s_2 к возрастанию. При больших концентрациях напряжения превосходят соответствующие пределы прочности пород, и вблизи поверхности выработки эти породы начинают пластически деформироваться или хрупко разрушаться (зона неупругих деформаций). В этой зоне напряжения s_1 падают по сравнению с теми значениями, которые наблюдались до её образования, и меняется характер их распределения (рис. 1.9, в). Максимум напряжений s_1 приурочен к внешней границе зоны неупругих деформаций, на которой они могут претерпевать разрыв. Смещения точек поверхности выработки увеличиваются с удалением от забоя (рис. 1.14), однако на расстоянии 4-5 пролётов выработки наступает их стабилизация.

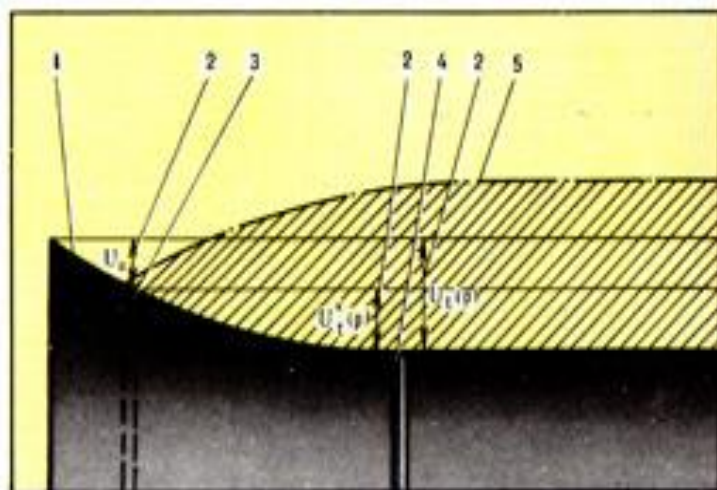


Рис. 1.14 Зависимость смещения точек поверхности выработки от удаления от забоя

Дальнейший рост смещений во времени обусловлен реологическими свойствами горных пород. При прочих равных условиях смещения увеличиваются с ростом глубины разработки и уменьшением показателей прочности и модуля [деформации](#) пород.

Роль крепи в выработке сводится к предотвращению чрезмерного развития зоны неупругих деформаций и обрушения пород. При достаточно большой жёсткости крепи она работает в режиме заданной (или взаимовлияющей) деформации и горное давление возникает вследствие того, что крепь

воспринимает прирост смещений с момента её установки, который зависит от давления (p). Поэтому последнее можно определить из условия совместности смещений:

$$U_t(p) = U_0 + U_t^k(p),$$

где $U_t(p)$ — смещение поверхности выработки в момент времени t ;

U_0 — смещение поверхности выработки до наступления контакта между крепью и этой поверхностью;

$U_t^k(p)$ — смещение контура крепи в момент времени t .

Решение этого уравнения (относительно p) находят по графику (рис. 1.11).

При малой жёсткости крепи её смещения велики, и поэтому породы зоны неупругих деформаций отслаиваются от окружающих пород, нагружая крепь собственным весом (режим заданной нагрузки). В режиме заданной или взаимовлияющей деформации давление будет тем меньше, чем меньше жёсткость крепи. Этой возможностью снижения нагрузки пользуются на практике, создавая в крепи различные узлы и элементы податливости. Однако, чем меньше реакция крепи, тем больше размеры зоны неупругих деформаций, породы которой воздействуют на крепь своим весом. Таким образом, снижение жёсткости крепи имеет естественный предел — оптимальную жёсткость, обеспечивающую минимальное давление в данных горно-геологических условиях. При невозможности (или затруднительности) регулировки жёсткости постоянной крепи (например, монолитной бетонной или металлобетонной) давление на неё снижают, возводя крепь на достаточном расстоянии от забоя и (или) спустя достаточное время после обнажения. В период от момента образования обнажения до возведения постоянной крепи соответствующие участки выработки поддерживаются [временной крепью](#). Для выработок, не испытывающих влияния очистных работ, типичное значение смещения контура выработки составляет 20-40 см, а давление на крепь — 100-200 кПа. Однако в зависимости от типа крепи, глубины разработки, свойств пород и других факторов эти величины могут изменяться в несколько раз.

Влияние очистных работ приводит к увеличению смещений контура выработки. Если выработка непосредственно примыкает к лаве (например, откаточный и вентиляционной [штреки](#)), то смещения достигают половины вынимаемой мощности [пласта](#). С целью уменьшения этого влияния применяют различные способы охраны горных выработок.

1.3 К вопросу о целесообразности перехода шахт на повторное использование выработок

Одной из весомых составляющих себестоимости угля являются затраты на поддержание и ремонт выработок. Повышение устойчивости выработок с целью их повторного использования при отработке выемочных столбов, позволяет уменьшить общее количество поддерживаемых выработок, увеличивает концентрацию горных работ и, таким образом, снижает затраты на добычу угля. Соответственно имеется целесообразность перехода с точки зрения экономии финансовых средств, ресурсов и времени на подготовку новых лав. Но для обоснования такого решения необходимо провести анализ горно-геологических условий для возможности повторного использования выработок на конкретном участке.

Опережающее воспроизводство очистной линии действующих лав и подготовленных к выемке запасов угля требует: высокой надежности всех технологических звеньев шахт в целях обеспечения проходки, минимизации потерь времени на перемонтаж оборудования в новые очистные забои, а также существенного снижения рисков, связанных с поддержанием выработок. Это возможно только при условии создания нормального эксплуатационного состояния повторно используемых участковых выработок.

В горной науке термин «повторное использование» имеет широкий спектр значений: от увеличения срока службы выработок до изменения их назначения. Применительно к разработке пологих тонких угольных пластов этот термин:

- касается только участковых (выемочных) выработок;

- подразумевает использование одной выработки для обслуживания двух очистных забоев с изменением технологической функции;
- предполагает подготовку запасов смежного выемочного столба к выемке за счет проведения одной, а не двух участковых выработок, а также погашение повторно используемой выработки позади очистного забоя второй лавы.

Таким образом, под повторным использованием участковой выработки понимается комплекс технологических мероприятий по проведению, креплению, поддержанию и охране, который позволяет обеспечить выполнение основных технологических функций выработки, а также ее состояние в соответствии с нормами Правил безопасности при отработке двух смежных очистных забоев.

На практике повторно использовать участковые выработки удается не всегда. Основные ограничивающие факторы – большая глубина разработки, низкие прочностные свойства вмещающих пород и малые темпы подвигания очистных забоев. Их совместное влияние в ряде случаев может приводить к критическим потерям площади сечения выработок и, как следствие, к необходимости перекрепления или даже повторного проведения.

С учетом большого объема выполняемых ремонтных работ на шахтах ГП «Селидовуголь», поддержание конвейерных штреков для повторного использования является очень актуальным мероприятием (проведение выработок осуществляется уже на глубине 550...630 м).

1.4 Цель работы, идея, основные задачи и методы исследований

Постоянное увеличение глубины разработки и интенсификация горных работ на шахтах требуют реализации комплекса мероприятий, направленных на повышение надежности и безопасности труда, а также на снижение стоимости и материалоемкости технологических средств. В этом плане повторное использование выработок при отработке угольных запасов позволит сократить затраты и время на подготовку новых добычных участков, что снизит себестоимость угля и повысит рентабельность предприятий.

Чрезвычайно актуальным является этот вопрос для шахт ГП «Селидовуголь», действующие шахты которого – «Украина», «Котляревская», «Кураховская» «1/3 Новгородовская» ведут добычу энергетических углей на глубине свыше 550 м.

В соответствии с проектом дальнейшего развития ОП «Шахта «Котляревская», реализация комплекса организационных и технических мероприятий позволит существенно увеличить проектную мощность и продлить срок службы шахты не менее чем на 20 лет.

Шахта «Котляревская» в последнее время работает нестабильно из-за несвоевременной подготовки линии очистных забоев вследствие большого физического износа горного оборудования, отсутствия средств на его замену и огромных затрат на поддержание подготовительных выработок.

Традиционно отработка лав производилась по столбовой схеме подготовке с погашением подготовительных выработок после прохода лавы, что требовало выполнения большого объема работ по проведению выемочных штреков для транспортирования горной массы из очистного забоя, вентиляции, передвижения людей, доставки необходимых материалов.

При этом, в связи с увеличением глубины ведения работ, состояние выработок еще до начала отработки угля ухудшалось до неудовлетворительного по требованиям эксплуатации. Это приводило к резкому увеличению объемов работ по их ремонту и перекреплению.

В следствие этого на шахте планируется внедрение бесцеликовой отработки выемочных участков, с повторным использованием выработок и применением эффективных комбинированных рамно-анкерных крепей, что позволит, увеличить темпы подвигания лав за счет сокращения времени на выполнение концевых операций в забоях, а также снизит металлоемкость крепи. Техническая реализация этих решений требует комплексной оценки характера работы крепи и охранных конструкций на всех этапах эксплуатации выработки с момента ее проведения, прохождения волны опорного давления от первой лавы и воздействия очистных работ при повторном использовании.

Таким образом, изучение деформационных процессов, происходящих в подготовительных выработках добычного участка под влиянием очистных работ в рассматриваемых горно-геологических условиях, с целью обоснования параметров крепей и охранных конструкций выработок для их повторного использования, является актуальной научной и практической задачей, имеющей важное значение для развития угольной отрасли Украины.

Цель работы состоит в обосновании рациональных параметров геомеханической системы «крепь подготовительной выработки-охранная конструкция-лава», при которых возможен переход на бесцеликовую отработку угля с повторным использованием штреков.

Для достижения цели работы поставлены и решены следующие основные задачи исследований:

- выполнить анализ горно-геологических и горнотехнических условий добычи угля на ОП «Шахта «Котляревская» ГП «Селидовуголь» и перспектив ее дальнейшей эксплуатации с учетом перехода на бесцеликовые способы охраны подготовительных выработок и эффективные конструкции крепей;
- выполнить анализ результатов натурных исследований в выработках выемочного участка ОП «Шахта «Котляревская» - 3 северная лава южного уклона II ступени пласта l_1 ;
- обосновать параметры крепи выемочной выработки для обеспечения ее нормального эксплуатационного состояния до подхода первой лавы;
- обосновать параметры охранных конструкций, при которых возможен переход на бесцеликовую отработку угля с повторным использованием штреков.

Основная идея работы заключается в обосновании параметров рамно-анкерной крепи, которая обеспечивает устойчивость выработки на первом этапе – до подхода лавы, что сохранить ее для повторного использования при отработке второй лавы.

Методы исследований. Методическую основу исследований составляет комплексный подход, который включает в себя анализ и обобщение

литературных данных по теме работы, результатов шахтных визуальных и инструментальных исследований в подготовительных выработках, аналитические исследования с применением численного метода, выполненные с целью обоснования рациональных параметров способа крепления и охраны подготовительной выработки.

ВЫВОДЫ

Анализ запасов топливных полезных ископаемых показал, что достичь энергетической независимости Украины возможно только использованием в энергетике отечественного угля. Однако, в связи с военными действиями на востоке Украины, появилась серьезная проблема с обеспечением углем ТЭС, т.к. 50 % добычи угля в целом и 100 % антрацитовых и «тощих» углей остались на неподконтрольной Украине территории.

В связи с этим, основными источниками угля являются шахты, расположенные на неподконтрольной Украине территории и прошедшие регистрацию на легитимной территории.

1. ОП «Шахта «Котляревская», как объект исследования, имеет большой потенциал по добыче энергетического угля марки Д. Однако, для достижения проектной мощности в 700 тыс. т. в год, необходима постоянная работа 3-х очистных забоев, на базе эффективных комбинированных крепей и охранных конструкций, позволяющих повторное использование выемочных выработок на глубинах отработки свыше 500 м.

2. Анализ современных средств охраны выемочных выработок показал, что использование целиков угля на больших глубинах нецелесообразно. Выбор искусственных охранных конструкций требует учета их достоинств и недостатков, а также комплекса горно-геологических и горнотехнических факторов в конкретных условиях ОП «Шахта «Котляревская», что предполагает проведение комплекса шахтных и аналитических исследований, в том числе технико-экономическую оценку.

3. Подготовка запасов к выемке с применением повторного использования участковых выработок на шахтах ГП «Селидовуголь» – основа опережающего воспроизводства очистной линии действующих лав.

4. Устойчивость повторно используемых участковых выработок обеспечивается комплексом мероприятий, направленных на формирование вокруг выработки защитного устойчивого свода в процессе проведения, и обеспечения его стабильного равновесия при влиянии очистных работ.

Необходимое условие успешного повторного использования участковых выработок – рамно-анкерное крепление при проведении, которое способствует формированию устойчивого породного свода во вмещающем горном массиве.

РАЗДЕЛ 2

АНАЛИЗ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОТРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ НА ШАХТЕ «КОТЛЯРЕВСКАЯ» ГП «СЕЛИДОВУГОЛЬ». АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ШАХТЫ И РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГОРНЫХ РАБОТ

2.1 Анализ условий эксплуатации и текущего состояния капитальных и подготовительных выработок шахты «Котляревская»

Шахта «Котляревская» («Россия» – в прошлом) введена в эксплуатацию в [1960 году](#) с проектной мощностью 1,8 млн тонн угля в год. В течении всего срока службы шахты производственная мощность ее неоднократно изменялась в сторону уменьшения. С [2002 года](#) шахте была установлена производственная мощность в объеме 700 тыс. т угля в год.

В [1967 году](#) коллектив стал инициатором соревнований среди горняков области за досрочное выполнение проектных мощностей шахт. На то время добыча угля на шахте составляла 3570 т. в сутки при отчетном задании 3300 т. В январе [1985 года](#) был установлен первый рекорд по скоростной проходке. Наибольшего результата достигли в [1990 году](#). Добыто 1 млн. 270 тыс. т. за год.

С началом гражданской войны на Украине название «Россия» не используется, в официальных документах министерства энергетики и угольной промышленности шахта опять называется «Котляревской», как и во время строительства. С 18 июля 2017 года шахта официально переименована в ОП шахта «Котляревская».

Шахтное поле расположено на территории Котляревско-Кураховского комплекса в юго-восточной части Красноармейского района Донецкой области. Шахта разрабатывает пласты l_2^1 , l_1 . Шахта свехкатегорийная по газу метану (с февраля 2009 вследствие появления суфлярного выделения), не опасная по взрывчатости угольной пыли.



Рис. 2.1 ОП «Шахта «Котляревская» ГП «Селидовуголь»

На территории шахтного поля расположены села Михайловка и Мариновка. На западе находится город Селидово, на севере—город Новогородовка. Ближайшими промышленными предприятиями являются шахта «Украина», с которой шахта имеет границу на юге, и шахта имени Д.С. Коротченко – на западе.

Аварии:

[17 апреля 2005 года](#) — обрушение кровли, 3 погибших.

[19 января 2009 года](#) — пожар в в 1-й северной лаве северного уклона пласта l_1 горизонта 416 метров. 12 горняков получили ожоги различной степени тяжести.

Шахтное поле вскрыто двумя вертикальными стволами (клетьевым и скиповым) пройденными до гор. 210 м, у верхней границы на гор. 210 м все пласты вскрыты горизонтальными квершлагами.

Вторые ступени северной и южной панелей пластов l_2' и l_1 вскрываются соответственно на гор. 420 м (отметка минус 213 м) и 360 м (отметка минус 156 м) северными и южными грузовыми, людскими конвейерными квершлагами с гор. 210 м.

Главный ствол оборудован двухскаповым подъемом, обеспечивающим выдачу горной массы. Вспомогательный ствол оборудован двухклетевым и двухскаповым подъемами. Клетевой подъем обеспечивает выполнение грузолюдских операций (при необходимости и выдачу породы), а скаповой — выдачу породы. Подъемы обоих стволов обслуживают гор. 210 м.

Таблица 2.1 – Характеристика стволов и шурфов ОП «Шахта «Котляревская»

Показатели	Единица измерен	Выработки					
		Стволы		Шурфы			
		Скаповой	Клетевой	№1	№6	№7	№8
Абсолютная отметка устья	м	209,5	209,5	175,5	216,4	199,0	201,2
Глубина до гор. 210 м	м	209,5	209,5	-			
Отметка у.г.р. в сопряжении с гор. 210 м	м	0,0	0,0	-			
Полная глубина	м	252,3	229,3	102,4	401,8	350,0	534,6
Диаметр	м	7,0	7,0	40	2,6	2,6	3,5
Площадь сечения в свету	м ²	38,5	38,5	12,6	5,3	5,3	9,6
Вид крепления		бетон	бетон	бетон	метал труба	мет. труба	мет. труба

Типы установленных на шахте подъемных машин:

- главный скаповой подъем — 2Ц4х1,8;
- клетевой подъем — 2Ц5х2,3;
- вспомогательный скаповой подъем — 2Ц4х1,8.

На шахте принята панельная система подготовки. Размеры панели по простиранию 2,0-3,0 км, по падению — до 2,0 км. Панели, как правило, двукрылые.

Выемка угля осуществляется механизированными комплексами 1КД-90, комбайнами 1К-101. Управление кровлей — полное обрушение. Добыча угля осуществляется по пластам на глубине от 400 до 650 м.

Промышленные запасы угля на 01.01.2015 составляют 51 602 тыс. т.

Для целей вентиляции и обеспечения отработываемых панелей запасными выходами пройдены шурфы №1 и №7 (оборудованы вентиляторными установками и аварийными подъемами).

Каменноугольные отложения Красноармейского геолого-промышленного района формируют пологую моноклираль юго-западного крыла Кальмиус – Торецкой впадины. Площадь поля шахты приурочена к висячему крылу Селидовского надвига, который является ее границей. В геологическом строении шахтного поля принимают участие отложения свиты C_3^1 верхнего карбона и свиты C_2^7 , C_2^6 среднего карбона, перекрытые образованиями ниже неогенового и четвертинного века.



Рис. 2.2 ОП «Шахта «Котляревская» ГП «Селидовуголь»

Залегание пород карбона моноклиналиное с углами падения от 4 до 15°. Простиране пород в основном меридиональное, у Селидовского надвига простиране переходит в северо-западное.

Самое большое нарушение в границах шахтного поля - Селидовский надвиг.

Его наличие определило тектоническую структуру шахтного поля, а именно: развитие нарушений сбросового и взбросового характера, значительное развитие мелкоамплитудной тектоники. Простиране этих нарушений северо-западное (Котляревские сбросы №1 и №2), юго-восточное (Михайловский сброс, сбросы «А» и «Б»), а также северо-восточное (Орловский сброс, сброс №1 и Новаковский сброс). Угол падения нарушений 80 – 85°. Горными выработками отмечено ряд мелкоамплитудных нарушений с амплитудами 0,1 – 0,7 м. Они не имеют большой длины и закономерности, разные элементы залегания, но нередко сопровождаются значительными зонами послабления пород (до 10 м), что приводит к потерям угля.

Угольная пыль всех пластов взрывоопасна.

В границах шахтного поля подземные воды отнесены к четвертинным неогеновым и каменноугольным отложениям.

Водоносными в четвертинных отложениях являются линзы пропластков тонкозернистых песков, которые залегают среди глин и суглинков. Они образуют водоносный горизонт “верховодка”. Уровень ее непостоянный и зависит от количества атмосферных осадков. Запасы воды в ней незначительные, и с большой минерализацией. Частично используется населением для хозяйственных нужд.

В неогеновых отложениях водоносными являются мелкозернистые кварцевые пески, мощностью до 40 метров. Питание водоносного горизонта происходит за счет атмосферных осадков и поверхностных водотоков. Особого участия в обводненности они не принимают.

Водоносные горизонты карбона имеют гидравлическую связь с горизонтами неогеновых и четвертичных отложений, которые образуют единственный водоносный комплекс. Прогнозный приток в шахту составляет: нормальный 860 м³, максимальный 945 м³ за час. Шахтные воды, которые откачиваются на поверхность, сульфатно-хлоридные, натриево-магниевые и сульфатно-магниевые-натриевые с минерализацией 3,0-3,2 г/л. Вода очень жесткая (в отдельных случаях 60-75 мг-екв/л) преимущественно с рН 6,9 – 7,75.

При проходке подготовительных выработок притоки воды отсутствуют, либо незначительны. С началом ведения очистных работ, после посадки кровли поступление воды резко увеличивается за счет дренирования запасов в водоносных горизонтах, которые находятся в зоне влияния горных работ. Потом, хотя площадь отработанного пространства увеличивается, происходит относительная стабилизация притока воды.

Таблица 2.2 - Характеристика угольных пластов ОП «Шахта «Котляревская»

Характеристика пластов угля	Ед. изм.	Названия пластов	
		l_1	l_2^1
Полезная мощность пласта от-до/средняя	м	<u>0,70-1,39</u> 1,10	<u>1,0-1,30</u> 1,15
Продуктивность пласта на общую мощность	т/м ²	1,569	1,54
Плотность угля	т/м ³	1,32	1,34
Расстояние по нормали до нижележащего пласта	м	----	30
Зольность, с учетом засорения от-до/средняя	%	<u>4,6 – 30,6</u> 11,8	<u>2,1-29,3</u> 13
Влага	%	2,4	2,2
Сера	%	4,4	4,2
Выход летучих веществ	%	40,7	40,7
Марка угля		ДГ	ДГ
Угол падения пласта	град	6 – 8	6 – 8
Количество пачек в пласте	шт	1	1

Породы кровли почти всех пластов, представленные преимущественно аргиллитами и алевролитами, являются неустойчивыми, что при наличии тонких угольных прослоев в непосредственной кровле иногда приводит к необходимости оставления верхней пачки угля. Почвой пластов служат аргиллиты и алевролиты, местами вспучивающиеся. В угольных пластах наблюдаются две системы кливажа: основная почти меридионального простирания, вторая – перпендикулярна к основной и менее выражена. На устойчивость горного массива в значительной степени влияет тектоническое строение поля шахты. Наличие крупных тектонических нарушений обуславливает интенсивное развитие мелких нарушений и трещиноватость горных пород. Мелкие тектонические нарушения представлены преимущественно сбросами и надвигами с амплитудой смещения от 0,2 до 4,0 м. Зачастую мелкие тектонические нарушения образуют зоны смятия пород шириной 30-100 м. Очистные работы в таких зонах не ведутся, а прохождение подготовительных выработок связано с большими трудностями, так как в них происходят вывалы, что значительно усложняет работу и снижает темпы проведения. Пласты l_2^1 и l_1 южной части шахтного поля относятся к категории сближенных надрабатываемых. Ширина междупластья составляет 28-30 м.

Отработка запасов ведется по одновременной схеме с опережением пласта l_2 по падению и простиранию на одно поле лавы. С увеличением глубины, выработки испытывают существенное влияние горного давления. Это влияние проявляется в уменьшении сечения выработок за счет вертикального давления, изменения формы арочной крепи при боковом давлении, разрывах деревянных и ж/б затяжек, уменьшении податливости крепи, срабатывании и отдельных разрывах замковой части крепи, пучении почвы, местами до 0,5-0,7 м, деформировании рельсовых путей.



Рис. 2.3 Пример негативного проявления горного давления в протяженных выработках южного крыла шахты «Котляревская» ГП «Селидовуголь»



Рис. 2.4 а Пример негативного проявления горного давления в протяженных выработках северного крыла шахты «Котляревская» ГП «Селидовуголь»

В почве выработок преимущественно залегает аргиллит и алевролит, крепостью 2-4, которые склонны к пучению и поддутию при размокании (рис. 2.4 а, б). В целом, горно-геологические и горнотехнические условия отработки

угольных пластов можно охарактеризовать как сложные, что обусловлено повсеместным наличием слабоустойчивых вмещающих пород, склонных к резкой потере несущей способности при размокании, наличием зон влияния тектонических нарушений, зон распространения ложной кровли, размывов пластов и т.д. В гидрогеологическом отношении условия отработки пластов также сложные.



Рис. 2.4 б Пример негативного проявления горного давления в протяженных выработках северного крыла шахты «Котляревская» ГП «Селидовуголь»

В качестве примера, на рис. 2.5, 2.6, 2.7 приведены данные по основным видам ремонтно-восстановительных работ, а именно по перекреплению и подрывке пород почвы основных выработок южного и северного крыла шахты соответственно. Общая протяженность участков выработок не соответствующих минимальным требованиям ПБ, приведена на рис. 2.8.

Таким образом, на основании анализа горно-геологических и горнотехнических условий эксплуатации, результатов геологических изысканий, данных маркшейдерской службы шахты, а также данных про объемы ремонтных работ, к основным осложняющим факторам, которые в

значительной мере влияют на условия проведения и поддержание горных выработок, в первую очередь следует отнести:

1. Наличие слабых вмещающих пород склонных к обрушению и пучению, а также к резкой потере устойчивости при размокании, в особенности для условий южного крыла шахты;

2. Увеличение глубины разработки, провоцирующей для данных горно-геологических условий нелинейное ухудшение устойчивости горнотехнических объектов в не зависимости от их пространственной ориентации;

3. Относительно большое количество непрогнозируемых мелкоамплитудных геологических нарушений в окрестности исследуемых выработок;

4. Одновременную отработку сближенных пластов l_2^1 и l_1 южной части шахтного поля;

5. Относительно высокую степень концентрации горных работ;

6. Неполное соответствие режима работы применяемых в настоящее время крепей условиям их эксплуатации, в т.ч. и за счет нарушения технологии возведения.

Проведение подготовительных выработок на шахте «Котляревская» осуществляется проходческими комбайнами КПД-26, КСП-32, КП-75Д, КПД-29 с погрузкой породы на перегружатель ППЛ и дальше на 1ЛТП-800.

Выработки небольшой длины, или сооружение устья выработки проводятся при помощи БПР и с ручной погрузкой угля и породы на скребковый конвейер СР-70, СП-202.

Таблица 2.3 - Программа проведения подготовительных выработок по ОП «Шахта «Котляревська» ГП «Селидовуголь»

Название горной выработки	2017 год					2018 год												
	IX	X	XI	XII	всег	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Разом
Монт.ходок 4 сев.лавы южн.укл. II ст..пл. I ₂ ¹	55				55													
Южн.уклон II ст..пл. I ₁	160				160													0
Люд.ходок южн.уклона II ст..пл. I ₁	160	50	30		240													
3 сев.конв.штр. II ст..пл. I ₁	65		140	140	345	140	140	140	135									555
3 сев.вент.штр. II ст..пл. I ₁	135	80	175	170	560	170	170											340
3 юж.конв.штр. II ст..пл. I ₁					0					5								5
Монт.ходок 3 сев.лавы II ст..пл. I ₁					0		50	100	100									250
6 юж.вент.штр.юж.уклона II ст..пл. I ₂ ¹										20	50	50	50	50	50	50	90	410
6 юж.вент.штр.(сбойка с уклоном)										20								20
Южн.уклон II ст..пл. I ₂ ¹	90	50	50	60	250													
6 юж.конв.штр.(сбойка с уклоном)					0	40												40
6 юж.конв.штр. юж.уклона II ст..пл. I ₂ ¹											50	50	50	50	50	50	85	385
Груз.ходок южн.уклона II ст..пл. I ₂ ¹						60	60	60	65									245
Юж.отк.штрек	530	80	5	5	620	5	5											10
Бункер уклона												5						5
Юж.кв-г m ₁ - m ₂											5	5	5	5				20
Юж.отк.штрек															5	5	5	15
Всего выработок	1195	260	400	375	2230	355	425	300	295	110	105	110	105	105	105	105	180	2300
Вскрыт.и подготовительных	665	180	395	370	1610	350	370	200	195	110	100	100	100	100	100	100	175	2000

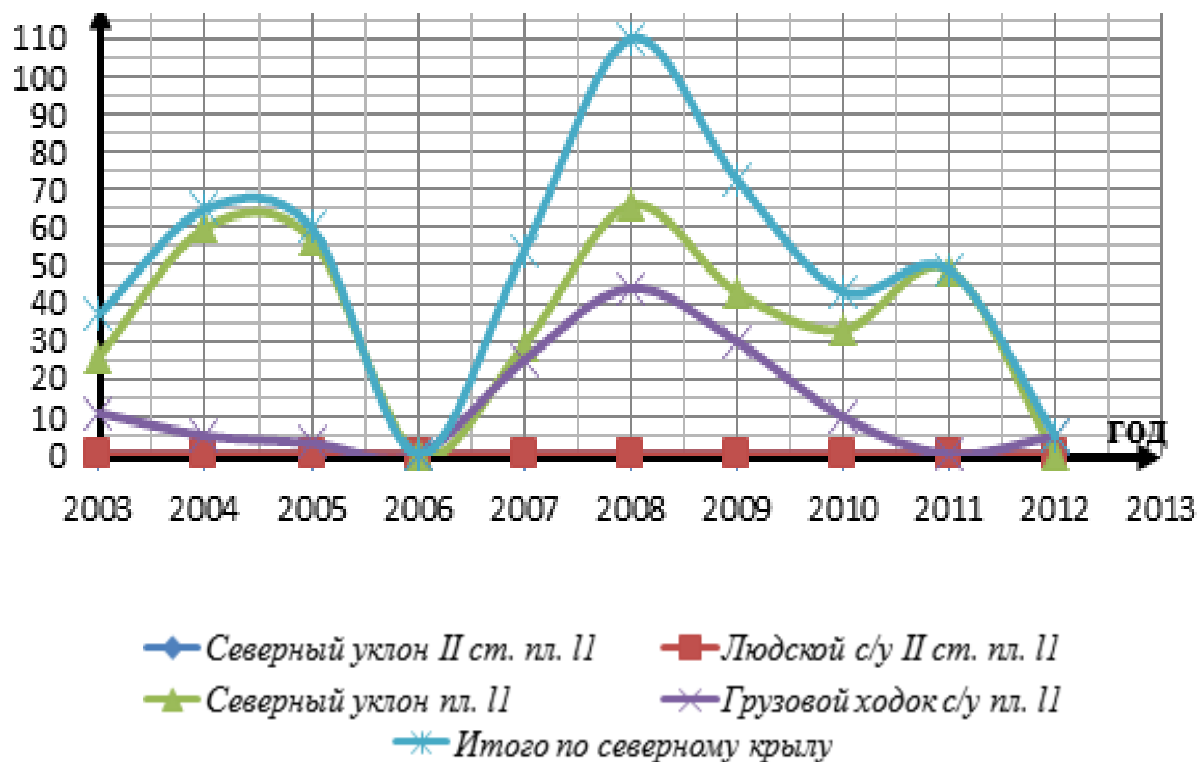


Рис. 2.5 Проведение ремонтных работ по перекреплению выработок северного крыла в условиях ОП «Шахта «Котляревская» ГП «Селидовуголь»

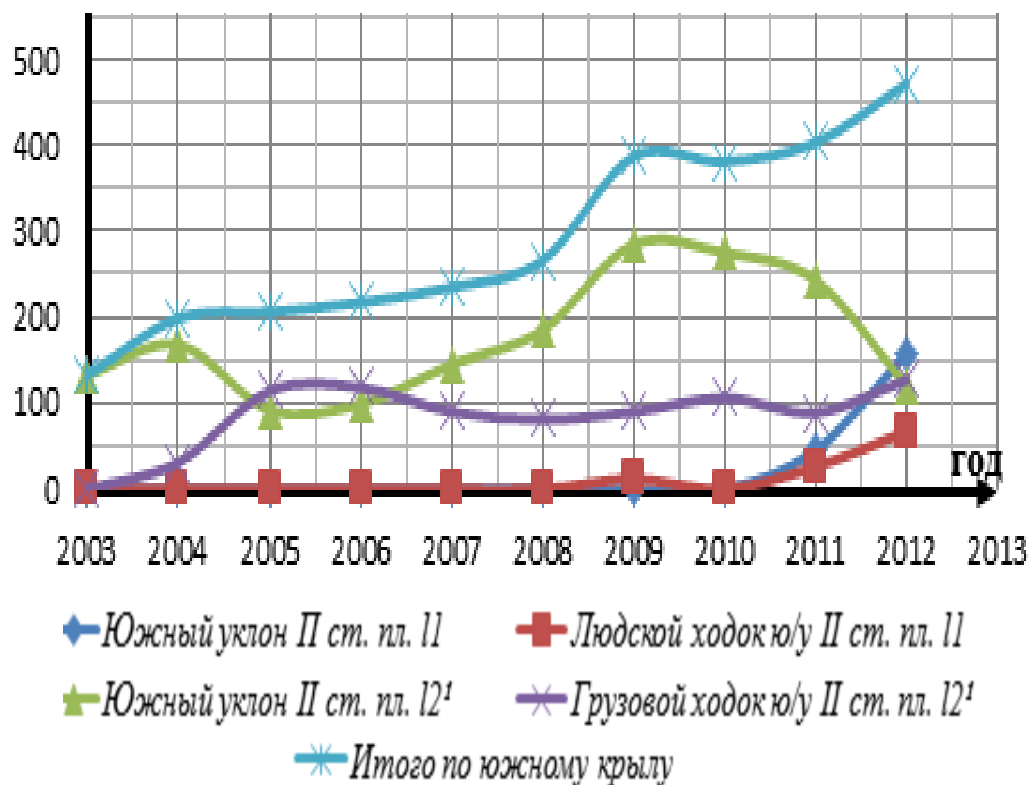


Рис. 2.6 Проведение ремонтных работ по перекреплению выработок южного крыла в условиях ОП «Шахта «Котляревская» ГП «Селидовуголь»

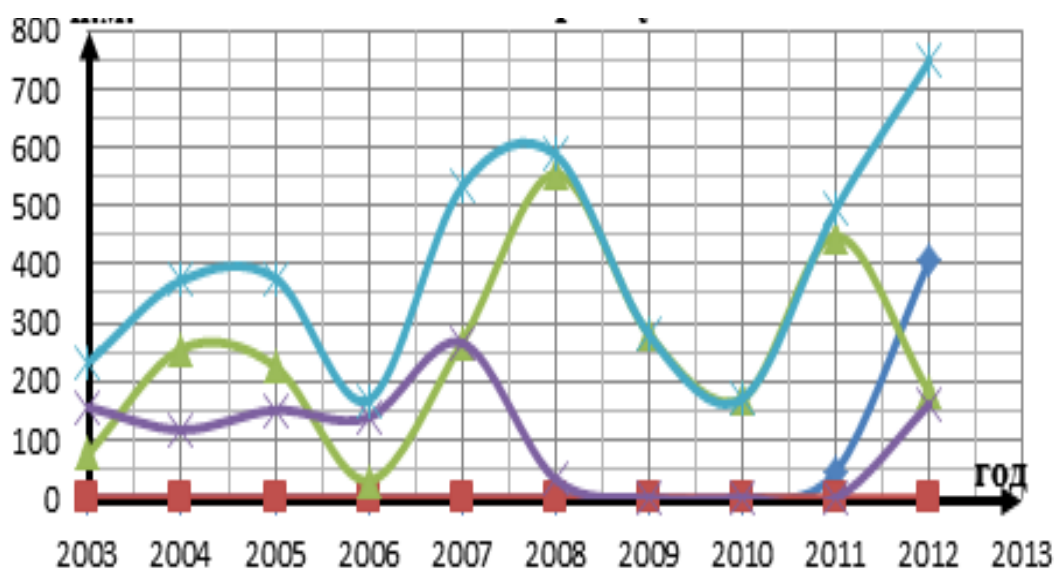
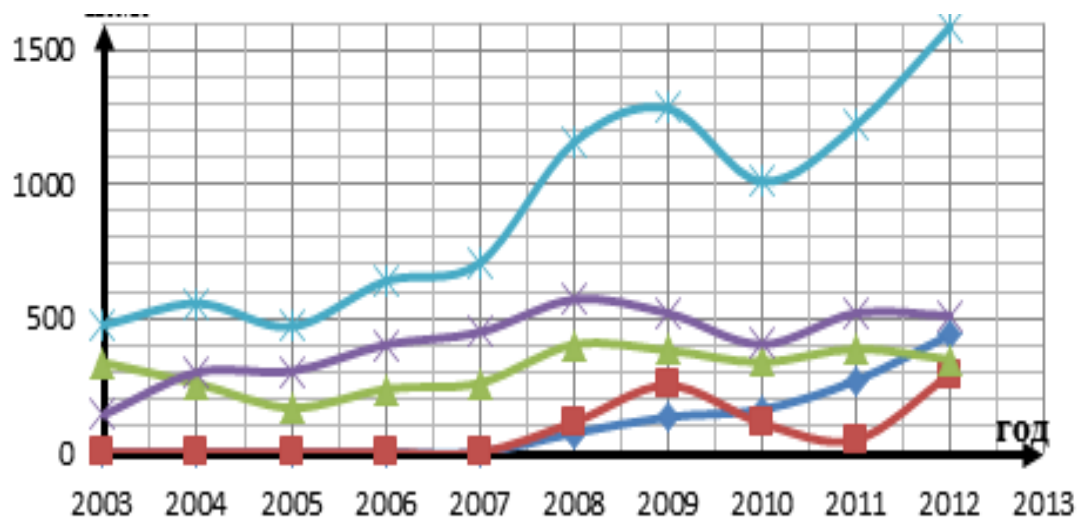


Рис. 2.7 Проведение ремонтных работ по подрывке пород почвы в условиях ОП «Шахта «Котляревская» ГП «Селидовуголь»

Работы на протяжении суток на шахте «Котляревская» организуются в 4 смены по 6 часов каждая при непрерывной рабочей неделе. Первая смена отведена на ремонтно-подготовительные работы. Три остальные смены отведены на проведение выработок.

По мере выемки горной массы на расстоянии одного шага крепления производят установку новой рамы постоянной крепи. Шарошкой

исполнительного органа комбайна разбуривают лунки в почве под стойки следующей рамы постоянной крепи.

Все работы ведутся под охраной временной и постоянной крепи.

Тип крепи, какой крепятся выработки, разный, в зависимости от горно-геологических условий, крепости пород, обводненности, времени эксплуатации выработки и др. Крепь, которая принимается для крепления участковых и наклонных выработок на шахте «Котляревская»– КМП-А3 (крепь металлическая податливая арочная трехзвенная) 11,2; 13,8; 15,5.



Рис.2.8 Общая протяженность участков основных выработок

Внешнее энергоснабжение шахты «Котляревская» осуществляется от Кураховской ГРЭС через П/С 110/6 кВ, где размещены два трансформатора типа ТДТН-31.5-110/35/6 мощностью по 31.5 МВт каждый. Коэффициент напряжения составляет 0.61. Для приёма и распределения электроэнергии на территории шахты есть трансформаторная подстанция 6/0.4-0.23 кВ. Она состоит с распределительного устройства 6 кВ с вичками камерного типа, силовых трансформаторов.

Приводные двигатели шахтных машин и механизмов питаются трехфазным напряжением. Распределение электроэнергии между стационарными устройствами, а также в подготовительных и очистных выработках осуществляется с помощью распределительных подземных пунктов - РПП-660.

Питание подземных электрических потребителей осуществляется так: от поверхностной подстанции шахты питается подземная подстанция шахты, которая снабжает в свою очередь: насосы главного водоотлива, силовая нагрузка околостолового двора, очистные и подготовительные работы.

Для снижения нагрузки на ствольные кабели и повышения коэффициента мощности в камере ЦПП та РПП-6 уклонов ставят батареи статических конденсаторов типа УК-6-450.

Электроснабжение основных силовых потребителей осуществляется напряжением 660 В, а ручного инструмента и освещения - 127 В от трансформаторов ТСШ и АПШ-1.

Стационарная кабельная сеть выработок выполнена кабелем марки ЦСПНУ и СБНУ, освещение - кабелями КРПСН.

Пользователями электроэнергии на поверхности являются подъемные установки, обогатительная фабрика и другие дополнительные цеха на промплощадке шахты.

Для обеспечения нормальной эксплуатации объектов в границах влияния горных работ шахты "Котляревская" рассчитаны возможные деформации земной поверхности и разработаны меры по охране сооружений от подработки.

Вода с шахты насосами откачивается на поверхность. Там после очистки попадает в речку Соленая.

Влияние на окружающую среду на поверхности имеют: угольный комплекс; породный отвал; вспомогательные цеха; складское хозяйство. Огромный вред приносит пыль, которая раздувается с породного отвала. Отвал относится к разряду интенсивнодымящих. Годовая подача в отвал

породы составляет 420 тис.т. Ливневые стоки не улавливаются и не очищаются, что загрязняет территорию, которая прилегает к отвалу.

По породному отвалу: следует формировать отвал с профилактикой самовоспламенения поступающих масс. Старые возгорания на откосах отвала будут гаснуть без поступления новых. Для этого необходимо как можно больше породы оставлять в шахте, используя закладку выработанного пространства.

Для улучшения санитарно-гигиенических условий на территории промышленных площадок используются такие мероприятия: полив в летний период; озеленение промплощадки деревьями и растительностью перспективной к улавливанию загрязняющих веществ.

2.2 Очистные работы на шахте «Котляревская»

В 2012-2013 годах Государственная служба геологии и недр передала угольные пласты государственной шахты "Россия" (ныне "Котляревская") – частным компаниям с одноименными названиями.

Разрешения на пользование недрами частные фирмы получили без аукциона: выкупили геологическую информацию о запасах угля и это им "зачислили" как разработку нового месторождения. Частным фирмам отдали в том числе пласты угля, на которых шахтеры шахт уже вели работы.

"Мы в 2011 году добывали миллион тонн. На этих пластах, если бы не снижали темп, так и добывал наш коллектив и это был ощутимый прирост ... Работники подвисли в воздухе", – рассказывает председатель независимого профсоюза горняков Сергей Павлов.

В 2016 году Нацполиция открыла уголовное производство о передаче угольных недр компаниям из орбиты Александра Януковича. Однако после этого компании меняют владельцев. При этом Госгеонедр не отзывает выданные частным компаниям разрешения и позволяет фирмам продолжить работы. Далее права компаний на пользование пластами закрепляют суды.

3 северная лава южного уклона II ступени пласта l_1 имеет длину 250 м. Длина выемочного столба – 900 м. Мощность пласта – 1,0-1,25 м. Запасы оконтуренного выемочного столба составляют 420 тыс. тонн. Лава оборудована комбайном очистным 1К-101, механизированной крепью 1КД-90, скребковым конвейером СП-26У. Порядок отработки выемочного столба – обратным ходом. Условия залегания месторождения являются сложными. Вмещающие породы склонны к обрушению, пучению и потере прочности при размокании. Вследствие этого, при отработке 3-й северной лавы пласта l_1 для поддержания конвейерного штрека проводится три подрывки пород почвы и перекрепление выработки. Причем первая подрывка почвы выполняется еще до подхода первой лавы. Обобщенные результаты измерений, выполненных в выемочной выработке, приведены на рис. 2.10.

Как известно, на глубоких шахтах пучение является следствием деформационных процессов, охватывающих весь приконтурный массив в окрестности выработки, и является признаком большой глубины разработки, при которой масштабы смещений контура выработки и разрушений пород весьма значительны по величине.

Подрывка почвы интенсифицирует пучение, приводит к снижению устойчивости выработки, нарушает равновесие окружающего массива пород. Скорость пучения после подрывки возрастает в несколько раз. Опыт ведения горных работ показывает, что после 2...3-х подрывок, выработку обычно перекрепляют.

Найменування очисного вибою	Індекс пласта	Марка	Потужність геологічна, м	Система розробки	Повна довжина стовпа навантаження на лаву, т/добу	Запаси вугілля, тис.тонн	Річний обсяг видобутку тис.тон																													
							Кут падіння	Потужність виймальна, м	по бесь.технол.	2018												2019	2020	2021	2022											
										Продуктив. пл.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	разом	разом	разом	разом										
4 північна лава південного похилу II ст.	ε ₂ ¹	ДГ	0,92	Стовпова, безділкова, зворотній хід	775	365	235	235	235	235	235																									
			1,19		800		24,0	24,0	24,0	24,0	7,0																									
			2,0																																	
3 північна лава південного похилу II ст.	ε ₁	ДГ	1,07	Стовпова, безділкова, зворотній хід	800	410																														
			1,19		1000																															
			1,95																																	
6 південна лава південного похилу II ст.	ε ₂ ¹	ДГ	1,02	Стовпова, безділкова, зворотній хід	1025	500																														
			1,15		1000																															
			2,0																																	
5 північна лава південного похилу II ст.	ε ₂ ¹	ДГ	1,02	Стовпова, безділкова, зворотній хід	1025	365																														
			1,15		1000																															
			2,0																																	
4 південна лава південного похилу II ст.	ε ₁	ДГ	1,02	Стовпова, безділкова, зворотній хід	1025	500																														
			1,15		1000																															
			2,0																																	
1 південна лава північного похилу	ε ₂ ¹	ДГ	1,00	Стовпова, безділкова, зворотній хід	950	470																														
			1,01		800																															
			2,0																																	
1 північна лава північного похилу	ε ₂ ¹	ДГ	1,00	Стовпова, безділкова, зворотній хід	1200	620																														
			1,01		800																															
			2,0																																	
Об'єм проведення гірничих виробок, усього, м							355	425	300	295	110	105	110	105	105	105	105	105	105	180	2300	2340	2600	2600	2600											
у тому числі розкривних та підготовчих, м							350	370	200	195	110	100	100	100	100	100	100	100	175	2000	2090	2400	2400	2400												
Видобуток вугілля усього, тис. тонн							30,0	29,0	30,0	29,0	9,0	3,0	34,0	32,0	33,0	33,0	33,0	33,0	330,0	310,0	380,0	635,0	635,0													
у тому числі з очисних вибоїв, тис. тонн							24,0	24,0	24,0	24,0	7,0	2,0	31,0	29,0	30,0	30,0	30,0	30,0	285,0	354,0	380,0	635,0	635,0													
у тому числі з підготовчих вибоїв, тис. тонн							6,0	5,0	6,0	5,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	45,0	56,0	90,0	90,0	90,0													
Загальна кількість очисних вибоїв на кінець періоду, їх фронт							1/235	1/235	1/235	1/235	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250										
у т.ч. кількість діючих очисних вибоїв на кінець періоду, їх фронт							1/235	1/235	1/235	1/235	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250										
з них КМВ							1/235	1/235	1/235	1/235	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250										
Підготовлено гірничими роботами за період											1/250										1/250	2/480	1/250	1/250												
Введення очисних вибоїв за період												1/250									1/250	1/250	1/230	2/500												
Вибуття очисних вибоїв за період											1/235										1/250		1/250	2/480												

Рис. 2.9 Програма добычи угля по ОП «Шахта «Котляревская» ГП «Селидовуголь» на 2018-2022 г

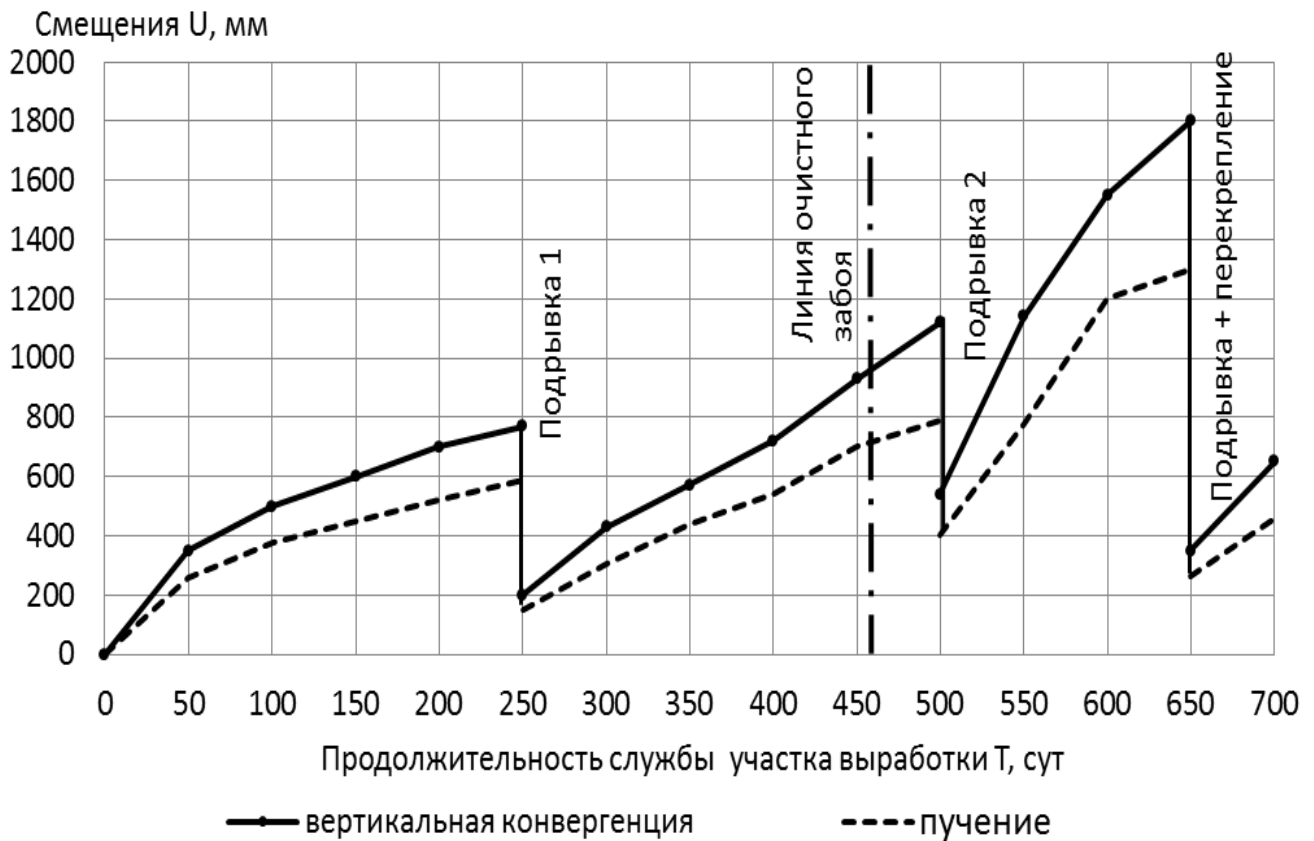


Рис. 2.10 Сводный график смещений породного контура в 3 северном конвейерном штреке южного уклона II ступени пласта l_1 в условиях ОП «Шахта «Котляревская» ГП «Селидовуголь»

2.3 Основные направления повышения эффективности добычи угля на шахте.

Предварительная оценка возможности повторного использования выемочных штреков

Увеличение глубины разработки угольных пластов, влияние на них очистных работ приводит к интенсивному воздействию горного давления на устойчивость подземных выработок через различные формы его проявления, которые зависят от совокупности влияния целого ряда горно-геологических и горнотехнических факторов, присущих условиям каждой шахты. Несмотря на снижение протяженности горных выработок угольных шахт Украинского Донбасса в связи с

интенсивным их закрытием за последние годы и увеличением затрат на ремонт этих выработок, состояние последних не улучшается. В среднем, 15 % из них по протяженности на конец каждого года не удовлетворяет эксплуатационным требованиям.

Одной из основных причин такого положения является высокая трудоемкость работ по содержанию выработок при весьма низком (1,5–2 %) уровне их механизации.

На сегодняшний день около 90% поддерживаемых на шахтах выработок закреплены металлической арочной податливой крепью. Более половины от протяженности этих выработок деформирована.

Как система крепления арочная крепь имеет ряд недостатков. Фактически она не поддерживает выработку до тех пор, пока вмещающие породы не разрушатся и не начнут смещаться в выработку, нагружая рамы крепи. То есть, крепь работает в пассивном режиме и не препятствует разрушению вмещающего массива. Кроме этого основными недостатками применения арочной крепи являются:

- Большая металлоемкость.

- Крепь не включается в работу сразу после обнажения породного контура выработки.

- Невозможность полной механизации процесса крепления (затяжка рам и забутовка закрепного пространства производится вручную. Трудоемкость процесса крепления выработки арочной крепью достигает 80 % от общей трудоемкости проведения выработки).

3 северный конвейерный штрек южного уклона II ступени пласта l_1 в условиях шахты «Котляревская» предназначен для транспортирования угля из забоя 3-й северной лавы к юному уклону II ступени пласта l_1 , доставки материалов, элементов оборудования в очистной забой от грузового ходка, передвижения людей, подачи свежего воздуха в лаву, стока воды. По выработке прокладывают кабели силовые, для освещения, для сигнализации и связи, а также трубопроводы для воды, сжатого воздуха, т.д.

3 северный вентиляционный штрек южного уклона II ступени пласта l_1 в условиях шахты «Котляревская» предназначен для доставки материалов, элементов оборудования в очистной забой от грузового ходка, передвижения людей, выдачи исходящей струи воздуха из лавы, стока воды.

Длина вентиляционного штрека 900 м, срок службы – 2-3 года. Угол падения пласта l_1 – $9-13^0$. Средняя глубина проведения выработки -506-510 м. Проведение выработки осуществляется по пласту l_1 в уклонном поле с двухсторонней подрывкой пород почвы и кровли .

Длина конвейерного штрека 900 м, срок службы – 2-3 года. Угол падения пласта l_1 – $9-13^0$. Средняя глубина проведения выработки -546 м. Проведение выработки осуществляется по пласту l_1 в уклонном поле с двухсторонней подрывкой пород почвы и кровли .

Выработки имеют технологическую связь с южным уклоном II ступени пласта l_1 при помощи сбоек, с грузовым ходком южного уклона II ступени пласта l_1 . Для проходки участковых выработок используется комбайн проходческий КПД-26.

Для горно-геологических условий проведения выемочных штреков использован прогноз: «Звіт про детальну розвідку» і матеріали «геологічних спостережень» по ранее пройденным выработкам по пласту l_1 .

Угольный пласт l_1 имеет простое строение, состоит из одной пачки угля мощностью на этом участке от 1,0 м до 1,25. В среднем 1,15 м. Уголь черный, полублестящий, средней крепости $f = 1,5$. Повсеместно содержит включения серного колчедана, которые распространены в виде линз по всей мощности пласта, сильно трещиноватый, излом раковистый, контакт с вмещающими породами четкий. Под пластом залягает пропласток алевролиту, средней крепости, нестойкий, мощностью 0,02-0,05 м, ниже залягает пропласток углистого сланца, мощностью 0,04-0,08 м, слабый, очень нестойкий, комковатой текстуры.

Пласт угля пологого падения, средний угол 9^0-13^0 . Залегание пласта в основном спокойное.

Непосредственно над пластом в виде линз сложной конфигурации, залягает аргиллит мощностью 0,00-2,50 м, слабый $f = 2-3$, очень перемятый, проявляет себя

как «ложная кровля», весьма нестойкий (Б1), легкообрушаемый (А1), склонен к обрушению на полную мощность, следом за ним обрушается песчаник основной кровли на мощность до 1,00 м и больше.

Основная кровля пласта l_1 - песчаник серый, кварцевый, на глинистом цементе, крепкий $f=5-6$, малостойкий, среднего обрушения, обводненный, дает выделения воды в виде капеза, а местами струй. Ожидаемый водоприток по участковым выработкам 5-8 м³/час. В нижней части пласта песчаник значительно насыщен обломочным материалом и углистым детритом на мощность 0,00-0,80 м, проявляет себя как «ложная кровля», очень нестойкий (Б2), легкообрушаемый (А2). По данным разведочных скважин №НС3603, НС-3016, НС-3640 и 2971. Общая мощность песчаника составляет 21,30-24,60 м.

Непосредственная почва пласта - аргиллит мощностью 0,00-2,50 м, серый, сильно трещиноватый, слабый $f=2$, нестойкий (П1), на мощность 0,00-0,10 м комковатой текстуры, склонный к пучению при влажности, ниже залегает алевролит до 2,50 м средней стойкости (П2), средней крепости $f=3-4$, мощностью от 0,70 до 5,50 м, ниже залегает песчаник серый, среднезернистый, стойкий (П3), крепкий $f=5-6$, мощностью 18,50-19,50 м.

Угольный пласт опасен по пыли, не склонный к самовозгоранию, неопасен по газодинамическим явлениям. Природная газоносность пласта l_1 - 0,3-1,5 м³/т.с.б. м.

Опасные зоны:

1. Зоны распространения «ложной» кровли являются опасными по обрушению.
2. Зоны рядом с тектоническими нарушениями являются опасными по обрушению пород кровли, усиленному капезу, выделению газа.
3. Зоны рядом с разведочными скважинами №НС-3016, НС-3640 являются опасными по прорыву воды.
4. ЗОГД и ЗПО являются опасными по обрушению пород кровли и пучению пород почвы.

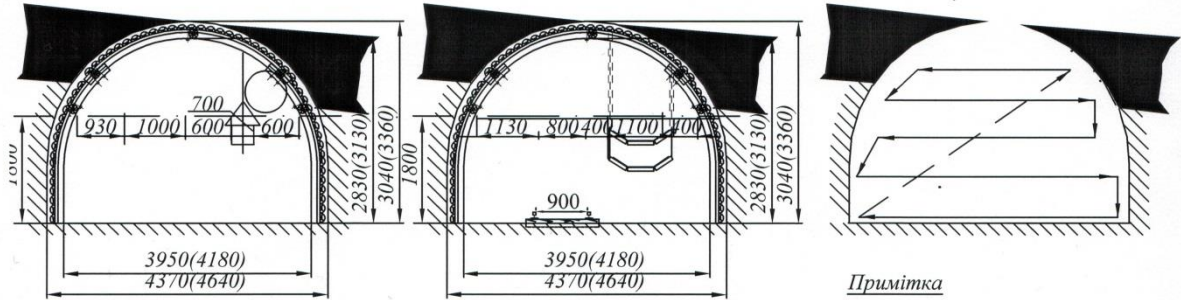
ПАСПОРТ

проходження і кріплення 3 північного конвеєрного штрека південного похилу II ст. пл. L1

Поперечний перетин на час проходження

Поперечний перетин на час експлуатації

Схема вибурування вибою

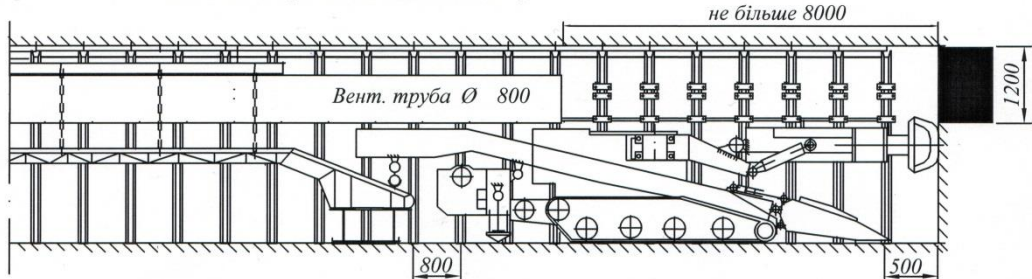


Примітка

Умовні позначення:
 ————— робочий ход стріли
 - - - - - холостий ход стріли

При наявності пласта вугілля і породи виїмка здійснюється спочатку по вугіллю, а потім по породі.

Повздовжній перетин на початок циклу



Перелік робіт, які не виконують одночасно

	Забороняється
Робота комбайна і конвеєра	1. Обслуговування і нароцування конвеєра 2. Кріплення виробки 3. Нароцування вент. труби
Кріплення виробки	1. Робота комбайна і конвеєра 2. Нароцування вент. труби
Доставка обладнання і матеріалів	1. Всі роботи в зоні дії доставки

Характеристика виробки

Площа поперечного перетину в світлі - 10,4 м²
 в проходці - 13,2 м²
 Спосіб проведення - комбайн КПД
 Транспортування гірничої маси - стріч. перев.
 Кріплення виробки - АП-11,2
 Шаг кріплення - 0,8м
 Затяжка виробки - дер. розпил (всплошну), (мет. сітка)
 Доставка матеріалів і обладнання - вручну

Повздовжній перетин після вибурування вибою

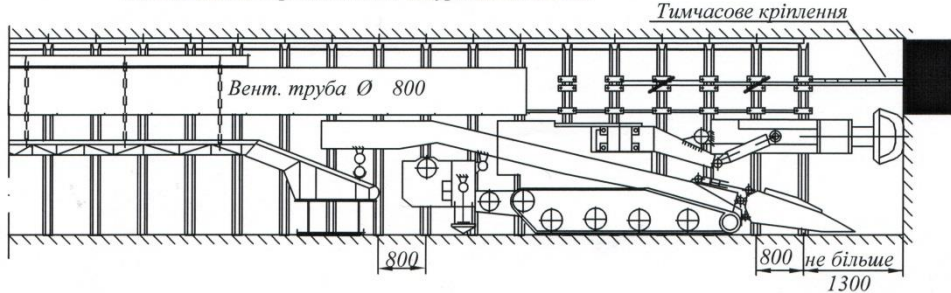


Рис. 2.12 Паспорт проведення і кріплення конвеєрного штрека 3 северной лавьюжного уклону II ступени пласта l_1 в умовах ОП «Шахта «Котляревская» ГП «Селидовуголь»

Проанализировав горно-геологические условия на участке 3 северной лавы южного уклона II ступени пласта l_1 , мы видим, что вмещающие породы пласта l_1 как кровли так и почвы относятся к нестойким и легкообрушаемым. Поэтому, традиционная конструкция арочной крепи не соответствует условиям ее нагрузки (нет соосности между направлением податливости крепи и направлением наибольших смещений контура выработки).

Кардинально улучшить технические и экономические показатели работы шахты, а также состояние горных выработок можно путем применения анкерной крепи.

На основании изученного зарубежного опыта и экспериментальных работ по внедрению анкерной крепи, на шахтах Украины Минуглепромом разработана отраслевая программа "Анкер", целью которой является внедрение анкерного крепления как прогрессивного вида крепления при поддержании выработок.

На примере монтажного ходка 7-й северной лавы пл. m_5^1 в гор. 450 м шахты «Добропольская» Донецкой области (полная длина выработки 178 м) на 2016 г. имеем следующие показатели:

- При креплении спецкрепью с шагом крепи 0,5 м для крепления выработки потребовалось 356 комплектов спецкрепей, состоящей из ножки СВП-22 – 3 м, верхняка СВП-22 – 4 м. В состав комплекта спецкрепей так же входят хомуты М-24 – 2 шт., хомуты М-16 – 3 шт., хомуты М-24 под прямой профиль – 1 шт., стяжка металлическая на 0,5 м – 3 шт. Количество лесоматериалов на 1 комплект крепи – $0,495\text{ м}^3$. Стоимость одного комплекта спецкрепей – 486,6 грн, стоимость спецкрепей на 1 п.м. 973,2 грн, на 178 м монтажного ходка 173229,6 грн.

- При креплении с применением анкеров (спецкрепь + анкера через 1,0 м, см. рис.2.12) для крепления выработки необходимо 178 комплектов спецкрепей в т.ч. ножка СВП-22 – 3 м, верхняк СВП-22 – 4 м, хомуты М-24 5 – 2 шт., хомуты М-16 – 3 шт., хомуты М-24 под прямой профиль – 1 шт., стяжка металлическая на 1,0 м – 3 шт. Количество лесоматериалов на 1 комплект крепи – $0,327\text{ м}^3$. Стоимость одного комплекта спецкрепей – 466,4 грн. В комплект анкерного крепления входят анкера $L=2$ м – 5 шт., сетка металлическая – 5 шт., подхват металлический – 1 шт., ампулы

длинные – 10 шт/комплект, ампулы короткие – 5 шт/комплект, шайбы металлические – 5 шт/комплект, гайки анкерные - 5 шт/комплект. Стоимость одного комплекта анкерной крепи – 359,0 грн, стоимость материалов на 1 п.м. 825,4 грн, на 178м монтажного ходка 146921,2 грн.

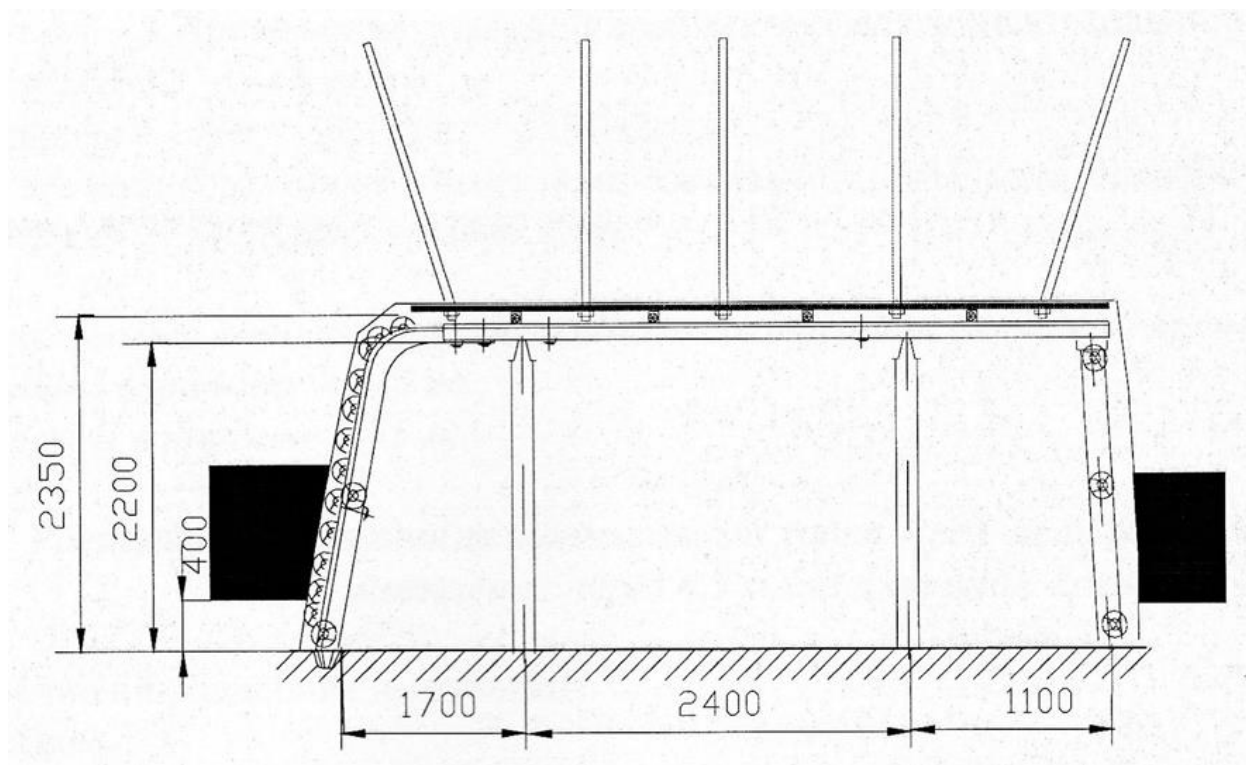


Рис.2.13 Крепление монтажного ходка в сочетании с анкерами.

Экономический эффект на 2016 г. на 1 п.м. составляет 147,8 грн, на 178 м монтажного ходка 26308,4 грн. Применение анкерной крепи позволяет дополнительно извлечь при монтаже выемочного комплекса верхняк из спецпрофиля СВП-22 L = 4м. Дополнительная экономия составляет 27340,8 грн. Итого в результате имеем экономический эффект от применения крепления монтажного ходка 7-й северной лавы пл. т5 1в гор. 450 м спецкрепью + анкера через 1,0 м - 53649,2 грн.

Применение податливой арочной крепи в сочетании с анкерной крепью высокой несущей способности превращает горные породы вокруг выработки в высокопрочный монолит. Анкерная крепь - мощное и надежное средство охраны

горных выработок. С внедрением анкерных крепей на угольных шахтах происходит кардинальное улучшение условий труда шахтеров, экономических и производственных показателей работы шахт:

- исключается производственный травматизм при ведении проходческих и добычных работ;

- в 1,5 - 2 раза возрастают темпы проведения горных выработок, более чем в 6-10 раз возрастает производительность труда при добычных работах;

- в 5 - 10 раз снижаются затраты материальных и трудовых ресурсов на крепление выработок, упрощается доставка материалов крепления в забой выработки, облегчается процесс возведения крепи;

- потери площади поперечного сечения выработок, даже в зоне влияния очистных работ, снижаются с 80 до 10%;

- доля затрат на проведение, крепление и охрану выработок в себестоимости угля снижается с 25 до 8 %;

- исключаются высокозатратные и трудоемкие работы по ремонту горных выработок.

Так как обе выработки на участке 3 северной лавы южного уклона II ступени пласта l_1 в условиях ОП «Шахта «Котляревская» ГП «Селидовуголь» имеют технологическую связь с лавой, поэтому проводятся по пласту угля с подрывкой пород почвы и кровли до проектных размеров.

Одним из путей уменьшения себестоимости в части затрат на поддержание и проведение выработок является повторное использование конвейерных штреков ранее отработанной лавы в качестве вентиляционных на смежной лаве (рис.2.14).

Повторное использование конвейерных штреков возможно только в том случае, если затраты на приведение их в эксплуатационное состояние не превышают стоимости сооружения дополнительной выработки.

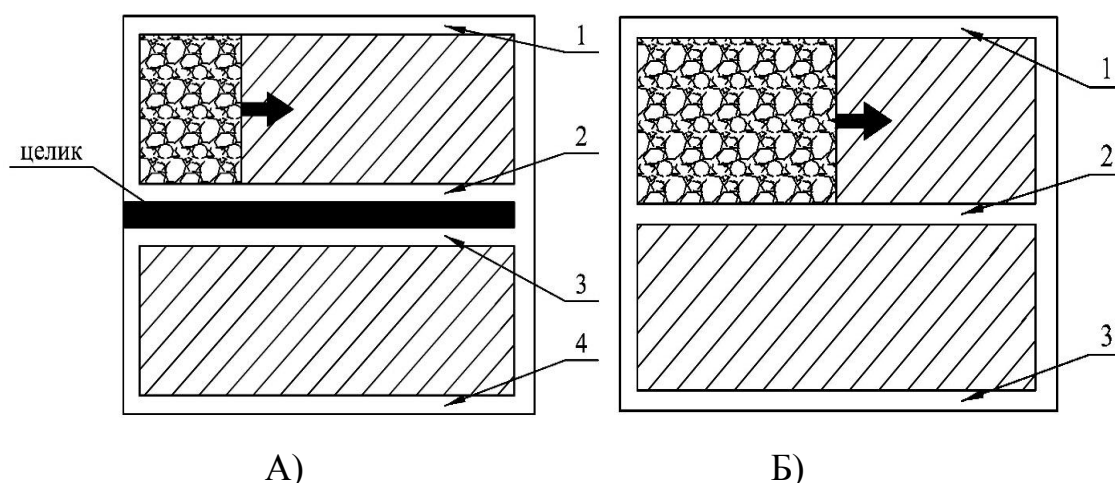


Рис.2.14- Принципиальная схема различных сценариев подготовки лав:

А) с проведением вентиляционного штрека вприсечку к конвейерному штреку смежной лавы; 1 – вентиляционный штрек первой лавы; 2 – конвейерный штрек первой лавы; 3 – вентиляционный штрек второй лавы; 4 – конвейерный штрек второй лавы;

Б) с повторным использованием конвейерного штрека в качестве вентиляционного; 1 – вентиляционный штрек первой лавы; 2 – конвейерный штрек первой лавы, используемый повторно на второй лаве; 3 – конвейерный штрек второй лавы.

Выработки 3 северной лавы пл. *l1* на момент выполнения наблюдений находились в эксплуатации, на основной оставшейся части штреков наблюдалось действие повышенного горного давления, заключавшееся в деформациях и разрушениях элементов крепи, уменьшении сечения выработок и пучении пород почвы, особенно в зонах локальных водопроявлений.

Обследование крепи выявило частичное отсутствие межрамных стяжек, разрывы хомутов в замках, разрыв стоек на уровне замков, разлом затяжки в кровле.

Имеет место либо отсутствие забутовки закрепленного пространства, либо некачественное ее выполнение.

На рис. 2.15 представлено состояние деревянных затяжек в кровле конвейерного штрека. Такое состояние затяжек является характерным на всем протяжении 3 северного конвейерного штрека пл. *l1*.

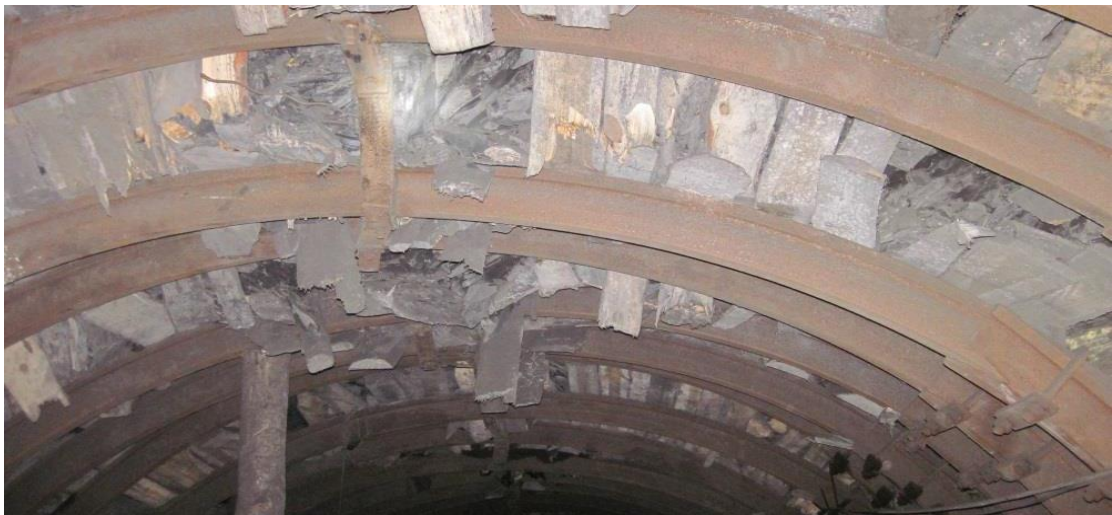


Рис. 2.15- Состояние элементов крепи 3-го северного конвейерного штрека пл. *11*

Осмотр крепи показал, что помимо действия горного давления, ухудшению ее состояния способствует и некоторые отступления от технологии возведения рамной крепи – на ряде пикетов отсутствуют межрамные стяжки; на участках, где влияние повышенного горного давления еще не сказывается (в районе заезда на конвейерный штрек), можно видеть отсутствие забутовки в бортах выработки. В кровле, в связи со сплошным затягиванием деревянной затяжкой наличие/отсутствие забутовки и качество контакта рамы с породой установить не удалось.

В целом общее состояние конвейерного штрека лучше, чем вентиляционного, несмотря на принятую на шахте практику проведения вентиляционных штреков вприсечку к конвейерному штреку ранее отработанной лавы (в данном случае – 2 северной лавы пл. *11*).

В зоне влияния опорного давления (на расстоянии, не превышающем 20 м впереди лавы), а также в окне лавы состояние вентиляционного штрека заметно хуже конвейерного. Это связано с тем, что, с одной стороны, сечение вентиляционного штрека изначально несколько меньше, чем конвейерного, а с другой стороны, меньше внимания уделяется поддержанию верхнего сопряжения лавы. В результате высота вентиляционного штрека в окне лавы не превышает 1,5 м, а ширина – порядка 2,0 м (более точные замеры сделать было невозможно).

При этом основным видом проявлений горного давления является пучение пород почвы. Смещения кровли по сравнению с ним невелики (нахлест в замках не превышает 0,7 м, т.е. слишком значительных просадок в замках не было) и реализованы в основном за счет блокирования проскальзывания верхняка по стойкам, его заклинивания между стойкой и бортом выработки с разрывом хомутов и последующим выполаживанием верхняка с «укладыванием» рамы в сторону лавы.



а



б

Рис. 2.16- Состояние пород почвы 3-го северного конвейерного штрека пл. 11 :а) искажение профиля рельсового пути; б) формы плит пород, выдавленных из почвы горной выработки

Затяжки в кровле и бортах разрушены значительно (не менее 80%). Для удержания минимально допустимого сечения выработки через каждые 0,5 м вдоль оси штрека с расстояния 10 м до лавы и до участка погашения штрека за лавой пробиты деревянные ремонтинны диаметром 20 см, которые в зоне окна лавы частично погружены во вспученные породы почвы. В зоне сопряжения с лавой ежесуточно осуществляется подрывка почвы на глубину не менее 40 см, породу от

подрывки складывают за ряд ремонтин с противоположной от окна лавы стороны выработки. За лавой штрек не поддерживается.

Таким образом, основными видами проявлений горного давления в 3 северном вентиляционном штреке пл. *l1* является интенсивное пучение пород почвы, деформации элементов рам, разрывы хомутов и разрушение затяжек.

Состояние 3 северного конвейерного штрека пл. *l1* на расстоянии от 70 м до 30 м впереди лавы в целом удовлетворительное. Как и в вентиляционном штреке, имеет место некачественная забутовка или ее отсутствие, в некоторых местах нет межрамных стяжек, а усиленные замки установлены некачественно – три хомута устанавливаются несимметрично, промежуточный хомут в ряде случаев сползает к нижнему. На ряде пикетов, приуроченных к локальным водопрямлениям, значительно (до 50%) разрушена затяжка в кровле даже на участках, где влияние повышенного горного давления не сказывается.

В зоне влияния опорного давления состояние выработки ожидаемо ухудшается, что вынуждает устанавливать помимо крепи сопряжения еще и дополнительные ремонтинны диаметром 20 см с шагом 1,0 м. В результате принятых мер в зоне сопряжения с лавой высота и ширина выработки на момент проведения обследования составляли до 2,5 м (точнее измерить не представлялось возможным). За лавой, начиная уже с линии завала за секциями механизированного очистного комплекса, выработка не поддерживается, что приводит к постепенному уменьшению ее сечения до погашения на расстоянии ориентировочно 10 м за лавой.

Пучение в конвейерном штреке также явно выражено и проявляется достаточно интенсивно. Под окном лавы идет постоянная подрывка на величину до 0,4-0,5 м и рихтовка профиля рельсового пути, а также положения конвейера.

Основными видами проявлений горного давления в конвейерном штреке 3 северной лавы пл. *l1* являются:

- пучение горных пород в почве выработки;
- деформации элементов рамы крепи;
- разрывы хомутов на замках крепи;

– разрушение затяжек;

– локальные водопроявления, сопровождающиеся ухудшением устойчивости пород в кровле штрека и формированием локальных зон повышенной нагрузки на крепь штрека.



Рис. 2.17- Деформации металлических рам крепи в 3 северном конвейерном штреке пл. 1/1: а) разрыв планки хомута замка; б) выполаживание верхняков, приводящее к такому эффекту



Рис. 2.18- Разрывы замков рамы 3-го северного конвейерного штрека пл. 1/1 ОП «Шахта «Котляревская ГП «Селидовуголь»

Рисунок 2.18 иллюстрирует качество установки элементов крепи в районе пикетов ПК10-ПК-15. Видно, что на отдельных рамах отсутствуют промежуточные хомуты на усиленных замках рам, а установленные хомуты перекошены. На фото также видно, что величина нахлеста в замках рядом установленных рам различна.



Рис. 2.19- Состояние замков 3-го северного конвейерного штрека пл. 1/ ОП «Шахта «Котляревская ГП «Селидовуголь»

Такой монтаж замков рам не только не способствует повышению ее несущей способности, но и значительно снижает ее. Все это, а также установленные факты отсутствия или некачественной забутовки и малое количество точек расклинки рамы, указывает на низкий уровень культуры производства, что является скорее организационным недочетом, чем техническим или горно-геологическим осложнением, который может быть устранен надлежащим контролем качества выполнения работ и достаточным снабжением забоя комплектующими.

На ПК28-ПК30 был встречен участок, где зафиксировано искажение контура выработки в виде «заваливания» крепи вправо, глядя на забой штрека (рис. 2.20). Вблизи этого же пикета имели место деформации стоек крепи в виде спирального закручивания (рис. 2.21).



Рис. 2.20- «Заваливание» рам крепи в 3 северном конвейерном штреке пл. 1/ ОП «Шахта «Котляревская ГП «Селидовуголь»



Рис. 2.21- Кручение стойки рамной стальной крепи 3-го северного конвейерного штрека пл. 1/ ОП «Шахта «Котляревская»

ВЫВОДЫ

В целом, горно-геологические условия, в которых проводятся и эксплуатируются подготовительные выработки 3 северной лавы, можно охарактеризовать как относительно сложные из-за слабой устойчивости вмещающих пород, наличия зон распространения «ложной кровли», размывов пластов, зон распространения неустойчивой в условиях обводнения почвы, а также зон влияния тектонических нарушений.

По результатам предварительного обследования к основным видам деформаций пород и крепи в обследованных выработках можно отнести:

1. Уменьшение сечения выработки в вертикальном направлении.
2. Уменьшение сечения выработки в горизонтальном направлении.
3. Пучение пород почвы различной интенсивности.
4. Прогиб слоев пород в сторону выработки.
5. Деформирование верхняка и стоек крепи, разрыв замковых соединений.

На основании анализа горно-геологических и горнотехнических условий проведения и эксплуатации протяженных выработок по пласту l_1 на шахте «Котляревская», сведений о фактическом состоянии выработок, маркшейдерской службы шахты, к основным осложняющим факторам, которые в значительной мере влияют на условия проведения и поддержание горных выработок, в первую очередь следует отнести:

1. Наличие слабых вмещающих пород склонных к обрушению и пучению, а также к резкой потере устойчивости даже при незначительном размокании.
2. Увеличение глубины разработки, провоцирующей для данных горно-геологических условий нелинейное ухудшение устойчивости горнотехнических объектов.
3. Непрогнозируемые мелкоамплитудные геологические нарушения в окрестности исследуемых выработок.
4. Неполное соответствие применяемых в настоящее время средств обеспечения длительной устойчивости горных выработок условиям их эксплуатации.

Таким образом, для сохранения устойчивости выработки и снижения ее стоимости необходимо применять такие конструкции крепи и мероприятия, которые уменьшат смещения породного контура, и позволят за весь срок службы выработки выполнять не более одной подрывки.

В зависимости от степени капитальности выработки для этих целей применяют:

- для выработок с длительным сроком службы и сложными условиями поддержания – замкнутые конструкции крепей;

- для основных подготовительных выработок – комбинированные конструкции крепей на базе рамной металлической крепи с анкерами, тампонажем закрепного пространства и другими способами повышения устойчивости;

- для участковых выработок со сроком эксплуатации 1,5...2 года – рамно-анкерные крепи.

РАЗДЕЛ 3

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КРЕПЛЕНИЯ И ПОДДЕРЖАНИЯ ВЫЕМОЧНОЙ ВЫРАБОТКИ ДО ПОДХОДА ПЕРВОЙ ЛАВЫ

3.1. Постановка задачи исследований

Целью магистерской работы является обоснование рациональных параметров крепи подготовительной выработки, при которых возможно ее эффективное повторное использование при столбовой системе отработки угля.

На первом этапе эксплуатации выработки – до влияния очистных работ первой лавы, как было показано выше, эффективным средством обеспечения ее устойчивости и приемлемым по затратам при небольшом сроке службы, является применение рамно-анкерной крепи, с установкой анкеров сразу после выемки пород в забое. Это позволит предупредить расслоение приконтурного массива, большие деформации и смещения пород.

Таким образом, первой задачей в этом направлении будет определение такого количества анкеров, при котором смещения пород почвы не вызовут необходимости подрывки до подхода первой лавы. Опыт эксплуатации показывает, что величина пучения на сопряжении с лавой в этом случае не должна превышать $U_{п} \leq 0,4$ м.

Выполним численное моделирование поведения геомеханической системы «крепь выработки-массив» для рассматриваемых условий отработки угля на шахте «Котляревская».

3.2. Алгоритм расчетов. Описание метода исследований

3.2.1 Выбор метода исследований

Решение различных инженерных задач при подземной добыче полезных ископаемых предполагает предварительное исследование объекта горных работ с обоснованием принимаемых технологических решений. Рассмотрение таких задач в аналитической постановке предусматривает использование относительно

простых расчетных схем. Их усложнение с целью учета особенностей горно-геологических условий, влияния очистных работ или других технологических факторов резко затрудняет решение задачи, а использование простых аналитических зависимостей становится невозможным, даже в предположении упругого деформирования породной среды.

Наличие области разрушенных пород вокруг очистных или подготовительных выработок создает дополнительную неоднородность рассматриваемой среды. Практика проектирования подземных объектов для учета перечисленных выше факторов предполагает введение в расчетную схему различных коэффициентов, полученных, как правило, эмпирическим путем на основе обобщения натуральных наблюдений или данных лабораторных испытаний. Однако их использование ограничивается конкретными условиями, в которых проводились наблюдения или эксперименты и, в любом случае, решение получается приближенным.

Более точное решение поставленной задачи можно получить, если расчетная схема или метод позволяют изначально учесть интересующие факторы. Широкие возможности открывают в этом плане численные методы решения, заимствованные из механики твердого деформируемого тела. Наиболее эффективные из них – метод конечных элементов (МКЭ) [56-59] и метод граничных элементов (МГЭ) [60, 61]. Активно развивается в настоящее время метод дискретных элементов (МДЭ), областью применения которого считаются задачи, связанные с исследованиями процессов разрушения горных пород и массивов [62].

Данные методы представляют собой мощные вычислительные средства, получившие в последние годы особую ценность с развитием компьютерной техники и программного обеспечения. При соответствующем подходе они превосходят по точности и удобству использования аналитические и эмпирические методы. К тому же они достаточно гибки в отношении решения большого разнообразия задач для многосвязных областей с различным типом неоднородностей, в том числе задач о трещинах, системах слоев и блоков, учете нелинейных факторов. Однако каждый из них имеет свои достоинства и

недостатки, что обуславливает преимущества применения того или иного метода для решения задач с конкретными особенностями.

Практический опыт показывает, что МКЭ является одним из достаточно простых и универсальных методов решения задач механики, в том числе и механики горных пород. К достоинствам данного метода можно отнести возможность использовать различные типы и размеры элементов, узловые точки могут располагаться произвольно, а число их может регулироваться. Имеется возможность для каждого конечного элемента задавать практически неограниченное число параметров для наиболее точного описания его поведения, что отвечает свойствам горных пород. В соответствии с интегральной формой вывода жесткостных характеристик элемента можно добиться лучших приближений к заданным граничным условиям. Применительно к задачам геомеханики метод конечных элементов дает возможность более естественно учесть структурные особенности горного массива, такие как неоднородность, трещиноватость, слоистость и другие. Так же к достоинствам МКЭ можно отнести и то, что после постановки конкретной задачи и аппроксимации исследуемой области конечными элементами процесс последующего расчета строится по стандартному алгоритму.

Помимо этого, метод конечных элементов позволяет анализировать дискретные и континуальные системы.

Указанные выше соображения дают основание выбрать для запланированных исследований метод конечных элементов.

На кафедре строительства, геотехники и геомеханики Национального горного университета уже около 20 лет при решении исследовательских и производственных задач как в области геомеханики, так и в геотехнике, используется численное моделирование процессов, протекающих в массивах горных пород и грунтов, что позволило разработать ряд оригинальных методологических подходов, отработать некоторые методические и программные модули и, на этой основе, получить необходимые результаты с

достаточной для инженерных обоснований точностью. Результаты некоторых подобных геомеханических задач изложены в работах [63-70 и др.]

Технические решения, направленные на повышение устойчивости выработки обосновываются путем анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) массива, включающего для первого этапа одиночную выработку, расположенную в неоднородном слоистом массиве пород.

Математическую основу МКЭ составляют вариационные принципы, заимствованные из строительной механики, обобщенные на решение различных задач механики твердого деформированного тела.

3.2.2 Алгоритм определения напряженно-деформированного состояния породного массива методом конечных элементов.

Решение задач геомеханики с использованием МКЭ включает в себя следующие этапы.

Из бесконечного массива выделяется некоторая исследуемая нами область, например, в окрестности подлежащей изучению подземной выработки (рис. 3.1, а).

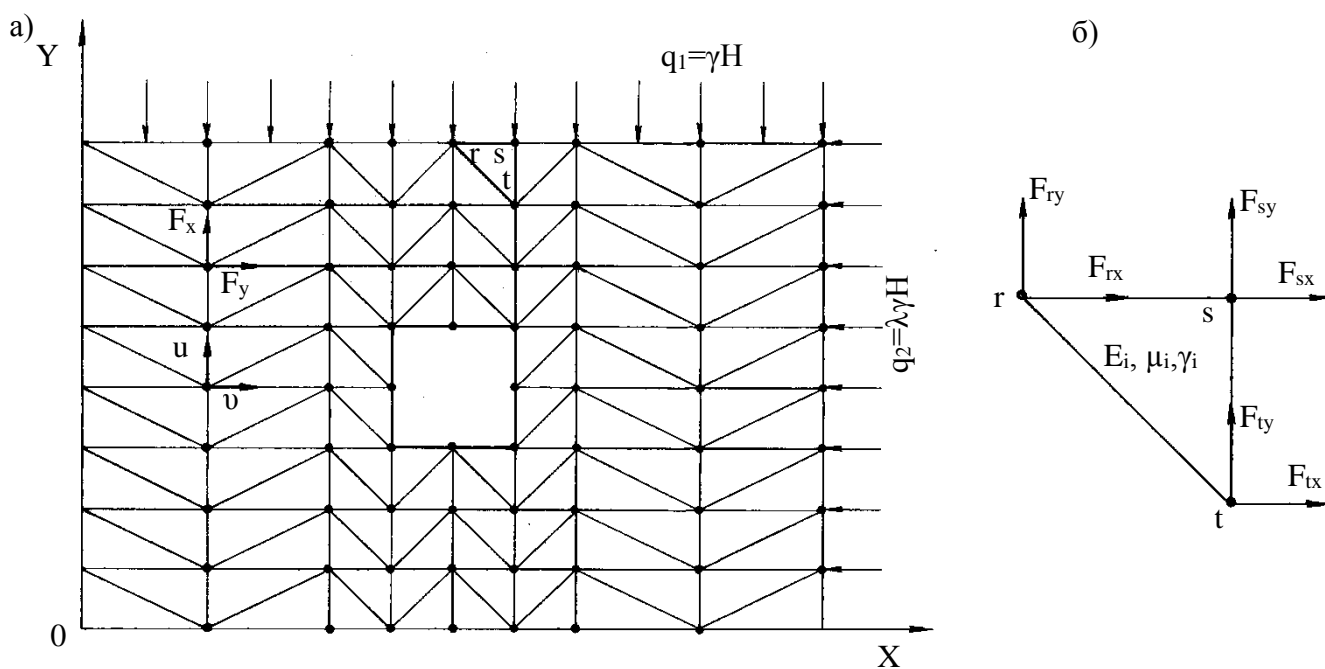


Рис. 3.1. Конечно-элементная аппроксимация исследуемой области (а) и ее произвольный i -ый элемент (б)

Действие отброшенной части породного массива заменяется усилиями, приложенными на границе области:

$$\begin{aligned}\sigma_y &= -\gamma H; \\ \sigma_x &= -\lambda\gamma H,\end{aligned}\tag{3.1}$$

где σ_y и σ_x – напряжения, возникающие в стержнях, соответственно, по оси y и x , МПа;

γ – объемный вес горных пород, т/м³;

H – глубина расположения исследуемого участка среды, м.

Вся исследуемая область делится на подобласти, достаточно малые, чтобы считать внутри их среду однородной и изотропной (рис. 3.1, б). Поэтому свойства среды в каждой из подобластей описываются постоянными (для данной подобласти) характеристиками: E , μ , γ . Эти подобласти называются конечными элементами. Они взаимодействуют друг с другом в узлах через узловые силы \bar{F} и узловые перемещения δ . В таком виде исследуемая область подобна определенной стержневой системе. Сообщая одному узлу усилие или перемещение, получим отклик во всей системе, в каждом из ее узлов. Компоненты вектора перемещений произвольной внутренней точки связывают с компонентами вектора перемещений узлов.

Из множества векторов $\{F\}_e$ и $\{\delta\}_e$ формируется обобщенный вектор сил $\{F\}$ и вектор перемещений узлов $\{U\}$, которые связаны между собой равенством:

$$\{F\} = K \{U\},\tag{3.2}$$

где K – обобщенная матрица жесткости системы, элементами которой являются матрицы жесткости каждого конечного элемента:

$$K = \begin{bmatrix} \sum_{e=1}^m k_{1,1}^{(e)} & \sum_{e=1}^m k_{1,2}^{(e)} & \dots & \sum_{e=1}^m k_{1,j}^{(e)} & \dots & \sum_{e=1}^m k_{1,2n}^{(e)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum_{e=1}^m k_{i,1}^{(e)} & \sum_{e=1}^m k_{i,2}^{(e)} & \dots & \sum_{e=1}^m k_{i,j}^{(e)} & \dots & \sum_{e=1}^m k_{i,2n}^{(e)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum_{e=1}^m k_{2n,1}^{(e)} & \sum_{e=1}^m k_{2n,2}^{(e)} & \dots & \sum_{e=1}^m k_{2n,j}^{(e)} & \dots & \sum_{e=1}^m k_{2n,2n}^{(e)} \end{bmatrix}.$$

Порядок построения матрицы жесткости подробно показан в [56, 58].

Равенство (3.2), записанное в матричной форме, представляет собой систему линейных уравнений.

$$\begin{aligned} U_1 K_{11} + V_1 K_{12} + U_2 K_{13} + V_2 K_{14} + \dots + U_{2n} K_{1,2n-1} + V_{2n} K_{1,2n} &= F_{x1} \\ U_1 K_{21} + V_1 K_{22} + U_2 K_{23} + V_2 K_{24} + \dots + U_{2n} K_{2,2n-1} + V_{2n} K_{2,2n} &= F_{y1} \\ \dots & \dots \\ \dots & \dots \\ U_1 K_{2n-1,1} + V_1 K_{2n-1,2} + U_2 K_{2n-1,3} + V_2 K_{2n-1,4} + \dots + U_{2n} K_{2n-1,2n-1} + V_{2n} K_{2n-1,2n} &= F_{xn} \\ U_1 K_{2n,1} + V_1 K_{2n,2} + U_2 K_{2n,3} + V_2 K_{2n,4} + \dots + U_{2n} K_{2n,2n-1} + V_{2n} K_{2n,2n} &= F_{yn} \end{aligned} \tag{3.3}$$

Неизвестными здесь являются перемещения узлов конечноэлементной сетки $\{U\}$. Коэффициенты при неизвестных – элементы матрицы жесткости, которые включают в себя координаты узлов и параметры упругости (модуль Юнга, коэффициент Пуассона). Если область разбита на m элементов, которые соединяются между собой в n узлах, то мы получим систему $2n$ уравнений относительно $2n$ неизвестных перемещений. Полученную систему можно решить одним из известных методов (Гаусса, Зейделя и др.).

Определив в результате решения для каждого узла компоненты вектора перемещений, через координатную матрицу переходят к деформациям в центре

тяжести конечного элемента $\{\varepsilon\}$, а от деформаций через матрицу параметров упругости к напряжениям $\{\sigma\}$. Таким образом, в центре каждого элемента получены значения полного тензора напряжений, деформаций, перемещений.

Укрупненно алгоритм метода конечных элементов показан на (рис. 3.2).

Вводимая в расчетную схему исходная информация состоит из следующих параметров: число конечных элементов при этом разбиении и координаты узлов; число типов элементов с разными физико-механическими свойствами; значения физико-механических свойств для каждой группы элементов, значения напряжений и перемещений, характеризующие граничные условия.

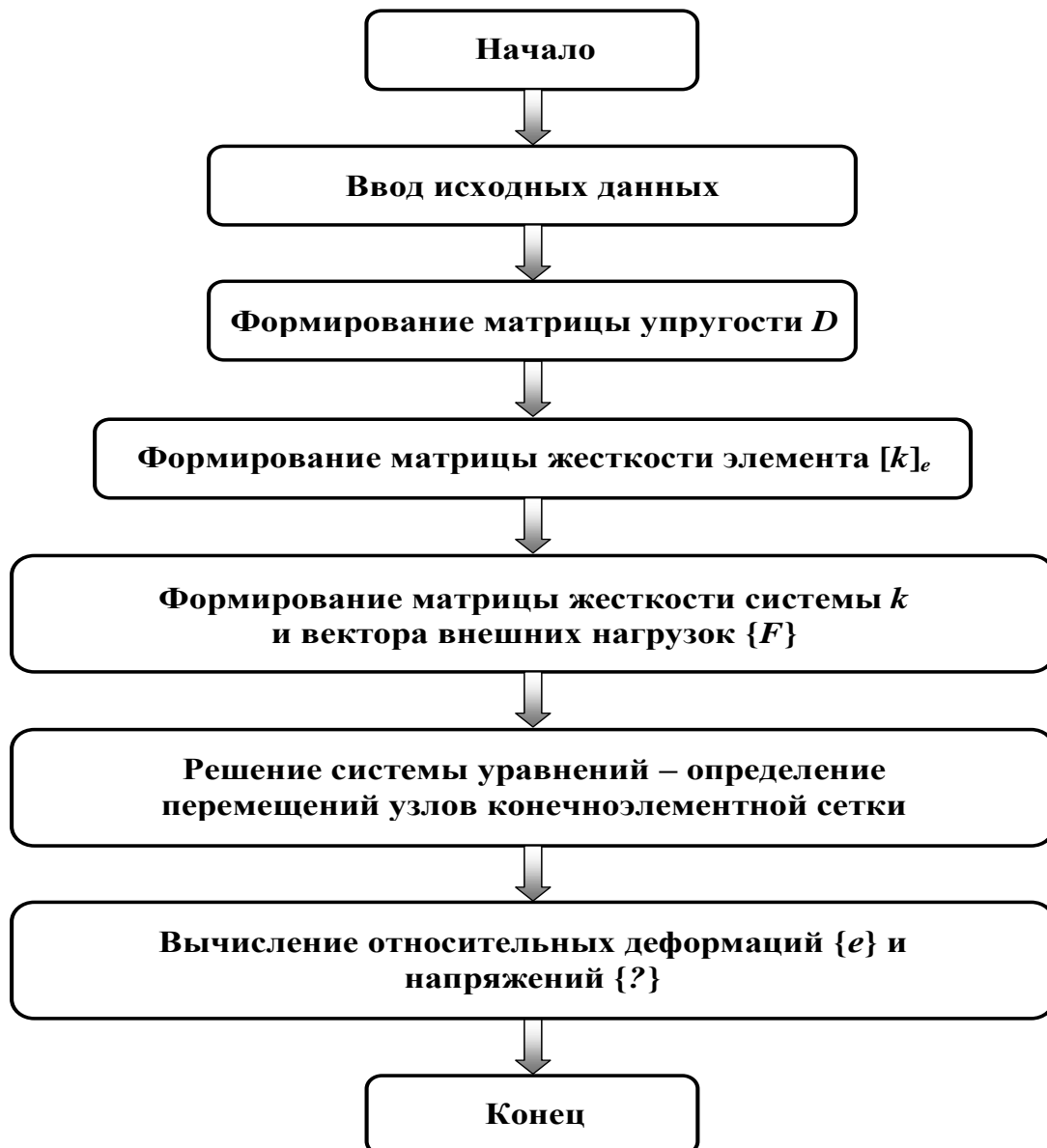


Рис. 3.2. Блок-схема программы, реализующей метод конечных элементов [56]

Применительно к задачам определения напряженно-деформированного состояния породного массива вокруг подземных выработок задаются глубина заложения исследуемого участка, поперечные размеры выработки, структура массива (стратиграфическая колонка), показатели трещиноватости и других геологических нарушений, влияющих на прочностные и деформационные свойства горных пород.

Для реализации метода конечных элементов в данной работе используется лицензионная вычислительная программа «Phase-2» канадской компании «Rocscience», полученная научными работниками Национального горного университета в качестве гранта Научно-образовательного центра, созданного при поддержке Фонда гражданских исследований и развития (CRDF, США).

3.3. Исходные данные к исследованию НДС системы «крепь выработки-породный массив» применительно к горно-геологическим условиям 3-й северной лавы пл. l_1 шахты «Котляревская» ГП «Селидовуголь»

В качестве объекта исследований, как при изучении деформационных процессов в натуральных условиях (см. Раздел 2), так и при численном моделировании, рассматривается конвейерный штрек 3-й северной лавы пласта l_1 шахты «Котляревская» ГП «Селидовуголь»

В соответствии с паспортом крепления сечение штрека – $S_{св} = 11,4 \text{ м}^2$, $S_{вч} = 13,2 \text{ м}^2$; высота выработки $H_{св} = 3,1 \text{ м}$, $H_{вч} = 3,5 \text{ м}$; ширина выработки $B_{св} = 4,2 \text{ м}$, $B_{вч} = 4,8 \text{ м}$. Применяемая крепь – КМП-А3/11,2,4, затяжка – дерево. Замки М-24 без упорных хомутов. Шаг крепи – 0,8 м. Отметка по глубине – 480,0 м.

Паспорт проведения и крепления конвейерного штрека, а также поперечное сечение выработки по время проходки показаны на рис. 3.3.

Место проведения комплекса работ и размещение оборудования при подрывке пород почвы и перекреплении по конвейерному штреку 3-й северной лавы пл. l_1 показаны на рис. 3.4.

Паспорт крепления сопряжения 3-й северной лавы с конвейерным штреком приведены на рис. 3.5.

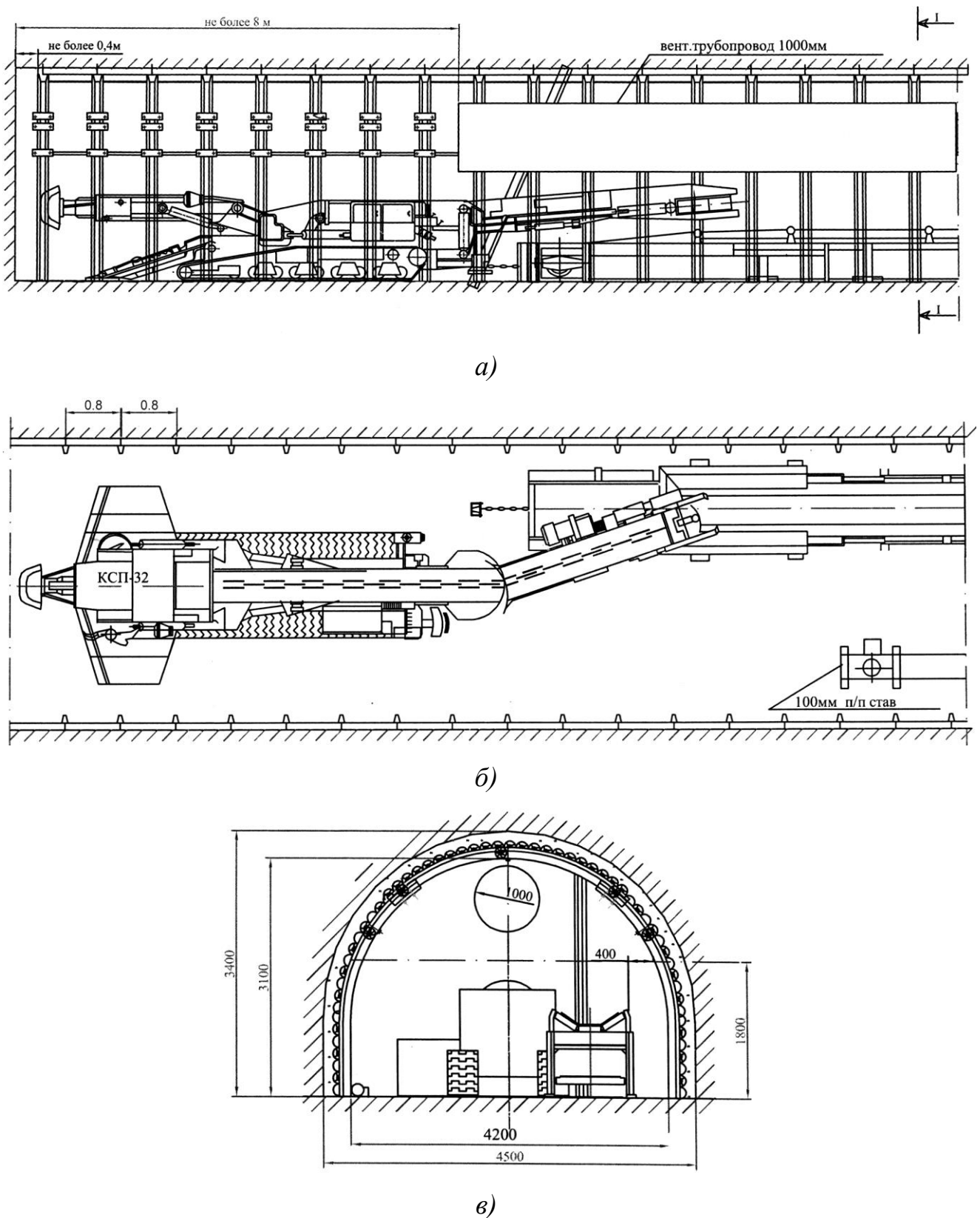
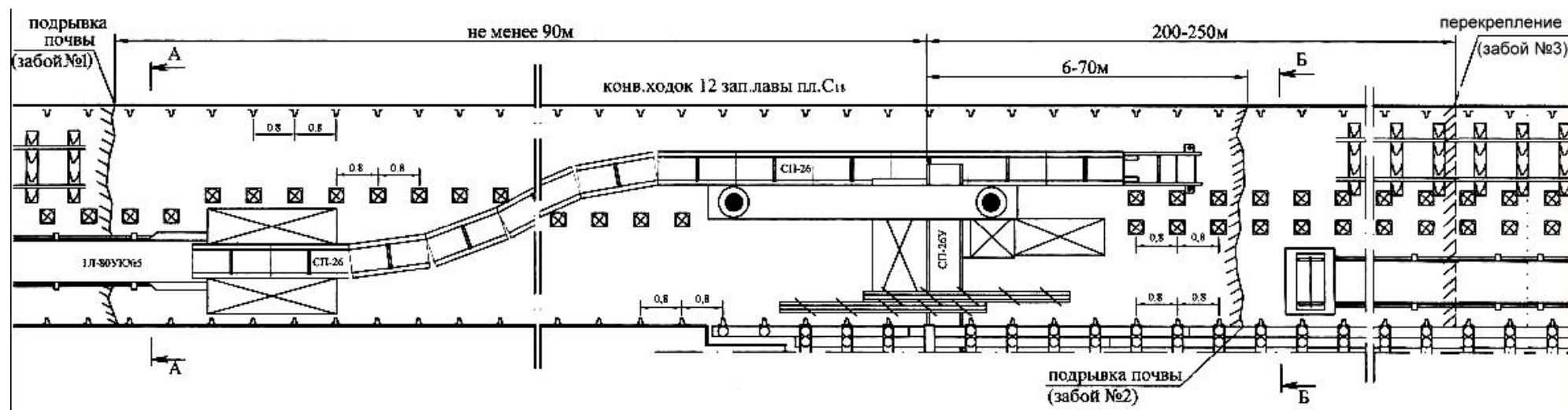
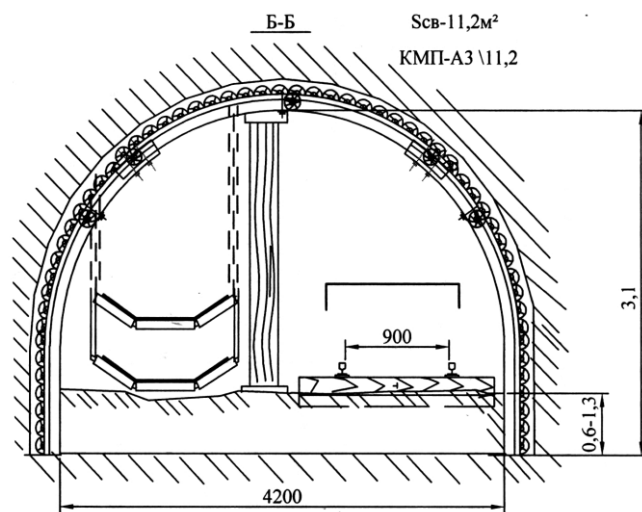


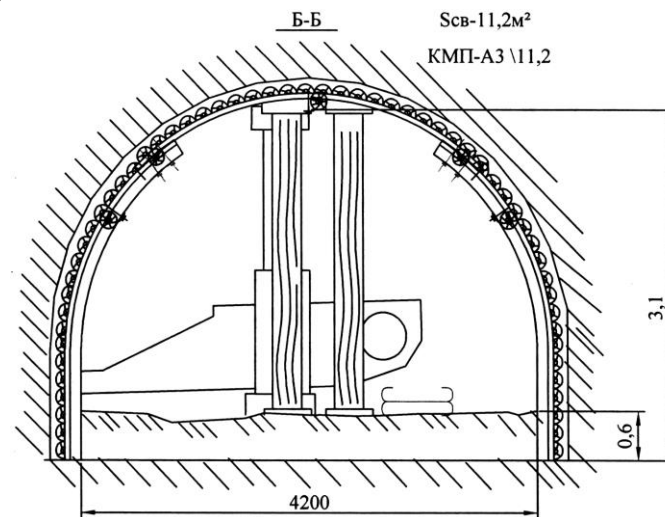
Рис. 3.3 Технологическая схема проведения и крепления призабойной части конвейерного штрека 3 северной лавы пл. l_1 (а, б) и сечение выработки (в)



а)



б)



в)

Рис. 3.4 Место проведения комплекса работ и размещение оборудования при подрывке пород почвы и перекреплении по конвейерному штреку 3-й северной лавы пл. l_1 (а) и поперечное сечение выработки (б и в)

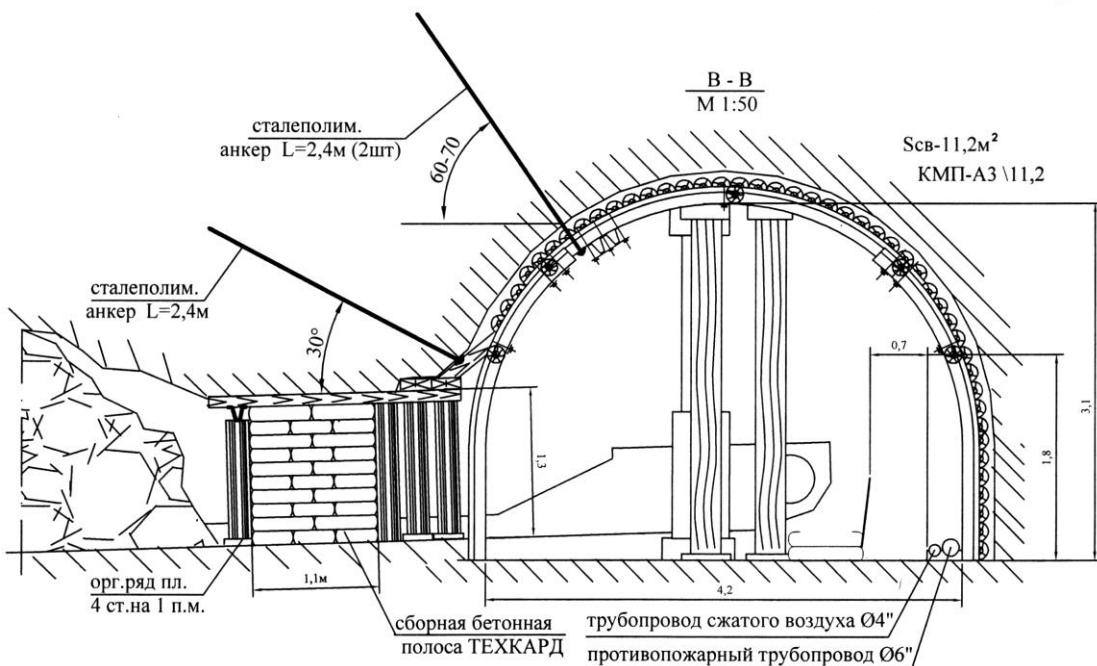
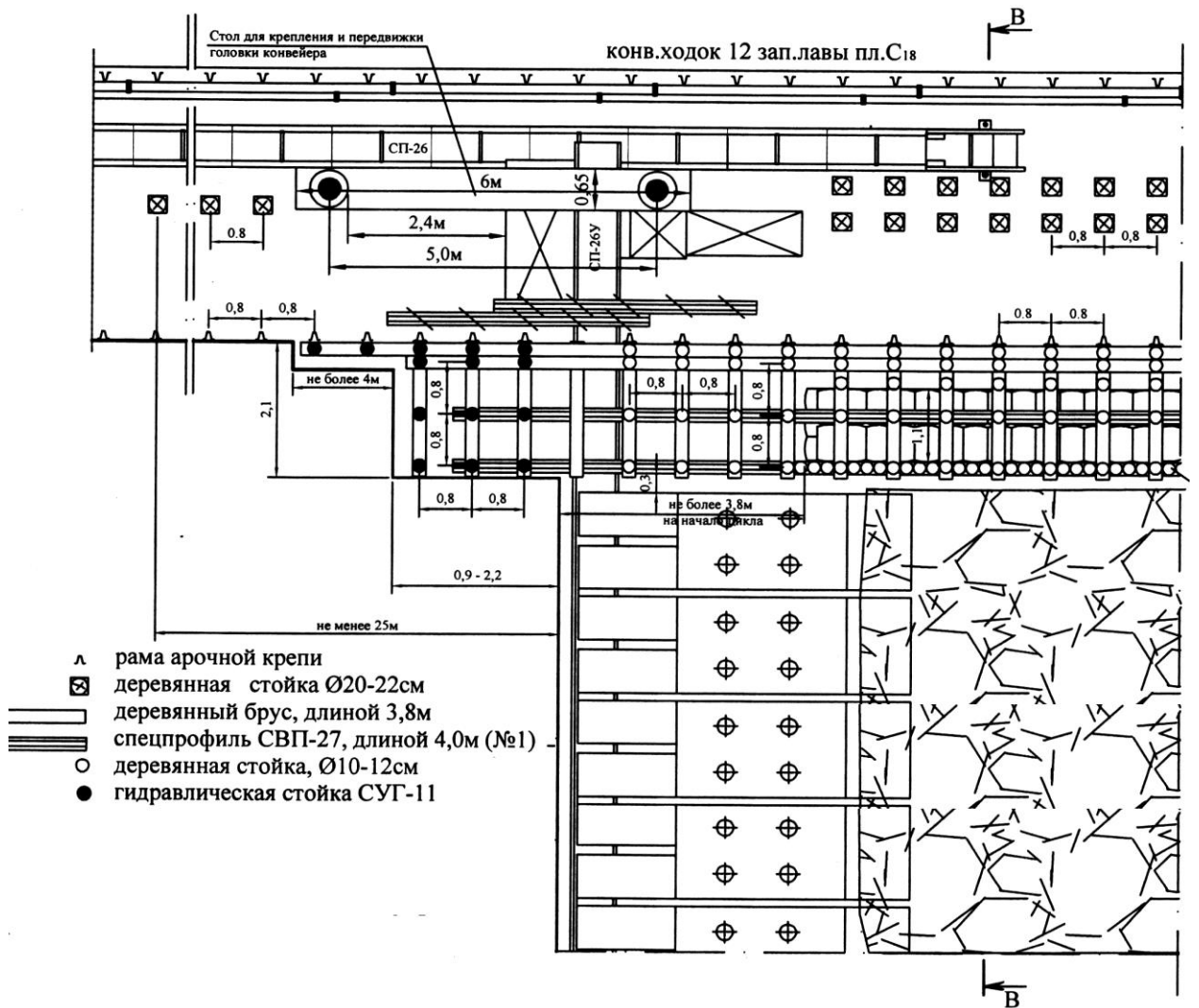


Рис. 3.5. Паспорт крепления сопряжения 3-й северной лавы с конвейерным штреком

В соответствии с представленными технологическими схемами выполним численное моделирование рассматриваемого горнотехнического объекта для исследования напряженно-деформированного состояния на каждом этапе эксплуатации выработки.

3.4 Моделирование геомеханических процессов при традиционном способе крепления выработки вне зоны влияния очистных работ. Калибровка деформационной модели среды

3.4.1 Описание этапов расчетов с применением лицензионного программного обеспечения «Phase-2»

Применительно к поставленной задаче обоснования параметров способа крепления участковых выработок с использованием анкеров и охранных конструкций в зоне их сопряжения с лавой моделирование геомеханических процессов разбито на несколько этапов:

- моделирование поведения массива при типовой крепи с целью калибровки деформационной модели и выявления особенностей деформирования пород, характерных для данных горно-геологических и горнотехнических условий;
- обоснование крепи выемочной выработки на этапе ее проведения и поддержания до подхода первой лавы, но с учетом временного опорного давления (см. рис. 3.4 и 3.5);
- моделирование поведения массива при рекомендуемом способе крепления и охраны выемочной выработки с определением их рациональных параметров (см. рис. 3.6).

Исходные данные к расчетам применительно к горно-геологическим условиям шахты «Котляревская» 3-й северной лавы пл. l_1 следующие.

Начальное поле напряжений, создаваемое весом вышележащих пород для заданной глубины:

$$\sigma_y = \gamma H = 10 \text{ МПа.}$$

Здесь $\gamma = 25 \text{ кН/м}^3$ – объемный вес пород, $H = 480 \text{ м}$ – глубина разработки. Граничные условия задаются в перемещениях – все границы жестко закреплены. Граница выработок свободна от напряжений. Физико-механические свойства вмещающих пород приведены в табл. 3.1.

Первый этап расчетов был направлен на адаптацию деформационной модели породного массива и расчетного алгоритма к реальным свойствам пород и условиям эксплуатации выработок, т.е. осуществлялась «калибровка» модели и вычислительной процедуры.

Таблица 3.1 -Физико-механические характеристики угля и вмещающих пород

Название показателя	Уголь	Песчаник	Алевролит	Аргиллит
Модуль упругости (Юнга), МПа	9200	5700	2900	3000
Коэффициент Пуассона	0,26	0,25	0,25	0,25
Прочность на сжатие, МПа	20	50	25	23

Вычислительная программа «Phase-2», реализующая МКЭ, позволяет имитировать постадийное образование выработок в неупругой среде путем изменения граничных условий, учитывая на каждой последующей стадии в качестве начальных те деформации, которые реализованы на предыдущей стадии формирования НДС.

Процесс моделирования был разбит на несколько стадий для определения напряженно-деформированного состояния области массива, включающего конвейерный штрек и собственно 3-ю северную лаву пл. l_1 в соответствии со схемой, представленной на рис. 3.3:

- стадия 1 – моделирование нетронутого породного массива согласно данным геологической службы шахты (сечение А-А);
- стадия 2 – имитация проведения конвейерного штрека 3-й северной лавы пл. l_1 , путем «снятия» напряжений по заданному контуру выработки (сечение Б-Б);

- стадия 3 – имитация воздействия очистных работ на участок конвейерного штрека при подходе линии очистного забоя (сечение В-В);



Рис. 3.6 Схема расположения очистной и подготовительной выработки 3-й северной лавы пл. l_1 , и исследуемые сечения по длине выемочного участка

- стадия 4 – имитация выполнения ремонтных работ путем проведения подрывки почвы на глубину 0,5 м для восстановления сечения конвейерного штрека (сечение Г-Г);
- стадия 5 – выбор типа и параметров охранной конструкции для обеспечения требуемой площади сечения конвейерного штрека после прохода первой лавы (сечение Д-Д).

Исследование геомеханических процессов, протекающих в окрестности протяженных выработок, показало, что адекватные результаты могут быть получены решением задач в плоской постановке, за исключением призабойной части выработки на расстоянии от забоя $2...4R$ (R – радиус выработки) [71, 72] и непосредственно зоны сопряжения подготовительной и очистной выработки.

На рис. 3.7-3.8 показаны расчетные схемы к решению плоских задач о НДС породного массива в соответствии с описанными выше стадиями подготовки и отработки выемочного столба.

Изначально моделировалась одиночная выработка (конвейерный штрек 3-й северной лавы пл. l_1 ,) в нетронutom массиве пород.

Применяемый метод исследований позволяет определить смещения контура выработки и область разрушенных пород, которые и создают нагрузку на крепь. Найти эту область можно на основе принятой теории прочности.

Наиболее апробированным и широко применяемым в прикладных программных пакетах, является критерий прочности Хоека-Брауна, который позволяет оценить степень разрушения пород в рассматриваемой точке среды от совокупного воздействия нормальных и касательных напряжений, учитывая при этом природную и техногенную нарушенность породного массива.

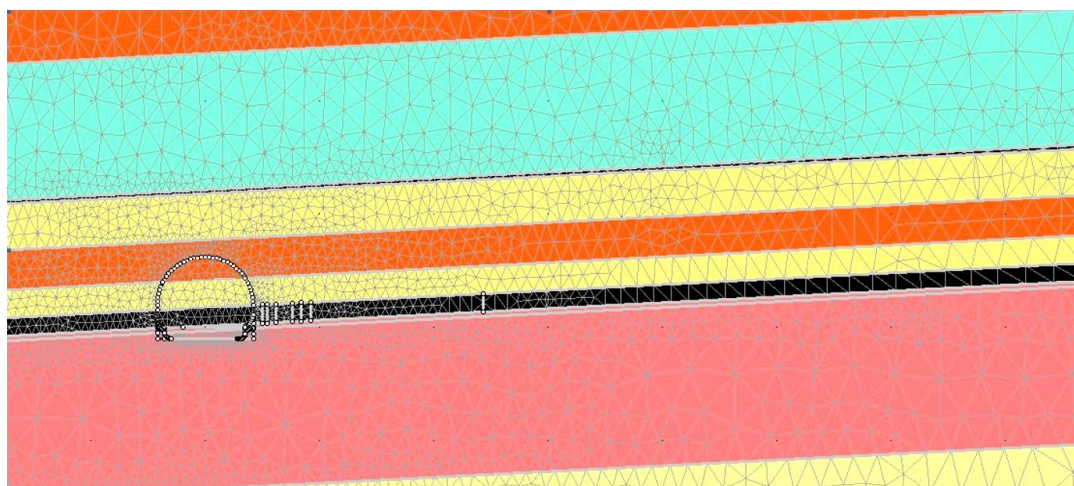


Рис. 3.7 Расчетная схема (стадия 1) – моделирование нетронutom породного массива согласно данным геологической службы шахты)

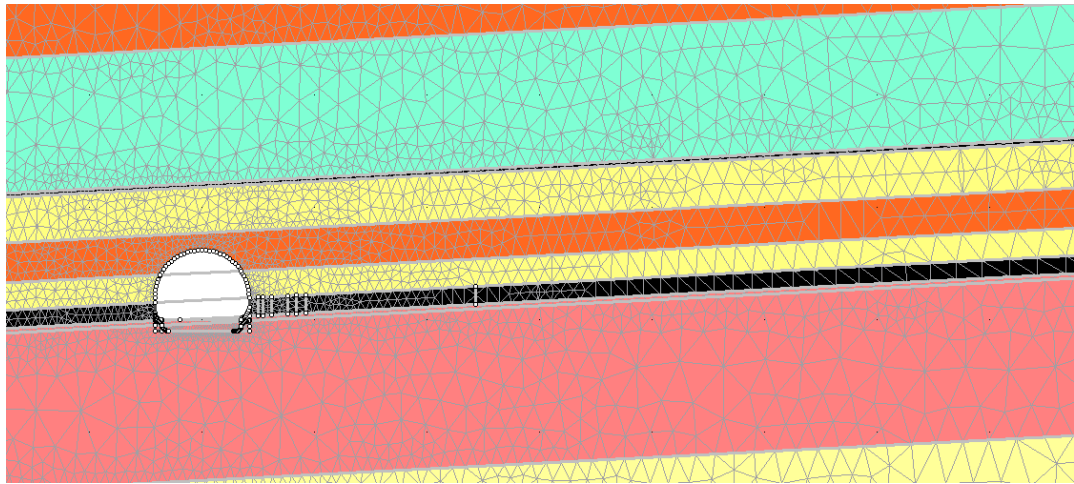


Рис 3.8 Расчетная схема (стадия 2) – имитация проведения конвейерного штрека

Вычислительная программа «Phase-2» содержит модуль, реализующий проверку обобщенного критерия Хоека-Брауна, который имеет вид:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a, \quad (6)$$

где σ_1 и σ_3 – максимальные и минимальные напряжения в массиве;

m_b – константа Хока-Брауна для породного массива;

s и a – постоянные величины, учитывающие генезис и состояние пород;

σ_{ci} – предел прочности на одноосное сжатие массива пород в интактном состоянии.

Для породного массива в интактном состоянии критерий Хоека-Брауна сводится к следующему выражению:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_i \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + 1 \right)^{0.5}. \quad (3.2)$$

Здесь константа m_i , в отличие от константы m_b , учитывает только генезис и текстуру горных пород ($4 \leq m_i \leq 33$). Большая величина m_i

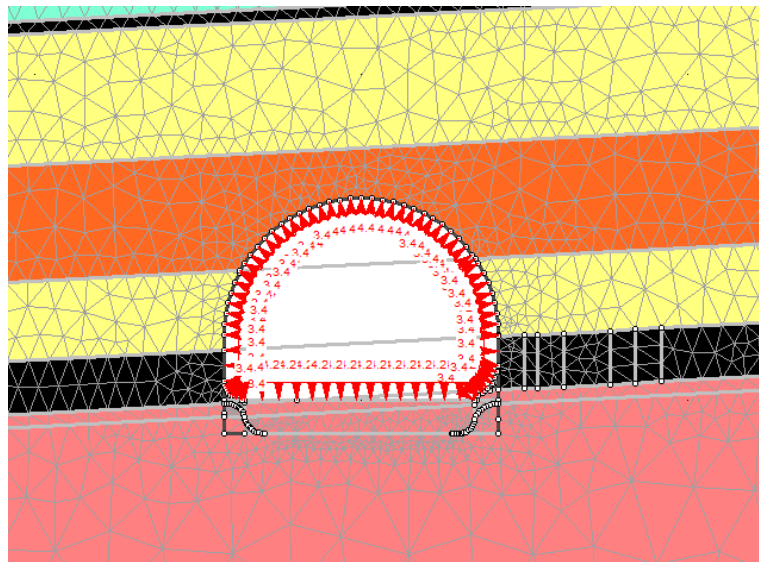
соответствует хрупким породам, чем она меньше, тем пластичнее порода, а при $m_i = 0$ имеет место идеальная пластичность.

Критериальное соотношение (6) проверяется в каждой точке массива и таким образом выявляется зона разрушения, образующаяся в результате концентрации напряжений в окрестности выработок.

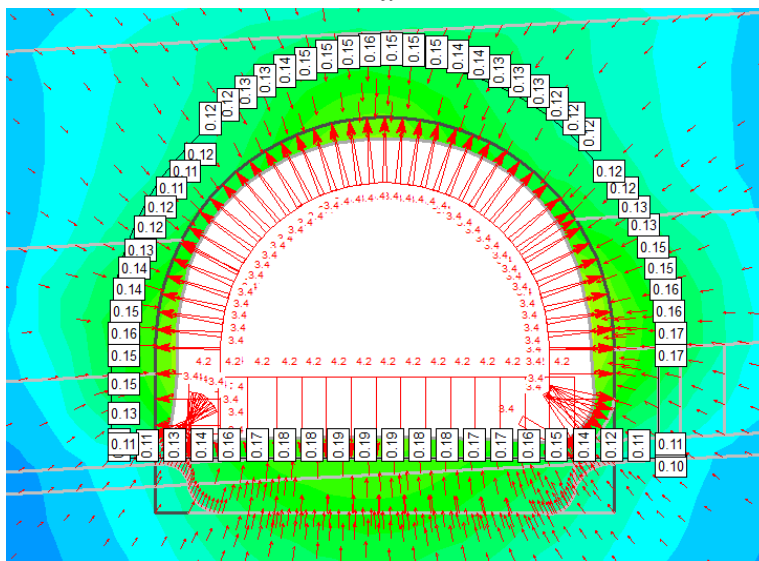
3.2.2 Выполнение численных исследований. Калибровка деформационной модели среды

Методика моделирования НДС породного массива вокруг выработки должна обеспечивать адекватность параметров и процессов, происходящих в модели и реальном объекте – протяженной горной выработке.

Воздействие горного давления и деформационные процессы в выработке при ее проведении развиваются постепенно, с течением времени. Поэтому переход от стадии 1 – нетронутого массива пород к стадии 2 – проведение выработки будем проводить пошагово. На первом шаге, после образования обнажения (выработки) к ее контуру прикладывается распределенная нагрузка, имитирующая сдерживающее влияние забоя и постепенность увеличения горного давления (рис. 3.9). На последующих шагах (2...6) величина распределенной нагрузки на контуре выработки уменьшается до нуля (шаг 7), отражая состояние выработки на значительном удалении от забоя.



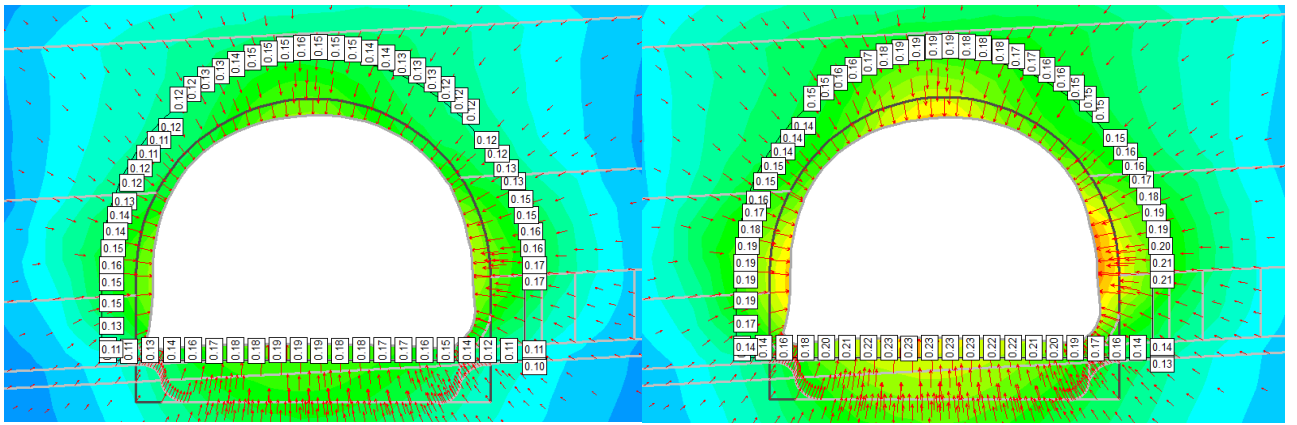
a



б

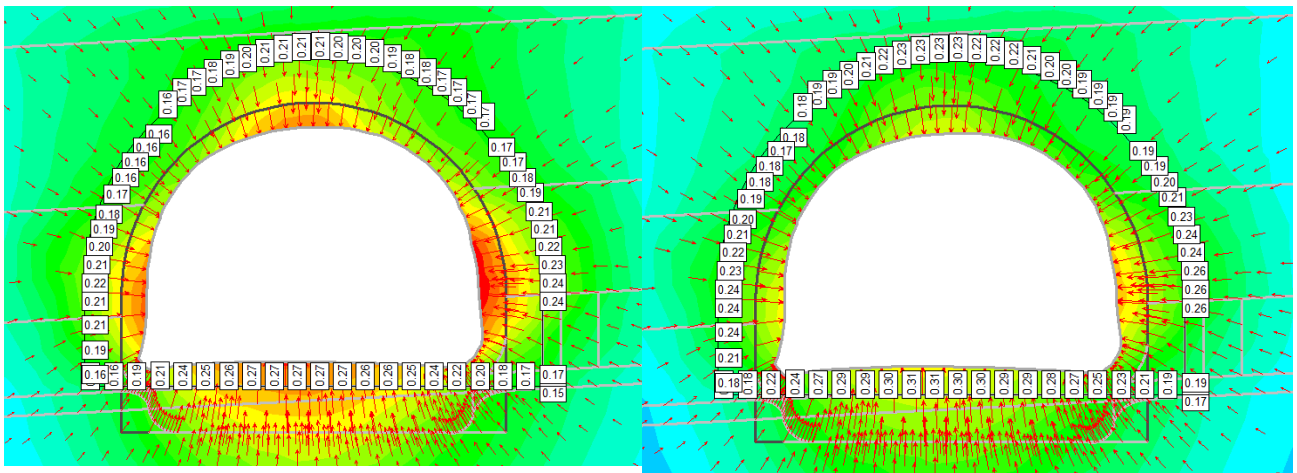
Рис. 3.9 Моделирование выработки на первом шаге с приложением фиктивной нагрузки по контуру: *a* – расчетная схема, *б* – перемещения на контуре

На рис. 3.10 показаны смещения контура выработки с пошаговым уменьшением распределенной нагрузки на контуре выработки. Перемещения для рассматриваемых шагов моделирования приведены в табл. 3.2.



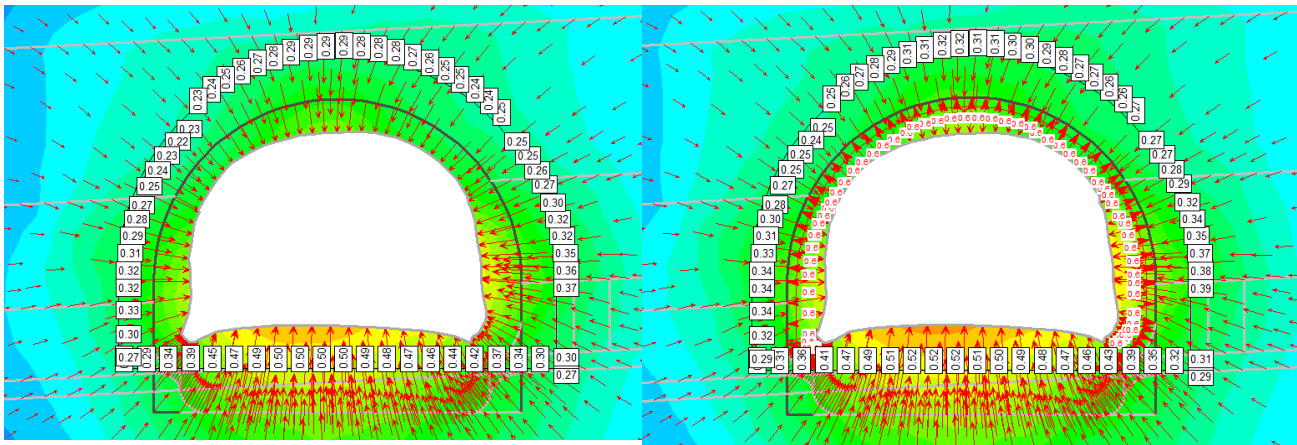
а)

б)



в)

г)



д)

е)

Рис. 3.10 Перемещения на контуре выработки по мере удаления исследуемого участка от забоя: а, б, в, г, д, е – соответственно шаги моделирования 1, 2, 3, 4, 5, 6

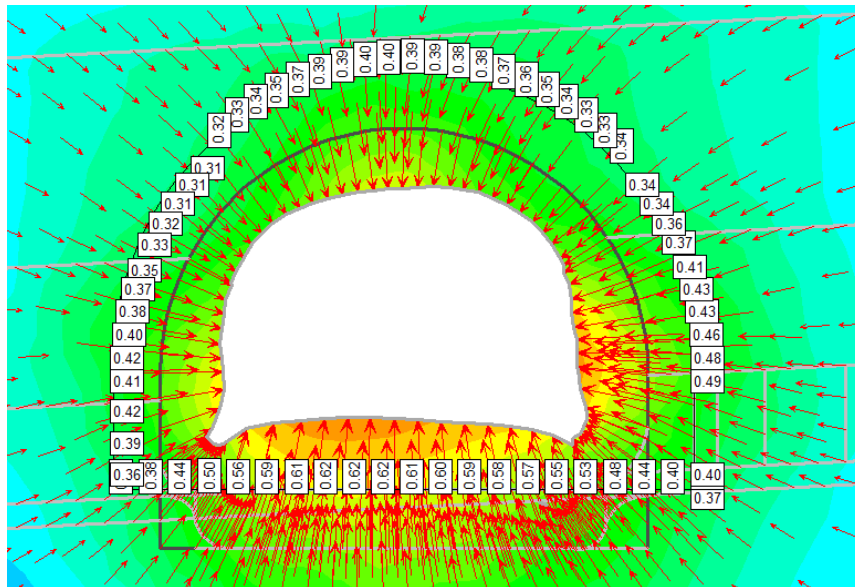
Таблица 3.2 Перемещения на контуре выработки на 1-й стадии моделирования

Шаг моделирования	Максимальные смещения, м		
	кровля	бока	почва
1	0.16	0.15...0.17	0.19
2	0.19	0.19...0.21	0.23
3	0.21	0.22...0.24	0.27
4	0.23	0.24...0.26	0.31
5	0.29	0.33...0.37	0.50
6	0.32	0.34...0.39	0.52
7	0.40	0.42...0.49	0.62

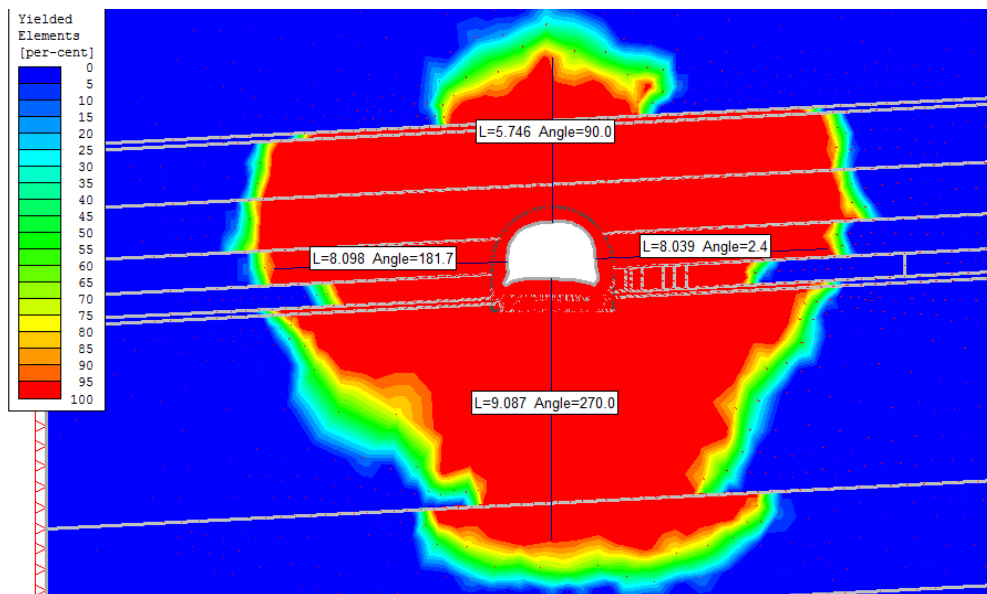
На рис. 3.11 показаны перемещения контура и ЗНД в соответствии с критерием Хоека-Брауна на последнем шаге моделирования выработки до подхода первой лавы и влияния очистных работ.

Полученные значения перемещений (0,69 м в почве, 0,39 м в кровле и 1,02 м в боках) близки по величине перемещений в реальных условиях эксплуатации конвейерного штрека 3-й северной лавы пл. l_1 . Совпадение расчетных и наблюдаемых значений достигнуто путем корректировки констант s , a , t входящих в критерий (3.6) и учитывающих генезис и структуру породного массива на основе анализа геологической информации и визуального обследования выработки.

Сопоставление расчетных смещений контура и реального состояния выработки показывает, что деформационная модель среды в рамках программы «Phase-2» откалибрована и на ее основе можно выполнять прогноз проявлений горного давления для других ситуаций и типов крепи.



a)



б)

Рис. 3.11 Результаты численного моделирования одиночной выработки вне зоны влияния очистных работ на последнем шаге нагрузки: *a* – перемещения на контуре выработки; *б* – зона разрушенных пород (ЗНД)

3.4. Исследование деформационных процессов, связанных с большими деформациями приконтурного массива

Выше указывалось, что именно породы, заключенные внутри зоны неупругих деформаций, теряют связь с основным массивом и создают нагрузку на крепь выработки. Вес пород внутри зоны разрушения,

приходящейся на 1 м выработки, а, следовательно, и нагрузку на крепь можно определить как произведение:

$$P = \gamma \times S \times k_d.$$

где S – площадь пород, охваченных неупругими деформациями;

k_d – коэффициент динамичности, принимаемый равным 2,0;

γ – объемный вес пород.

Из рисунка 3.11 видно, что при проходке конвейерного штрека 3-й северной лавы пл. l_1 вне зоны влияния очистных работ вокруг нее образуется зона разрушения, размер которой по нормали к напластованию составляет 5,75 м. При ширине выработки 4,2 м площадь разрушения составляет 24,15 м², а вес пород, создающий нагрузку на 1 м выработки составляет 120,8 т/м. Такая нагрузка несколько превышает несущую способность крепи КМП-А3-11,2 ($P_{\text{нес}} = 55,3$ т/раму) с шагом установки 0,5 м. Создаваемый ею отпор составляет $55,3/0,5 = 110,6$ т/м.

Таким образом, вне зоны влияния лавы нагрузка со стороны массива на конвейерный штрек является предельно допустимой при установке металлической крепи КМП-А3Р3-13,4 с шагом 0,5 м.

Этим можно объяснить плохое состояние выработки на момент обследования, необходимость подрывки пород почвы и перекрепления участков (преимущественно в зоне геологической нарушенности).

Значительная величина пучения пород почвы делает невозможным эксплуатацию выработки на сопряжении с лавой. Поэтому до подхода лавы проводится подрывка пород.

Для разработанной модели с учетом сформировавшегося поля напряжений и реализовавшихся пластических деформаций путем изменения граничных условий на внутреннем контуре выработки имитировалась подрывка почвы на глубину 0,5 (рис. 3.12).

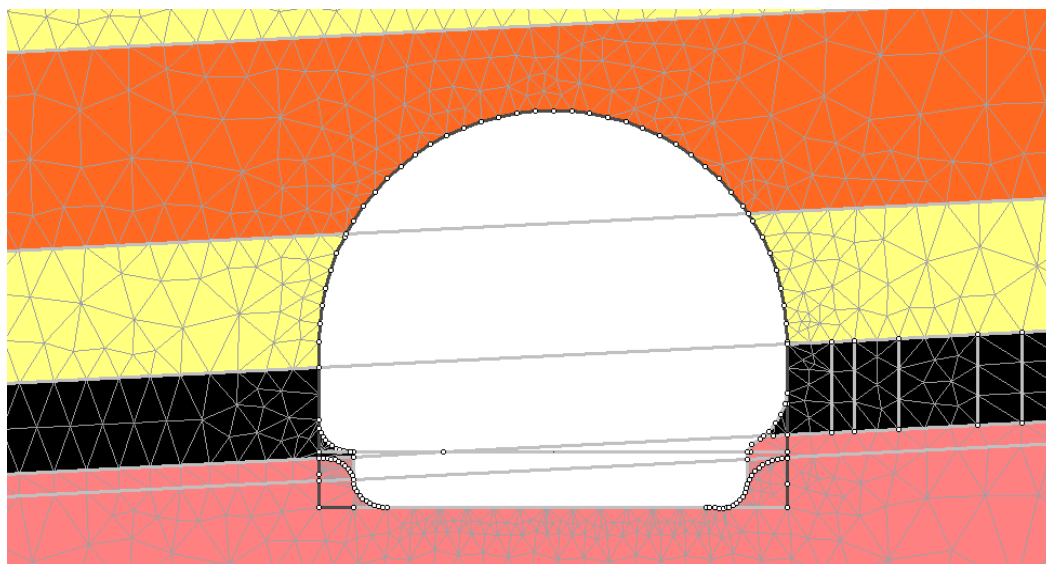
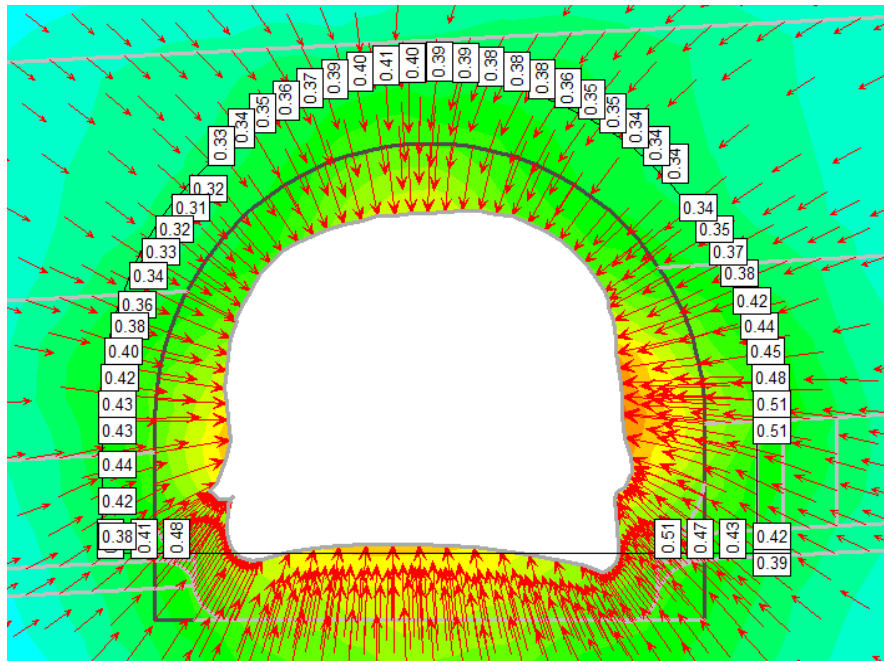


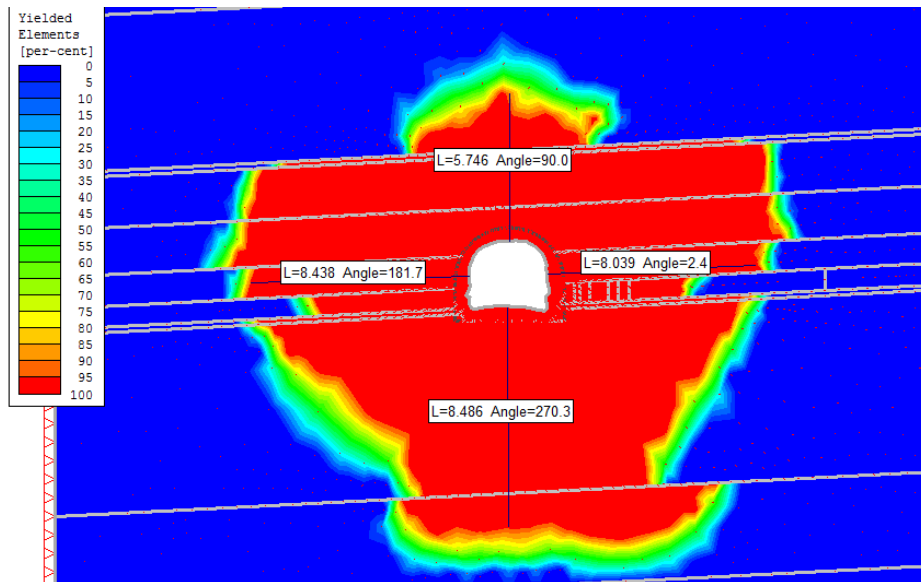
Рис. 3.12 Расчетная схема для моделирования подрывки пород почвы

На рис. 3.13 показаны смещения пород после проведения подрывки почвы. Полезное сечение выработки за счет подрывки увеличилось на $2,2 \text{ м}^2$ – до $S_{\text{св}} = 9,4 \text{ м}^2$. Подтверждением отрицательного влияния подрывки пород является резкое увеличение площади разрушенных пород (ЗНД) вокруг выработки – на $\Delta S = 13,9 \text{ м}^2$.

Отрицательное влияние больших деформаций в почве выработки, сопровождающиеся неоднократными подрывками, связано не только с увеличением области разрушенных пород. Объемное расширение (разрыхление) пород вокруг выработки существенно уменьшает прочность приконтурного массива, снижает общую устойчивость системы «крепь-массив».



a)



б)

Рис. 3.13 Результаты численного моделирования одиночной выработки в зоне влияния очистных работ после проведения подрывки пород: а – перемещения на контуре выработки; б – зона разрушенных пород (ЗНД)

3.5. Обоснование параметров рамно-анкерной крепи для безремонтного поддержания выработки до подхода первой лавы

На этапе до подхода первой лавы в качестве элементов усиления будут использованы анкера. Расчетная схема для решения этой задачи показана на рис. 3.14.

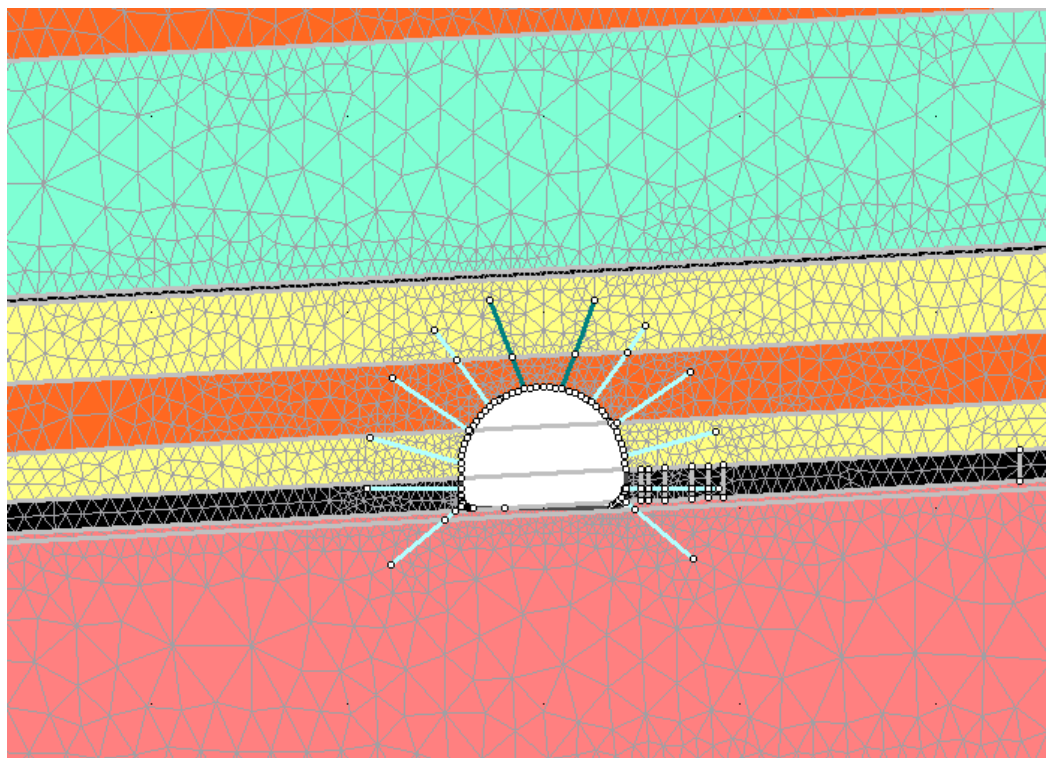


Рис. 3.14 Расчетная схема для моделирования системы анкерной крепи

На этом этапе в расчетную схему задачи включалась система стандартных сталеполимерных анкеров длиной 2,4 м. Сталеполимерные анкера имитировались средствами «Phase-2» как стальные стержни, закрепленные в массиве полимером по всей длине. Физико-механические свойства стали и полимера приведены в табл. 3.3.

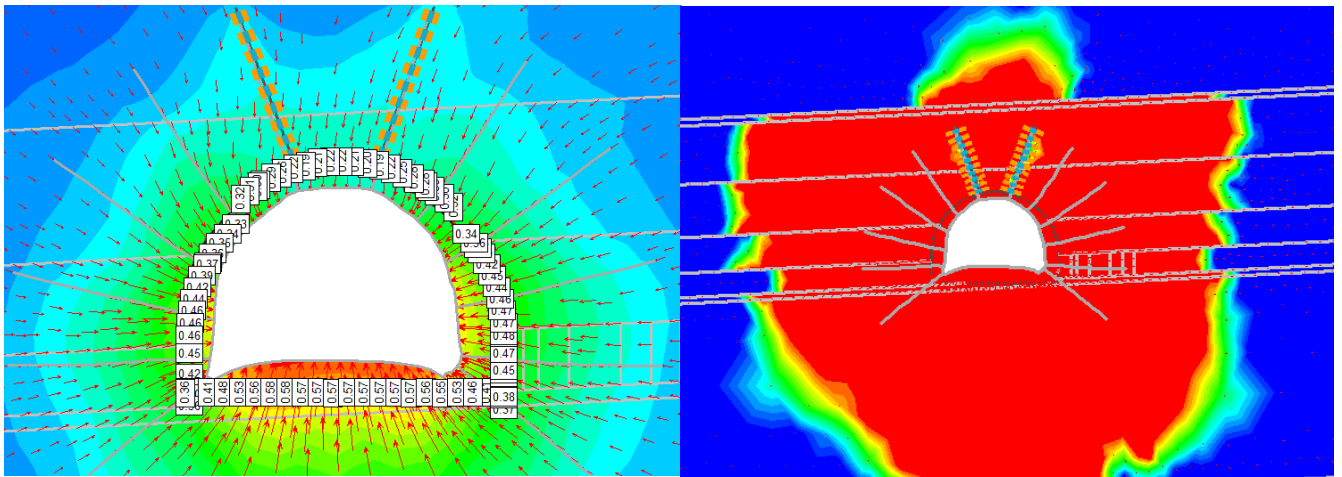
Таблица 3.3 Физико-механические свойства материала сталеполимерной анкер

ной крепи

Полимер	
Модуль упругости (Юнга), МПа	6600
Модуль сдвига, МПа	2400
Сталь	
Модуль упругости (Юнга), МПа	211900
Коэффициент Пуассона	0,29
Предел прочности на сжатие, МПа	370

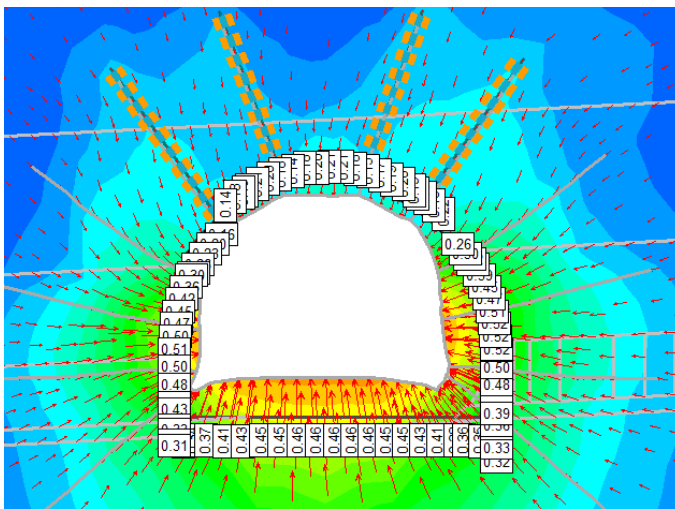
Условием сохранения нормального состояния выработки при проходе первой лавы является достижение смещений пород почвы на величину не более 0,4 м, при котором подрывка пород не требуется. Однако, в отличие от рассмотренных условий, на данной стадии моделирования необходимо учесть влияние лавы, которая вызывает интенсификацию смещений пород, особенно в почве. Для учета влияния опорного давления впереди движущегося забоя лавы вводится так называемый коэффициент пригрузки $K_{np} = 1,3$. С помощью коэффициента пригрузки изменяются условия на вертикальной границе исследуемой области – равноценно увеличению глубины расположения исследуемой выработки: $H_p = K_{np} \cdot H$. Величина коэффициента K_{np} обоснована из рассмотрения 3D модели шахтного поля в работе [73].

На рис. 3.15 и 3.16 показаны результаты моделирования при установке анкеров в количестве от 2-х до 12-ти. Введение анкеров снижает развитие перемещений перед подходом лавы. При этом установка анкеров только в сводчатой части позволяет существенно снизить перемещения в кровле выработки. Для снижения пучения пород почвы необходимо максимально увеличивать зону укрепленного приконтурного массива за счет расположения анкеров в боках и почве выработки.



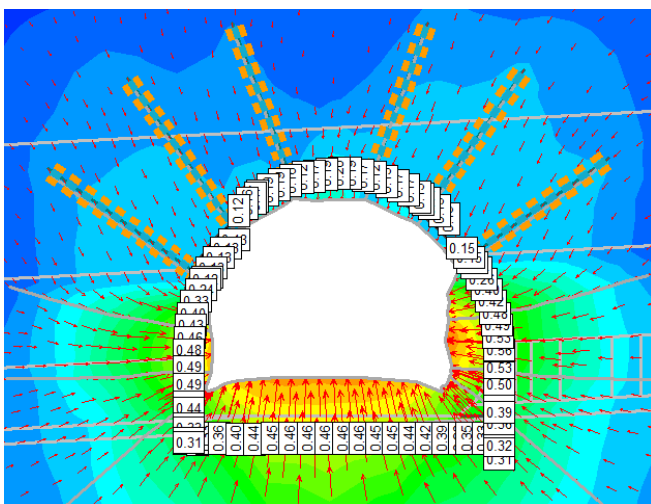
a)

б)



в)

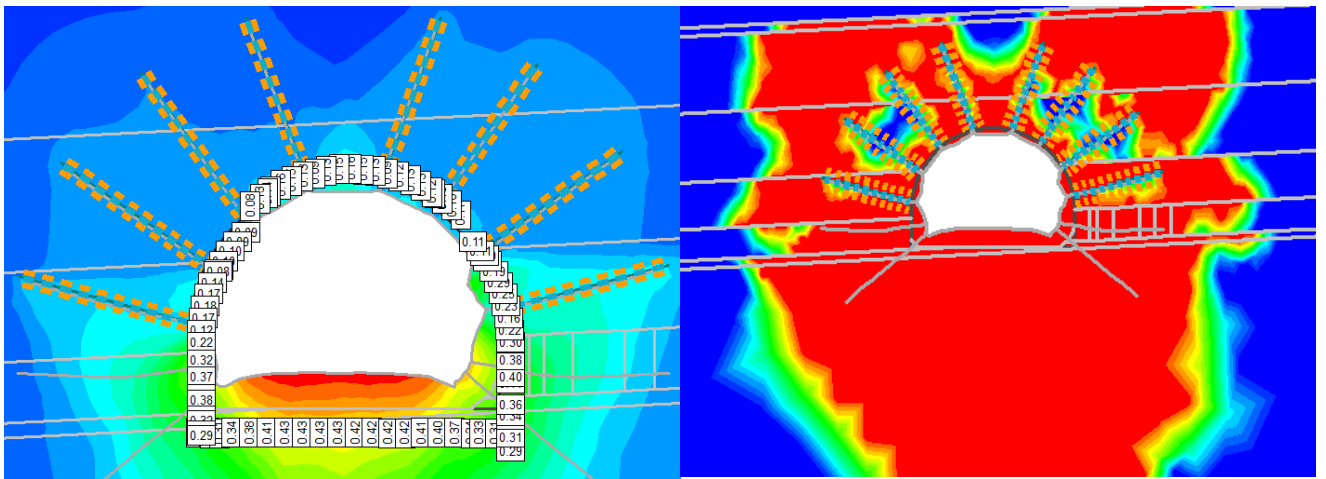
г)



д)

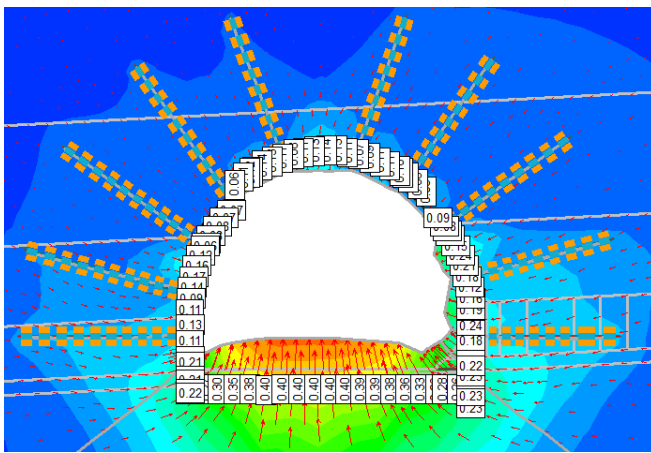
е)

Рис. 3.15 Перемещения на контуре выработки по мере удаления исследуемого участка от забоя: *a, б, в, г, д, е* – соответственно шаги моделирования 1, 2, 3, 4, 5, 6

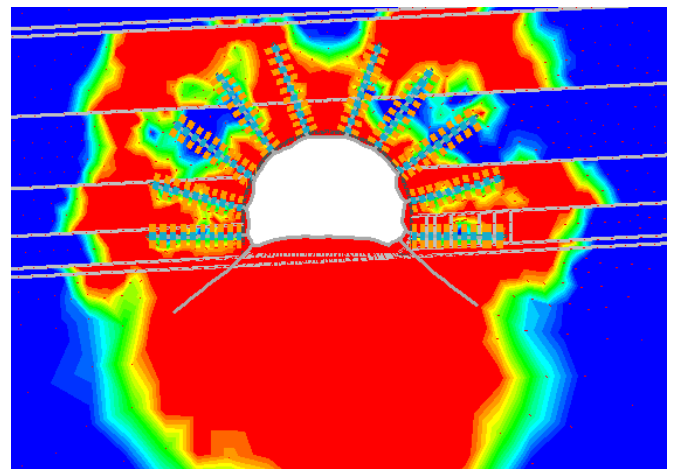


a)

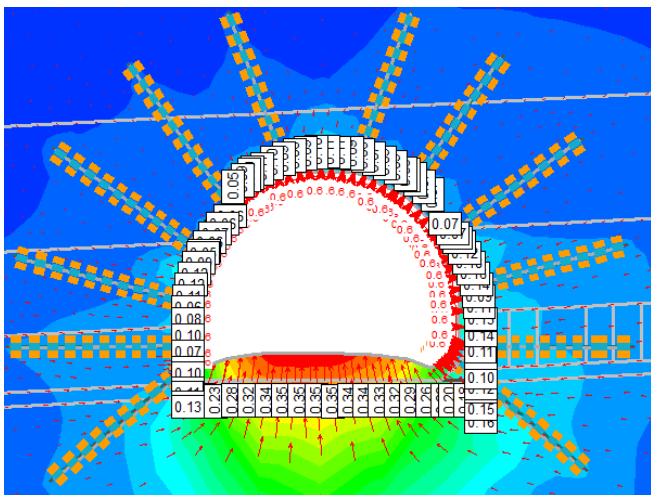
б)



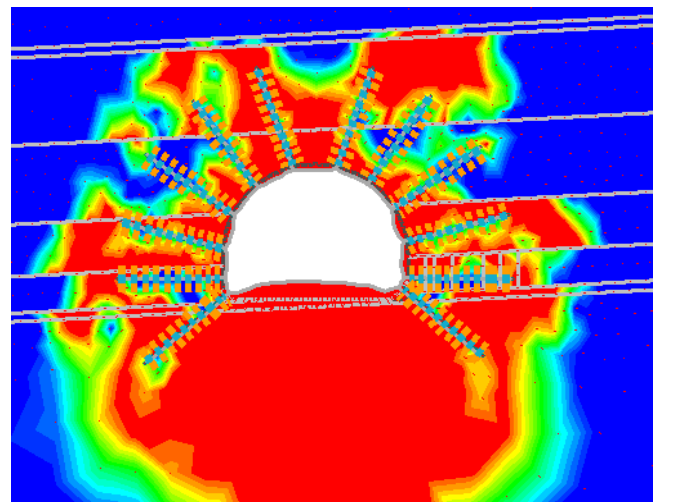
в)



г)



д)



е)

Рис. 3.16 Результаты численного моделирования выработки с анкерной крепью в зоне влияния очистных работ: *а* – зона разрушенных пород (ЗНД); *б* – перемещения на контуре выработки

Результаты моделирования системы анкерной крепи с различным количеством анкеров приведены на рис. 3.17. Установлено, что ограничение смещений пород в почве до требуемой величины достигается при 10 анкерах – 40 см и при 12 анкерах – 35 см. При этом, если сечение выработки при проходке составляло $S_{св} = 13,4 \text{ м}^2$, а на сопряжении с лавой при схеме крепления, принятой на шахте $S_{св} = 7,7 \text{ м}^2$ (57%), то при рамно-анкерной крепи сечение составляет: при 10-ти анкерах $S_{св} = 9,9 \text{ м}^2$ (74%), при 12-ти – $S_{св} = 10,2 \text{ м}^2$ (76%) (рис. 3.18).

Высота зоны разрушенных пород (ЗНД) в кровле выработки, даже с учетом влияния временного опорного давления, не превышает 3.0 м. Как видно из представленных моделей, зона разрушения в кровле и боках заметно упрочняется анкерами, формируя вокруг выработки упрочненную армированную породную конструкции, снижая действующую на крепь нагрузку. Это позволит обеспечить устойчивость и достаточную для нормальной работы площадь поперечного сечения конвейерного ходка на сопряжении «лава-выемочная выработка» без проведения трудоемкой и дорогостоящей подрывки пород почвы до прохода первого очистного забоя.

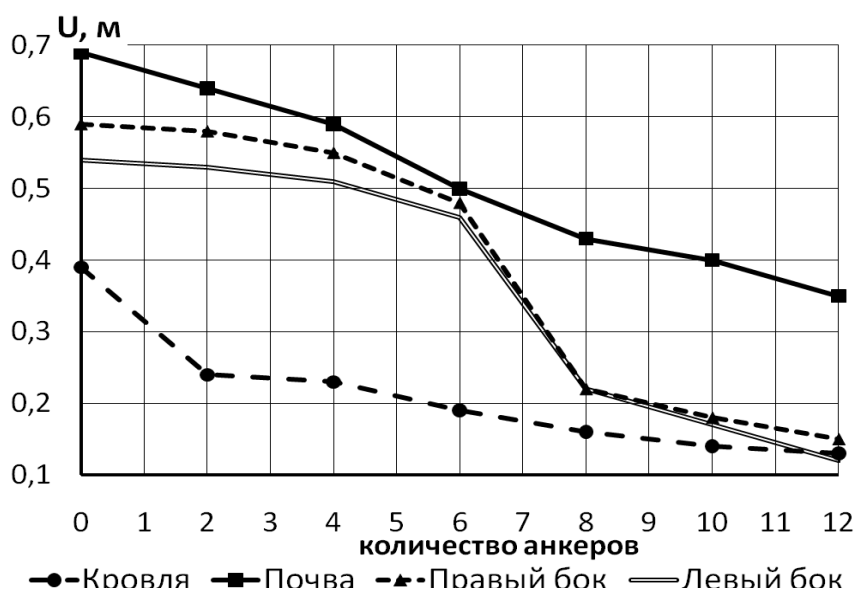


Рис. 3.17 Влияние количества установленных в выработке анкеров на изменение величины смещений контура U

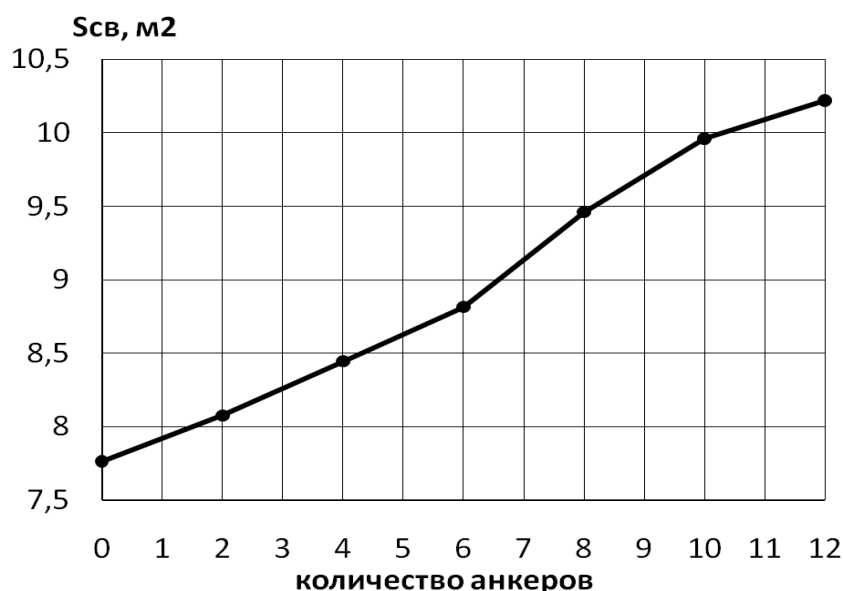


Рис. 3.18 Влияние количества установленных в выработке анкеров на изменение площади поперечного сечения $S_{св}$

ВЫВОДЫ

1. Для условий шахты «Котляревская», выполнен комплекс численных исследований, которые позволили установить закономерности протекания деформационных процессов в приконтурном массиве пород.

2. Установлено, что несущая способность рамной металлической крепи КМП-А3-11,2, при отсутствии элементов и мероприятий, направленных на упрочнение приконтурного массива, ниже действующей нагрузки, даже при установке рам с шагом 0.5 м.

3. Показана отрицательная роль подрывки пород почвы на последующее состояние протяженной выработки, обусловленная резким увеличением площади разрушенных пород приконтурного массива и повышением степени их разрыхления.

4. Зона разрушенных пород приконтурного массива, при установке анкеров, формирует вокруг выработки упрочненную армированную породную конструкции.

5. Установлено, что ограничение смещений пород в почве до требуемой величины достигается при 10 анкерах – 40 см и при 12 анкерах –

35 см. При этом, если сечение выработки при проходке составляло $S_{св} = 13,4$ м², а на сопряжении с лавой при схеме крепления, принятой на шахте $S_{св} = 7,7$ м² (57%), то при рамно-анкерной крепи сечение составляет: при 10-ти анкерах $S_{св} = 9,9$ м² (74%), при 12-ти – $S_{св} = 10,2$ м² (76%). Это позволит обеспечить достаточную для нормальной работы площадь поперечного сечения выработки на сопряжении «лава-штрек» без проведения трудоемкой и дорогостоящей подрывки пород почвы до прохода очистного забоя.

6. Результаты исследований по разделу 3 опубликованы в печатных работах [74-76].

РАЗДЕЛ 4

ОЦЕНКА СПОСОБА ОХРАНЫ ВЫЕМОЧНОЙ ВЫРАБОТКИ ДЛЯ ЕЕ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

4.1 Способы охраны подготовительных выработок при бесцеликовой отработке угля

Выбор способа охраны повторно используемых подготовительных выработок предопределяется несколькими факторами. Основными из них являются горно-геологические условия залегания и применяемая система разработки.

По принципу воздействия на окружающий выработку массив охранные сооружения можно разделить на три типа: поддерживающие, разгрузочные и обрезающие [24, 88-92].

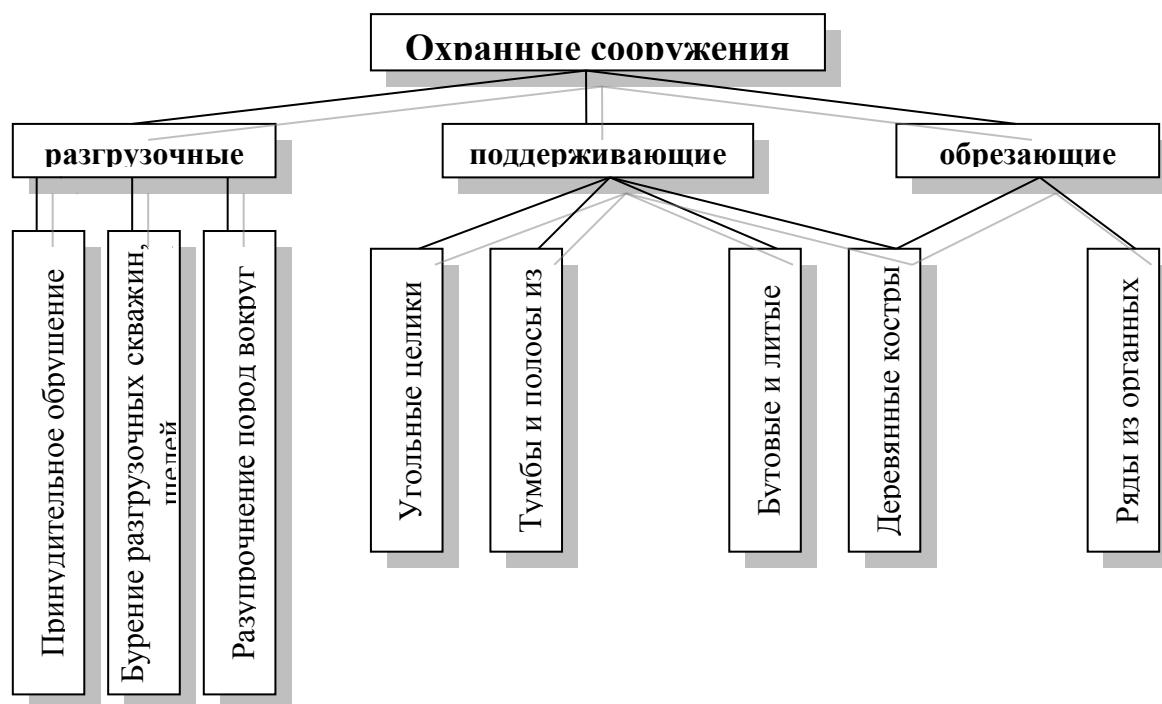


Рис. 4.1. Классификация охранных сооружений

К охранным сооружениям поддерживающего типа относятся предохранительные угольные целики, бутовые и литые полосы, костры из различных материалов, тумбы и полосы из блоков.

Угольные целики используют в целях охраны выработок, примыкающих к очистным забоям в случаях:

- охраны присечных выработок – шириной 2...4 м;
- охраны повторно используемых выработок со стороны падения шириной до 4 м (при отработке сдвоенных лав в восходящем порядке), благодаря чему создаются необходимые условия для поддержания сопряжений и концевых участков лав;
- работы по технологической схеме с оставлением временного целика угля, который извлекается по мере подвигания лавы;
- охраны выработок со стороны восстания при неблагоприятном расположении плоскостей ослабления пород относительно оси выработки, что обеспечивает предотвращение вывалов пород кровли на сопряжении с очистным забоем [25].

В начале 80-х годов на угольных шахтах наблюдался переход к бесцеликовым способам охраны выработок. Это было обусловлено тем, что с увеличением глубины горных работ и повышением горного давления возросла и ширина целиков, а, соответственно, и потеря угля. Кроме того, на больших глубинах целики перестали обеспечивать необходимые размеры и форму охраняемых выработок. Охрана выработок бутовыми полосами основана на принципе нарастающего сопротивления. Ручная выкладка бутовых полос отличается высокой трудоемкостью, большими затратами времени и низким качеством.

Существенным недостатком бутовых полос является высокая степень уплотнения материала, что влечет за собой ощутимые деформации поддерживаемого массива [26, 27].

В работе [28] рекомендуют охранять выемочный штрек взрывной полосой в лавной части сопряжения, которая подбучивает непосредственную кровлю, уменьшая тем самым ее расслоение и разрушение. Сохранение непосредственной кровли в слабонарушенном состоянии обеспечивает условия для повторного использования выемочного штрека.

Костры из круглого леса возводят с меньшей трудоемкостью, чем бутовые полосы, но тоже вручную. Обычные костры с четырьмя узлами связи имеют большую податливость (40...50 % мощности пласта). При их использовании величины смещений пород в выработке и состояние крепи будут примерно такими же, как при охране бутовыми полосами. Более эффективной является конструкции из деревянных стоек, собранных в пакет. В работе [29] описан опыт применения деревянно-бетонных тумб. Для исключения поперечных деформаций пакета применяется металлическая обойма. Для исключения внутренних деформаций внутрь конструкции заливают бетон. Податливость регулируется оптимальным соотношением между высотой стоек и обоймы, а предел прочности на сжатие – толщиной обоймы и маркой бетона. Существует и более дешевый аналог вышеуказанной конструкции – «кусто-пакетное крепление», в состав конструкции которого входит пакет деревянных стоек, обвязанный с определенным шагом по всей высоте предварительно натянутым тросом [30].

Одним из прогрессивных методов охраны выработок является возведение литых полос, которые впервые начали применять в ФРГ. Затем они получили распространение в Великобритании [31]. К основным достоинствам литых жестких полос наряду с полной механизацией их возведения относятся высокая несущая способность, обеспечивающая охрану выработок на пластах с труднообрушающимися кровлями, безопасность работ на сопряжениях с очистными забоями и хорошая изоляция выработанного пространства. Способ охраны литыми полосами на шахтах Украины, как показали длительные исследования, выполненные в Институте геотехнической механики (ИГТМ) [32], может применяться в следующих условиях:

- мощность угольного пласта – 1,2-2,2 м;
- угол падения пласта – до 30°;
- глубина разработки – до 1200 м;

На пластах с малопрочными породами почвы применение литых полос

оказалось нерациональным, поскольку, выдерживая высокие нагрузки (до 104 кН на 1 м²), полоса вдавливается в породу в виде штампа, провоцируя пучение почвы. Литая полоса прямоугольного сечения способствует смещению контура выработки еще до обрыва зависших пород. Такой недостаток устраняется с помощью литой полосы клиновидной формы [33].

Применение клиновидной литой полосы возможно практически во всем диапазоне крепостей пород - от слабых неустойчивых сланцев до крепчайших песчаников. При ширине основания полосы 0,8 мощности пласта, усилие обрыва труднообрушаемых пород прочностью 100-120 МПа не превышает 20 кН, т.е. достаточная прочность полосы - 25-30 МПа. На пластах мощностью до 2,5 м, при достигнутых темпах продвижения очистных забоев, применяемое серийное оборудование позволяет возводить клиновидную литую полосу за одну смену. Затраты по материалам на возведение клиновидной полосы в два раза меньше, чем полосы прямоугольного сечения [33].

Эффективность применения жестких полос показана также в работе [22]. Охрана повторно используемых выработок полосами из облегченных золоцементных блоков на пластах мощностью до 1,7 м с углом залегания не более 15 град показала хорошие результаты. За зоной наиболее активных смещений было деформировано: на контрольном участке - 60% крепи, на экспериментальном - не более 15%. При отходе забоя на 170-190 м высота выработки, с учетом выполненных работ по подрывке почвы, составила на контрольном участке - 1,8-2 м, на экспериментальном участке с полосой - 2,3 2,4 м. В последнем случае крепь сохранила, в основном, некоторый запас по конструктивной податливости и продолжала работать в режиме постоянного сопротивления [34].

К охранным сооружениям разгрузочного типа относятся: принудительное обрушение пород кровли, бурение разгрузочных скважин, щелей, разупрочнение пород вокруг выработки.

Охранные сооружения обрезающего типа могут быть одновременно и поддерживающими (например, литые полосы, костры) и обрезающего (ряды

из

органных стоек), что определяется соотношением прочности полос и прочности боковых пород угольного пласта.

Как уже отмечалось ранее, в условиях больших глубин, ни одна из известных охранных конструкций не может при автономной работе обеспечить эффективное поддержание выработок в районе сопряжения с лавой и после ее прохода.

В работе [35] для охраны выработок предлагается комбинированная охранная система. В основу механизма работы рассматриваемой охранной системы положен эффект нарастающего сопротивления. Комбинированная охранная система представляет собой комплекс средств, последовательно устанавливаемых в выработках на разных этапах их под держания.

Первый этап крепления выработки осуществляется непосредственно после обнажения породного массива. Его основной задачей является предотвращение расслоения пород кровли. На этом этапе с отставанием от забоя не более чем на 3 м, выполняют установку рамной крепи. В традиционной схеме крепления используют преимущественно арочные податливые крепи КМП-А3 и КШПУ. Непосредственно после установки рам, в промежутках между ними устанавливают анкерную стяжную крепь.

Преимущество этой охранной конструкции в сравнении с системой одиночных анкеров заключается в создании эффекта самозапираания блоков породного массива в кровле охраняемой выработки.

Второй этап крепления выполняют при подходе лавы. Он включает установку крепи сопряжения, усиления бровки со стороны отрабатываемого столба и подхват верхняка анкерами.

На третьем этапе, непосредственно после прохода лавы, выполняют возведение литой полосы. Для предотвращения расслаивания пород непосредственной кровли в выработанном пространстве отставание с возведением полосы не должно превышать 6 м. Под замки рамной крепи устанавливают стойки усиления диаметром 180-200 мм.

Следует учитывать, что в борту выработки со стороны целика конвергенция после прохода лавы составляет от 10 до 50% мощности пласта, а со стороны выработанного пространства – 30...80%. Задачей способов охраны штрека со стороны выработанного пространства является обеспечение минимальной разности в конвергенции с обеих бортов выработки.

Околоштрековые полосы достаточно эффективны, если кромка кровли пласта вдоль штрека не обрушается после прохода лавы, а опирается на полосу.

Приспособление полос к различным горно-геологическим условиям рекомендуют достигать за счет ее ширины. Если в почве пласта залегают слабые породы, рекомендуется вдоль штрека возводить две полосы, причем примыкающая к штреку полоса должна уже быть сооружена, а расстояние между полосами составлять 0,5-1,5 м.

При повторном использовании штрека незадолго до подхода лавы наблюдается сильный отжим пласта, приводящий к разрушению крепи выработки.

При двухсторонней отработке штрека конвергенция весьма значительна. В таких условиях жесткие породные полосы могут сильно вдавливаясь в боковые породы или «обыгрываться» последними. Для повторного использования штрека в этом случае рекомендуют деревянные костры или накатники, выкладываемые с обеих сторон выработки. Отставание околоштрековой полосы от лавы должно быть минимальным.

На участке штрека с излишне податливой полосой, опускание и деформация крепи может достигать 40% от первоначальной высоты выработки, а при охране жесткими ангидритовыми полосами – всего 24% [36].

Ангидритовые полосы выкладывают пневматическим способом. Тем же способом выкладывают полосы из отходов мокрого обогащения, в том числе с использованием различных вяжущих добавок.

В работах [37, 38] рекомендуется выкладка сдвоенных породных полос вдоль штрека применительно к неустойчивым породам. Рекомендуется повышать устойчивость выемочных штреков путем снижения концентраций напряжений в приконтурном породном массиве.

На пластах с трещиноватыми и неустойчивыми породами нашли применение способы поддержания выработок, предусматривающие упрочнение вмещающего породного массива, которое позволяет, до некоторой степени, восстановить нарушенные связи в горных породах и повысить их устойчивость, что улучшает условия работы крепи. В частности, это дает возможность использовать более легкие и дешевые крепи, снижая затраты на поддержание выработок, а в некоторых случаях полностью исключает необходимость их применения.

В работе [39] восстановление прочностных свойств разрушенных пород в зоне неупругих деформаций предлагается проводить с помощью инъекционного упрочнения с использованием эффекта вакуумирования.

Область его применения следующая: в зонах сопряжений лав со штреками, где особенно велика нагрузка на кровлю; в лавах для укрепления обрушения пород непосредственной кровли; в зоне тектонических нарушений при ведении очистных работ в целях укрепления слоев, находящихся из-за наличия этих нарушений в напряженном состоянии.

Сухая цементно-минеральная смесь Tekhard. Сборная бетонная полоса выкладывается непосредственно на сопряжении лавы с штреком ниже первой секции крепи на уровне передних стоек (отставание от забоя лавы всего 2,5-3 м). Контур полосы обозначается установкой двух деревянных рудстоек после передвижки лавного конвейера по окончании цикла выемки угля.

Сухая цементно-минеральная смесь Tekhard обладает повышенной гидрофильностью (поглощением воды) благодаря специальному рецепту и не требует перемешивания [93]. Один-два прокола мешка игольчатым инъектором и 4 литра воды достаточно для затворения 20 кг сухой смеси и

начала процесса быстрого отверждения и превращения в высокопрочный бетон.

Применение сборной полосы из сухой цементно-минеральной смеси Tekhard, позволяет значительно улучшилось состояние конвейерного штрека, устранить перекрепления, снизить объем подрывки почвы. Способ отличается простотой возведения стенки полосы укладкой мешков (вес 20 кг). Tekhard набирает прочность 35 МПа и более в 4-5 раз быстрее обычного бетона (первые сутки 10-12 МПа). Бетонная полоса поддерживает «плечо» штрека с выемочной стороны угольного пласта, работает как жесткая обрезная крепь, практически полностью изолирует выработанное пространство от свежей струи воздуха, прижимает воздух к линии очистного забоя, снижает расхода лесоматериалов в 3 раза, обладает низкой трудоемкостью и травмоопасностью.

В настоящее время все большее применение находят способы поддержания выработок, предусматривающие активное управление напряженно-деформированным состоянием массива. Эти способы направлены на снижение и перераспределение напряжений в горном массиве, вмещающем выработку.

Для повышения устойчивости выработок в породном массиве можно создавать разгрузочные щели, которые заполняются податливым материалом для предотвращения расслоения пород и самовозгорания угля.

Известен способ повышения устойчивости выработок, заключающийся в создании вокруг выработки зоны разгрузки за счет разгрузочных щелей, который успешно можно применять и для уменьшения пучения почвы. В ГП «Павлоградуголь» накоплен опыт образования разгрузочных щелей в почве штрека для предотвращения пучения пород [40]. Назначение мероприятий для изменения устойчивости пород кровли, почвы и боков штрека состоит в уменьшении влияния горного давления, а также в равномерном его распределении на все несущие конструкции.

К широко известным и применяемым на практике способам

уменьшения напряжений в зоне опорного давления путем снижения жесткости системы «пласт-боковые породы» относится способ механического извлечения угля из краевых частей пласта (бурение сетки скважин, нарезание щелей, камер, взрывание камуфлетных зарядов, гидрорыхление и т.д.).

Например, с целью снижения напряжений у бортов выработки, на некоторых шахтах применяется бурение по пласту скважин большого диаметра.

При этом максимум опорного давления смещается вглубь массива, и в окрестности выработки действуют меньшие напряжения.

Технологические схемы проведения и охраны выработок с бурением разгрузочных скважин, обеспечивают снижение в 1,5-2 раза трудоемкость их поддержания за счет уменьшения пучения пород. Экспериментальные работы в этом направлении показывают, что такой способ на 50-70% снизит объем ремонтных работ [41].

Эффективность способа взрывополостной разгрузки, основанной на энергии взрыва показана в [42, 43]. С его помощью образуются по обеим сторонам выработок на всю мощность пласта – полости, заполненные разрушенным углем и оконтуривающие целики, которые под воздействием горного давления деформируются. В результате повышенные напряжения перемещаются вглубь массива. Путем изменения глубины полостей можно добиться снижения действующих напряжений в областях массива горных пород, прилегающих к контуру выработки, до безопасной величины.

Общим недостатком подобных способов является нарушение сплошности угольного массива. Для устранения этого недостатка разработан способ и технология, основанные на бесполостной релаксации напряжений до уровня, не превышающего предела прочности массива, вмещающего выработку.

Релаксацию напряжений предлагается проводить за счет раскрытия природных и образованных техногенных трещин при воздействии рабочей

жидкости, например водных растворов поверхностно – активных веществ (ПАВ), на угольный массив в режиме напорной фильтрации.

В сложных горно-геологических условиях улучшение состояния выработок достигается проведением их вприсечку к выработанному пространству, а также вслед за лавой при сплошной и комбинированной системах разработки. Поддержание выработок на ряде глубоких шахт обеспечивается разгрузкой их от горного давления специальными разгрузочными лавами.

Проведенный анализ показывает, что при бесцеликовой технологии отработки подготовленных запасов горизонта, панели или блока основные способы сохранения зон разгрузки должны базироваться на принципах полной или частичной изоляции защитными полосами угля выработанного пространства разгрузочной лавы, выбора очередности отработки разгрузочной и смежных с нею лав, заблаговременного создания зон многократной разгрузки в период выемки угля разгрузочной лавой [44].

Один из способов подготовки и отработки участков при разработке одиночных или первых в группе пластов, предусматривает проведение сохраняемого штрека в породах почвы пласта с определенным опережением очистного забоя. Нижний и верхний просеки нарезаются также впереди очистного забоя в пределах пласта или с подрывкой вмещающих пород. Между нижним просеком и штреком проходятся печи, сбойки и квершлагги.

Если в почве пластов залегают слабые и склонные к пучению породы, то штрек необходимо располагать в более прочных породах кровли, причем отработка выемочного участка также осуществляется на передовые квершлагги.

В сложных горно-геологических условиях, характерных для многих глубоких шахт, указанные способы разгрузки и проведения выработок позволяют ограничить применение ряда податливых средств охраны выработок и исключить жесткие околоштрековые полосы, свести к минимуму разрушающее действие горного давления на выработки и крепь,

обеспечить устойчивое их состояние в течении всего срока эксплуатации и безремонтное поддержание при повторном использовании [45].

Выполненный анализ способов и средств охраны выемочных штреков позволяет сформулировать следующие выводы:

- большинство технологий основано на сохранении целостности углепородного массива, окружающего штрек;

- наиболее эффективными в условиях неустойчивых пород, являются поддержание кровли околоштрековыми полосами, в том числе породными, а также повышение несущей способности крепи штрека;

- в соответствии со способами охраны выемочных штреков используют соответствующие средства: закладочные машины, взрывные породные полосы, устройства для создания полос из твердеющих материалов, средства повышения сопротивления арочной крепи;

- к нетрадиционным способам охраны штрека в условиях неустойчивых пород относится его проходка позади забоя лавы, что требует перехода на комбинированные системы разработки пласта;

- при качественном выполнении вышеперечисленных мероприятий по охране штрека возможно его повторное использование при условии наличия боковых пород 1-й и 2-й категорий устойчивости.

В работе [24] отмечается, что решения по охране горных выработок, приведенные в отраслевых и нормативных документах [46-49], во многих положениях не подходят для сложных условий глубоких горизонтов шахт и устойчивость выработок не всегда обеспечивается. Как отмечается авторами работы [32], особое значение имеет вопрос охраны и поддержания выработок на пластах мощностью свыше 1,5 м, а для больших скоростей подвигания очистных забоев, опыт охраны и поддержания выемочных выработок практически отсутствует.

Таким образом, для повторного использования выемочных штреков в условиях повышенного горного давления необходимо оптимизировать способы и параметры охраны штреков с учетом геомеханических

особенностей формирования напряженно-деформированных зон вблизи сопряжений штрек-лава.

4.2 Техничко-экономическая оценка эффективности способов охраны подготовительных выработок при бесцеликовой отработке угля

Увеличение глубины разработки угольных месторождений приводит к усложнению горно-геологических условий и повышению интенсивности горного давления, неравномерности смещений пород и формирования нагрузки на крепь, особенно в зоне влияния очистных работ. В таких условиях типовые методы проектирования и существующие конструкции металлической крепи оказываются неэффективными, что подтверждается шахтными инструментальными замерами и наблюдениями за состоянием крепи. Так, ежегодные объемы перекреплений составляют около 15% от протяженности поддерживаемых выработок [54]. Переход на использование «тяжелых» профилей СВП-27 и 33 в рамных крепях и увеличение плотности установки до 2 и более рам/м повысили расход металла до 600...700 т/км, однако не привели к существенному повышению надежности и устойчивости поддерживаемых выработок. В то же время нередки случаи завышенного запаса прочности отдельных элементов конструкции, что приводит к необоснованному перерасходу металла. Поэтому в большинстве горных выработок (60...70%) [54], поддерживаемых рамной металлической крепью, особенно на глубинах свыше 800 м, наблюдается несоответствие между ее напряженным состоянием и запасом прочности узлов и элементов, что приводит к перерасходу или неэффективному использованию металлопроката. Это происходит из-за того, что для расчета крепи используются упрощенные методы, регламентированные нормативными документами [55], а выбор параметров ограничен типовыми конструкциями рамной крепи, большинство из которых разработаны в середине прошлого века. Кроме того, не существует методов оценки эффективности и работоспособности рамных конструкций крепи для анализа их параметров и

конструктивных элементов с целью рационального проектирования.

Расчет стоимости ремонта конвейерного штрека для последующего повторного использования должен выполняться с использованием программного комплекса «Строительные технологии-СМЕТА» на основании предписаний нормативных «Правил определения стоимости строительства» [53]. Такой расчет позволит получить средние объемы затрат на строительство и/или ремонт подземных горных выработок используя усредненные нормы расхода материально-технических и трудовых ресурсов горнодобывающих предприятий Украины. Нормы для конкретных шахт могут несколько отличаться от нормативных, однако более уместны для определения объективных стоимостных параметров в масштабах угледобывающего объединения или отрасли в целом. Используемая методика расчета стоимости работ является рекомендованной Госстроем Украины и неоднократно использовалась при выполнении иных исследовательских работ [50,25, 51,52].

Перечень ремонтно-восстановительных работ, выполнение которых требуется для восстановления нормального функционального состояния конвейерного штрека в случае его повторного использования, включает:

- снятие поврежденных рам крепи;
- снятие поврежденных затяжек;
- уборку выпусков отслоившейся породы;
- установку новых рам крепи;
- затяжка межрамного пространства;
- частичную разборку рельсового пути;
- возведение костровых опор для рельсового пути;
- подрывку пород почвы отбойными молотками;
- восстановление рельсового пути;
- обустройство водоотливной канавки.

Объемы работ на снятие поврежденных рам крепи, затяжки и подрывки определяются по результатам наблюдения за состоянием 3 северного

конвейерного штрека.

4.3 Обоснование способа крепления и охраны выемочной выработки для ее повторного использования

Параметры охранных сооружений по ряду показателей приведены в таблице 4.1, исходя из которых, можно сделать соответствующие выводы об эффективности их применения в рассматриваемых сложных горно-геологических условиях.

Выполненный анализ способов и средств охраны выемочных штреков позволяет сформулировать следующие выводы:

- большинство технологий охраны основано на сохранении целостности углепородного массива, окружающего штрек;
- наиболее эффективными в условиях неустойчивых пород, являются: поддержание кровли околострековыми полосами, а также повышение несущей способности крепи штрека.

При выборе охранной полосы для обеспечения устойчивости выемочной выработки после прохода первой лавы следует учитывать требования ТМП по проектированию крепления, поддержания и охраны повторно используемых участков выработок на шахтах ООО «ДТЭК ЭНЕРГО» (Днепропетровск, 2015) [88]

Таблица 4.1 - Технологические и экономические параметры охранных конструкций

Наименование охранного сооружения	R , несущая способность, МПа	Податливость, %	Стоимость на 1 м выработки	Трудоемкость	В каких условиях используется
Породная бутовая полоса	25	50	320	высокая	При разработке тонких пластов, в лавах, при управлении кровлей, при проведении широким забоем
Текхард	35	5	4100	средняя	Подготовительные (выемочные) выработки
Накатные костры		20-25	196	высокая	Очистные выработки, выработанное пространство

					лавы
Органный ряд	30	до 50	150	высокая	Очистные, подготовит. выработки
Литая полоса из твердых смесей	39-45	10	940	средняя	При разработке пологих тонких и средних пластов, труднообрушаемых пород в кровле

В соответствии с п. 7 этого документа, охранные сооружения, возводимые позади забоя первой лавы, в условиях активных сдвижений подработанной толщи пород кровли, должны:

- иметь непрерывную нарастающую характеристику «отпор – деформация»;
- обеспечивать полный контакт с вмещающими породами в зоне своей установки;
- отпор равномерно распределяться по всей площади его взаимодействия с массивом;
- располагаться как можно ближе к охраняемой выработке;
- не должны содержать внутренних пустот, являющихся потенциальными источниками нарушения равновесия массива.

Этим требованиям в первую очередь соответствуют:

- накатные полосы из круглого леса;
- накатные полосы из деревянного бруса;
- литые полосы из минеральных быстротвердеющих смесей;
- пакетированные полосы из минеральных быстротвердеющих смесей.

Указанным требованиям не соответствуют применяемые в настоящее время на шахтах Украины:

- органические ряды, которые используются как вспомогательные элементы для обеспечения «обрезания» пород кровли;
- деревянные костры;
- кустокостры;

- угольные целики;
- тумбы БЖБТ;
- блоки БДБ;
- бутовые полосы, сформированные вручную.

Ширина охранных полос всех типов, перечисленных выше составляет примерно 0,8 от величины вынимаемой мощности пласта в лаве, но не менее 1,0 м.

Для обеспечения безопасности возведения накатных полос всех типов с обеих сторон могут дополнительно устанавливаться ряды деревянных стоек.

Область применения охранных сооружений:

— накатные полосы из круглого леса – благоприятные условия поддержания выработок (БУ);

— накатные полосы из деревянного бруса – средние и тяжелые условия поддержания выработок (СУ, ТУ);

— бетонные полосы из минеральных быстротвердеющих смесей – тяжелые условия поддержания выработок (ТУ).

Среди рассмотренных типов охранных полос для горно-геологических условий шахты «Котляревская» ГП «Селидовуголь», по условиям требуемой прочности, податливости, технологичности, а также при наличии слабых пород почвы, целесообразно применение накатной полосы из шпального бруса или сборной полосы из сухой цементно-минеральной смеси Tekhard;

Однако, учитывая высокую стоимость сухой цементно-минеральной смеси Tekhard, с экономической точки зрения, наиболее эффективной является охранный полоса из шпального бруса.

Передовой опыт поддержания выработок в условиях влияния очистных работ свидетельствует, что для улучшения состояния участка на сопряжении «лава-штрек» эффективно применение канатных анкеров глубокого заложения, длиной 6...8 м.

С учетом выполненного анализа, результатов исследований, выполненных в разделе 3, а также рекомендаций нормативных документов

[94, 95], система крепления выработки для повторного использования выработки после прохода первой лавы должна включать 10...12 сталеполимерных анкеров длиной 2,4 м, канатный анкер глубокого заложения, длиной 6 м, установленный со стороны обрабатываемого пласта под углом 85...87° в сторону выработанного пространства и накатную полосу из бруса (рис. 4.2).

Окончательный выбор параметров охранной полосы для сложных горно-геологических условий шахты «Котляревская» ГП «Селидовуголь» должен быть выполнен на основе проведения численных исследований (планом данной магистерской работы не предусмотрено), а также опытно-промышленной проверкой в реальных условиях.

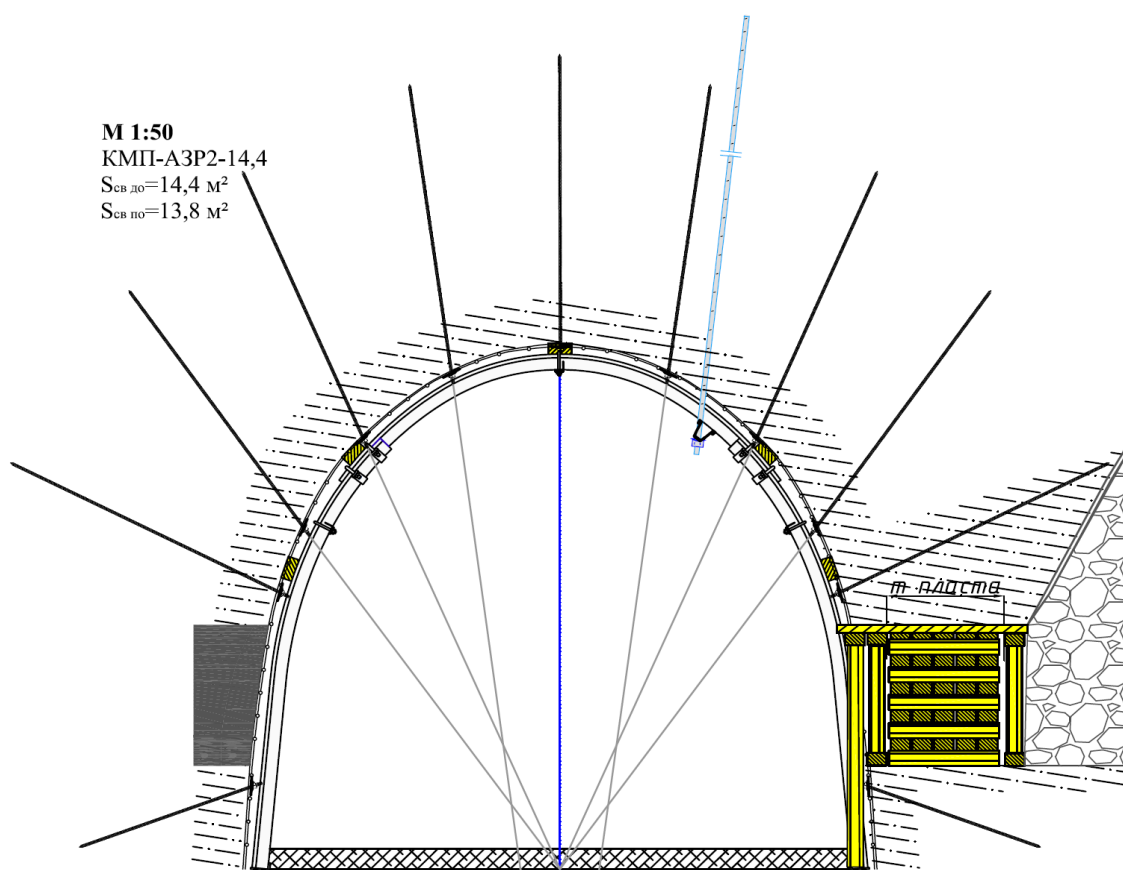


Рис. 4.2. Схема установки анкерной крепи и накатной полосы из бруса в повторно используемых выработках

ВЫВОДЫ

1. Выполненный анализ способов и средств охраны выемочных штреков показывает, что большинство технологий основано на сохранении целостности угленосного массива, окружающего штрек. Наиболее эффективными в условиях неустойчивых пород, являются поддержание кровли околоштрековыми полосами, в том числе породными, а также повышение несущей способности крепи штрека.

2. Среди рассмотренных типов охранных полос для горно-геологических условий шахты «Котляревская» ГП «Селидовуголь», по условиям требуемой прочности, податливости, технологичности, а также при наличии слабых пород почвы, целесообразно применение накатной полосы из шпального бруса или сборной полосы из сухой цементно-минеральной смеси Tekhard. Однако, учитывая высокую стоимость сухой цементно-минеральной смеси Tekhard, с экономической точки зрения, наиболее эффективной является охранный пояс из шпального бруса.

3. Установлено, что система крепления выработки для повторного использования выработки после прохода первой лавы должна включать 10...12 сталеполимерных анкеров длиной 2,4 м, канатный анкер глубокого заложения, длиной 6 м, установленный со стороны обрабатываемого пласта и накатную полосу из бруса.

4. Окончательный выбор параметров охранный пояс для сложных горно-геологических условий шахты «Котляревская» ГП «Селидовуголь» должен быть выполнен на основе проведения численных исследований (планом данной магистерской работы не предусмотрено), а также опытно-промышленной проверкой в реальных условиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дипломная работа магистра является законченной научно-исследовательской работой, в которой на основе впервые установленных зависимостей повышения устойчивости подготовительной выработки в зоне влияния очистных работ и на сопряжении с лавой при использовании комбинированной рамно-анкерной крепи и охранной конструкции решена актуальная научно-техническая задача обоснования рациональных параметров крепления и поддержания выработок с целью их повторного использования при отработке угольных пластов.

Основные результаты работы заключаются в следующем.

1. На основании анализа условий горно-геологических и горнотехнических условий эксплуатации выработок для ОП «Шахта «Котляревская» ГП «Селидовуголь» данных объемов ремонтных работ и результатов обследования подготовительных выработок, установлены основные факторы, определяющие их устойчивость.

2. Выполнен анализ литературных источников по вопросу обеспечения устойчивости подготовительных выработок вне и в зоне влияния очистных работ, а также опыта поддержания выработок, на основании которого определены эффективные направления повышения надежности систем крепи для рассматриваемых условий с целью их повторного использования при отработке угольных пластов.

3. Разработана и исследована геомеханическая модель технической системы «подготовительная выработка-породный массив» в условиях больших смещений пород почвы.

4. По результатам численных исследований получены закономерности протекания деформационных процессов в приконтурном массиве пород. Установлено, что несущая способность рамной металлической крепи КМП-А3-11,2, при отсутствии элементов и мероприятий, направленных на

упрочнение приконтурного массива, ниже действующей нагрузки, даже при установке рам с шагом 0.5 м.

5. Показана отрицательная роль подрывки пород почвы на последующее состояние протяженной выработки, обусловленная резким увеличением площади разрушенных пород приконтурного массива и повышением степени их разрыхления.

6. Установлено, что ограничение смещений пород в почве до требуемой величины достигается при установке анкеров в боках и кровле выработки в количестве не менее 10 штук, что позволяет обеспечить достаточную для нормальной работы площадь поперечного сечения выработки на сопряжении «лава-штрек» без проведения трудоемкой и дорогостоящей подрывки пород почвы до прохода первой лавы.

7. Зависимость поперечного сечения выработки $S_{св}$ от количества анкеров с несущественной погрешностью может быть описана линейной функцией.

8. Комплексом выполненных исследований и обоснований установлено, что система крепления выработки для повторного использования выработки после прохода первой лавы должна включать 10...12 сталеполлимерных анкеров длиной 2,4 м, канатный анкер глубокого заложения, длиной 6 м, установленный со стороны отрабатываемого пласта под углом 85...87° в сторону выработанного пространства и накатную полосу из бруса.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Аніщенко С.В. Державна політика залучення інвестицій в вугільну промисловість України / С.В. Аніщенко // Економіка та держава. – 2011. – №1. – С. 141-144.
2. Залознова Ю.С. Оцінка стану охорони та безпеки праці й соціально-економічних наслідків їх незабезпечення у вугільній промисловості України / Ю.С. Залознова, І.Г. Брага // Економіка промисловості. – 2011. – №2. – С. 271-279.
3. Звягильский Е.Л. О необходимости широкой модернизации угольной промышленности Украины: науч. доклад / Е.Л. Звягильский, Ю.Л. Залознова // НАН Украины, Ин-т экономики пром-сти. – Донецк, 2012. – 68 с.
4. Стариченко Л.Л. Актуальні питання державної політики щодо вугільної промисловості / Л.Л. Стариченко // Економіка промисловості. – 2012. – №1-2. – С. 34-38.
5. Статистический ежегодник Украины за 2012 год: стат. сборник / [под ред. О.Г. Осауленко]. – К.: Государственная служба статистики Украины, 2013. – 552 с.
6. Топливо-энергетические ресурсы Украины: стат. сборник / [под ред. Пищейко В.О.]. – К.: Государственная служба статистики Украины, 2013. – 334 с.
7. Годовой отчёт ДТЭК 2012 [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.dtek.com/library/file/annual-report-2012-ru.pdf>
8. Информационно-аналитический отчет о развитии угольной промышленности Украины за январь-август 2013 года (по фактическим данным) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=247934>
9. Официальный сайт государственной службы статистики Украины [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://ukrstat.gov.ua/>.

10. Официальный сайт Министерства энергетики и угольной промышленности Украины [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://mpe.kmu.gov.ua/>.
11. Економічна оцінка державних пріоритетів технологічного розвитку / За ред. д-ра екон. наук Ю.М. Бажала. — К.: Ін-т екон. прогноз., 2002.
12. Кабанов А.И. Вестник экономической науки Украины / 2009, №1.
13. Притыка А. Угольная промышленность - черная дыра госбюджета или основа энергетической безопасности Украины? // Зеркало недели.-2008.- №14.- с.8.
14. Овчинников В.Ф., Дротик В.А., Иваненко А.М. Влияние усиленной анкерной крепи и охранной бутовой полосы на устойчивость пластовой выработки // Уголь Украины. – 2006. – № 5. – С. 17-18.
15. Солодянкин А.В., Халимендик А.В. Современное состояние и перспективы развития шахтного строительства и угольной промышленности Украины. Материалы 3-й Международной конференции. «Перспективы освоения подземного пространства» – Днепр.: НГУ, 2009 – С 102-108.
16. Сдвижкова Е.А., Кравченко К.В., Халимендик А.В., Халимендииков Е.Н., Янжула А.С. Анализ проявлений горного давления при проведении протяженных выработок в районе мелкоамплитудных геологических нарушений на примере уклона блока №10 ШУ «Покровское». Наукові праці УКРНДМІ НАН України. Випуск 9 (частина 1). – Донецьк, УкрНДМІ НАН України, 2011. – С. 269-281.
17. Халимендик А.В. До обґрунтування комплексу заходів з підвищення тривалої стійкості підземних виробок шахт Донбасу. Материалы 6-й Международной конференции. «Перспективы освоения подземного пространства» – Днепр.: НГУ, 2012 – С 86-88.
18. Солодянкин А.В. Геомеханические модели в системе геомониторинга глубоких угольных шахт и способы обеспечения устойчивости выработок. – Дис. ... д-ра техн. наук: 05.15.04., 05.15.09.

Днепропетровск. – 2009. – 426 с.

19. Источник: <https://biz.censor.net.ua/v3044904>.
20. Ополони К., Полисос Н., Бартель Р., Люттинг Ф. Техника крепления анкерами на шахтах компании ДСК – теория и практика // Глюкауф. – 2000.- № 1(2). – С. 45 – 54. 2.
21. Булат А.Ф., Виноградов В.В. Опорно – анкерное крепление горных выработок угольных шахт. – Днепропетровск, 2002.-372с.
22. Литвинский Г.Г. Шахтные наблюдения за развитием зоны неупругих деформаций вокруг капитальных выработок / Г.Г.Литвинский, Е.Б. Дружко //Проектирование и строительство угольных предприятий. – 1970. - № 3. – с. 34-38.
23. Шашенко О.М. Здимання порід підосви виробок вугільних шахт: [монографія] / О.М. Шашенко, О.В. Солодянкін, А.В. Смирнов. – Дніпропетровськ: ТОВ «ЛізуновПрес», 2015. – 256 с.
24. Нейман Л.К. Поддержание выработок на шахтах ПО "Павлоградуголь"/ Л.К. Нейман, В.Н. Рева, А.В. Шмиголь– М.:ЦНИЭИуголь, 1991. – 45 с.
25. Лозовский С.П. Обоснование параметров способа повышения устойчивости подготовительных выработок с пучащей почвой в зоне влияния очистных работ: дисс на соискание научной степени канд. техн. наук/Лозовский Сергей Петрович. – Днепропетровск, Национальный горный университет. – 2004. – с. 185.
26. Диманштейн А.С. Исследование и выбор эффективных способов охраны выемочных штреков на глубоких шахтах Донбасса: автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук А.С. Диманштейн; ИГД им. А.А.Скочинского. - М., 1966. – 18 с.
27. Штанько Л.А. Влияние бутовых полос на устойчивость выемочных выработок / Л.А. Штанько, А.В. Ремизов // Уголь Украины. – 2010. – № 7. – с. 6-8.
28. Хорин В.Н. Перспективы развития технологии и средств выемки угля в длинных очистных забоях / В.Н. Хорин // Уголь. – 1988. – № 1. – с. 43 -

45.

29. Беликов В.В. Влияние конструктивных особенностей деревяно-бетонных блоков на деформационно-силовые характеристики тумб для охраны выемочных штреков / В.В. Беликов, Н.З. Беликова // Уголь. – 2004. – №3. – с. 12-14.
30. Литвинов А.В. Исследования работы «кустово-пакетной крепи» и рекомендации по ее применению / А.В. Литвинов, А.А. Привалов, Р.А. Бородин // Уголь. – 2001. – № 1. – С.31-33.
31. Диманштейн А.С. Охрана выемочных выработок полосами из твердеющих материалов на шахтах ПО “Ровенькиантрацит” / А.С. Диманштейн , Ф.А. Чакветадзе // Вопросы проведения, крепления и поддержания горных выработок. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского. – 1988. – с. 95-99.
32. Скипочка С.И. Элементы геомеханики углепородного массива при высоких скоростях подвигания лав./ С.И. Скипочка, Б.М.Усаченко, В.Ю. Куклин – Днепропетровск: ЧП «Лири ЛТД», 2006. –248 с.
33. Заславский И.Ю. О бесцелековой охране выемочных выработок / И.Ю. Заславский // Уголь Украины. – 1984. – № 2. –с. 26-28.
34. Бабиюк Г.В. Эффективность технологических решений по повышению надежности подготовительных выработок / Г.В. Бабиюк, А.И. Онищенко, В.М. Стельмах // Уголь Украины. – 1997. – № 4. – с. 18-21.
35. Технологический регламент поддержания повторно используемых выемочных штреков комбинированными охранными системами / ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Донецк: «ВИК», 2009.
36. Якоби 0. Практика управления горным давлением. [Пер. с нем.] – М.: Недра, 1987. – 566 с.
37. Симанович А.М. Исследование устойчивости подготовительных выработок на пологих пластах Донбасса: Автореф. дис. ... канд. техн. наук, ДГИ./ Симанович А.М. – Днепропетровск, 1968. – 23 с.
38. Рыжков Ю.А. Механика и технология формирования закладочных

массивов. / Ю.А. Рыжков, А.Н. Волков, В.А. Глаголин – М.: Недра, 1985. – 191 с.

39. Касьян Н.Н. Шахтные испытания нового способа упрочнения горного массива / Н.Н. Касьян, О.Г. Худолей // Уголь Украины. – 1995. – № 2. – с. 15-18.
40. Евтушенко В.В. Исследование и разработка эффективных способов тампонажа закрепного пространства при сооружении капитальных горных выработок на шахтах Западного Донбасса: Автореф. дис. ... канд. техн. Наук ИГТМ АН УССР. / Евтушенко В.В. – Днепропетровск, 1970. – 28 с.
41. Саратикянц С.А. Направление работ в ДонУГИ в двенадцатой пятилетке / С.А. Саратикянц // Уголь. – 1986. – №3. – с. 11-16.
42. Полухин В.А. О разгрузке горных выработок взрывополостным способом / В.А. Полухин, В.Н. Остапенко, В.П. Самболя // Уголь Украины. – № 11. – 1987. – с. 25-26.
43. Полухин В.А. Расчет длины разгрузочных полостей для выработок, примыкающих у выработанному пространству лавы / В.А. Полухин, В.А. Труфанов // Уголь. – 1989. – № 7. – 11-12.
44. Зборщик М.П. Поддержание подготавливаемых выработок в сохраняемых зонах разгрузки / М.П. Зборщик, В.В. Назимко // Уголь Украины. – 1989. – № 4. – с. 8-11.
45. Полухин В.А. О поддержании выработок в сложных горногеологических условиях/В.А. Полухин, В.Н. Остапенко, Н.А. Федосенко // Уголь Украины. – 1985. – № 5. – с. 8-10.
46. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. – Л.: ВНИМИ, 1986. –115 с.
47. Прогрессивные паспорта крепления, охрана и поддержания подготовительных выработок при бесцеликовой технологии отработки угольных пластов. – Л.: ВНИМИ, 1984. – 128 с.
48. Руководство по расположению, охране и поддержанию

підготовительних виработок в Западном Донбассе / ДГИ, Днепропетровск: 1984. – 34 с.

49. Руководство по поддержанию горных выработок на шахтах Западного Донбасса. – СПб, 1992. – 51 с.
50. Гапеев С.Н. Моделирование и прогноз геомеханических процессов в выработках глубоких шахт. : дис. на соискание научной степени докт. техн. наук: спец. 05.15.09 / Гапеев Сергей Николаевич.– Днепропетровск – 2014. – 335 с.
51. Терещук Р.Н. Обеспечение устойчивости подготовительных выработок глубоких угольных шахт : монография / Р.Н. Терещук, А.В. Наумович // М-во образования и науки Украины ; Нац. горн. ун-т. – Днепропетровск : НГУ, 2015. – 134 с.
52. Grigoriev O. Assessment of efficiency AMS-A (anchor – meshwork – shotcreting) support structure in terms of coal mines/ O. Grigoriev, R. Tereschuk, L.Tokar// Theoretical and practical solutions of mineral resources mining. – Netherlands: CRC Press / Balkema, 2015. – P. 85-89.
53. ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 Правила визначення вартості будівництва [Текст]. – На заміну ДБН Д.1.1-1-2000. ; чинний від 01.01.2014. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2013. – 93 с.
54. Литвинский Г.Г. Стальные рамные крепи горных выработок / Г.Г. Литвинский, Г.И. Гайко, Н.И. Кулдыркаев. – К.: Техника, 1999. – 216 с.
55. СОУ 10.1.00185790.011:2007. Підготовчі виробки на пологих пластах. Вибір кріплення, способів і засобів охорони. — Прийнято та надано чинності: наказ Мінвуглепрому України від 09.01.07 № 494. — К.: Мінвуглепром України, 2007. — 113 с.
56. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике / А.Б. Фадеев. – М.: Недра, 1987. – 221 с.
57. Зенкевич О. Метод конечных элементов в теории сооружений и в механике сплошных сред / О. Зенкевич, И. Чанг; пер. с англ. – М.: Недра, 1974. – 239 с.

58. Амусин Б.З. Метод конечных элементов при решении задач горной геомеханики / Б.З. Амусин, А.Б. Фадеев. – М.: Недра, 1975. – 144 с.
59. Норри Д. Введение в метод конечных элементов / Д. Норри, Ж. де Фриз.– М.: Мир, 1981. – 304 с.
60. Крауч С. Методы граничных элементов в механике твердого тела / С. Крауч, А. Старфилд. – М.: Мир, 1987. – 328 с.
61. Метод граничных элементов в задачах горной геомеханики / Л.В. Новикова, П.И. Пономаренко, В.В. Приходько, И.Т. Морозов. – Днепропетровск: Наука и образование, 1997. – 180 с.
62. Cundall P.A., Strack O.D.L. A discrete numerical model for granular assemblies // Geotechnique. 1979. – №1. – С. 47-65.
63. Солодянкин А.В., Гапеев С.Н. Численное моделирование влияния параметров податливой забутовки на напряженно-деформированное состояние вмещающего выработку массива // Проблемы горного дела и экологии горного производства: Матер. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Донецк: Норд-Пресс, 2009. – С. 115-125.
64. Гапеев С.М. Імітаційне моделювання деформування неоднорідних гірських порід в умовах контрольованого руйнування [Текст] / С.М. Гапеев, І.Ю. Старотіторов // Геотехнічна механіка. – Д.: Ін-т геотехнічної механіки НАН України, 2011. – Вип. 94.-С.31-40.
65. Шашенко А.Н. Управление устойчивостью протяженных выработок глубоких шахт [Текст] / А.Н. Шашенко, А.В. Солодянкин, А.В. Мартовицкий // Днепропетровск: «ЛизуновПрес», 2012. – 384 с.
66. Сдвижкова Е.А., Солодянкин А.В., Дудка И.В., Попович И.Н. Исследование эффективности элементов крепления и охраны выемочных выработок в условиях шахты «Партизанская» ГП «Антрацит» // Форум гірників-2014: Матеріали міжнародної конференції 1-4 жовтня 2014 р. – Дніпропетровськ: РВК НГУ. – 2014. – С. 97-103.
67. Численное моделирование процесса потери упругопластической устойчивости породного массива в окрестности одиночной выработки /

- Гапеев С.Н., Шашенко А.Н., Янко В.И. // Сб. науч. тр. НГУ.– Днепропетровск: РИК НГУ, 2002.– №15.– Т. 1. – С.29-34.
68. Шашенко А.Н., Гапеев С.Н., Солодянкин А.В. Моделирование процесса сдвигания пород подошвы гирничих виробок // Научный вестник НГУ. – 2008. - № 8. – С. 3-6.
69. Шашенко А.Н., Солодянкин А.В., Гапеев С.Н., Гавриш А.К., Терещук Р.Н., Хозяйкина Н.В., Пашко А.Н., Янко В.В. Компьютерное моделирование геомеханических процессов // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2008. - № 1. – С. 178-189.
70. Григор'єв О.Є., Попович І.М., Дудка І.В. До питання визначення коефіцієнта запасу міцності вугільних ціликів // Уголь України. – 2014. – № 12. – С. 20-23.
71. Глушко В.Т., Цай Т.Н., Ваганов И.И. Охрана выработок глубоких шахт. – М.: Недра, 1975. – 200 с.
72. Кошелев К.В., Петренко Ю.А., Новиков А.О. Охрана и ремонт горных выработок. – М.: Недра. 1990. – 218 с.
73. Sdvyzhkova, O.O., Babets, D.V., Kravchenko, K.V. and Smirnov, A.V. (2016). Determining the displacements of rock mass nearby the dismantling chamber under effect of plow longwall. Scientific bulletin of National Mining University, no. 2, pp.34-42.
74. Солодянкин А.В., Стрельник-Дзюба И.В. Исследование влияния подрывок пород почвы на состояние выработок // Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі: Матеріали II Міжнар. наук.-техн. інтернет-конференції. Кривий Ріг, 14 грудня 2017 р. – Кривий Ріг: КНУ, 2017. – С. 168.
75. Стрельник-Дзюба И.В. Исследование закономерностей протекания геомеханических процессов при пучении пород // Молодь: наука та інновації 2017: Матеріали V Всеукр. наук.-техн. конф. студентів, аспірантів і молодих учених (Дніпро, 28-29 листопада 2017 р.). Том 7. Геомеханіка – Д.: НГУ, 2017. – С. 32-33.

76. Стрельник-Дзюба И.В. Выбор элементов способа охраны выемочной выработки на основе технико-экономической оценки //Наукова весна: Матеріали ІХ Всеукр. наук.-техн. конф. студентів, аспірантів і молодих учених (Дніпро, 12-13 квітня 2018 р.). Том 7. Геомеханіка – Д.: НГУ, 2018. – С. 8-9.
77. Солодянкин А.В. Геомеханические модели в системе геомониторинга глубоких угольных шахт и способы обеспечения устойчивости выработок // Дис. ... д-ра техн. наук: 05.15.04., 05.15.09. Дніпропетровськ. – 2009.
78. Шашенко А.Н., Тулуб С.Б., Сдвижкова Е.А. Некоторые задачи статистической геомеханики. – К.: Універ. вид-во “Пульсари”, 2002. – 304 с.
79. Литвинский Г.Г., Фесенко Э.В. Метод прогноза пучения почвы в горных выработках // Уголь Украины. – 2004. - № 1. – С. 9-11.
80. Шашенко А.Н. Смирнов А.В., Солодянкин А.В. Пучение пород почвы в выработках угольных шахт. – Днепропетровск: ЛизуновПрес, 2015. – 256 с.
81. Прогнозный каталог шахтопластов Донецкого угольного бассейна с характеристикой горно-геологических факторов и явлений. - М.: ИГД им. Скочинского, 1982. – 267 с.
82. Солодянкин А.В., Янко В.В. Актуальные задачи обеспечения устойчивости выработок при пересечении зон геологических нарушений // Материалы междунар. конф. «Перспективы освоения подземного пространства». – Д.: РИК НГУ, 2008. – С. 43-46.
83. Солодянкин А.В., Гапеев С.Н., Халимендик А.В. К вопросу обеспечения устойчивости капитальных выработок в условиях ожидаемых больших деформаций приконтурного массива пород // Сборник научных трудов НГУ. – Днепропетровск: РИК НГУ. – 2010. - № 34, том. 2. - С. 101-113.
84. Солодянкин А.В., Гапеев С.Н., Мартовицкий А.В., Панченко В.В. Оценка устойчивости протяженных выработок по величине смещений

их контура // Сучасні ресурсозберігаючі технології гірничого виробництва. – 2012. – № 1 (9). – С. 86-93.

85. Солодянкин А.В., Мартовицкий А.В. Оценка состояния выработок и условий разработки угольных пластов на шахтах ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» // Форум гірників-2011: Матеріали міжнародної конференції 12-15 жовтня 2011 р. – Дніпропетровськ: РВК НГУ. – 2011. – С. 181-188.
86. Григор'єв О.Є., Терещук Р.М., Шашенко О.О. Обґрунтування економічної ефективності використання рамно-анкерного кріплення підземних гірничих виробок // Форум гірників-2014: Матеріали міжнародної конференції 1-4 жовтня 2014 р. – Дніпропетровськ: РВК НГУ. – 2014. – С. 187-191.
87. Солодянкин А.В., Машурка С.В., Дудка И.В. К вопросу об эффективности повторного использования выработок в сложных геомеханических условиях // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – 2015. – № 2 (16). – С. 99-109.
88. Повышение устойчивости подготовительных выработок угольных шахт / И.Ю. Заславский, В.Ф. Компанец, А.Г. Файвыщенко, В.М. Клещенко. – М.: Недра. – 1991. – 235 с.
89. Машурка С.В., Мищенко М.Э. Исследование геомеханической системы «Подготовительная выработка- лава-охранная конструкция» в условиях шахты «1/3 Новогородовская» ГП «Селидовуголь» // Розробка, використання та екологічна безпека сучасних гранульованих та емульсійних вибухових речовин: матеріали XI Міжнародної наук.-техн. конф., Кременчук-Свалява, 1-7 лютого 2015 р. – Кременчук:КрНУ, 2015. – С. 85-88.
90. Солодянкин А.В., Мищенко М.Э. Поддержание подготовительных выработок для их повторного использования // Перспективы развития строительных технологий: материалы 9-й междунар. науч.- практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов, 23-24 апреля 2015 г. – Д.:

НГУ, 2015. – С. 228-234.

91. Солодянкин А.В., Машурка С.В., Мищенко М.Э. Обеспечение устойчивости подготовительных выработок в условиях ГП «Шахтоуправление «Южнодонецкое №1» // Сталий розвиток промисловості та суспільства: Матеріали міжнародної наук.-техн. конф., Кривий Ріг, 20-22 травня 2015 р. – Кривий Ріг: КНУ, 2015. – С. 25.
92. Технологічні матеріали з проектування кріплення, підтримання та охорони дільничних виробок, що використовують повторно на шахтах ТОВ «ДТЕК ЕНЕРГО» / Пілюгин В.І., Булат А.Ф., Барабаш М.В. и др. // ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України – ООО «ДТЕК ЕНЕРГО», Дніпропетровськ, 2015. – 38 с.
93. Опыт применения сборной охранно-изолирующей полосы из быстротвердеющей бетонной смеси «Текхард» / Курносов С.А., Задерий, В.В., Цикра А.А., Аверкин Д.И., Филимонов П.Е., Васильев А.В., Васильев В.Г., Перетяцько Д.А. // Геотехнічна механіка. – 2013. – №112. – С. 267-280.
94. Технологічні матеріали з проектування кріплення, підтримання та охорони дільничних виробок, що використовують повторно на шахтах ТОВ «ДТЕК ЕНЕРГО» / Пілюгин В.І., Булат А.Ф., Барабаш М.В. и др. // ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України – ООО «ДТЕК ЕНЕРГО», Дніпропетровськ, 2015. – 38 с.
95. СОУ 10.1.05411357.012:2014 «Инструкция по проектированию комбинированного рамно-анкерного крепления горных выработок» / Пилюгин В.И., Булат А.Ф. и др.// Минэнергоугля Украины, Киев, 2014. – 42 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ВІДГУК

на дипломну роботу магістра на тему:

«Оцінка параметрів способу кріплення та охорони виймальних штреків для повторного використання в умовах шахти «Котляревська» ДП**«Селидіввугілля» студентки групи 184М- 163-5 Стрільник-Дзюби Ірини****Василівни**

1. Мета дипломної роботи – обґрунтування раціональних параметрів систем кріплення для забезпечення стійкості підготовчих виробок і повторного їх використання в умовах шахти «Котляревська» ДП «Селидіввугілля».

2. Обрана тема актуальна, оскільки подальший видобуток вугілля в Україні пов'язаний з погіршенням умов підтримання виробок, особливо тих, що знаходяться під впливом очисних робіт. Зниження обсягів проведення виробок та вартості підготовки видобувних ділянок може бути досягнуто за рахунок повторного використання виробок. Проте обґрунтування раціональних параметрів систем кріплення та охорони таких виробок потребує виконання відповідних досліджень.

3. Тема дипломного проекту безпосередньо пов'язана з об'єктом діяльності спеціаліста фаху "Шахтне і підземне будівництво" – питанням моделювання геомеханічних процесів навколо комплексу підземних виробок та визначення параметрів способу кріплення та підтримання підготовчих виробок, що знаходяться під впливом очисних робіт.

4. Задачі дипломної роботи (вибір найбільш ефективного методу досліджень, виконання аналізу за темою роботи, обґрунтування чисельної моделі породного масиву та оцінка його напружено-деформованого стану) віднесені в освітньо-кваліфікаційній характеристиці фахівця до класу продуктивно-синтетичних, вирішення яких засноване на глибокому розумінні навчального об'єкту, здатності здійснювати синтез, генерувати нові уявлення, переносити засвоєні знання на нетипові ситуації.

5. Оригінальність наукових результатів полягає в комплексному вивченні об'єкта досліджень, глибокому всебічному аналізі та узагальненні досвіду будівництва та моделювання різних геомеханічних ситуацій, аналітичних досліджень на підставі сучасних ефективних чисельних методів, що забезпечило їх достатню обґрунтованість.

6. Практичне значення результатів досліджень полягає в геомеханічному обґрунтуванні параметрів кріплення та охорони сполучення лави зі штреком, що забезпечують максимальну стійкість підготовчих виробок і дозволяє їх повторне використання.

7. Обґрунтованість і вірогідність отриманих результатів підтверджується коректністю поставлених задач, використанням апробованих методів механіки суцільного середовища, ефективних методів чисельного моделювання, використанням для створення чисельної моделі параметрів реальних гірничо-геологічних даних.

8. Оформлення дипломної роботи в т.ч. рисунків, таблиць, списку використаних джерел виконано згідно відповідним стандартам.

9. Ступінь самостійності виконання дипломного проекту висока.

10. Дипломна робота в цілому заслуговує оцінки "відмінно", а студентка Стрільник-Дзюба Ірина Василівна – присвоєння ступеня магістра.

11. Пропозиції щодо удосконалення підготовки магістрів фаху "Шахтне і підземне будівництво": посилити навички роботи з літературними джерелами та досліджень із застосування методів чисельного моделювання геомеханічних задач.

**Керівник дипломної роботи,
професор кафедри БГГМ**

О.В. Солодянкін

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу магистра

Стрельник-Дзюбы Ирины Васильевны «Оценка параметров способа крепления и охраны выемочных штреков для повторного использования в условиях шахты «Котляревская» ГП «Селидовуголь»

Рост глубины разработки горнодобывающих предприятий, увеличение протяженности выработок, ведение горных работ в сложных геомеханических условиях существенно обострили проблему поддержания выработок в эксплуатационном состоянии. Значительные объемы ремонтных работ, большая стоимость крепежных материалов, в первую очередь стального профиля, в конечном итоге приводят к увеличению себестоимости угля, снижению его конкурентоспособности и рентабельности угольных шахт.

В настоящее время передовыми угольными предприятиями принят курс на снижение стоимости систем поддержания выработок и повышение их эффективности. Несмотря на то, что идея повышения устойчивости выработок за счет использования комбинированных крепей давно известна, актуальными остаются вопросы выбора рациональных параметров для конкретных геомеханических условий, оценки степени эффективности этих крепей и, в конечном счете, обоснования наиболее экономичных конструкций.

В связи с этим, обоснование параметров крепления участковых выработок в условиях шахты «Котляревская» ГП «Селидовуголь» для повторного использования, является важной научно-технической задачей, решение которой позволит повысить эффективность и безопасность горных работ.

Автором дипломной работы Стрельник-Дзюбой И.В. использован современный программный комплекс, который позволяет с достаточной точностью выполнять моделирование геомеханических процессов в окрестности системы «протяженная выработка-породный массив», рассматривая при этом эффективные способы повышения устойчивости выработки.

Полученные результаты представляют интерес, как в научном, так и в практическом плане. Дипломная работа заслуживает оценки «отлично», а студентка Стрельник-Дзюбы Ирины Васильевны присуждения степени магистра.

Заведующий кафедры строительства,
геотехники и геомеханики,
Национального технического университета
«Днепропетровская политехника»
доктор технических наук

С.Н. Гапеев