

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВЫСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ПОПОВИЧ Игорь Николаевич



УДК 622.833:622.26

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СПОСОБА ОБЕСПЕЧЕНИЯ
УСТОЙЧИВОСТИ ПОВТОРНО ИСПОЛЬЗУЕМЫХ
ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ГЛУБОКИХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ**

Специальность 05.15.04 – «Шахтное и подземное строительство»

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

**Научный руководитель
доктор технических наук,
профессор Шашенко А.Н.**

Днепропетровск, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
ВВЕДЕНИЕ	6
Раздел 1. Актуальность, цель и основные задачи исследований.....	11
1.1. Перспективы развития и особенности функционирования угольной промышленности Украины в период с 2013 по 2015 годы.....	11
1.2. Государственное предприятие «Антрацит».....	27
1.3. Анализ горно-геологических и горнотехнических условий добычи угля на шахте «Комсомольская» ГП «Антрацит».....	33
1.3.1. Общие сведения.....	33
1.3.2. Тектоническое строение.....	34
1.3.3. Стратиграфия и литология.....	37
1.3.4. Угленосность и качество угля.....	41
1.4. Цель, основные задачи и методы исследований.....	45
Выводы	46
Раздел 2. Исследование деформационных процессов в подготовительных выработках ОП «Шахта «Комсомольская» ГП «Антрацит».....	47
2.1. Анализ и обобщение опыта применения способов повышения устойчивости выемочных штреков.....	47
2.2. Цель, задачи и методика комплекса натуральных измерений.....	87
2.3. Мониторинг состояния горных выработок.....	96
2.3.1. Мониторинг состояния 9 восточного конвейерного штрека пласта h_8	96
2.3.2. Мониторинг состояния 10-го восточного конвейерного штрека пласта h_8	105
2.4. Анализ результатов визуального инструментального мониторинга обследуемых выработок.....	108
Выводы	118

Раздел 3. Численное моделирование напряженно-деформированного состояния породного массива в окрестности геомеханической системы «выработка-охранная конструкция-лава»	121
3.1. Характеристика объекта исследований.....	121
3.2. Ретроспективный обзор источников информации в области расчета предохранительных целиков.....	125
3.3. Выбор метода исследований, оценка параметров и порядка реализации геомеханической модели.....	129
3.4. Постановка и решение задачи о критерии выбора технических средств, обеспечивающих возможность повторного использования выработки.....	139
3.5. Оценка несущей способности предохранительных целиков.....	143
Выводы	154
Раздел 4. Оптимизация параметров геомеханической системы «крепь выработки-целик-лава»	156
4.1. Моделирование анкерной системы.....	156
4.2. Анализ экономической эффективности от предложенных мероприятий по охране 9-го конвейерного штрека 9-й восточной лавы.....	172
4.3. Рекомендации по обеспечению устойчивости 9-го конвейерного штрека 9-й восточной лавы пласта h_8	178
Выводы	179
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	181
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	183
ПРИЛОЖЕНИЯ	205
Приложение А. Рекомендации о переходе к бесцеликовой системе разработки на шахтах ГП «Антрацит» с обоснованием параметров способа охраны и систем крепи подготовительных выработок с их повторным использованием	206

Приложение Б. Справка об опытно-промышленной проверке разработок и использовании рекомендаций «Геомеханическое обоснование параметров рамно-анкерных систем крепи подготовительных выработок при бесцеликовой системе разработки антрацитовых пластов».....	207
Приложение В. Локальные сметы.....	208
Локальная смета на строительные работы № 1 на капитальное крепление 9-го конвейерного штрека (угольный целик) Шахта "Комсомольская" 9-я восточная лава.....	209
Локальная смета на строительные работы № 2 на ремонт 9-го конвейерного штрека (угольный целик) Шахта "Комсомольская" 9-я восточная лава.....	211
Локальная смета на строительные работы № 3 на капитальное крепление 9-го конвейерного штрека (органная крепь и полоса и "ТЕКХАРД") Шахта "Комсомольская" 9-я восточная лава.....	213
Локальная смета на строительные работы № 4 на ремонт 9-го конвейерного штрека (органная крепь и полоса и "ТЕКХАРД") Шахта "Комсомольская" 9-я восточная лава.....	215
Локальная смета на строительные работы № 5 на капитальное крепление 9-го конвейерного штрека (полоса из шпального бруса) Шахта "Комсомольская" 9-я восточная лава.....	217
Локальная смета на строительные работы № 6 на ремонт 9-го конвейерного штрека (полоса из шпального бруса) Шахта "Комсомольская" 9-я восточная лава.....	219

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований. Угольная промышленность Украины обеспечила в 2013 году максимальную добычу угля в количестве 82 млн. тонн при потребности в 115 млн. тонн. События на юго-востоке страны привели к тому, что профицит некоторых марок угля, таких, например, как марка «Г», сменился их дефицитом. При этом, такие марки угля как антрацит – «А» и тощие – «Т», добываемые на шахтах Луганской и Донецкой областей, оказались наиболее востребованными.

Уголь, добываемый в Донбассе, находится в пластах, залегающих на большой глубине, в сложных горно-геологических условиях. В этой связи себестоимость его, в особенности на шахтах государственного подчинения, очень высока. Это связано со стоимостью электроэнергии, затрачиваемой на проветривание, спуск-подъем людей и материалов, металлического проекта и металлоизделий, особенностями систем разработки. Существенная часть вскрытых запасов угля нередко остается в предохранительных целиках, обеспечивающих сохранность подготовительных выработок. Таким образом, снижение себестоимости угля путем перехода на бесцеликовые способы поддержания штреков с возможностью их повторного использования является актуальной научно-технической задачей, имеющей важное народно-хозяйственное значение.

Большой вклад в изучение устойчивости капитальных и подготовительных выработок с точки зрения геомеханики внесли такие отечественные учёные, как А.П.Максимов, Б.М. Усаченко, Г.Г. Литвинский, В.И. Бондаренко, Л.В. Новикова, Е.А. Сдвижкова, А.В. Солодянкин, С.Н.Гапеев, Ю.М. Халимендик, К.В.Кошелев, В.Т.Глушко, А.Н. Зорин, А.Н. Шашенко, А.В. Мартовицкий и многие другие. Благодаря их работам происходило совершенствование технологии проведения и крепления протяжённых выработок. Однако изменившиеся горно-геологические условия, увеличение глубины разработки угольных пластов, появление новой техники

привели к необходимости разработки новых геомеханических моделей, на основе которых возможно было бы дальнейшее совершенствование горных технологий.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Диссертационная работа соответствует тематическому плану НИР, выполняемых ДВНЗ «Национальный горный университет» (г. Днепропетровск, Украина): № 050394 «Розробка способів підвищення стійкості гірничих виробок та зниження питомих витрат на кріплення гірничих виробок за рахунок зниження металомісткості та трудомісткості робіт в 3-му східному конвеєрному штреку пл. h_8 та розвідному уклоні №1 пл. h_8 ВП «Шахта Комсомольська» ДП «Антрацит»; № 050396 «Розрахунок параметрів рамно-анкерного кріплення. Розробка способів підвищення стійкості гірничих виробок та зниження питомих витрат на кріплення гірничих виробок за рахунок зниження металомісткості кріплення при проведенні пром.штрека 206 західної лави пл. h_{10} шахти «Партизанська».

Цель работы состоит в обосновании параметров геомеханической системы «крепь подготовительной выработки – охранный конструкция лавы», при которых возможно повторное использование штреков.

Для достижения поставленной цели в диссертации поставлены и решены следующие **основные задачи исследований**:

- выполнить критический анализ средств и способов обеспечения устойчивости подготовительных выработок угольных шахт, ведущих разработку пластов на больших глубинах в сложных горно-геологических условиях;

- выполнить комплекс натурных измерений в типичных выработках, эксплуатируемых в сходных горно-геологических условиях;

- разработать геомеханическую модель «крепь подготовительной выработки – охранный конструкция лавы» для горно-геологических условий ОП «Шахта Комсомольская» ГП «Антрацит»;

- выполнить численное моделирование напряженно-деформированного состояния углепородного массива в окрестности геомеханической системы «штрек-лава» в районе их сопряжения;

- обосновать такие параметры крепи подготовительной выработки и охранной конструкции лавы, при которых возможно повторное использование штрека.

Основная идея работы заключается в использовании закономерностей деформирования подготовительных выработок в районе их сопряжения с лавой для обоснования рациональных параметров крепи и охранных конструкций.

Объектом исследований являются геомеханические процессы, развивающиеся в окрестности подготовительных выработок в местах их сопряжения с лавой.

Предметом исследований является напряженно-деформированное состояние углепородного массива в окрестности подготовительных выработок, испытывающих влияние очистного пространства лавы.

Методы исследований. Методологической основой решения поставленных задач является комплексный подход, который включает анализ и обобщение информации в области устойчивости подготовительных выработок угольных шахт, планирование и выполнение натурных измерений, последующую статистическую обработку полученных данных; использование методов механики твердого деформируемого тела при решении численных задач геомеханики, а также методов теории вероятностей при учете масштабного эффекта в горных породах.

Научные положения, выносимые на защиту.

1. В рассматриваемых горногеологических и горнотехнических условиях площадь поперечного сечения подготовительных выработок, начиная с расстояния 60-80 м (фаза I), уменьшается по степенному закону, после чего деформации стабилизируются (фаза II) и конечная площадь поперечного сечения составляют 60-70 % от начальной, при этом максимальная величина поднятия пород почвы находится в экспоненциальной зависимости от

показателя условий разработки, что позволяет на этой основе прогнозировать объемы ремонтных работ в выработке, предназначенной для повторного использования.

2. Величина смещения контура выработки, полученная, исходя из условий безопасной эксплуатации и выполнения экономически-целесообразного объема работ по приведению ее в состояние, пригодное для повторного использования, в рассматриваемых горно-геологических условиях составляет 0,4 м и является критерием, на основе которого возможно осуществлять проектирование систем крепи и охранных элементов на сопряжении «штрек-лава».

Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретическая значимость исследований заключается в установлении закономерностей деформирования системы «крепь выработки – целик – лава» и обосновании критерия, на основе которого доказана целесообразность и возможность повторного использования подготовительных выработок.

Практическая значимость исследований состоит в разработке «Рекомендаций по обеспечению устойчивости подготовительных выработок глубоких шахт, используемых повторно».

Ожидаемый экономический эффект составит 17,19 тысяч гривен на погонный метр выработки.

Реализация результатов исследований.

Результаты исследований внедрены в практику расчётов параметров предохранительных устройств (целиков) и систем рамно-анкерной крепи при повторном использовании подготовительных выработок глубоких угольных шахт: ГП «Антрацит», ПАО «ДТЭК Павлоградуголь».

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается корректной постановкой задач исследований, применением апробированных методов их решения, удовлетворительным совпадением результатов натурных измерений и аналитических расчётов (расхождение не превышает 15%), внедрением их в практику сооружаемых выработок.

Личный вклад автора состоит в формулировке цели и основных задач исследований, в постановке, сопровождении и обработке натуральных экспериментов; в разработке геомеханических моделей, их численного исследования и выдаче рекомендаций в отношении системы рамно-анкерной крепи подготовительной выработки, а также размеров охранной конструкции на сопряжении «лава-штрек».

Апробация результатов работы. Основные положения работы были доложены на техсоветах шахты «Комсомольская» ГП «Антрацит» (2010-2014); на семинарах кафедры строительства, геотехники и геомеханики Государственного ВНЗ «Национальный горный университет» (г. Днепропетровск, Украина, 2010-2014); на международной конференции «Форум горняков – 2013» (г. Днепропетровск, 2013, 2014), на Международной научно-технической конференции «Устойчивое развитие промышленности и общества» (г. Кривой Рог, 2015) и материалы XI Международной научно-технической конференции «Розробка, використання та екологічна безпека сучасних гранульованих та емульсійних вибухових речовин», (Кременчуг-Свялява, 2015 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 12 научных работ, в том числе 7 в специализированных изданиях (из них 3 - в изданиях, входящих в международные научные метрические базы), 5 в сборниках материалов конференций.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературных источников из 200 наименований на 22 страницах и трех приложений на 14 страницах. Содержит 144 страницы машинописного текста, 123 рисунка, 23 таблицы. Общий объем диссертации составляет 220 страниц.

РАЗДЕЛ 1. АКТУАЛЬНОСТЬ, ЦЕЛЬ И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Перспективы развития и особенности функционирования угольной промышленности Украины в период с 2013 по 2015 годы

В настоящее время уголь является и на отдаленную перспективу будет оставаться единственным энергоносителем, который Украина потенциально имеет в объемах, достаточных для практически полного обеспечения потребностей национальной экономики, что определяет его ведущую роль в энергетической безопасности государства [1-8]. Прогнозные запасы угля в Украине составляют 117,5 млрд. тонн, в том числе разведанные - 56 млрд. тонн. (рис. 1.1).

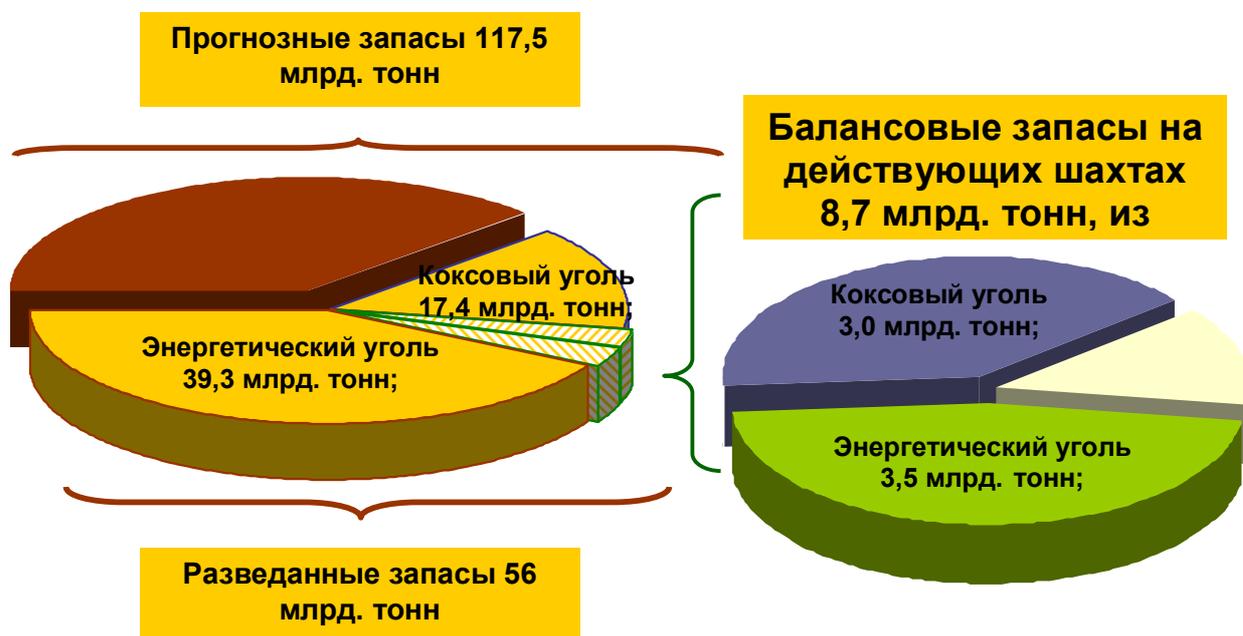


Рис. 1.1. Запасы угля в Украине

Многие годы уровень добычи угля в Украине оставался практически неизменным в пределах 72-80 млн. тонн.

В 2011 году объем добычи угля вырос до 82 млн. тонн, а в 2012 году стал рекордным за последние 10 лет и составил 86 млн. тонн (рис. 1.2).

Украина также имеет значительные запасы бурого угля, однако в последние годы его добыча была остановлена из-за отсутствия соответствующего спроса.



Рис. 1.2. Динамика производственных мощностей и добычи угля за период 1991-2014 гг.

К 2013 году отечественная угольная промышленность полностью удовлетворяла спрос в угольной продукции тепловых электростанций и теплоцентралей, населения и других потребителей. Лишь в коксохимическом производстве была потребность в импорте отдельных марок по качественным показателям. Вместе с тем, в структуре внутреннего потребления органического топлива удельный вес угольной продукции составлял лишь 36,5 %, что в 2,6 раза ниже удельного веса угля в природных запасах всех видов топлива. Это свидетельствовало и продолжает свидетельствовать о том, что Украина недостаточно использует потенциальные возможности собственного угля для повышения энергетической безопасности.

Крайне низок потенциал использования угля в производстве электроэнергии [6]. Так, доля электроэнергии, производимой с использованием

угольной продукции в Украине составляет лишь 26 % против 58 % - в Германии, 70 % - в Китае и 90 % - в Польше (рис. 1.3).

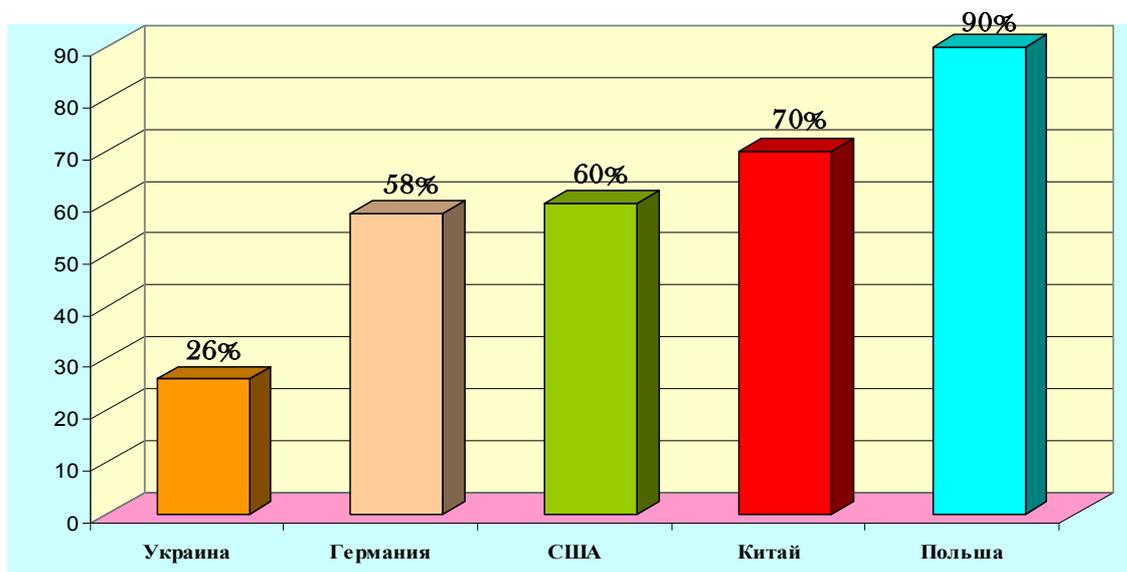


Рис. 1.3. Доля электроэнергии, производимой с использованием угля

Мировой опыт говорит об устойчивой тенденции опережающего роста использования угля по отношению к другим источникам энергии. Так, за последние 10 лет потребление угля в мире увеличилось почти на 50 %, в то время как потребление природного газа – на 30 %, нефти и атомной энергии – меньше, чем на 10 % [9]. Украина, при условии активного развития угольной промышленности, может стать самодостаточным государством в части энергообеспечения. К тому же расширяются возможности экспорта угольной продукции и его переработки. В то же время, из-за недостаточных капитальных вложений в предыдущие годы, угольная промышленность Украины имеет самый старый среди стран СНГ шахтный фонд, а его значительная изношенность привела к формированию отрицательного баланса производственных мощностей [10].

За период с 1991 по 2013 гг. производственная мощность угледобывающих предприятий уменьшилась с 192,8 млн. тонн до 85,9 млн. тонн в год или почти в 2,2 раза. Около 70 процентов всех государственных шахт работают без

реконструкции более 30 лет (см. рис. 1.2). Объемы государственного инвестирования в восстановление шахтного фонда были явно недостаточны, а угольные предприятия в основном нерентабельны и не в состоянии были финансировать инвестиционные проекты самостоятельно. Исходя из состояния мировой и украинской экономики в тот период, дальнейшее сохранение тенденций в угольной промышленности было бы губительным. Реализация значительного потенциала отрасли, способной полностью обеспечить собственные потребности и укрепить энергетическую безопасность Украины, требовала немедленного реформирования.

Эта острая необходимость была изложена в Программе экономических реформ на 2010-2014 гг. «Богатое общество, конкурентоспособная экономика, эффективное государство», в соответствии с которой были обозначены основные проблемы отрасли:

- ❖ высокая себестоимость угля, которая зачастую превышает цену импортного;
- ❖ сокращение внутреннего спроса на угольную продукцию, что по качественным показателям не отвечает современным технологическим требованиям;
- ❖ большая нагрузка на государственный бюджет из-за поддержки убыточного производства;
- ❖ отсутствие стимулов к снижению затрат через действующую систему государственной поддержки;
- ❖ низкие темпы приватизации и нехватка инвестиционных ресурсов для модернизации шахт;
- ❖ большая зависимость занятости населения от работы шахт и отсутствие целостного подхода к устранению негативных социальных последствий закрытия шахт.

В то же время конкурентными преимуществами угольной промышленности Украины являются:

- наличие больших запасов угля;

- значительные резервы повышения эффективности угледобычи и внедрение инновационных технологий;
- мощные вертикально-интегрированные компании в энергетической и металлургической отраслях;
- наличие соответствующей инфраструктуры в регионах угледобычи.

Исходя из вышеизложенного, основным шагом на пути повышения эффективности угледобывающих предприятий стало создание условий для привлечения в отрасль значительных инвестиций, в основном негосударственных. Механизмами реализации данного курса определены: приватизация отрасли, применение механизма государственно - частного партнерства, передача угольных предприятий в аренду или концессию. Именно передача угледобывающих предприятий из государственной в частную собственность позволит отрасли развиваться быстрыми темпами, с привлечением передовых технологий, с максимальной операционной и экономической эффективностью. Реальные механизмы привлечения инвестиций были определены в принятом Законе Украины « О государственно - частном партнерстве», который предусматривает ряд ключевых положений в защиту интересов частного инвестора.

В короткие сроки, с 2010 по 2012 год, была создана законодательная и нормативная базы для проведения в отрасли полноценных реформ. Приняты Законы Украины: «Об особенностях приватизации угледобывающих предприятий» и «Об особенностях аренды или концессии объектов топливо - энергетического комплекса, находящихся в государственной собственности».

В развитие этих процессов утвержден перечень из 88 угледобывающих предприятий, которые могут передаваться в концессию. Определен порядок принятия решения о передаче в аренду или концессию, а также требования технико-экономического обоснования передачи. Правительством утвержден перечень из 67 объектов отрасли, подлежащих приватизации в 2012-2014 годах, а также критерии определения способа приватизации. При разработке этих документов учитывался тот факт, что угледобывающие предприятия Украины,

учитывая геологические условия залегания запасов, чрезвычайно капиталоемкие с низкой эффективностью операционной деятельности и недостаточной инвестиционной отдачей. Значительная часть из них не может быть инвестиционно-привлекательными объектами без предоставления потенциальному покупателю особых условий после смены формы собственности: имеется ввиду законодательно закрепленное положение о предоставлении временной государственной помощи. Так, для повышения инвестиционной привлекательности отрасли в процессе приватизации и реализации механизмов государственно-частного партнерства предусмотрено на срок до 5 лет предоставление угледобывающим предприятиям государственной поддержки.

Другим шагом реформирования является либерализация рынка угля, поскольку сегодня формирование цен на уголь не базируется на рыночных принципах, а служит механизмом для компенсации затрат государственных угольных шахт. Такой подход приводит к отсутствию стимулов для повышения эффективности жизнеспособных предприятий и неоправданной поддержки очень убыточных шахт. В процессе либерализации угольного рынка должен обеспечиваться переход к торговле на электронных биржевых площадках и к формированию цен в соответствии с мировой практикой ценообразования на энергетический уголь, а именно с учетом показателей теплотворной способности угля.

Реформирование отрасли влечет за собой закрытие ряда неэффективных угольных предприятий. Учитывая дефицит средств государственного бюджета на реструктуризацию отрасли, продолжительность процедуры подготовки к ликвидации, процесс закрытия предприятий займет не менее 5-7 лет. Сроки закрытия конкретных угольных предприятий определяются Правительством отдельно. По предварительным оценкам, из нынешнего шахтного фонда к бесперспективным можно отнести около 20 шахт. Особенностью украинской угольной отрасли является то, что шахты, в своем большинстве, являются градообразующими, что усиливает социальный аспект. Устранение таких

последствий является важнейшей составляющей реформирования и требует особого внимания. Для решения этой проблемы в декабре 2012 года Кабинет Министров Украины одобрил Концепцию создания системы социальной поддержки работников отрасли и населения территорий, на которых находятся в стадии закрытия угледобывающие предприятия.

Сегодня негосударственный сектор, в состав которого вошли лучшие угледобывающие предприятия, объективно демонстрирует позитивную динамику. Объединяя 54,2 % производственных мощностей отрасли, он обеспечивает 72,4 % общеукраинской угледобычи. Все негосударственные угледобывающие предприятия рентабельны, уровень использования производственной мощности в среднем достиг более 90 %, а производительность труда рабочего по добыче угля в 2-3 раза выше, чем на государственных шахтах (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Показатели государственного и негосударственного секторов угольной промышленности Украины за 6 месяцев 2014 года

Наименование	Всего	в том числе		
		государственный сектор	частный сектор	аренда, концессия
Количество шахт, адм. ед.	141	96	23	22
% к общему количеству шахт	100	68,1	16,3	15,6
Производственная мощность на 01.01.2013, млн. тонн	85,9	39,4	29,6	16,9
% к общей производственной	100	45,8	34,5	19,7

мощности в целом по Украине на 01.01.2013, млн. тонн				
Объем добычи, млн. тонн	40,5	11,2	18,95	10,35
% к общей добычи	100	27,6	46,8	25,6

В сфере привлечения в развитие украинской угольной промышленности инвестиций расширяются рамки сотрудничества с Китайской народной республикой. В этой связи можно называть пилотный проект по техническому переоснащению шахты им. Мельникова ПАО «Лисичанскуголь».

Дальнейшие шаги по развитию угольной промышленности Украины нашли отражение в обновленной Энергетической стратегии Украины до 2030 года, которая была поддержана на Правительственном уровне. В ней определено, что активное, экономически обоснованное развитие угольной промышленности является одним из главных приоритетов для достижения энергетической безопасности, социально - экономического развития шахтерских регионов, наполнения государственного и местных бюджетов.

По соотношению на январь 2014 года потенциал украинской угольной промышленности был огромен. Сегодня проектная мощность всех угледобывающих предприятий Украины составляет 122 млн. тонн, производственная – 86 млн. тонн, государственного сектора, соответственно, 75 и 42 млн. тонн. Учитывая освоение мощностей - проектной на 38,1 % и производственной на 63,7 %, только госсектор имел резерв наращивания объемов добычи не менее 15,4 млн. тонн.

Однако, для этого нужны были большие капитальные вложения которые составили 46,6 млрд. грн., в т.ч. 26,0 млрд. грн. – на развитие. Естественно, по состоянию экономики такие объемы вложений государству были непосильны. Решить эту задачу предполагалось исключительно за счет широкого привлечения в угольную отрасль частных инвестиций, благодаря чему удалось бы повысить эффективность экономически привлекательных шахт и провести масштабную

модернизацию шахтного фонда. Приватизация отрасли должна была способствовать его активной модернизации. Благодаря росту производственных мощностей обновленного шахтного фонда и завершению начатого строительства шахт, при поддержке частных инвесторов, предполагалось полностью удовлетворить спрос на уголь. Было подсчитано, что добыча угля в Украине может вырасти до 115 млн. тонн в год с одновременным выводом отрасли на самоокупаемость. При этом объемы добычи энергетического угля составили бы около 75 млн. тонн в год, что достаточно для полного обеспечения внутреннего спроса со стороны электроэнергетики и других потребителей, включая производство новых альтернативных видов энергоресурсов - синтетического газа и водоугольного топлива [11-15].

В конце 2012 года было подписано кредитное соглашение между НАК «Нефтегаз Украины» и Государственным банком развития КНР о финансировании программы замещения природного газа украинским углем. Планировалось, что внедрение только первых 4-х проектов позволило бы с 2017 года обеспечить стабильный рынок сбыта в объеме 10 млн. тонн энергетического угля в год, а также уменьшить потребление импортного газа до 4 млрд. м³ в год, что дало бы ежегодную экономию 1,5 млрд. долл. США. К 2030 году, в случае увеличения объемов производства синтез-газа и водоугольного топлива, спрос на уголь мог увеличиться на 16 млн. тонн.

Также перспективным является вопрос комплексного использования угледобывающих месторождений – это добыча вместе с углем метана угольных пластов.

Для достижения поставленных целей в Стратегии развития отрасли предусматривалась реализация трех этапов:

- реформирование угольной отрасли (2010-2015гг.);
- осуществление частными инвесторами активной модернизации шахт (2015-2020 гг.);
- период стабильного роста отрасли (2020-2030 гг.).

На этапе реформирования отрасли предусматривалось решить следующие задачи:

- подготовить и провести приватизацию, передачу в аренду или концессию государственных шахт независимо от уровня рентабельности;
- оптимизировать систему вывода из эксплуатации неэффективных угледобывающих мощностей с решением технических, социальных и экологических проблем;
- рассмотреть возможность и целесообразность диверсификации поставки угля из разных источников по его необходимости.

На втором этапе развития отрасли ожидалась активная модернизация шахтного фонда частными инвесторами. В частности, замена устаревшего шахтного оборудования, внедрение новых технологий.

В этот период предполагалось создание инновационной базы для обеспечения угольной промышленности исключительно прогрессивными технологиями и оборудованием, научно - техническими разработками и решениями технических и геофизических задач. Отрасль должна была выйти на уровень рентабельности, государственное субсидирование должно быть полностью прекращено.

На третьем этапе развития отрасли ожидалась стабилизация роста добычи угля и постепенное замещение мощностей и технологий. В этот период собственниками должны были провести техническое переоснащение шахт с переходом на более высокий технико-технологический уровень путем внедрения малолюдных и безлюдных технологий добычи угля с достижением гарантированной безопасности труда шахтеров, обеспечить целевую подготовку рабочих необходимых профессий и менеджеров соответствующего уровня.

На всех этапах развития угольной промышленности государство осуществляло содействие по следующим основным направлениям:

- совершенствование нормативно-правовой базы лицензирования недропользования;
- комплексное использование угольных месторождений;

- государственная экспертиза проектов строительства и реконструкции;
- налоговое стимулирование по инвестированию;
- удешевление кредитов;
- поддержка и содействие развитию международного сотрудничества.

Планы, изложенные выше, были нарушены из-за военных действий на востоке Украины. По состоянию на 31.12.2014 года в Украине добыча угля осуществляли 150 шахт из которых 69 по разным причинам не работали.

В настоящее время на территории, контролируемой террористическими группировками, находится 85 шахт всех форм собственности, что составляет 57% от их общего количества по Украине.

Из 90 шахт, подчиненных Минэнергоуглю, 55 шахт находятся на контролируемой сепаратистами территории и 35 шахт находятся вне зоны ведения боевых действий. Из 55 шахт - 25 шахт, в среднем, добывают 11 тысяч тонн угля в сутки и 30 поддерживаются в режиме жизнеобеспечения (вентиляция и водоотлив), из которых 6 шахт остаются полностью обесточенными. Из 35 шахт – 33 шахты добывают 21 тыс. тонн в сутки, 2 шахты находятся в режиме водоотлива.

За 12 месяцев 2014 добыча угля в Украине составил 65 млн. тонн, что на 22 % меньше добычи за аналогичный период 2013 года, в том числе коксующегося – 16,3 млн. тонн, или на 28,2 % меньше уровня добычи по аналогичный период прошлого года, и энергетического – 48,7 млн. тонн, что на 15,6 % меньше добычи за аналогичный период прошлого года, в том числе марки Г + ДГ 30,7 млн. т, марки А + П - 20 , 6 млн. тонн (табл. 1.2).

При этом предприятиями государственного сектора добыто 17,7 млн. тонн угля, или 27,2% от общей добычи, предприятиями «ДТЭК» - 34,9 млн. тонн (53,7%) и другими предприятиями – 12,4 млн. тонн (19,1 %).

За 2014 год предприятиями ДТЭК добыча угля марок А и П составила 12,7 млн. тонн, или 61% от общей добычи этих марок по Украине.

Из общего объема (65 млн. тонн) добыча угля марок А и П составила 20,6 млн. тонн, или 31,7% от общей добычи (марки «А» - 14,3 млн. тонн, марки «П» -

6,3 млн. тонн). По сравнению с аналогичным периодом 2013 добыча угля марок А и П уменьшился на 9,7 млн. тонн.

Таблица 1.2

Объемы добычи угля в Украине за 2013-2014 г.г.

	2014 г.			2013 г.	
	млн. тонн	%	+/- до в.п. 2013 г. млн.тонн	млн. тонн	%
Всего	65	100	-18,7	83,7	100
в тому числе:					
- государственные угледобывающие предприятия	17,7	27,2	- 6,5	24,2	28,9
- ДТЭК	34,9	53,7	- 5,1	40,0	47,8
- другие частные компании	12,4	19,5	-7,1	19,5	23,3
в том числе по маркам:					
- «А+П», всего	20,6	100	- 9,7	30,3	100
- государственные угледобывающие предприятия	6,5	31,6	- 3,3	9,8	32,4
- ДТЭК	12,7	61,7	- 5,1	17,8	58,7
- другие частные компании	1,4	6,8	- 1,3	2,7	8,9
- «Г+ДГ», всего	30,7	100	-1,1	31,8	100
- государственные угледобывающие предприятия	8,2	26,7	- 0,9	9,1	28,6
- ДТЭК	22,2	72,3	+/-0	22,2	69,9
- другие частные компании	0,3	1,0	-0,2	0,5	1,5

Потери добычи в июне-ноябре 2014 года по Украине, с момента проведения боевых действий, согласно плановых показателей составили 6,2 млн. тонн угля (энергетического угля марок А + П - 4,0 млн. тонн), в том числе:

- государственными угледобывающими предприятиями за время проведения боевых действий в июне-декабре потери добычи угля составляли 3,7 млн. тонн (в том числе марки А + П – 1,8 млн. тонн);

По итогам работы в декабре 2014 года добыча угля по Украине составил 3,4 млн. тонн, то есть добыча угля уменьшилась в 2 раза (в том числе марок А и П - 1 млн. тонн, добыча уменьшена более чем в 2 раза).

- предприятиями Минэнергоугля в декабре добыто 582 тыс. тонн, добыча уменьшена почти в 3 раза, (в том числе марок А и П - 0 тыс. тонн, тогда как в апреле добыча этих марок составляла 916,3 тыс. тонн). Предприятиями Минэнергоугля которые работают на территории подконтрольной украинской власти, марки «А» и «П» не добываются.

Информация о поставках импортного угля на ТЭС в сентябре-декабре 2014 г, тыс.тонн представлена в табл. 1.3.

За 2014 год отгружено на ТЭС – 29,5 млн. тонн угля при плане 38,9 млн.тонн (- 9,4 млн.тонн):

Всего поставка:		в т.ч. ГП «Уголь Украины»	
Всего уголь	План	38,9 млн.тонн	
	Факт	29,5 млн. тонн	4,6 млн. тонн
Недоставка		9,4 млн. тонн	
Марки Г+Д	План	18,3 млн. тонн	
	Факт	17,0 млн. тонн	1,2 млн. тонн
Недоставка		1,3 млн. тонн	
Марки А+Т	План	20,6 млн. тонн	
	Факт	12,5 млн. тонн	(2,1 млн. импорт)
Недоставка		8,1 млн. тонн	

За декабрь 2014 года отгружено на ТЭС – 2 млн. 453 тыс.тонн угля при плане 3 млн. 493 тыс.тонн (- 1 млн. 40 тыс.тонн), в том числе:

Всего поставка: в т.ч. ГП «Уголь Украины»

Всего уголь	План	3 493 тыс. тонн	
	Факт	2 453 тыс. тонн	126 тыс. тонн.
Недоставка		1 040 тыс. тонн	

Марки Г+Д	План	1 767 тыс.т тонн	
	Факт	1 812 тыс. тонн	126 тыс.тонн.
	+	45 тыс. тонн	

Марки А+Т	План	1 726 тыс. тонн	
	Факт	641 тыс. тонн	
Недоставка		1 085 тыс. тонн	

По состоянию на 6.01.2015 года остатки угля на тепловых электростанциях составляют 1 млн. 117 тыс.тонн при плановых 5 млн. 230 тыс.тонн (дефицит 4 млн. 113 тыс.тонн от Прогнозного баланса), в том числе :

Остатки на ТЭС работающих на газовых углях :

План – 2 484 тыс. тонн.

Факт - 881 тыс. тонн.

Дефицит – 1 602 тыс. тонн.

Остатки на ТЭС работающих на антрацитовых углях :

План – 2 745 тыс. тонн.

Факт - 235 тыс. тонн.

Дефицит – 2 510 тыс. тонн.

Таблица 1.3

Информация о поставках импортного угля на ТЭС
в сентябре-декабре 2014 г, тыс.тонн

Генерация	ТЭС	Импорт на ТЭС				
		Сен- тябрь	Ок- тябрь	Но- ябрь	Де- кабрь	Итого
Центрэнерго	Трипольская	14,7	89,4	193,3	24,7	322,1
Центрэнерго	Змиевская	2,0	21,5	163,1	38,3	224,9
Всего Центрэнерго		16,7	110,9	356,4	63,0	547,0
ДТЭК Днепрэнерго	Кривожская	175,9	242,3	266,9	74,2	759,3
ДТЭК Днепрэнерго	Приднепровская	139,6	109,5	115,8	65,0	429,9
ДТЭК Востокэнерго	Луганская	87,8	95,7	92,0	35,0	310,5
Всего ДТЭК		403,3	447,5	474,7	174,2	1 499,7
Итого марки А+Т :		420,0	558,4	831,1	237,1	2 046,7

Долг электростанций перед ГП «Уголь Украины» на 1 января 2015 года составляет 877 млн.грн., в том числе :

660 млн.грн. – ДТЭК (600 млн. – август-ноябрь , 60 млн.- декабрь);

199 млн.грн - Центрэнерго (декабрь);

18 млн.грн. – Укринтерэнерго (5 млн. – ноябрь, 13 млн. – декабрь 2014 г).

По состоянию на 6 января 2015 года по государственным угледобывающим предприятиям, находящимся на территории, контролируемой Украиной, задолженность по заработной плате составила 794 млн. грн., в том числе за сентябрь – октябрь – 55 млн. грн.; ноябрь – 259 млн. грн.; декабрь – 480 млн. грн.

Основные тепловые электростанции, которые потребляли угольную продукцию Донецкой и Луганской областей:

Змиевская ТЭС ОАО «Центрэнерго» (Харьковская область):

потребляет уголь марки «А» и «Т» в объеме 2,3 млн. тонн в год, имела остатки на складе по состоянию на 01.01.2014 г. более 500 тыс. тонн. В настоящее время на грани остановки. Остаток угольной продукции на складе по состоянию на 12.05.2015 года составляет 20,6 тыс. тонн.

Трипольская ТЭС ОАО «Центрэнерго» (Киевская область):

потребляет уголь марки «А» и «Т» в объеме 1,9 млн. тонн в год, имела остатки на складе по состоянию на 01.01.2014 г. более 300 тыс. тонн. В настоящее время практически остановлена. Остаток угольной продукции на складе по состоянию на 12.05.2015 года составляет 2,9 тыс. тонн.

Криворожская ТЭС « ДТЭК Днепрэнерго» (Днепропетровская область):

потребляет уголь марки «Т». Основные поставки производились «ДТЭК Шахта «Комсомолец Донбасса», потребляет 3,2 млн. тонн в год. Остатки на складе по состоянию на 01.01.2014 года составляли более 550 тыс. тонн. В 2015 году ДТЭК импортировал на ТЭС угли ЮАР и Австралии. В настоящее время на грани остановки. Остатки угольной продукции по состоянию на 12.05.2015 года составляют 13,2 тыс. тонн.

Приднепровская ТЭС « ДТЭК Днепрэнерго» (Днепропетровская область):

потребляет уголь марки «А». Основные поставки производились ДТЭК «Ровенькиантрацит», ДТЭК «Свердловскантрацит». Годовое потребление 2,1 млн. тонн. Имела остатки на складе по состоянию на 01.01.2014 года более 300 тыс. тонн. В настоящее время на грани остановки. Остатки угольной продукции по состоянию на 12.05.2015 года составляют 10,2 тыс. тонн.

Луганская ТЭС «ДТЭК Востокэнерго» (Луганская область):

потребляет уголь марки «А» и «Т». Годовое потребление 2 млн. тонн. В настоящее время ДТЭК производит поставки угольной продукции с территории ЛНР транзитом через РФ, остатки угольной продукции по состоянию на 12.05.2015 года составляют 75 тыс. тонн.

Славянская ТЭС ОАО « Донбассэнерго» (Донецкая область):

потребляет уголь марки «А» и «Т». Потребляет 900 тыс. тонн в год, имела остатки на складе по состоянию на 01.01.2014 года 200 тыс. тонн. В настоящее время получает уголь с ДНР с «Арендного предприятия «Шахта Ждановская», остатки угольной продукции по состоянию на 12.05.2015 года составляют 53,3 тыс. тонн.

Таким образом, ситуация, сложившаяся в угольной отрасли и энергетике, является критической и требует не только скорейшего политического

разрешения, но и разработки новых технических решений, направленных на снижение себестоимости добываемого в Украине угля.

1.2. Государственное предприятие «Антрацит»

Государственное предприятие «Антрацит», имеющее юридический адрес на подконтрольной Украине территории, начало свою деятельность как производственное объединение по добыче антрацита с 1 марта 1981 года путем вывода из состава производственного объединения «Донбассантрацит» группы шахт и предприятий. Промышленные запасы угля по состоянию на 01.01.2012 - 95,6 млн.т., проектная мощность - 2500 млн.т / год, производственная - 1670 млн.т / год.

Государственное предприятие расположено на территории Антрацитовского района Луганской области.

На 01 сентября текущего года в составе государственного предприятия - 9 обособленных подразделений, в том числе: 2 действующие шахты «Комсомольская» и «Партизанская». Краткая характеристика шахт: «Комсомольская» и «Партизанская», представлена в табл. 1.4

Уставный капитал госпредприятия на 01.01.2014 - 164 007 тыс.

Основные источники финансирования: собственные и бюджетные средства.

Основные источники финансирования: собственные и бюджетные средства.

ОП «Шахта Комсомольская» введена в эксплуатацию в декабре 1980 года приказом Министерства угольной промышленности СССР. Промышленные запасы угля по состоянию на 01.01.2012 года - 77,34 млн.т., проектная мощность - 2100 тыс.т/год, производственная - 1400 тыс.т/год.

На шахте 25 структурных подразделений (участков), в том числе: 4 участка по добыче угля, 4 участка подготовительных работ, 12 подземных вспомогательных участков (шахтного и конвейерного транспорта, взрывных

работ, монтажа и демонтажа горношахтного оборудования, вентиляции и техники безопасности, главного подъемного комплекса, ремонта забойного оборудования) и 5 участков поверхностного комплекса.

Таблица 1.4

Краткая характеристика шахт: «Комсомольская» и «Партизанская»

Показатели	ГП «Антрацит»	«Комсо- мольская»	«Партизан- ская»
Год сдачи в эксплуатацию	1981	1980	1913
Год последней реконструкции		2005	1961
Годовая проектная мощность, тис. т/год	2500	2100	400
Годовая производственная мощность на 01.01.2011 тыс. т/год	1670	1400	270
Промышленные запасы на 01.01.2012 г. млн. т	95,6	77,34	18,26
Марка угля, назначения (коксующийся, энергетическое)		«А», энергетический	«А», энергетический
Символы и геологическая мощность пластов, отрабатываются, м		h8 1,06 – 1,41м; h10 0,88 – 1,51м	h10 1,27 – 1,90м
Угол падения пластов		h8 6° -8°; h10 2° - 38°	h10 5° - 8°
Категория шахты по газу (метану)		не газовая	не газовая
Максимальная глубина разработки		1080 м	
Схема подготовки пластов		панельная	панельная
Система разработки		столбовая сплошная комбинированная	столбовая
Режим работы: количество рабочих дней в базовом году		354	354
Количество смен работы очистных забоев по добыче угля		3 + 1 (три смены по добыче угля одна ремонтно-подготовительная)	

Развитие шахты в 2012-2016 годах с ростом объемов добычи угля и производственной мощности определяется проектом реконструкции, инвестиционным проектом 2011-2016 годов и проектом программы развития горных работ на 2012-2014 годы.

Проектами предусматривается:

Применить для отработки запасов угля, готовящихся новые технологические схемы с мехкомплексов нового технического уровня типа МКД-90 и МДТ с нагрузкой на скамью 900-1500 т/сут.

Выполнить реконструкцию вентиляции шахты, осуществив при этом:

- модернизацию вентиляторных установок на вертикальных стволах №1 и №3, заменив, соответственно, вентиляторные установки ВОД-30 и ВОД-21 на вентиляторные установки ВЦ-31,5М2.

- строительство западного воздухоподающего ствола диаметром 8,0м, глубиной 1279,5 м с объектами комплекса. Совершенствование вентиляционной сети шахты с сокращением ее протяженности. Модернизировать водоотливные комплексы горизонтов 690м и 960м и осуществить строительство водоотливных установок горизонтов 1080м и 1250м.

- проведение горных выработок для улучшения схемы подземного транспорта и обеспечения полной конвейеризации доставки угля от выемочных участков в приемных бункеров и др.

После выполнения приведенных выше работ намечается:

- подготовить промышленные запасы пластов h10, h8 и h7 с балансовыми запасами 127 200 000. Т.

- довести производственную мощность шахты до 2100 тыс.т рядового угля в год - уровня проектной мощности.

ОП «Шахта Партизанская» введена в эксплуатацию в 1913 году. Последняя реконструкция шахты проводилась в 1961 году. Промышленные запасы угля по состоянию на 01.01.2012 года составили 18,26 млн.т., проектная мощность - 400 тыс.т / год, производственная - 270 тыс.т / год.

На шахте 19 структурных подразделений (участков), в том числе: 1 участок по добыче угля, 4 участка подготовительных работ, 12 подземных вспомогательных участков (шахтного и конвейерного транспорта, взрывных работ, монтажа и демонтажа горношахтного оборудования, вентиляции и техники безопасности, главного подземного комплекса, ремонта убойного оборудования) и 3 участка поверхностного комплекса.

Развитие шахты «Партизанская» с ростом объемов добычи угля и производственной мощности шахты определяется: проектом «Вскрытие и подготовка к отработке запасов угля горизонта 20-х штреков пласта h_{10} », инвестиционным проектом 2011-2016 годов, проектом программы развития горных работ 2012 -2014 лет.

Проектами предусматривается:

- применить при отработке запасов угля, готовящихся новые технологические схемы с мехкомплексов нового технического уровня типа МКД90 и МТП с нагрузками на очистной забой 500-1500 т / сут;
 - совершенствование вентиляции шахты;
 - строительство установки вентилятора ВЦ-31,5М2 с введением в эксплуатацию воздухоподающей скважины диаметром 2,8м²;
 - совершенствование вентиляционной сети шахты с сокращением ее протяженности;
 - концентрация ведения горных по подготовке и добычи угля на пласта h_{10} , в частности;
 - подготовить горными работами и иметь в работе, начиная с 2015 года, 2 очистных забоя с нагрузками 1500 т / сут. и 500 т / сут;
 - рассредоточения транспортных потоков по доставке материалов, оборудования и транспортировке людей к местам работ и обратно и др.
- Выполнение намеченных мероприятий позволит обеспечить поэтапно увеличение добычи по шахте: 2012 - 405 тыс.т, 2013 - 450 тыс.т, 2014 - 500 тыс.т, 2015-2016 - 600 тыс.т ежегодно.

Шахты государственного предприятия добывают энергетический уголь марки А, продукты обогащения которого используются на предприятиях Минэнерго и бытовые нужды сертифицирована в ГП «УкрНИИУглезбагачення» и техническим комитетом Украины по стандартизации ТК-92 «Уголь и продукты его переработки» 09.2009 г. Характеристика угольной продукции ГП «Антрацит», представлена в табл. 1.5.

Таблица 1.5

Характеристика угольной продукции ГП «Антрацит»

Период	Марка угля		Запасы угля, млн.т		Зольность, %	Содержание серы, %	Влажность, %	Высшая теплота сгорания, Мдж/кг	Сфера применения	
	Коксующийся	Энергетический	Балансовые	Промышленные						
ГП «Антрацит»										
2012									Энергетические предприятия Минэнерго. Бытовые нужды	
«Комсомольская»										
2012			123,481	77,408	39,0	1,1	6,3	34,30		
«Партизанская»										
2012			28,734	18,453	33,7	1,1	6,5	33,0		

Поставка продукции до потребителя осуществляется на договорных условиях между ГП «Антрацит» и покупателем.

Порода после переработки автотранспортом увозится к отвала ЦОФ «Нагольчанская» на размещение.

На 2014 год разработана «Программа качество» добытого угля, при выполнении которой ожидалось снижение плановой зольности 39,0% на 0,3%, за счет применения в технологии добычи угля по 2 комбайна 1К-101У, проведение своевременных ремонтов мехкрепей в очистных забоях и улучшения контроля в подготовительных забоях по плотности закладки породы в зарамное пространство.

Отгруженный рядовой уголь для дальнейшей переработки на ЦОФ «Нагольчанская» соответствует международным стандартам и прошло

сертификацию генетических, технологических и качественных характеристик в ГП «УКРНИИУГЛЕБОГАЩЕНИЕ» 09.2009 года.

На ОП ш. «Комсомольская» и «Партизанская» осуществляется контроль за добычей горной массы из шахты для дальнейшей ее переработки на ЦОФ Нагольчанская.

Динамика добычи угля и проведения горных выработок за последние 10 лет на ОП им. Комсомольская приведена на рис. 1.4 и 1.5.



Рис. 1.4. Динамика добычи угля

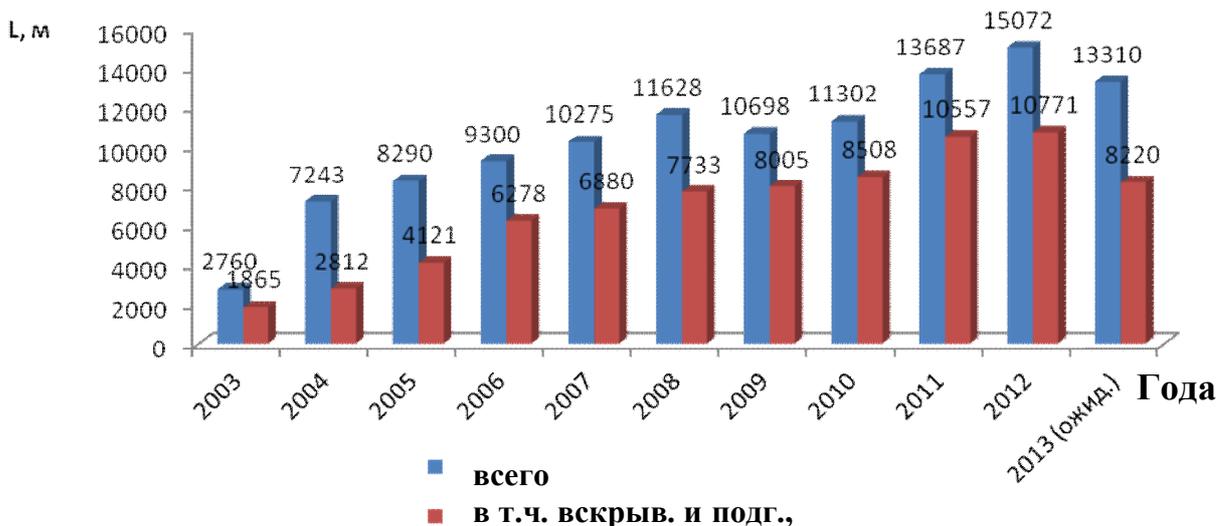


Рис. 1.5. Проведение горных выработок

1.3. Анализ горно-геологических и горнотехнических условий добычи угля на шахте «Комсомольская» ГП «Антрацит»

1.3.1. Общие сведения

Шахта «Комсомольская» введена в эксплуатацию 31 декабря 1980 года и является обособленным подразделением государственного предприятия «Антрацит», которое относится к сфере управления Министерства угольной промышленности Украины.

В настоящее время ОП ш. «Комсомольская» ГП «Антрацит» добывает рядовой уголь марки «А» (энергетический), из которого производят угольный концентрат. Потребителями угольного концентрата АШоб являются предприятия Минтопэнерго Украины в основном ОАО «Центрэнерго» (Луганская ТЭЦ, Змеевская ТЭС, Трипольская ТЭС) и др.

Размеры шахтного поля: по простиранию 7200 м, по падению 4500 м.

Общими границами шахтного поля являются: на юге - выходы пласта h_7 под четвертичные отложения; на севере - ось Боково-Хрустальской синклинали; на западе - сброс Яковлевский и условная линия его продолжения; на востоке - сброс Юскинский восточный № 3.

Шахтное поле вскрыто вертикальными центрально-сдвоенными стволами, пройденными до горизонта 960 м (абсолютная отметка -700,0 м).

На горизонтах 690 м 960 м пласты h_{10} , h_8 , и h_7 вскрыты горизонтальными квершлагами. Околоствольные двory оборудованы на горизонтах 690 и 960 м у вертикальных центрально-сдвоенных и вентиляционных № 1 и № 3 стволов.

Подготовка шахтного поля – панельная с обработкой выемочных столбов в основном лавами по простиранию.

Порядок отработки шахтного поля – прямой. Порядок отработки пластов – смешанный. Подготовка пластов – пластовая и полевая.

Гидрогеологические условия шахтного поля относительно сложные. Основными водоносными горизонтами пластового типа являются пачки

песчаников и известняков, а в отдельных случаях трещиноватых сланцев песчаных.

Категория шахты по газу – негазовая. Все угольные пласты ОП ш. «Комсомольская» отнесены к неопасным по выбросам газа, угля, и не склонны к самовозгоранию, не опасны по горным ударам.

Замеры температуры углевмещающих пород производилась на действующих горизонтах на глубинах 880м — $+29,5^{\circ}$ и 1080м — $+31,7^{\circ}\text{C}$. На глубине 1200м температура будет составлять в среднем $39,8^{\circ}\text{C}$ при колебаниях от $36,4^{\circ}\text{C}$ до 43°C . Геометрический градиент $2,2=2,4$ град. на 100м.

По результатам доразведки запасы угля в технических границах с учетом запасов в целиках составляют 188281 тысяч тон категорий А+В+С₁. В том числе 97069 тысяч тон категории А+В, что составляет 51,6 % от общих запасов. На площади первоочередной отработки получили соотношении запасов высокой категории 89,2 %.

Основные показатели деятельности за весь срок службы шахты приведены на рис. 1.6.

1.3.2. Тектоническое строение

В структурно-тектоническом отношении рассматриваемое шахтное поле приурочено к Южному крылу Боково-Хрустальной синклинали, являющейся составной частью Главной синклинали, одной из наиболее крупных тектонических структур Донбасса. Простираение пород на поле шахты близкое к широтному, падение северное. Углы падения на выходах угольных пластов составляют 40° - 30° , а с глубиной и в направлении оси синклинали уменьшаются до 3° - 5° (рис. 1.7).

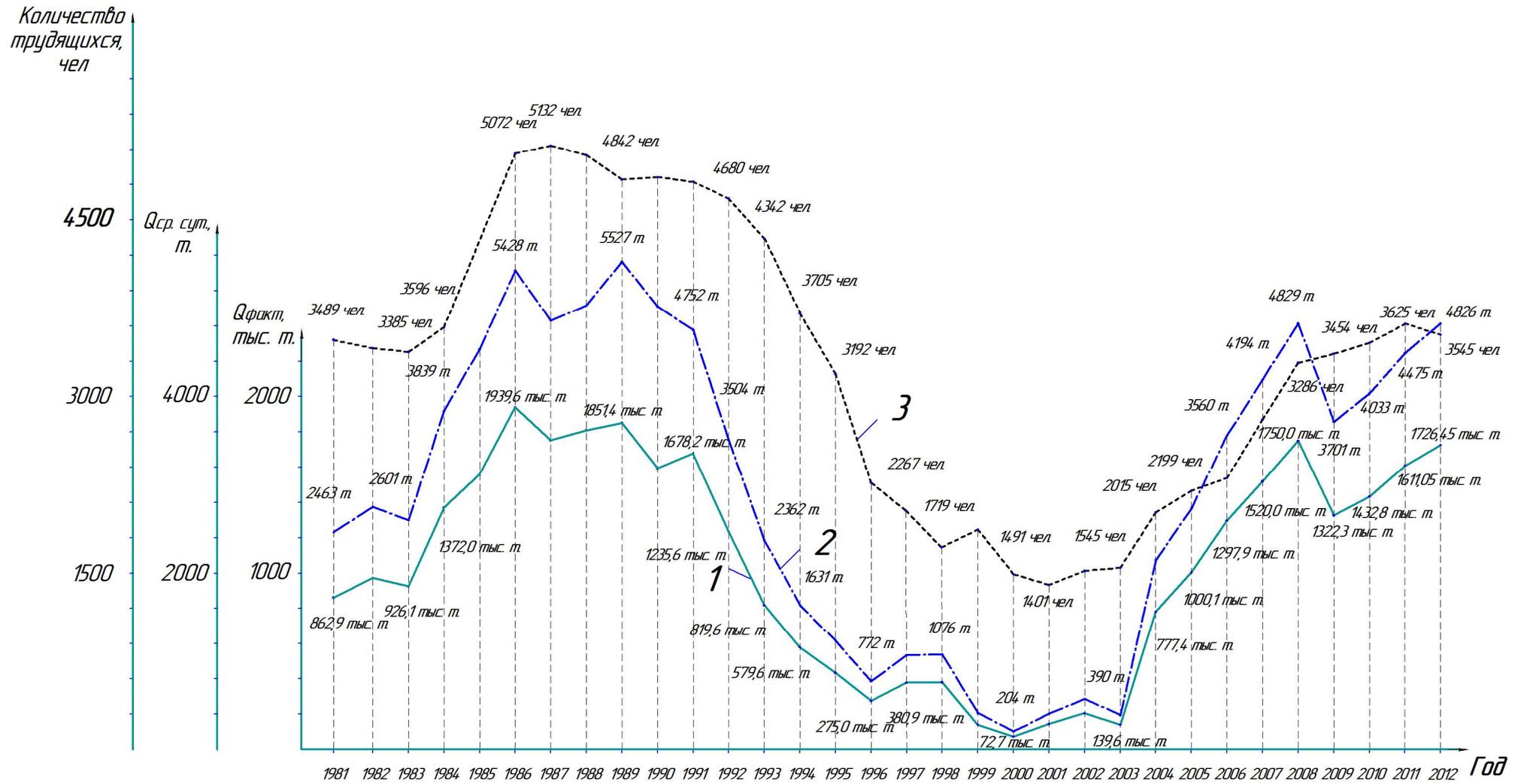


Рис. 1.6. Основные показатели деятельности ш. «Комсомольская»:

1 – фактическая добыча угля; 2 – среднесуточная добыча угля; 3 – численность трудящихся.

Спокойное, близкое к моноклиальному залегание угленосной толщи в пределах шахтного поля осложнено многочисленными поперечными крутопадающими мелкими и средними разрывами типа сбросов, развитие которых тесно связано с формированием Ровенецкого поперечного поднятия.

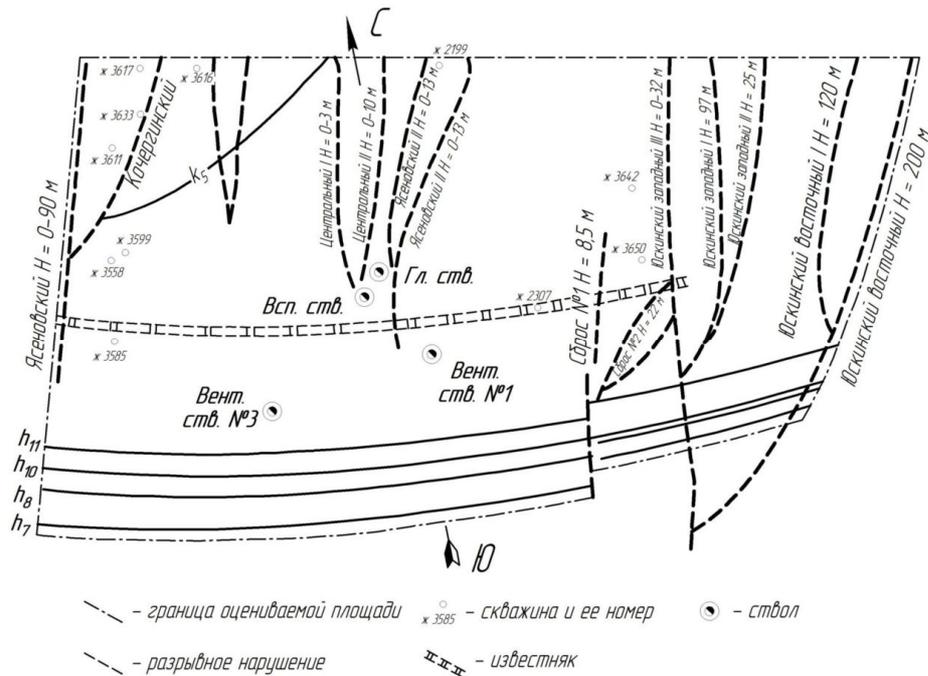


Рис. 1.7. Тектоническая схема шахтного поля ш. Комсомольская

Основными разрывами в пределах шахтного поля являются сбросы: Яковлевский, Кочергинский, Щетовские № 1, № 2., № 3, Ясеневские № 1, № 2, Центральные № 1, № 2, № 3, сброс № 1, Юскинский Западный, Промежуточный и Юскинский Восточный. Разрывы имеют сложное строение и представлены, как правило, несколькими сместителями открытого типа, образуя в ряде случаев грабеновые структуры. Углы падения сместителей составляют $75-87^{\circ}$. Все разрывы сопровождаются мощными зонами трещиноватости и раздробленности пород мощностью до 50 – 100 м, чем обусловлены значительные сложности их перехода горными выработками. Амплитуда разрывов изменяется от нескольких метров до 50-70 м, закономерно возрастающая по направлению к оси синклинали и с глубиной.

Кроме вышперечисленных на шахтном поле горными выработками зафиксированы многочисленные очень мелкие разрывы и флексурные

перегибы с амплитудами смещения от 0,3-0,5 до 2-2,5 м, оказывающие существенное отрицательное влияние на проведение всех выработок. Кроме того для шахтного поля характерна неравномерная тектоническая трещиноватость.

Во вмещающих породах выделяют две основные тектонические системы трещин. Основная система ориентирована практически параллельно разрывам и характеризуется азимутом простирания 15° - 35° , западным и восточным падением под углами 75° - 85° . Трещины открытого типа, реже частично или полностью заполнены вторичными минеральными образованиями (кварцем, гипсом, кальцитом). Густота трещин данной системы составляет от 1-3 до 10-20 и более трещин на один погонный метр, образуя зоны сгущения. Трещины данной системы оказывают основное отрицательное влияние на условия проходки выработок и отработки угольных пластов.

Вторая система трещин (общедонбасская) ориентирована по простиранию угленосной толщи, имеют чаще южное падение под углами от 45° - 60° до 82° . Трещины имеют притертые стенки или закрытого типа. Густота трещин не превышает 3-4 трещин на один погонный метр.

Кроме указанных систем во вмещающих породах эпизодическое распространение имеют диагональные системы трещин, северо-восточного и северо-западного простирания.

Максимальное распространение тектонические трещины получили в крепких породах - известняках, песчаниках, значительно меньшее в сланцах песчаных. Для глинистых пород – сланцев глинистых характерна послойная трещиноватость с зеркалами скольжения, что существенно снижает связность и соответственно устойчивость пород кровли угольных пластов и оказывает влияние на выемку пласта и засорение горной массы.

1.3.3. Стратиграфия и литология

В геологическом строении шахтного поля принимают участие терригенные отложения свит C_2^3 , C_2^4 , C_2^5 среднего отдела каменноугольного периода, представленные типичным в целом для Донецкого бассейна близким к

ритмическому чередованию песчаников, сланцев песчаных и глинистых с включением маломощных прослоев известняков и углей (рис. 1.8). Усредненные характеристики основных физико-механических свойств пород кровли почвы антрацитовых пластов по полю ш. «Комсомольская», представлены в табл. 1.6.

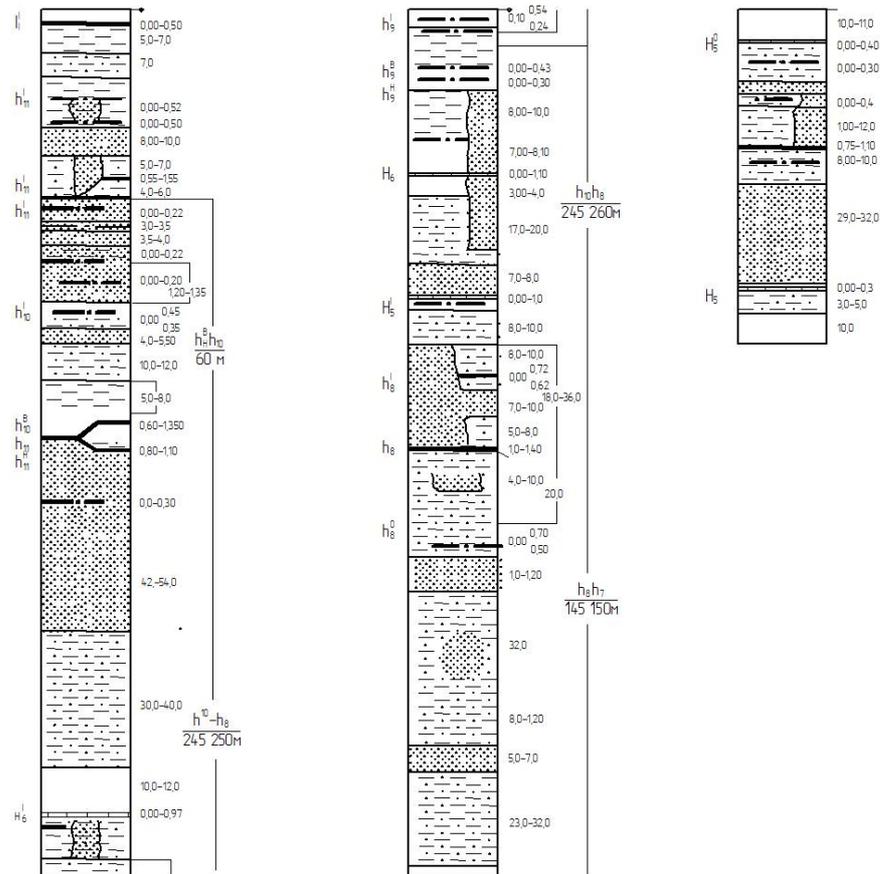


Рис. 1.8. Литологическая колонка

Песчаники в разрезе угленосной толщи составляют от 30 до 40%, преимущественно серые и светло-серые мелкозернистые с редкими маломощными прослойками средне- и крупнозернистых. По минеральному составу преимущественно кварцево-полевошпатовые, в качестве акцессорных минералов присутствует слюда (биотит и мусковит). Песчаники слоистые и редко массивные, цемент – глинистый, реже кварцевый, слоистость подчеркивается сменой цвета и гранулометрического состава материала. Типы

слоистости – параллельная, реже косая и косопрерывистая. Песчаники крепкие и весьма крепкие характеризуются пределами прочности на сжатие от 650 до 1400 кг/см². В разрезе угленосной толщи песчаники слагают пачки мощностью от 8-10, до 30-40 м. Сланцы песчаные составляют в разрезе угленосной толщи до 30-45 %. Серые и темно-серые, горизонтально слоистые, по наслоению наблюдается вкрапленность слюды и отпечатки растительности. Сланцы песчаные средней крепости и крепкие, характеризуются пределом прочности на сжатие от 450 до 800 кг/см².

Сланцы глинистые составляют в разрезе угленосной толщи до 25-27 %, темно-серые до черного, тонкогоризонтально слоистые и реже массивные, по наслоению обогащены растительным детритом, в ряде случаев включают линзовидные нитевидные прослойки блестящего угля.

Сланцы глинистые залегающие в почве угольных пластов имеют комковатую текстуру, очень слабые («кучерявчики»). Сланцы средней крепости и слабые, предел прочности на сжатие от 60-80 до 250 кг/см². Сланцы глинистые слагают пачки мощностью до 25-30 м, являются зачастую кровлей и почвой угольных пластов, а также могут иметь самостоятельное значение.

Известняки составляют в разрезе угленосной толщи до 2-2,5 %, серые, реже светло серые, часто глинистые, массивные, с редкими отпечатками фауны; крепкие, весьма крепкие, предел прочности на сжатие от 800 до 1300 кг/см². Известняки характеризуются весьма высокой выдержанностью по площади являются надежными маркирующими горизонтами. Основными являются I₂, I₃, I₄, I₅; K₃, K₄, K₆, K₈.

Угли составляют в разрезе угленосные толщи до 2,5% представлены черными, блестящими (витреновыми) разностями с редкими прослойками сажистых фюзеновых углей и углистых сланцев. Массивные и полосчатые, крепкие, предел прочности на сжатие с 60-70 до 130 кг/см², слагают пласты мощностью 0,1-0,2 до 1,5-1,8 м; отдельные из них являются объектом разработки.

Таблица 1.6

Усредненные характеристики основных физико-механических свойств пород кровли
и почвы антрацитовых пластов по полю ш. «Комсомольская»

Литотип	Удельный вес, гс/см ³		Объемный вес, кг/см ³		Пористость, %		Водопоглощение, %		Естественная влажность, %		Предел прочности, кгс/см ²			
											В естественном состоянии		Во влагонасыщенном состоянии	
	min/ max	\bar{x}	min/ max	\bar{x}	min/ max	\bar{x}	min/ max	\bar{x}	min/ max	\bar{x}	min/ max	\bar{x}	min/ max	\bar{x}
Песчан.	2,62- 3,28	2,7 4	2,43- 2,96	2,7 0	0,36- 10,36	1,7	0,12- 1,12	0,37	0,06-0,9	0,1 7	667- 2715	156 5	466- 2398	119 7
Сланец песчан.	2,67- 3,06	2,7 9	2,38- 2,86	2,7 2	0,36- 8,12	2,5 9	0,17- 4,84	0,72	0,06- 1,16	0,3 6	133- 1747	839	209- 1370	639
Сланец песчано- гли- нистый	2,72- 3,00	2,8 0	2,42- 2,88	2,7 3	0,36- 9,67	2,7 5	0,32- 1,75	0,88	0,1-1,55	0,4 4	258- 1288	763	92-810	519
Сланец гли- нистый	2,54- 2,86	2,8 0	1,92- 2,82	2,6 4	1,45- 7,86	3,8	0,38- 1,91	1,01	0,1-2,6	0,6 8	119- 1033	606	197-727	541

1.3.4. Угленосность и качество угля

Промышленная угленосность в пределах шахтного поля связана с отложениями свит C_2^3 и C_2^5 . В разрезе свиты C_2^3 промышленное значение имеют пласты $h_2, h_4, h_6', h_7, h_8, h_{10}, h_{11}$.

В отложениях свиты C_2^5 рабочую мощность имеют пласты k_2, k_5, k_5', k_7'' , которые полностью отработаны шахтами «им. 50-летия Советской Украины» (k_2), «Центральная», «№12» и «№ 14, «7-7 бис» ($k_5, k_5' - k_7''$).

На балансе шахты «Комсомольская» состоят 4 угольных пласта h_7, h_8, h_{10}, h_{11} . В настоящее время шахтой разрабатывается два пласта антрацита h_8 и h_{10} . Пласт h_7 отработан до горизонта 690 м и горные работы по пласту временно законсервированы. Пласт h_{11} не разрабатывается по причине сложного строения, высокой пластовой зольности, а также неустойчивости пород кровли и почвы.

Пласт h_8 является основным рабочим пластом, залегает в 250 м ниже пласта h_{10} . Строение пласта простое, реже в средней части появляется прослой сланца углистого или глинистого, мощностью 0,02 – 0,10 м. Мощность пласта изменяется от 0,8 до 1,6 м. Влажность аналитическая - 1,21%, пластовая зольность - 5,0 – 36,2 %, при характерных: 16,4 – 18,3%. Сера общая - 1,5 %. Предел прочности на одноосное сжатие в естественном состоянии перпендикулярно наслоению 878 кг/см². Предел прочности на растяжение параллельно наслоению 42,0 кг/см². В целом пласт выдержан, сохраняет промышленное значение на всей площади, относится к группе выдержанных.

Физико-механические показатели свойств пород, вмещающих пласт h_8 приведены в табл. 1.7.

Основная кровля для западной и центральной части шахтного поля по пласту h_8 представлена кварцевым песчаником крепким и очень крепким, мощностью 7-28 м $f = 10-21$. Весьма труднообрушаемая (A_4) и труднообрушаемая (A_3). В зонах тектонических нарушений - среднеобрушаемая (A_2).

Таблица 1.7

Экстремальные и средние значения показателей физико-механических свойств вмещающих пород пласта h₈

Вмещающие породы		Пористость, %	Предел прочности на сжатие, кгс/см ²		Предел прочности на разрыв, кгс/см ²	
По данным разведочных работ						
Основная кровля	Песчаник	0,36-3,65 1,55	867-2613 1658	466-2398 1273	37-2398 1278	58-351 185
Непосредственная кровля	Песчаник	0,36-10,36 1,73	918-2504 1686	1059-2023 1416	106-385 228	40-320 212
Непосредственная почва	Песчаник	— 0,36	939-1363 1206	— 914	94-240 154	— 147
Основная почва	Песчаник	0,36-3,29 1,0	718-2519 1532	846-1709 1303	76-355 201	87-197 149
По данным горных работ						
Основная кровля	Песчаник	0,75-0,76 0,76	1097-2030 1662	—	—	—
Непосредственная кровля	Песчаник	0,74-2,22 1,29	1182-3195 1940	— 800	— 202	—
Непосредственная почва	Песчаник	—	448-1719 1195	—	—	—

Непосредственная кровля - песчаник кварцево-слюдистый с прослоями сланца песчаного и угольными пропластками. Его мощности колеблются в пределах 1,5-2,7, $f = 10-15$. Среднеустойчивая (B_4), а в зонах тектонических нарушений малоустойчивая.

Для неотработанной центральной части шахтного поля характерно наличие «ложной» кровли, мощностью до 0,25м

Основная кровля для восточной и северо - восточной част шахтного поля - песчаник мощностью до 17м, $f=10-15$. Труднообрушаемая (A_3).

Непосредственная кровля - сланец песчаный мощностью 3,5-8 м. Малоустойчивая (B_3) и неустойчивая (B_2) в зонах нарушений.

Непосредственная почва пласта h_8 на 78% представлена сланцем песчаным $f = 7-9$. Среднеустойчивая (Π_2), а в подготовительных выработках склонна к поддуванию. На 8% представлена песчаником 2-10м $f = 10-13$, устойчивым Π_3 . На 6% представлена сланцем глинистым, мощностью до 1,0м, не устойчивым Π_1 , способным выниматься вместе с углем.

Основная почва - сланцы, среднеустойчивая (Π_2).

Пласт h_{10} залегает в 100 м ниже свитного известняка I_1 и в 60 м ниже пласта h_{11} . Строение пласта двухпачечное. Прослой представлен обычно сланцем глинистым, реже углистым, мощностью 0,04 – 0,15 м. Полезная мощность пласта 0,6 - 1,2 м. Аналитическая влажность составляет 0,35 %. Предел прочности на одноосное сжатие, в естественном состоянии перпендикулярного наслоения 763 кг/см². Зольность угольного пласта - 17,9 - 19,5 %, сера общая – 1,4 %. С глубиной мощность внутрипластового прослоя постепенно уменьшается и на горизонте с отметкой -450 м он практически выклинивается. В восточной части площади пласт h_{10} – расщепляется на два самостоятельных пласта $h_{10в}$ и $h_{10н}$, разделенный породным прослоем мощностью до 10 м, представленным сланцем песчаным.

Таким образом, пласт h_{10} относится к группе выдержанных, а пласт $h_{10в}$ и пласт $h_{10н}$ к невыдержанным. Физико-механические свойства вмещающих пород пласта h_{10} , представлены в табл. 1.8.

Таблица 1.8

Экстремальные и средние значения показателей физико-механических свойств
вмещающих пород пласта h_{10}

Вмещающие породы		Пористость %	Предел прочности на сжатие, кгс/см ²		Предел прочности на разрыв, кгс/см ²	
					наслоен ию	наслоени ю
По данным разведочных работ						
Основная кровля	Песчаник	0,37-4,30	874-1926	637-1634	64-367	46-214
		1,91	1444	1069	161	101
Непосред ственная	Песчаник	0,72-4,67	940-1804	891-1265	109-236	30-98
Непосред ственная почва	Песчаник	1,80-5,71	806-1674	—	100-110	—
Основная	Песчаник	0,36-4,03	887-2715	598-1868	89-531	78-288
По данным горных работ						
Непосред ственная	Сланец песчаный	—	622-1409	—	—	—
Непосред ственная	Песчаник	—	2705-2822	—	—	—

Основная и непосредственная кровля угольного пласта h_{10} представлена сланцем песчаным (9-37 м) крепким $f = 7-9$, Б₄ (Б₃) и в зонах нарушений (Б₂). Основная кровля относится к категории А₃. «Ложная» почва представлена сланцем глинистым или углисто-глинистым, слабым $f = 2,5$ мощностью до 0,5 м. Легко вынимается при добыче.

Непосредственная почва - сланец песчаный, мощностью 2,5-11,0 м $f = 7-9$, крепкий относится к категории среднеустойчивая (П₂).

Основная почва - песчаник кварцевый крепкий и очень крепкий, мощностью до 35 м $f = 15-18$, устойчивая (П₃).

1.4. Цель, основные задачи и методы исследований

Целью настоящих исследований является обоснование таких параметров геомеханической системы «крепь выработки-охранная конструкция-лава», при которых возможно повторное использование подготовительных выработок.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие основные задачи:

1. Выполнить анализ состояния угольной промышленности Украины с учетом сложившейся на текущий момент экономической ситуации.
2. Выбрать объект исследований и изучить свойственные ему горногеологические и горнотехнические условия.
3. обосновать деформационный критерий оценки возможности повторного использования подготовительной выработки.
4. Исследовать несущую способность предохранительных целиков из различных материалов, в соответствии с выбранным деформационным критерием.
5. Выполнить оптимизацию элементов анкерной системы.
6. Произвести экономические сравнения вариантов обеспечения устойчивости подготовительной выработки, предназначенной для повторного использования.
7. Разработать рекомендации по выбору параметров охранных систем и крепи, обеспечивающих повторное использования подготовительных выработок.

При решении поставленных задач будут использованы методы системного анализа, конечно-элементного анализа, твердых деформационных тел, теории вероятностей и математической системы.

Выводы

1. Анализ ситуации, сложившейся в угольной промышленности в результате событий, происходящих в Луганской и Донецкой областях, показал, что около 50 % добычи угля в целом и 100 % антрацитов и «тощих» углей осталось на территории, контролируемой незаконными вооруженными формированиями.

2. Основная нагрузка по добыче угля ложится на шахты, расположенные в областях, контролируемых украинской властью, и на те предприятия, которые зарегистрированы на легитимной территории.

3. Уголь, добываемый в Донбассе, всегда имел высокую себестоимость на шахтах государственной подчиненности. Снижение затрат на его добычу, что автоматически ведет к повышению конкурентоспособности угля, является важной народно-хозяйственной задачей. Один из путей минимизации стоимости угля является повторное использование подготовительных выработок.

РАЗДЕЛ 2.
ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ
В ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТКАХ
ОП «ШАХТА «КОМСОМОЛЬСКАЯ» ГП «АНТРАЦИТ»

2.1. Анализ и обобщение опыта применения способов повышения устойчивости выемочных штреков

Целью исследований, выполненных в настоящей диссертации, является обоснование возможности повторного использования подготовительных выработок. В этой связи ниже приведены обзор информационных источников по проблеме обеспечения устойчивости выработок, находящихся как в зоне влияния очистных работ, так и вне зоны такого влияния.

При поддержании подготовительных выработок в основном (92-98 %) применяется арочная податливая крепь из спецпрофилей СВП-27 и СВП-33 с различным сечением и плотностью установки, масса которой на одном метре выработки достигает 600-1000 кг

Выработанная в отрасли концепция перехода на большие сечения выемочных выработок (13-18 м²) сопряжена с последующим возрастанием расхода металла, поскольку увеличение площади сечения выработок с арочной металлической крепью в свету от 7,1 до 12,7 м² ведет к росту расхода металла в 2 раза. В связи с этим удельный расход металла для крепления выработок в отдельных случаях достигает 3,5-4,0 т на 1000 т добытого угля [16, 17, 18].

На основании результатов многолетнего опыта эксплуатации выемочных штреков при отработке тонких пологих пластов [19, 20, 21] сделан вывод о необходимости восходящего (прямоточного) проветривания на шахтах с высокой газообильностью. Для обеспечения этого условия один из выемочных штреков необходимо поддерживать вслед за проходом лавы.

Следует также отметить, что в мировой практике наиболее распространенной и прогрессивной является столбовая система разработки,

объемы применения которой во многих угледобывающих странах достигают 100 % [22, 23].

Поведение пород кровли и почвы пласта обусловлено, прежде всего, их физико-механическими свойствами, которые для условий шахт Донбасса изучены достаточно глубоко [24-27]. Цель представленного ниже анализа заключается в обобщении результатов предшествующих работ для формирования физических представлений об основных особенностях поведения неустойчивых пород в зоне сопряжения лавы и выемочного штрека.

В работе [28] на основании результатов широкомасштабных шахтных исследований представлены графические модели обрушения кровли и ее поведения над механизированной крепью, в том числе на сопряжениях лав со штреками. Установлены скорости сближения пород в зоне движущегося очистного комбайна и при передвижке секций крепи, а также средняя скорость сближения пород при установившемся режиме работы механизированной крепи. Обобщенная графическая модель поведения кровли представлена на рис. 2.1.

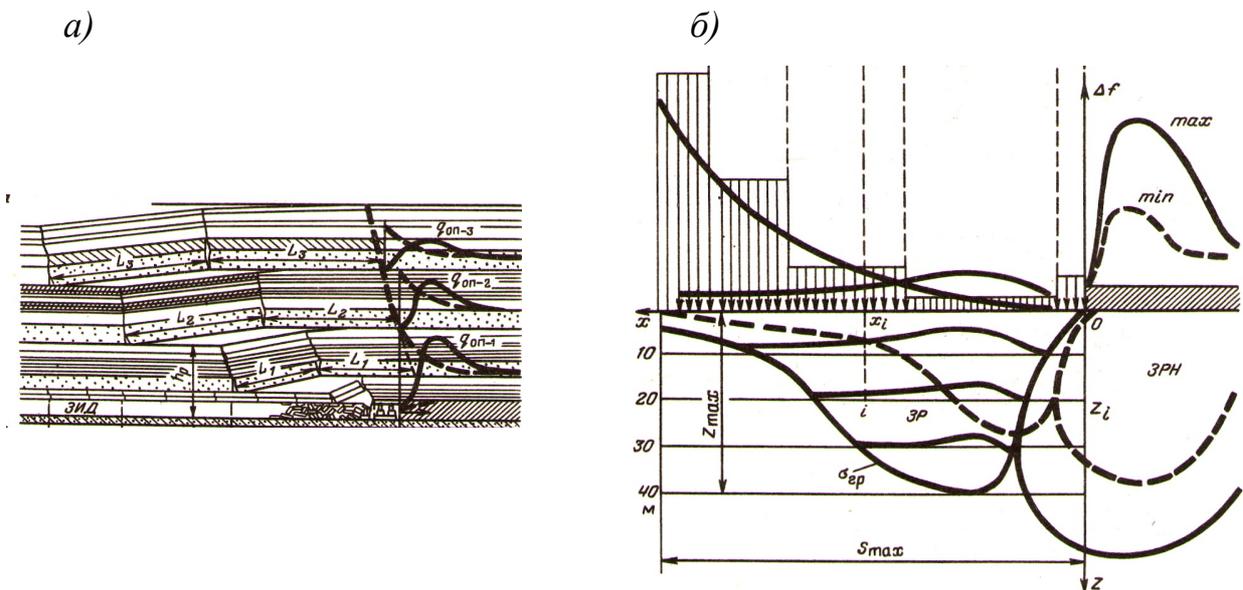


Рис. 2.1. Основные зоны деформирования в подработанном породном массиве и схема построения зоны разгрузки: а – ступенчатый характер нагружения почвы в выработанном пространстве; б – характер убывания и частичных восстановлений деформаций сжатия с глубиной этой зоны

В работе [29] рассмотрены гипотезы горного давления применительно к различным типам вмещающих пород: гипотеза свода давления, консольных плит (балок), шарнирных блоков, ступенчатого опускания кровли и другие. Показано, что на сопряжениях лавы со штреками и непосредственно в лаве характер поведения боковых пород отличается своей асимметрией.

В работе [30] рассмотрены геомеханические процессы, происходящие во вмещающих породах и угольных пластах. Предложено условное разделение породного массива, окружающего выработку, на 5 зон: нетронутые горные породы; зона активного проявления горного давления, в том числе опорного; зона взаимодействия крепи, боковых пород и угольного пласта; зона обрушения пород; зона нового равновесия в системе «боковые породы-пласт-крепь».

В работе [31] дана графическая интерпретация деформирования пород кровли в зоне сопряжения лавы с выемочным штреком (рис. 2.2).

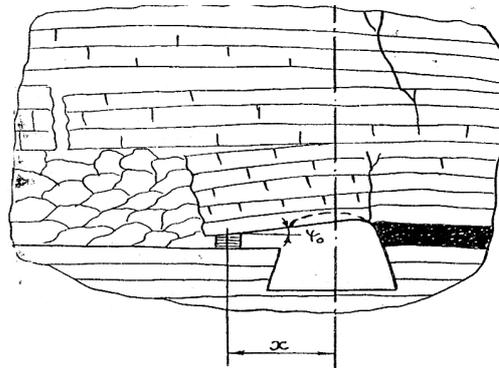


Рис. 2.2. Схема обрушения пород кровли над сопряжением штрек-лава: ψ_0 – угол наклона кровли над выемочным штреком; x – длина активной части консоли пород кровли

Представленная схема также свидетельствует об асимметрии формы сопряжения после выемки части угольного пласта, а также о направлениях перемещения ложной, непосредственной и основной кровель пласта, что позволяет в первом приближении, использовать данный механизм для расчетов нагрузок на средства охраны штрека.

В работе [32] представлены результаты исследований поведения боковых пород вокруг выемочных штреков в условиях пологих пластов средней мощности.

Обобщение результатов исследований свидетельствует о наличии в кровле над сопряжением «kozyрька» из сохраняющих целостность пород, который опирается консолью на разрушенные породы в лаве и на охранные конструкции, возводимые в лавной части сопряжения лавы со штреком. Опускание козырька-консоли приводит к деформациям сечения штрека в его верхней части, а поднятие почвы уменьшает нижнюю часть сечения. Работа охранных конструкций заключается в уменьшении прогиба козырька-консоли, что снижает деформации верхней части сечения штрека.

В работе [33] приведены графические модели структур геомеханических систем в зависимости от различных подходов к изучению поведения породного массива над выработками. Сделан акцент на необходимость рассмотрения поведения не одиночного пласта, а их свиты для учета взаимовлияния отработанных пространств и целостных участков породного массива [34]. Отмечается, что невозможно из общих теоретических положений вывести уравнения поведения кровли и почвы, которые с достаточной для практики точностью описывали бы поведение как неустойчивых, так и труднообрушаемых пород. Вместе с этим утверждается [33], что активная переструктуризация пород непосредственной кровли и почвы в любом случае на неопределенное время улучшает состояние выработок. Приведенные в работе расчеты свидетельствуют, что при правильной эксплуатации крепи штрека (забутовка закрепного пространства, штатные замки, межрамные перекрытия и пр.) и охранных конструкций (накатники, 2-х рядная органная крепь, исправные концевые и бермовые секции крепи и т.д.), требуемое сечение повторно используемого штрека, в принципе, можно сохранить при отработке выемочного столба, но при породах 1-й и 2-й категорий устойчивости.

Авторы работ [35, 36] изучали напряженно-деформированное состояние породного массива в зоне расположения подготовительных выработок при

пучащих почвах, что позволило вывести уравнения вязко-пластического течения пород. В результате обработки экспериментальных данных установлено, что вязкость породного течения увеличивается по нарастающей кривой от времени существования выработки, т.е., если в начальный момент времени удалось сохранить штрек, то существует большая вероятность того, что его сечение со временем уменьшится незначительно.

В работах [37, 38] предложены схемы механизма деформирования пород вокруг выработки для условий шахт Донбасса и им подобных. Отличие данных схем от предшествующих состоит в учете поведения кровли, почвы и пласта, что достаточно реально отражает геомеханические процессы, происходящие вокруг выработок.

В работах [39, 40] обобщены результаты многолетних исследований проявления горного давления на шахтах основных угледобывающих районов стран СНГ, по результатам которых сформулированы общие представления о поведении пород в окрестностях горной выработки. Предложена модель поведения толщи пород кровли над сопряжением лавы со штреком, показан характер изменения амплитуды и скоростей смещений пород по длине лавы.

В работе [41] представлены результаты шахтных исследований поведения пород вокруг выемочных штреков, один из которых охраняли закладочным породным массивом, а другой погашали вслед за проходом лавы. Установленная зависимость сближения боковых пород от подвигания лавы, представлена на рис. 2.3.

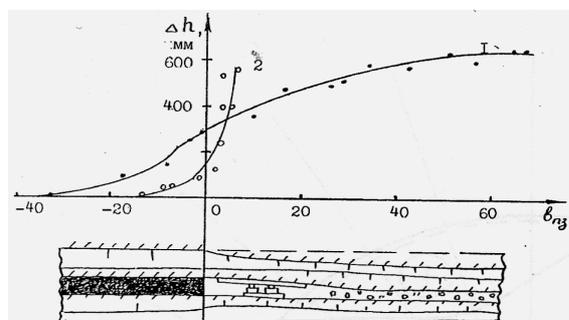


Рис. 2.3. Зависимость сближения боковых пород от подвигания лавы: 1 – в штреке, охраняемом закладочным массивом; 2 – в погашаемом штреке

Результаты замеров показали, что в створе лавы с вентиляционным штреком, охраняемым закладочной полосой, высота составляла 2,8 м, а в погашенном – 1,7 м. Охраняемый закладочной полосой штрек находился в удовлетворительном состоянии даже на расстоянии 50-60 м от забоя лавы в сторону выработанного пространства.

В [42] представлены результаты изучения поведения боковых пород вокруг сопряжения лавы и штрека, охраняемого бутовой полосой, в том числе двойной. Штрек был заложен на глубине 100 м в неустойчивых породах. Состояние штрека, охраняемого двойной бутовой полосой, было удовлетворительным после прохода лавы.

В работах [43-46] авторы на основе результатов многолетних шахтных исследований утверждают, что применяемые в настоящее время способы охраны сопряжения лавы со штреками существенно не влияют на конвергенцию пород как непосредственно на сопряжении, так и в трехстах метрах за лавой. Оптимальный вариант технологической схемы охраны штрека следующий: проходка общим забоем с лавой и одновременная выкладка в лавной части сопряжения полосы из разрушенных в штреке пород.

В работах [47-49] выполнены расчеты параметров крепи при переходе горных работ на большие глубины, рассмотрены проблемы повышения устойчивости выработок, а также развит теоретический подход к определению параметров процессов деформирования в зависимости от изменяющихся характеристик крепи. Результаты этих работ использованы при обосновании метода изучения проявлений горного давления в выемочных штреках для их повторного использования.

В работах [50, 51, 52] предлагается ряд способов охраны выемочных штреков, в том числе для их повторного использования. К числу основных способов относятся: подрывка почвы без перекрепления или с заменой крепи; проведение штреков в надработанной толще; упрочнение пород; разгрузка пород щелями, скважинами и камуфлетным взрыванием.

В работе [32] авторы считают, что сохранение целостности и несущей способности пород над выработкой будет достигнуто при формировании естественной консоли, залегающей над выработкой. В случае неустойчивых пород предлагается укреплять их впереди подвигающейся лавы, например, с помощью анкерно-стяжных крепей, химического анкерования и других средств. Другим эффективным способом является проведение выемочных штреков вслед за проходом лавы, что позволит избежать влияния передовой волны опорного давления на состояние пород вокруг выработки, предотвратить их расслоение и деформации.

Таким образом, в проанализированных работах развиты основные представления о геомеханических процессах, протекающих в породных массивах вблизи выемочных штреков. Установлены основные факторы, влияющие на формирование напряженно-деформированного состояния массива вблизи штреков. Предложены основные направления улучшения состояния выемочных штреков в породах 1-й и 2-й категорий устойчивости. Одновременно показано многообразие поведения пород, указывается на необходимость исследований геомеханических процессов в каждой конкретной горно-геологической ситуации.

Для охраны выемочных штреков используют различные способы и технические средства. На шахтах, отрабатывающих пологие пласты, применяют, как правило, комплекс технических средств, называемых рядом авторов комбинированными охранными системами [53-58]. Такая система включает крепь усиления арочной крепи штрека, охранные конструкции, возводимых в лавной части сопряжения, и крепи сопряжения лавы со штреком, а также средства для изменения физико-механического состояния пород.

Исходя из опыта, использовать штрек повторно можно при условиях, когда после отработки первой лавы сохранено не менее 70 % площади его сечения [59].

Конструкция комбинированных охранных систем определяется многими факторами: геометрическими параметрами охраняемой выработки, горно-

геологическими условиями, технологическими и экономическими возможностями горного предприятия. Обязательным элементом комбинированной охранной системы, за редким исключением, является рамная крепь.

Для выяснения степени эффективности комбинированной охранной системы целесообразно проанализировать эффективность отдельных ее элементов: рамной крепи, замков, анкеров, охранных полос и т.п.

Переход на рамно-анкерное крепление подготовительных выработок позволил решить значительную часть проблем по поддержанию выработки в рабочем состоянии до подхода лавы. Однако, резервы анкерной крепи используются не полностью. Первая причина – запоздалая установка анкеров уже при наличии расслоений в приконтурной зоне массива. Вторая – традиционная ориентация рамноанкерной схемы крепления на симметричный характер нагрузки, что не приемлемо для эффективного поддержания выемочного штрека за лавой.

В работе [62] утверждается, что только увеличение плотности крепи не является эффективным способом уменьшения смещений пород и повышения устойчивости подготовительных выработок. Результаты экспериментов, приведенные в [57], показали, что шестикратное увеличение сопротивления крепи вызвало уменьшение конвергенции всего лишь на 36 %. В то же время в работе [19] отмечен положительный результат. Для повторного использования штрека плотность арочной крепи увеличивали от 1,25 до 2,5 рам на метр. На участках с плотностью 2,5 рамы на метр практически никаких деформаций крепи не происходило, и штрек находился в рабочем состоянии.

Во всех случаях, как отмечается в [63, 64], когда принято решение о применении крепи с открытой почвой, крепь КШПУ (КШПУ-М) обеспечит самое экономичное и безопасное поддержание горных выработок.

Вместе с тем при сильном боковом давлении пород, а также после подрывки почвы наблюдалось задавливание стоек КШПУ в выработку и даже их деформация. В целях усиления крепи рекомендуется выполнять

заклинивание стоек анкерами (рис. 2.4). Следует отметить также другие конструкции крепей, разработанные ЗДНТЦ «Геомеханика», с позиций эффективного использования их для повторного поддержания выработок (табл. 2.1) [64].

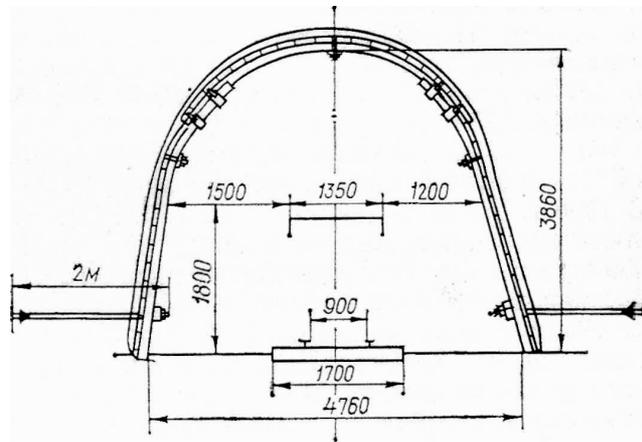


Рис. 2.4. Крепление стоек анкерами

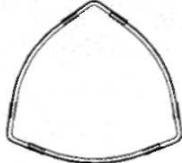
В работе [65] приведены результаты исследования работоспособности конструкций крепей ЗДНТЦ «Геомеханика». По данным физического моделирования альтернативой для замены крепи КМП-А3, эксплуатируемой в условиях повышенного горного давления и ассиметричной нагрузки, являются пятизвенная крепь КМП-А5 и двухрадиусная КМП-А3Р2. Испытания пятизвенной крепи показали высокую работоспособность к адаптации по отношению к несимметричному нагружению и в наибольшей степени способность к сохранению приемлемой формы остаточного сечения выработки в свету.

В 1994-1995 гг. Донецким научным центром Академии горных наук Украины выполнены стендовые и шахтные испытания четырехзвенной стрельчатой трехшарнирной арочной крепи КМП-А4ШС на шахте "Южнодонецкая" № 3, давшие положительные результаты и подтвердившие правильность выбранных направлений [66, 67].

В 1997-1998 гг. разработаны и доведены до стадии промышленного применения два типа рамных (арочных) крепей нового технического уровня – пятизвенная КМП-А5Э (рис. 2.5) и четырехзвенная КМП-А4Э (рис. 2.6).

Таблица 2.1

Технические характеристики металлических крепей,
разработанных ЗДНТЦ «Геомеханика»

Тип крепи	Форма крепи	Технические характеристики			
		Сечение в свету, м ²	Рабочее сопротивление, кН/арку	Предельная несущая способность, кН/арку	Масса спец-профиля рамы, кг
КШПУ-М (шатровая, податливая удлиненная)		6,5-20,3	230-477	403-780	174-436
КЦЛ-Ш (крепь циркульно-линейная шатровая)		6,3-14,4	250-300	350-670	165-369
КЦЛ-О (крепь циркульно-линейная овоидная)		14,1-16,1	420-480	600-680	298-315
Крепь — КМП * тип АЗР2 (3-х звенная) А4Р2 (4-х звенная) А5Р2 (5-ти звенная)		6,6-13,3 15,9-18,0 17,1-22,3	497-783 450-610 387-533	570-990 630-870 586-799	216-352 326-436 390-482
Крепь КВТ-2 (выпукло-треугольная)		6,4-17,5	258-450	389-750	192-399
Крепь КВТ (выпукло-треугольная замкнутая)		7,5-17,2	311-452	467-679	318-662
Крепь КМК-4 (4-х звенная) КМК-5(5-ти звенная)		7,9-24,5 23,7-24,5	280-330 270-300	465-675 470-571	265-536 541-670
Крепь КПП-3 (прямолинейная податливая) КПП-4		10,2-11,5 14,7	140-160 160-190	415-585 500-660	212-271 325-401

Каждая в четырех типоразмерах по сечению причем первый тип был представлен в двух исполнениях (с криволинейным или со спрямленным верхняком) с учетом того, что, например, на отдельных участках шахтного поля в непосредственной кровле пласта I1 залегает песчаник крепостью до 7-8, выемка которого комбайном под криволинейный верхняк затруднена (рис. 2.5, 2.6).

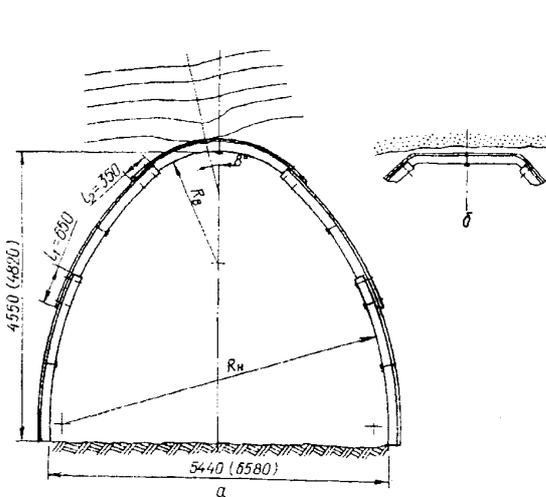


Рис. 2.5. Принципиальная схема конструкции пятизвеневой крепи КМП-А5Э: а – основное исполнение; б – специальное

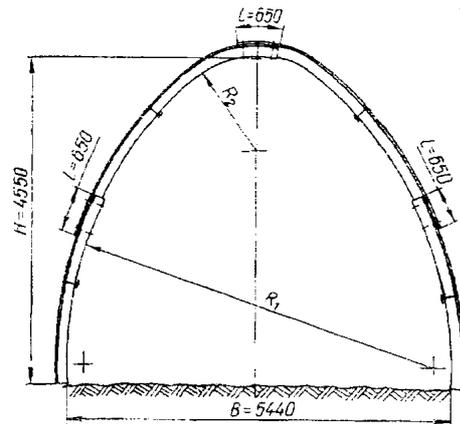


Рис. 2.6. Принципиальная схема конструкции четырехзвеневой крепи КМП-А4Э

Они предназначены для крепления прежде всего подготовительных выработок, проводимых и поддерживаемых в тяжелых горно-геологических условиях на больших глубинах.

Разработана экспериментальная конструкция арочной подковообразной крепи ПКА (рис. 2.7, 2.8) [68].

Разработанная четырехзвенная металлическая податливая крепь КП-4П, предназначена для крепления магистральных и подготовительных выработок, сооружаемых в неразгруженном массиве и массиве, разгруженном от влияния горного давления, а также подверженных надработке [69] (рис. 2.9).

Рис. 2.9. Конструкция крепи КП-4П

Крепь содержит две прямолинейные стойки 4 и два криволинейных элемента верхняка 3. Криволинейные элементы верхняка крепи имеют по концам прямолинейные участки, соединяемые между собой и со стойками податливыми узлами связи 2.

Для выработок, проводимых без подрывки пород кровли, разработаны крепи с прямолинейными верхняками типа КМП-Т(П): с криволинейными стойками (КПС) конструкции ДонУГИ и трапециевидные (прямоугольные) конструкции ИГД им. А.А. Скочинского с кулачковыми замками [70]. Эти крепи могут применяться также с замками ЗПК на податливых стойках.

Крепь КМП-Т(П) трапециевидная или прямоугольная состоит из прямолинейного верхняка и двух податливых стоек, выполненных из взаимозаменяемого спецпрофиля СВП. Для выработок шириной более 3,5...4 м и при значительном давлении пород кровли в зоне влияния очистных работ в крепи устанавливают среднюю стойку усиления (рис. 2.10).

В ИГД им. А.А. Скочинского разработана конструкция крепи трапециевидной формы с усиленным верхним перекрытием – КУПЗ (рис. 2.11) [71]. Крепь предназначена для крепления выемочных штреков, бремсбергов, уклонов и других подготовительных выработок.

В ДГМИ разработана стальная арочная усиленная крепь, основная идея которой состоит в целенаправленном изменении напряженного состояния и жесткости наиболее нагруженного участка путем установки элемента усиления и создания предварительного напряжения арки [72, 73]. Крепь выполнена на базе КМП-А3, верхняк которой усилен на наиболее опасном участке. Усиленный верхняк состоит из серийного верхняка крепи КМП-А3 и элемента усиления, представляющего собой отрезок спецпрофиля того же радиуса кривизны, что и верхняк.

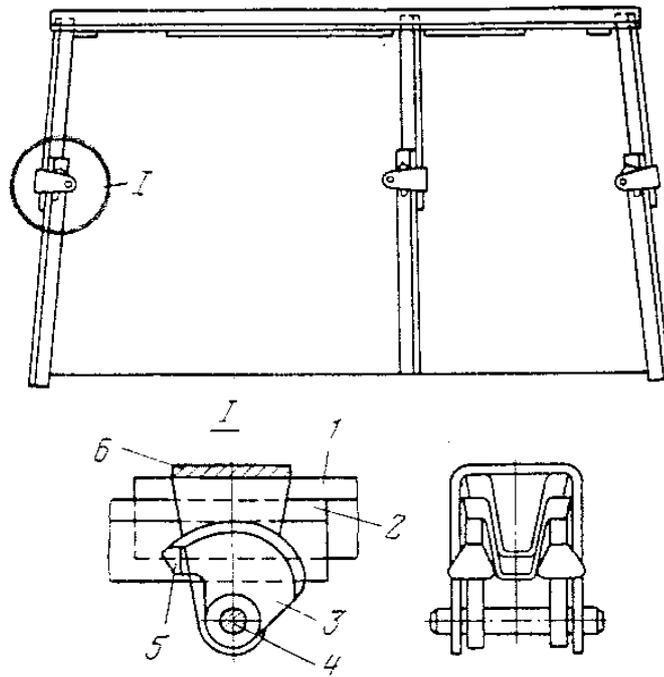


Рис. 2.10. Металлическая трапецевидная податливая крепь КМП-Т (П) со стойкой усиления: 1, 2 – элементы стойки соответственно верхний и нижний; 3 – кулачок; 4 – ось; 5 – ограничитель поворота кулачка; 6 – скоба

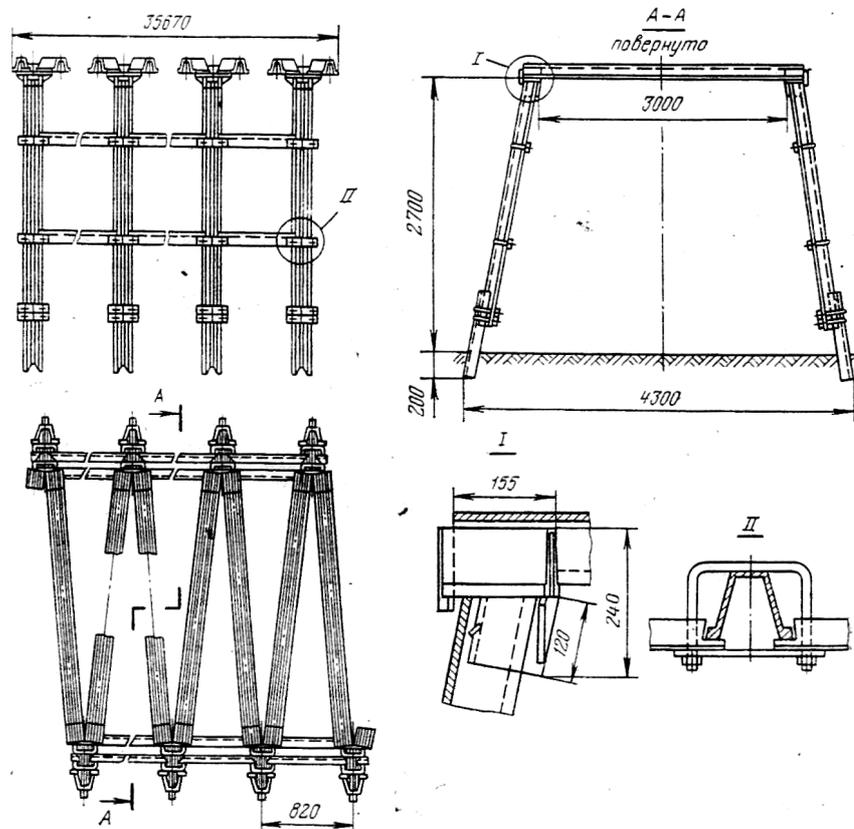


Рис. 2.11. Конструкция с усиленным верхним перекрытием

На многих шахтах в кровле угольных пластов залегают прочные породы, подрывка которых для установки арочной крепи нецелесообразна как с точки зрения увеличения трудоемкости работ и износа породоразрушающего оборудования, так и с точки зрения снижения прочности вышележащих пород. Последние факторы явились основанием для применения на шахте «Благodatная» крепи КМБ с прямым верхняком и изогнутыми стойками (рис. 2.12).

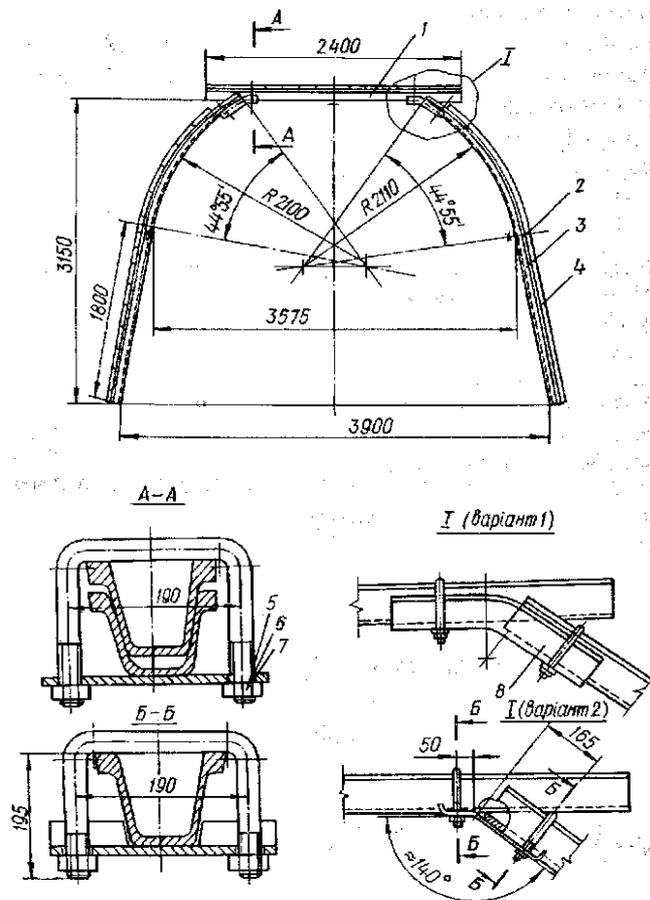


Рис. 2.12. Крепь КМБ: 1 – верхняк; 2 – межрамная стяжка; 3 – стойка; 4 – затяжка; 5 – скоба; 6 – планка скобы; 7 – гайка М24; 8 – башмак; 9 – планка

Крепь является жесткой по режиму работы, и по результатам лабораторных испытаний имеет рабочую нагрузку в 1,55 раза больше, чем у крепи АП [74].

Применение крепи в выработках шахты «Благодатная» показало высокую работоспособность конструкции в зоне влияния очистных работ.

Размеры крепи дают возможность легко работать с вынесенными на сборный штрек приводными головками. Плоский верхняк дает возможность устанавливать стойки усиления рам в хонах воздействия опорного давления не только по оси выработки (как у арок), а и в других удобных для установки местах верхняка (рис. 2.13).

В отечественной и зарубежной практике накоплен значительный опыт применения анкеров глубокого заложения, в том числе и канатных, для усиления крепи подготовительных выработок в зонах нарушений, слабых пород кровли, повышенного горного давления. Так, например, широкомасштабное внедрение технологии канатного анкерования кровли и боков выработок с полным заполнением шпуров полимерной смолой было осуществлено на ОАО «ИК «Соколовская» в Кузбассе [74], при доработке выемочного участка 70-02 шахты-участка № 1 ОАО «ИК «Соколовская».

При этом в зону влияния опорного давления при развороте также попадала сбойка № 9 между конвейерным штреком № 70-02 и вентиляционным штреком № 70-03 (рис. 2.14).

Весьма эффективным и экономичным является способ увеличения несущей способности крепи с помощью стяжки [75]. Стяжку (рис. 2.15) изготавливали гибкой, из отрезков стальных канатов 5 и 7 диаметром 15...18 мм, ранее использованных на лебедках и получивших предварительную вытяжку.

Для предотвращения вдавливания стоек крепи в слабую почву выработок имеется целый ряд решений.

Как отмечается в работе [76], изготовление опорных плит из немерных отходов балок СВП является наиболее рациональным, так как упрощает технологию их производства, исключает использование для этих целей дефицитного листового проката и позволяет внедрить безотходное производство крепи из СВП.

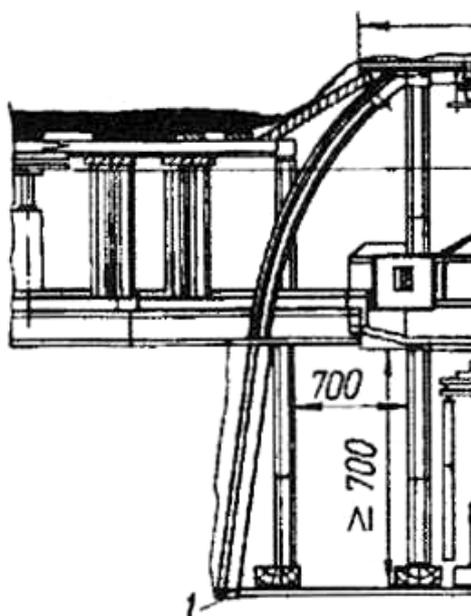


Рис. 2.13. Сопряжение 504-й лавы с крепью КМБ: 1 – подпятник

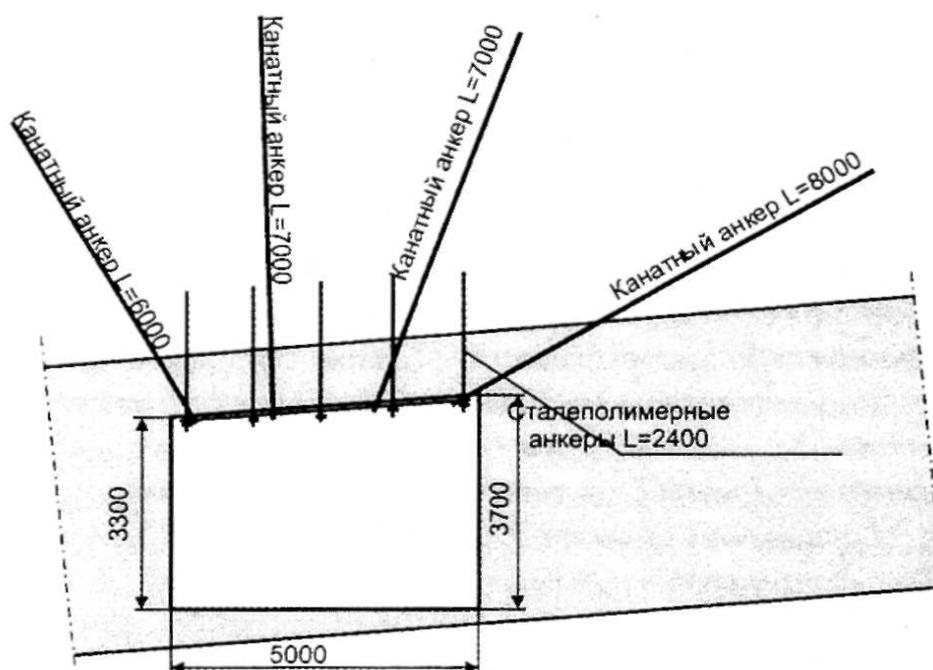


Рис. 2.14. Паспорт усиления крепления конвейерного штрека № 70-02 канатными анкерами

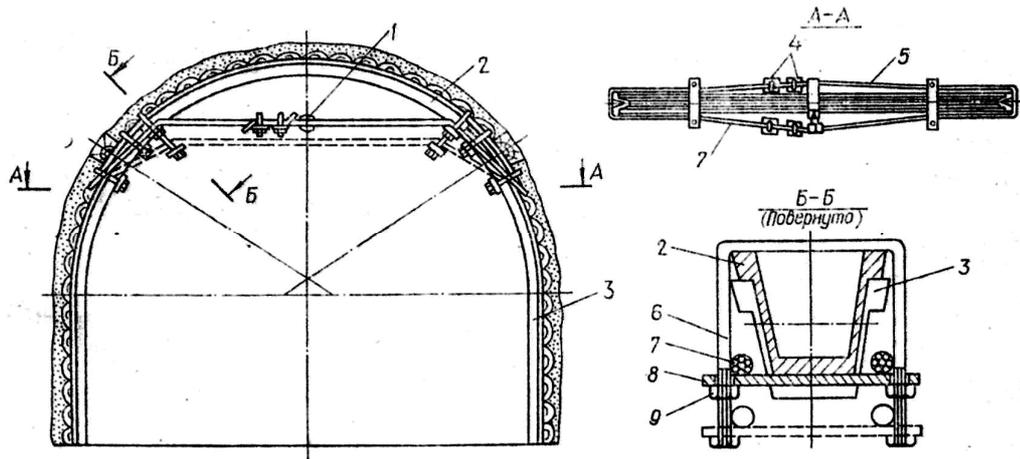


Рис. 2.15. Конструкция стяжки для усиления арочной крепи

Разработанная новая конструкция опорной плиты ОПК-5 для крепи из спецпрофиля (рис. 2.16) содержит П-образное основание в виде плиты 1 и ребер жесткости 2, расположенных вдоль ее боковых сторон, упор 3 и стопорный элемент 4. Опорная плита изготовлена из отрезка спецпрофиля, разделенного Г-образными надрезами в его боковых стенках на два участка. П-образное основание выполнено из распрямленного участка.

После разрушения замковых соединений несущая способность крепи резко падает и начинается интенсивное смещение контура выработки под воздействием горного давления. Разработанный гидравлический инструмент и технология, приведенные в [55], позволяет исправить деформированную крепь и восстановить разрушенные узлы податливости в шахте (рис. 2.17, 2.18).

Усиление арочной крепи в зоне влияния опорного давления может быть выполнено с помощью спаренных металлических стоек из спецпрофиля СВП. По результатам испытаний, выполненных на стендах ДонУГИ и НИИОМШСа, установлено, что спаренные стойки могут обладать податливостью до 800 мм, несущей способностью до 300 - 600 кН (рис. 2.18) [77, 78].

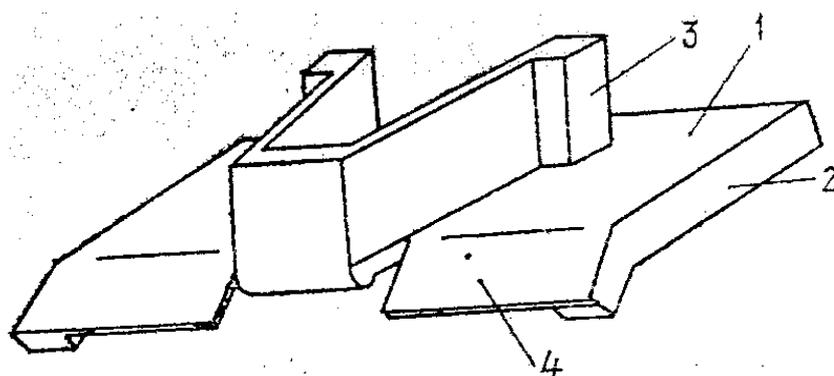


Рис. 2.16. Общий вид опорной плиты ОПК-5

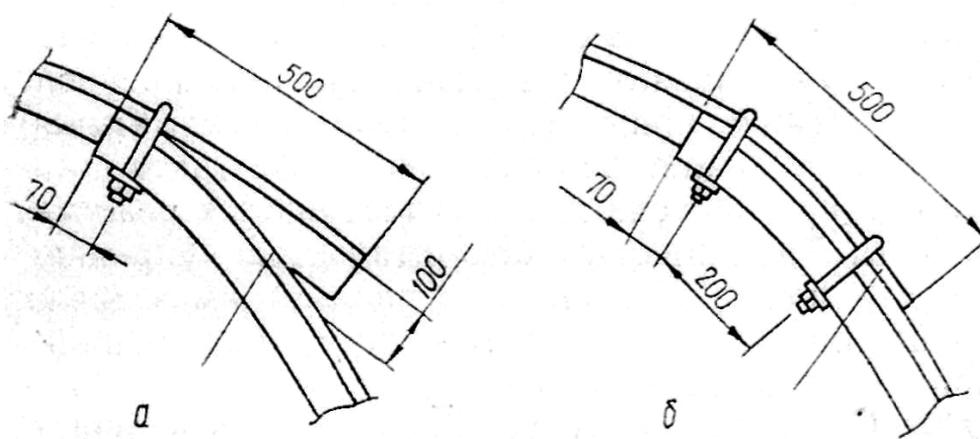


Рис. 2.17. Восстановление узлов податливости арочной крепи на шахте «Комсомолец»: а) и б) – до и после восстановления, соответственно

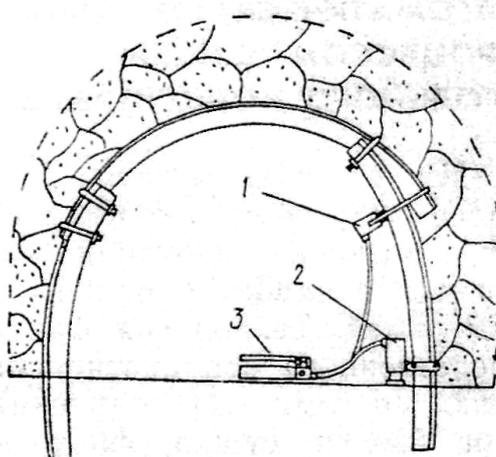


Рис. 2.18. Восстановление крепи без ее замены на шахте им. Дзержинского: 1 и 2 – устройства для восстановления узлов податливости и для извлечения ножек крепи; 3 – ручной гидронасос

Внедрение в данных условиях гидравлических стоек влечет за собой высокие затраты. Кроме того применен замок с дополнительным упорным хомутом, что позволяет уменьшить податливость стоек и увеличить сопротивление крепи (рис. 2.19). В выработке стойки устанавливаются на подпятники и под брус, через раму при шаге 0,3 м и под каждую раму при шаге 0,5 м [77, 78].

Совершенствованию узлов податливости металлической крепи посвящена работа [79]. С целью обеспечения надежной работы крепи и заданной величины податливости ее разработан узел соединения элементов крепи, приведенный на рис. 2.20.

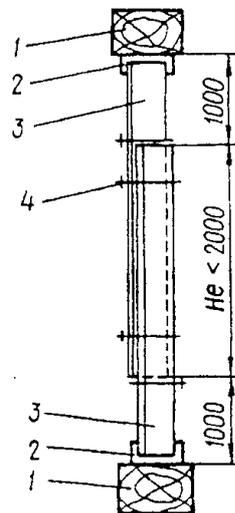


Рис. 2.19. Спаренная металлическая стойка: 1 – деревянный брус; 2 – специальный подпятник; 3 – стойка из спецпрофиля СПВ-33; 4 – скоба с планкой

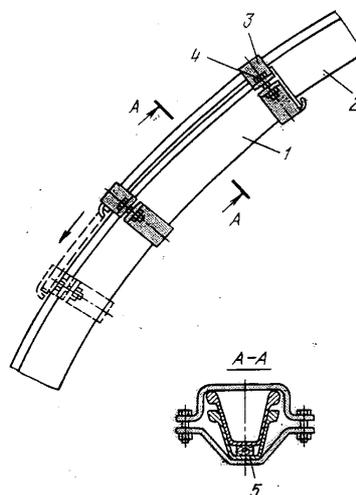


Рис. 2.20. Узел соединения элементов металлической крепи

На рис. 2.21 представлен вариант конструкции замкового соединения АПЗ-030М с блокирующими элементами – стабилизаторами из полосовой и угловой стали, которые при затяжке резьбовых соединений перераспределяют возникающие усилия и предотвращают изгиб планки не только в момент установки, но и при дальнейшей работе узла податливости [80].

В ИГД им. А.А. Скочинского разработана технология использования рукавов «Буллфлекс» с использованием местных материалов и оборудования [81]. В качестве компонентов твердеющей смеси используют расфасованный в бумажные мешки цемент и сухую золу фильтров близлежащих теплоэлектростанций и котельных, которую доставляют в шахту в полиэтиленовых мешках или контейнерах (рис. 2.22).

Вопрос реализации технологии «Буллфлекс» рассматривается в разработанном способе установки рамной крепи в выработке (ИГД СО РАН, А.С. № 1583616).

На рис. 2.23 показана рама крепи с установленной оболочкой, заполненной твердеющей смесью.

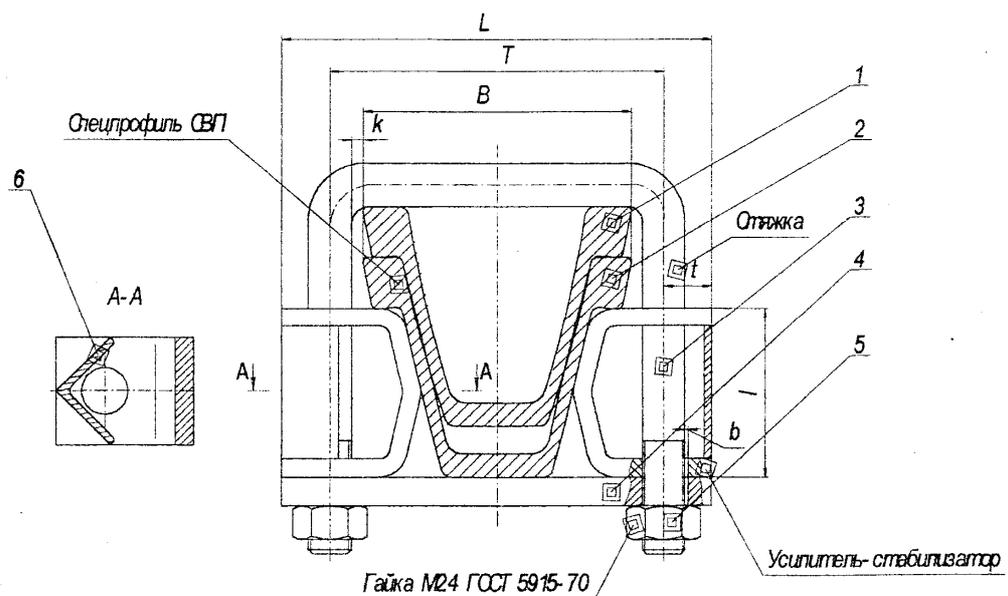


Рис. 2.21. Замок узла податливости с усилителем-стабилизатором

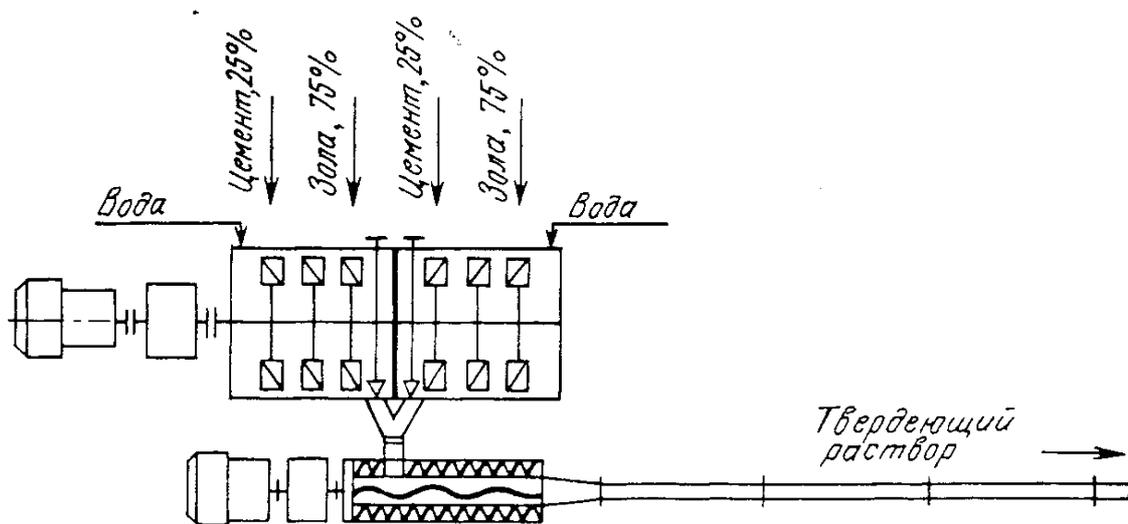


Рис. 2.22. Схема применения технологии «Буллфлекс»: 1 – схема установки «Раствор-1»;

а – крепление выработки;

б – ремонт выработки;

в – охрана штрека;

г – заполнение куполов под секциями механизированной крепи

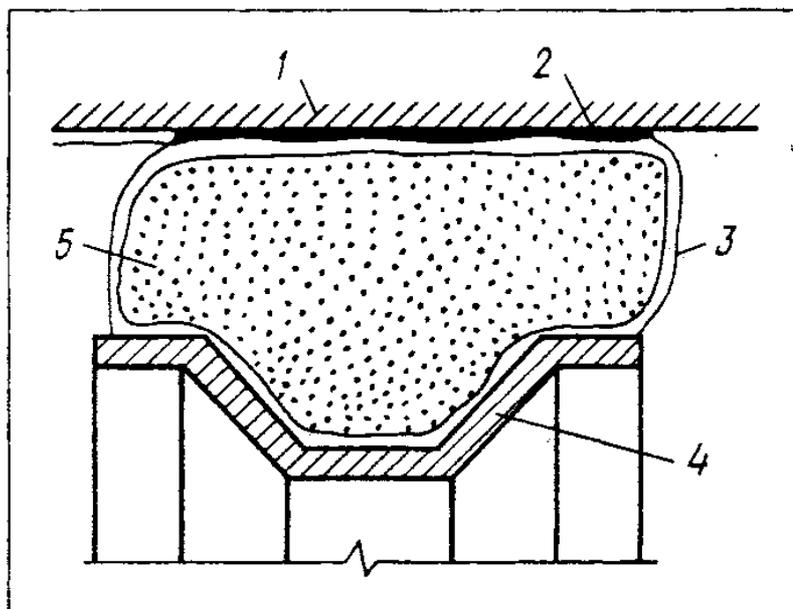


Рис. 2.23. Способ установки рамной крепи в горной выработке

В работе [82] предложена новая технология заполнения закрепного пространства подготовительных выработок. Технология испытывалась в бортовом ходке 34-й восточной лавы пласта h_3 Фоминский на шахте им. Лутугина ПО Торезантрацит.

В шахтных мастерских были изготовлены полиэтиленовые мешки размером 0,5x0,5x0,8 м, которые на 1/10 наполнялись древесной стружкой. Затем увязанные в тюки (по 10-12 шт.) мешки доставлялись в забой ходка, туда же поступали и полиуретановые смолы «Беведоль-Беведан» (ФРГ). Потом мешок подавался для укладки в частично затянутое закрепное пространство (рис. 2.24).

С точки зрения условий поддержания наиболее опасными участками выемочных штреков являются их сопряжения с лавой и участки примыкания к забою. Несмотря на относительно высокую степень механизации процессов добычи угля, уровень тяжелого ручного труда на сопряжениях «лава-штрек» остается достаточно высоким. Трудоемкость работ здесь достигает 50 %, а продолжительность выполнения операций, связанных с мероприятиями по охране сопряжений, составляет 20-25 % от общей на добычном участке. Сопряжения лав с выемочными штреками являются и наиболее травмоопасными зонами участка очистных работ. Более 50 % несчастных случаев, не связанных с выбросами и воспламенениями метана, происходят именно на сопряжениях лава-штрек, причем подавляющее большинство от обрушений кровли. Кроме того, на долю поломок крепи на сопряжениях штрека с лавой приходится до 20 %, а на участках примыкания к забою – 38,4 %, от общего количества поломок крепи в горных выработках.

Государственный научно-исследовательский, проектно-конструкторский и проектный угольный институт с экспериментальным заводом Печорниипроекта разработали способ крепления выемочных выработок при бесцеликовой отработке угольных пластов (А.С. № 1375826). На рис. 2.25 показано поддержание выработки (вид в плане).

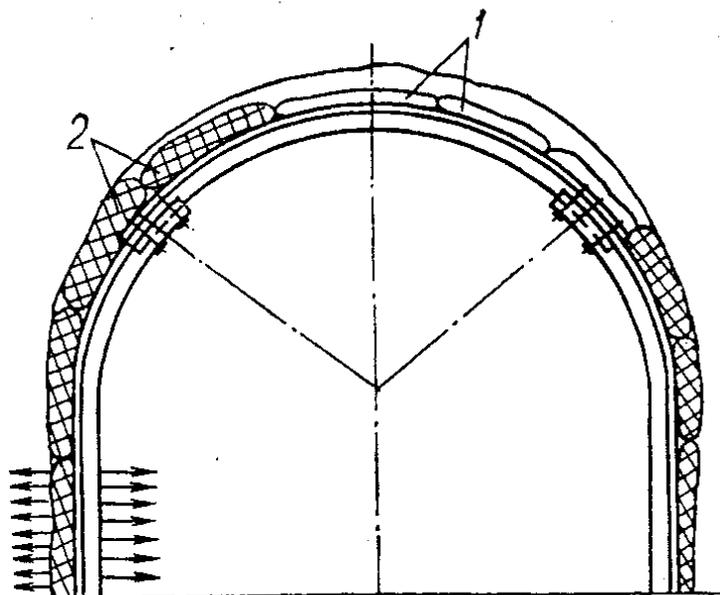


Рис. 2.24. Технологическая схема укладки элементов активной забутовки закрепного пространства: 1 и 2 – мешки до и после химической реакции

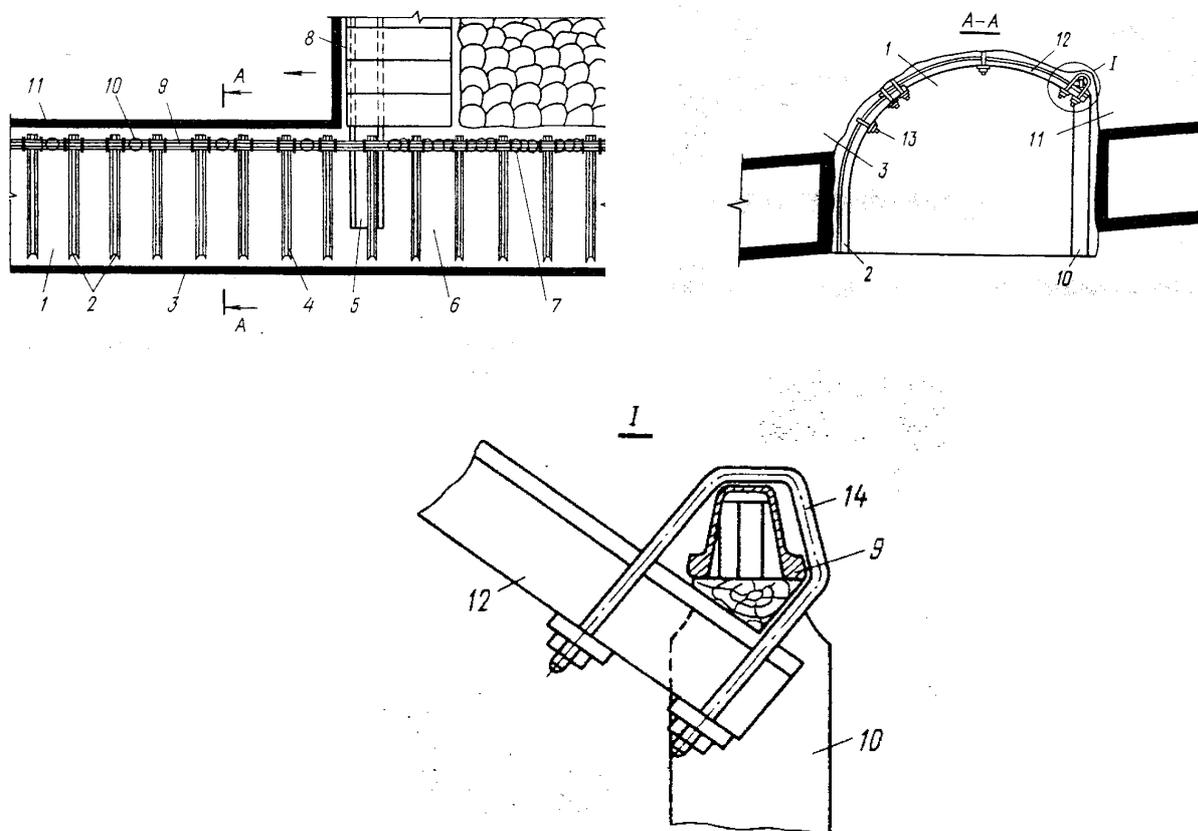


Рис. 2.25. Схема поддержания сопряжения лава-штрек

Особое место среди имеющихся средств крепления штрековых зон сопряжений занимают распорные устройства передвижных скребковых конвейеров и механизированные крепи сопряжений. Крепи и распорные устройства обеспечивают перемещение приводов забойного конвейера и вынесенной подающей части очистного комбайна, предохраняют рабочие места горнорабочих от возможных обрушений пород из кровли штрека, а также межрамных перекрытий и других элементов арочной крепи в процессе демонтажа ее стоек. В погашаемых штреках с помощью крепей сопряжения обеспечивается охрана рабочих в зонах извлечения арочной крепи.

Выбор способа охраны подготовительных выработок предопределяется несколькими основными факторами: являются горно-геологические условия залегания и применяемая система разработки.

По принципу воздействия охранные сооружения можно разделить на три типа: поддерживающие, разгрузочные и обрезающие (рис. 2.26).



Рис. 2.26. Виды охранных сооружений

К охранним 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 [83].

В начале 80-х годов на шахтах Европы и СССР наблюдался массовый отказ от целиков и 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, при том, что возросший уровень механизации горнопроходческих работ, напротив, выдвигал жесткие требования как к форме, так и к размерам выработок.

Охрана выработок бутовыми полосами основана на принципе нарастающего сопротивления. Их наиболее часто применяют при разработке тонких пластов на небольших глубинах. Этот метод позволяет, в какой-то мере, понизить деформацию пород кровли и понижает процент ассиметричных нагрузок на раму. Еще одним плюсом этого метода является его дешевизна. В большинстве случаев возведение бутовых полос производят вручную. Ручная

выкладка бутовых полос отличается высокой трудоемкостью, большими затратами времени и низким качеством. Существенным недостатком бутовых полос является высокая степень уплотнения конструкции, что влечет за собой ощутимые деформации поддерживаемого массива [84, 85].

В работе [86] рекомендуют охранять выемочный штрек так называемой 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 [87] 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 [88].

Одним из прогрессивных методов охраны выработок является возведение литых полос. Жесткие литые полосы впервые начали применять в ФРГ. Затем они получили промышленное применение в Великобритании [89]. К основным достоинствам литых жестких полос наряду с полной механизацией их возведения относятся высокая несущая способность, обеспечивающая охрану выработок на пластах со средне- и труднообрушающимися кровлями,

безопасность работ на сопряжениях с очистными забоями и хорошая изоляция выработанного пространства. Основным эффектом заключается в разгрузке горного массива от напряжений, вызванных вредным влиянием очистных работ, путем обрыва консоли зависших пород, для чего служат жесткие опоры высокой прочности.

Промышленное применение литых жестких полос сдерживается отсутствием специализированных средств механизации для их возведения. Кроме того, на пластах с малопрочными породами почвы применение литых полос оказалось нерациональным, поскольку, выдерживая высокие нагрузки (до 104 кН на 1 м²), полоса вдавливаясь 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 (рис. 2.27).

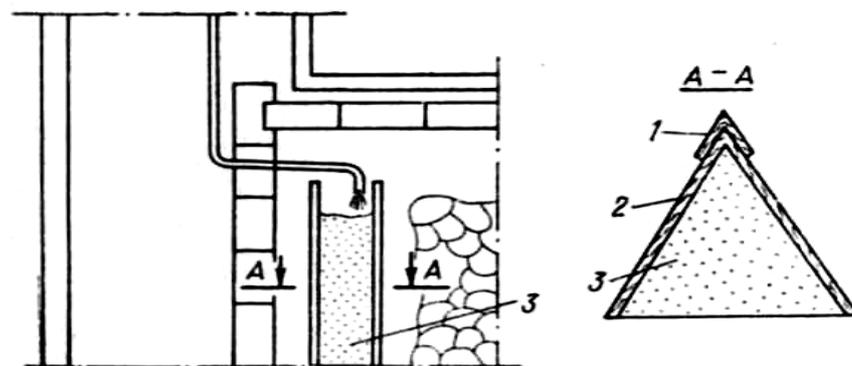


Рис. 2.27. Клиновидная литая полоса: 1- прогоны из уголка; 2- опалубка; 3- материал полосы [90]

Исследования показали, что клиновидная полоса обеспечивает обрыв труднообрушаемых пород на глубину до 20 м, причем сохраняется устойчивость выработок. К тому же полоса такой конструкции, передавая незначительную нагрузку на породы почвы, не вызывает пучения, так как не вдавливается в мягкие породы.

Затраты по материалам на возведение клиновидной полосы в два раза меньше, чем полосы прямоугольного сечения [30].

Эффективность применения жестких полос показана в [90].

Для поддержания людского уклона позади лавы на период отработки выемочного столба использовались искусственные ограждения в виде двух сборных полос из железобетонных блоков (БЖБТ). Первой полосе придавалась податливость из расчета 15% от вынимаемой мощности пласта, а вторая полоса выполнялась жесткой для обрезки пород, зависающих над выработкой и концевым участком лавы. Арочная крепь усиливалась деревянными ремонтинами на расстоянии не менее 35 м впереди лавы.

Кроме того, чтобы предотвратить зависание песчаника со стороны наклонных выработок и обеспечить более благоприятные условия поддержания конвейерного уклона, производилось отсечное микроторпедирование (сечение Б–Б на рис. 2.28). Для этого из людского уклона в кровле пласта колонковым сверлом ЭБГП бурили наклонные скважины (шпуры) длиной 5...5,4 м с шагом 1 м (одна скважина между рамами крепи), которые располагали под различными углами к плоскости пласта.

Охрана повторно используемых выработок полосами из облегченных блоков (золоцементных) на пластах мощностью до 1,7 м и углами залегания не более 15 град показала хорошие результаты. За зоной наиболее активных смещений было деформировано: на контрольном – 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 [91].

В работе [92] 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 (рис. 2.29).

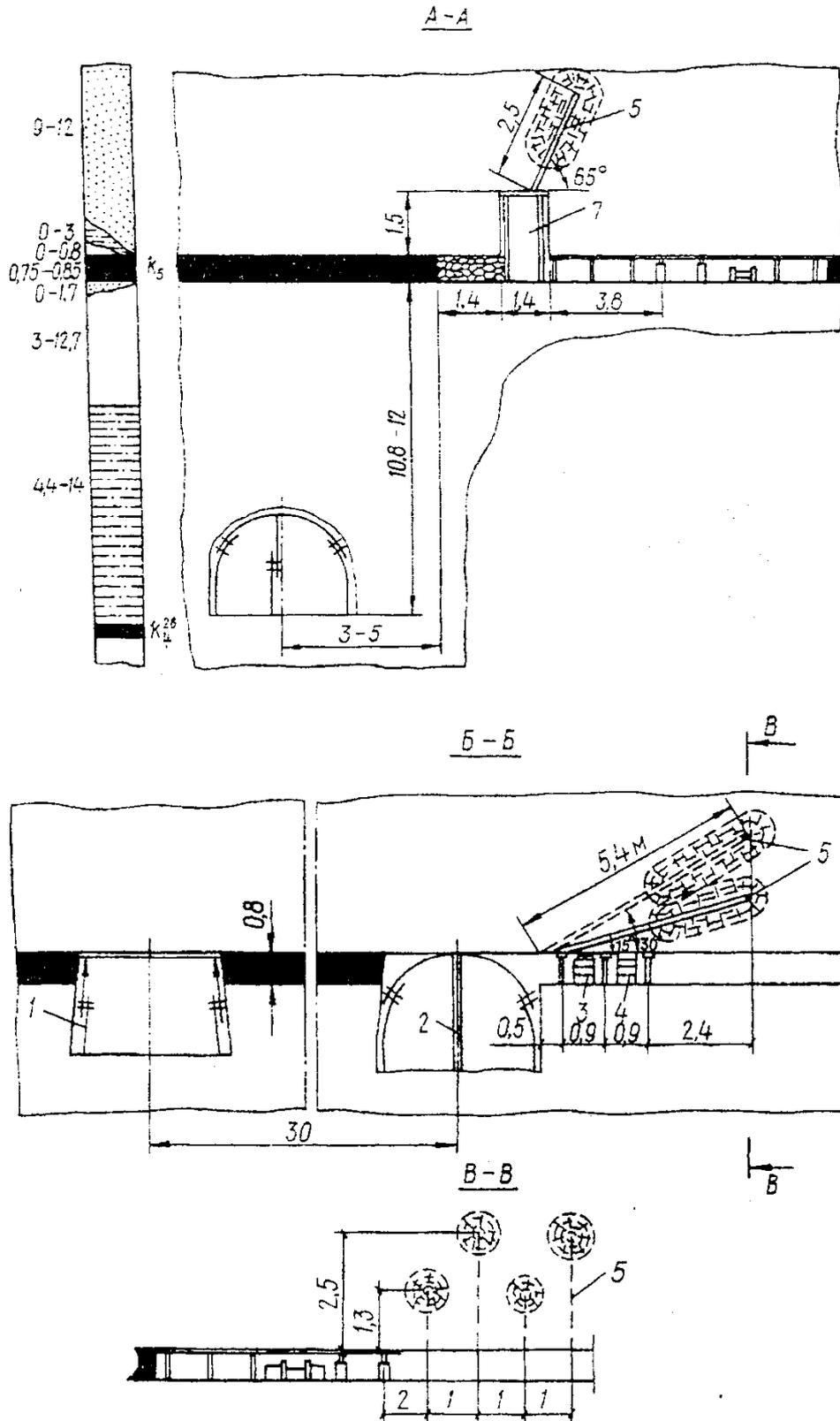


Рис. 2.28. Схемы охраны выработок: 1 – крепь усиления КПС с распором; 2 и 3 – стойки усиления без и с распором; 4 – отсечные шпурь и скважины; 5 – жесткая сплошная сборная железобетонная полоса; 6 – податливая сборная железобетонная полоса; 7 – просек

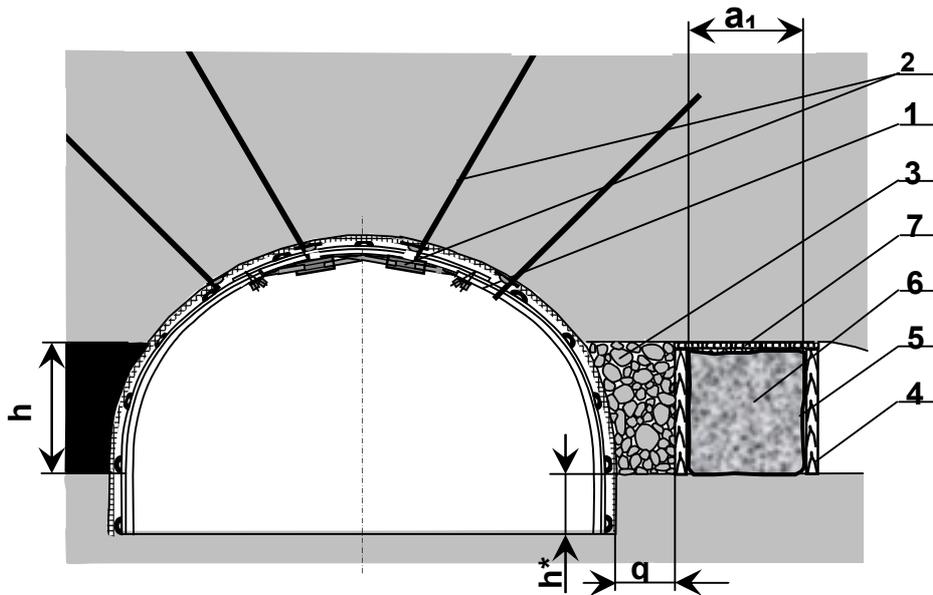


Рис. 2.29. Комбинированная охранная система: 1 – арочная крепь, 2 – анкерная стяжная крепь, 3 – забутовка, 4 – стойки органной крепи, 5 – заливочный мешок, 6 – жесткая литая полоса, 7 – затяжка кровли

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 перед 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 обрабатываемого 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 устанавливаются стойки усиления диаметром 180-200 мм.

В работах [42, 93] рекомендуется выкладка сдвоенных породных полос вдоль штрека применительно к неустойчивым породам. Рекомендуется повышать устойчивость выемочных штреков путем снижения концентраций напряжений в приконтурном породном массиве.

В работе [94] восстановление прочностных свойств разрушенных пород в зоне неупругих деформаций предлагается проводить с помощью инъекционного упрочнения с использованием эффекта вакуумирования (рис. 2.30).

Область применения: 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.

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

Шахтные исследования по использованию НГР боковых пород для повышения устойчивости выработок проводились по пласту «Четвертый» на шахте «Комсомольская». Для оценки эффективности влияния НГР пород кровли и почвы на устойчивость выработок проведены инструментальные наблюдения на участках конвейерных штреков № 716-с и 212-с.

Схема заложения скважин в конвейерных штреках представлена на рис. 2.31.

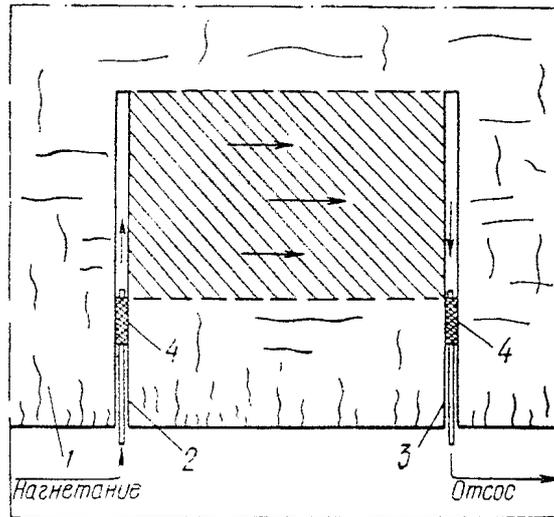


Рис. 2.30. Схема нагнетания скрепляющих растворов с использованием вакуумирования

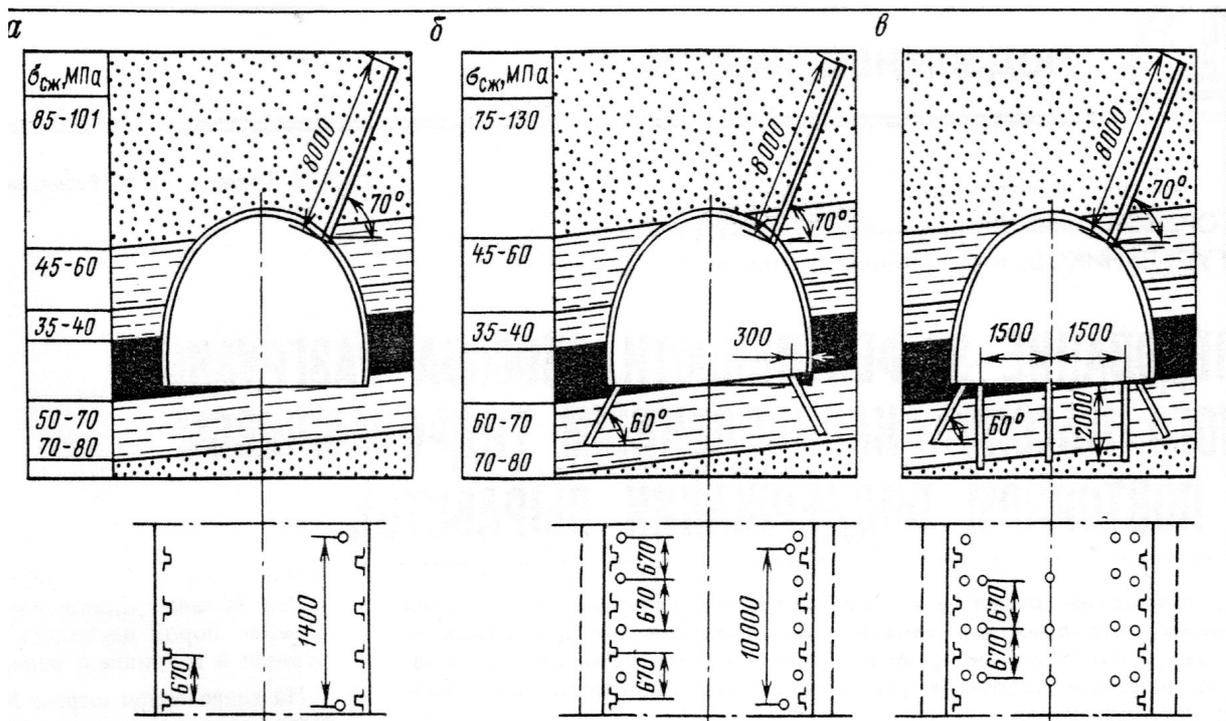


Рис. 2.31. Схемы расположения скважин гидроразрыва на экспериментальных участках выработок пласта «Четвертый»: а – расположение скважин НГР кровли в конвейерном штреке № 716-с; б – расположение скважин НГР кровли и почвы в конвейерном штреке № 212-с; в – расположение скважин НГР и анкерного крепления почвы в конвейерном штреке № 212-с

Таким образом, испытания НГР кровли в штреке № 716-с подтвердили возможность использования этой технологии для повышения устойчивости выработок позволяющей снизить конвергенцию на 22-40% [95].

Сущность способа принудительного обрушения пород кровли заключается в следующем. Впереди очистного забоя вдоль границы выработки с помощью буровзрывных работ создается плоскость раскола пород таким образом, чтобы не были нарушены ни контур выработки, ни породы кровли с обеих сторон плоскости раскола. Полосу кровли шириной 2...3 м, примыкающую к плоскости раскола, укрепляют анкерами на глубину, равную мощности пласта, что обеспечивает обрушение упрочненной полосы пород кровли за секциями крепи в виде блоков, которые надежно охраняют выработку от подплыва и давления обрушенных пород. Испытания указанного способа охраны и поддержания горных выработок проводили в лаве № 26-23 шахты «Полосухинская» НПО «Прокопьевскгидроуголь» на пласте 26а [96].

Бурение разгрузочных скважин по углю проводилось в условиях пласта m^3 в восточном вентиляционном ходке панели № 5 на шахте им. Бажанова при столбовой системе разработки [97]. Разгрузочные скважины бурили диаметром 450 мм и длиной 10 м станком БГА-2 до первичного и вторичного влияния очистных работ впереди забоя лавы на расстоянии, превышающем длину зоны опорного давления. Между стенками скважин оставлялись перемычки угля шириной 250-300 мм. Опытная проверка показало следующее.

Сближение пород почвы и кровли на разгруженном участке на линии забоя лавы составило 910 мм, что в 1,8 раза меньше, чем на контрольном (неразгруженном).

В объединении «Павлоградуголь» есть опыт образования разгрузочных щелей в почве штрека для предотвращения пучения пород [98]. Назначение средств для изменения состояния пород кровли, почвы и боков штрека состоит в уменьшении влияния горного давления, а также в равномерном его распределении на все несущие конструкции.

С целью снижения напряжений у боков 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 (рис. 2.32).

Технологические схемы проведения и охраны выработок с бурением разгрузочных скважин (рис. 2.33) 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 [99].

Эффективность способа взрывополостной разгрузки, основанной на энергии взрыва показана в [100, 101]. 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. Анализ распределения напряжений вокруг полостей показывает, что выработки находятся в разгруженном массиве и только у их окончания наблюдается концентрация напряжений.

Общим недостатком подобных способов является нарушение сплошности угольного массива. Для устранения этого недостатка разработан способ и технология, основанные на безполостной 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 ПАВ, на угольный массив в режиме напорной фильтрации (рис. 2.34).

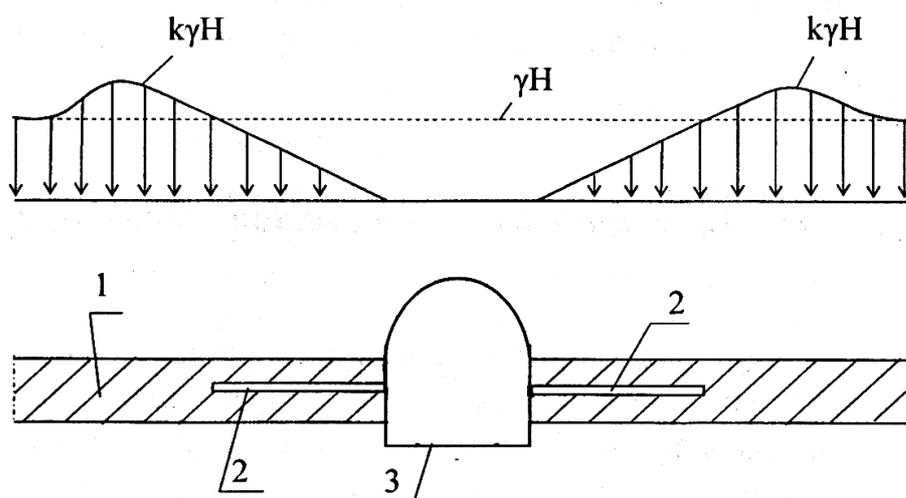


Рис. 2.32. Способ снижения напряжений вблизи горной выработки:
1 - пласт; 2 - скважина; 3 - выработка

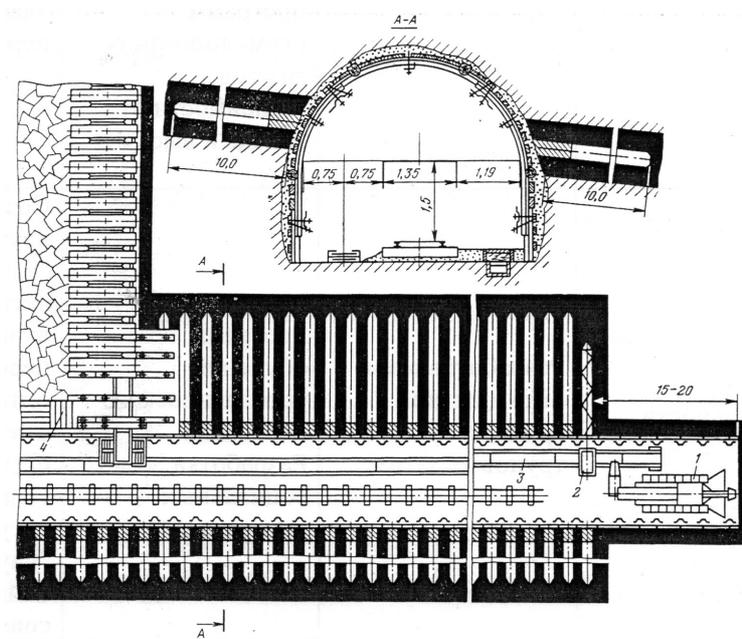


Рис. 2.33. Технологическая схема проведения и охраны выработок с бурением разгрузочных скважин: 1 – проходческий комбайн; 2 – буровой станок; 3 – скребковый конвейер; 4 – средства охраны

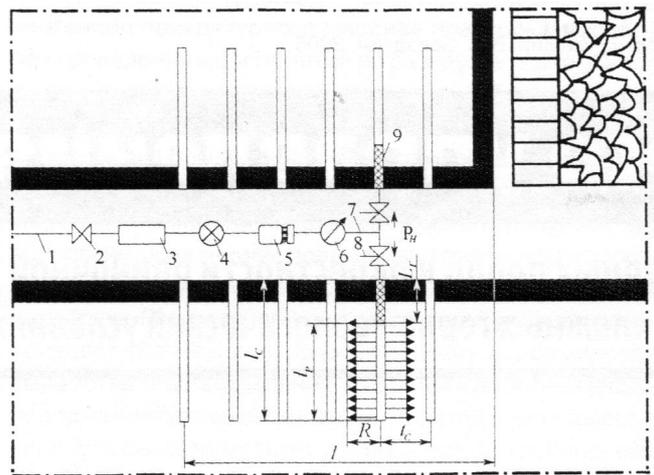


Рис. 2.34. Технология гидрорыхления краевых частей угольного пласта в режиме напорной фильтрации: 1 – пожарный водопровод, 2 – запирающий вентиль, 3 – дозатор с рабочей жидкостью, 4 – счетчик-расходомер, 5 – высоконапорный насос, 6 – манометр, 7 – высоконапорные рукава, 8 – патрубки для водосброса, 9 – герметизаторы устья шпуров, l_c , t_c – глубина и шаг бурения шпуров, l_p , l_c – рабочая и загерметизированная часть шпуров, P_n , R – давление и зона фильтрации рабочей жидкости

Статистический анализ величин конвергенции контура пластовых выработок, пройденных в слабых породах, при промышленном применении безполостного способа разуплотнения краевых частей угольного массива показал, что средневзвешенная величина скорости деформирования в направлении, нормальном к напластованию, снижается примерно в 3 раза, а по напластованию в 1,2 раза [102].

Расположение и проведение выработок в зонах предварительной разгрузки всегда лучше по сравнению с их последующей надработкой, даже обособленной от выработанных площадей разгрузочной лавой. Типовые варианты развития очистных работ и способы сохранения зон разгрузки при бесцеликовой технологии показаны на рис. 2.35.

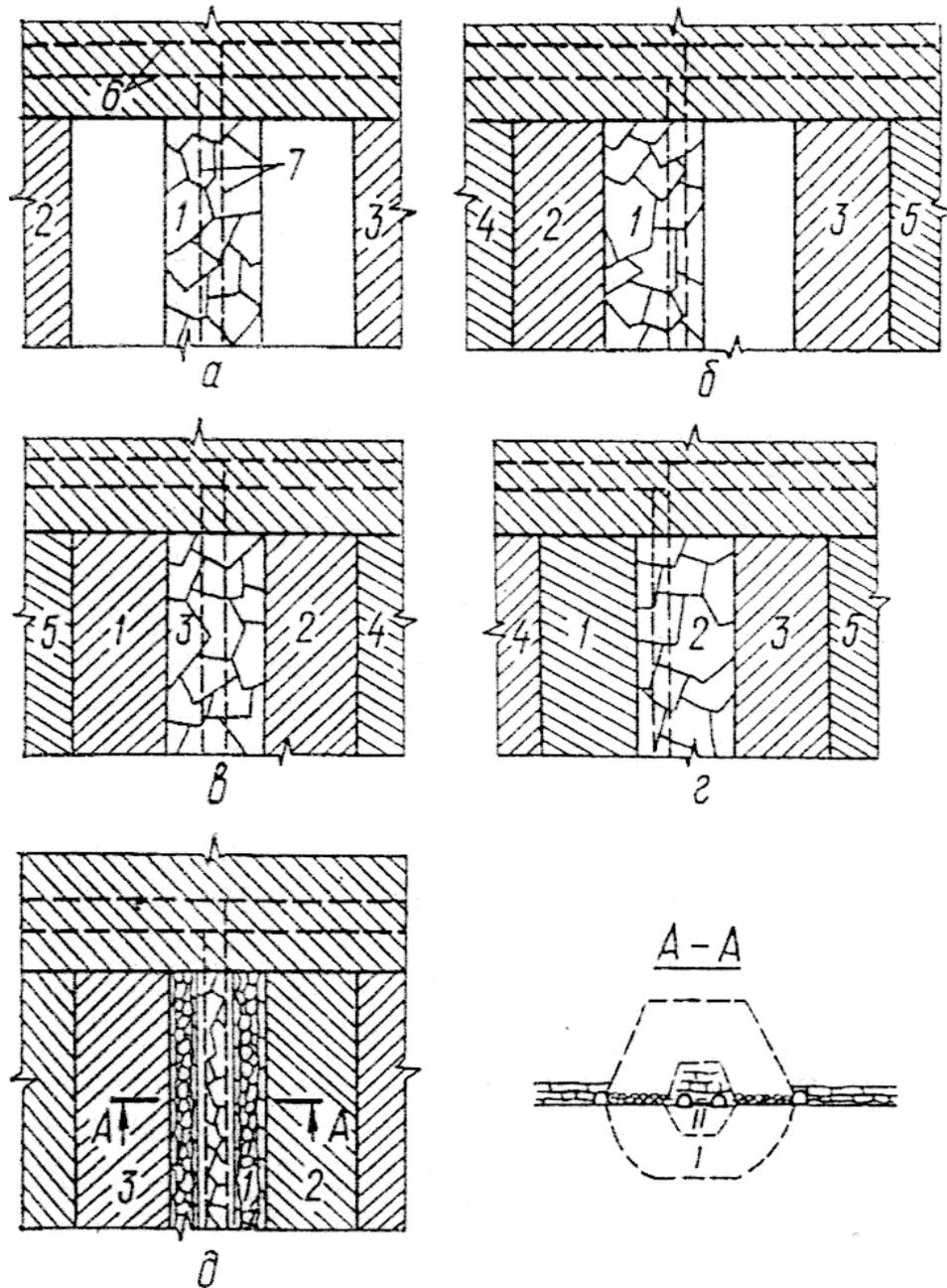


Рис. 2.35. Способы сохранения региональных зон предварительной разгрузки для обеспечения устойчивости подготавливающих выработок при развитии очистных работ: 1, 2, 3, 4 и 5 – очередность отработки лав в крыле горизонта, панели и блока; 6 и 7 – соответственно горизонтальные и наклонные подготавливающие выработки, пройденные полевыми или по обрушенным и уплотненным породам кровли пласта; I – внешняя зона разгрузки (первичная); II – то же, внутренняя (вторичная)

Следует отметить, что в практике в силу различных причин всегда существует желание как можно быстрее отработать запасы, прилегающие непосредственно к выработанному пространству разгрузочной лавы. Такие решения чреваты потерей устойчивости подготавливаемых выработок поддерживаемых в зоне разгрузки.

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 [103].

Разгрузка с применением длинных отсечных скважин и камуфлетного взрывания позволяет уменьшить сечения пород кровли и почвы в 2,5-3 раза и сократить затраты на ремонт выработки. Областью применения отсечных скважин являются условия, в которых выработки подвержены интенсивным деформациям только позади очистного забоя [104].

Надрработка полевых выработок с малым отходом от лавы от них – достаточно эффективный способ защиты выработок от последующего влияния очистных работ. Оставление барьерного целика шириной 50-150 м между надработанными полевыми выработками предохраняет их от проявления горного давления в противоположных крыльях блока или панели. Предложенный способ должен дополняться локальными мероприятиями по повышению устойчивости полевых выработок в момент их надрработки [105].

В сложных горногеологических 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 [106].

Проведенными КГМИ и объединением «Свердловскантрацит» исследованиями установлено, что в условиях глубоких шахт устойчивость сопряженных с лавой подготовительных выработок можно повысить путем повторного проведения этих выработок в зоне естественной разгрузки, расположенной в приконтурной части угольного массива. В результате широкого применения данной технологии охраны выработок установлены прогнозные параметры рационального размещения подготовительных выработок, проводимых в приконтурной зоне угольного массива на глубине 600-1000 м. Пласт и вмещающие породы под влиянием очистных работ на границе в выработанном пространстве подвергнуты воздействию бокового опорного давления, в результате чего в приконтурной части угольного массива образуется зона естественной разгрузки, в которой напряжения горных пород меньше первоначальных [34].

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, в том числе породными, а также повышение несущей способности крепи штрека;
- в соответствии со способами охраны 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 в условиях боковых пород 1-й и 2-й категорий устойчивости;

В работе [50] отмечается, что решения по охране горных выработок, приведенные в отраслевых и нормативных документах [107-110], во многих положениях не подходят для сложных условий глубоких горизонтов шахт и устойчивость последних не всегда обеспечивается. Как отмечается авторами работы [16], 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.

2.2. Цель, задачи и методика комплекса натуральных измерений

Целью натуральных измерений в ОП «Шахта «Комсомольская» ГП «Антрацит» является установление закономерностей деформирования углепородного массива в окрестности подготовительных выработок, находящихся в зоне ведения очистных работ (восточные лавы).

Основными задачами исследований предусматривалось:

- выбор объектов исследования (подготовительные выработки восточного блока;
- установка замерных станций;
- измерение вертикальной и горизонтальной конвергенции с выделением перемещений почвы выработок;
- визуальный осмотр выработок и фотографирование характерных мест;

- обработка и анализ полученных данных.

Горнотехнические и горногеологические условия сооружения и поддержания очистных подготовительных выработок для разных лав (восточные, западные) и глубины расположения сходны. Они приведены в табл. 2.2, 2.3.

Комплекс исследований выполнялся в период с 2011 по 2014 годы. Обследованию подвергались следующие выработки:

- 2-й и 3-й восточные конвейерные штреки пласта h_8 (32-я восточная лава, рис. 2.36);
- 6-й и 7-й восточные конвейерные и 8-й восточный промштрек пласта h_1 (5-я восточная лава, рис. 2.37);
- 8-й восточный промштрек (8-я восточная лава пласта h_8 , рис. 2.37).
- 9-й и 10-й восточные конвейерные штреки (9-я и 10-я восточные лавы пласта h_8);

Характерный разрез 8-й восточной лавы приведен на рис. 2.38.

Сведения о подготовительных выработках восточного блока h_8 приведены табл. 2.2.

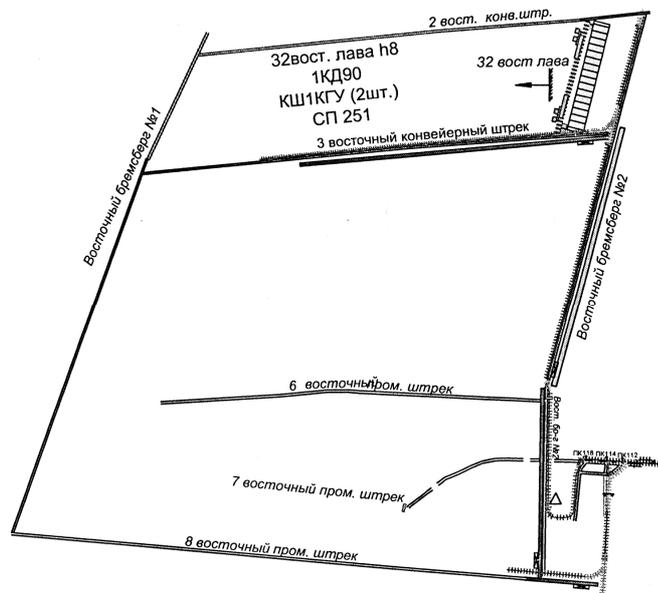


Рис. 2.36. Схема расположения горных выработок выемочного участка 32-й восточной лавы пласта h_8

Таблица 2.2

Горнотехнические условия работы характерных очистных забоев
ОП «Шахта «Комсомольская»

Наим. забоя пласта	Механиз. очистн. забоя	Длина лавы, м	Мощн. Пласта, м	Угол падения пласта, град.	Способ охраны конв. штрека	Способ охраны вент. штрека	Мощн. Порд кровли (непосред./основн.)	Коэф. крепости пород кровли	Трещ. пород кровли (расст. между трещ.)	Скорость подвиг. лавы. м/мес	Шаг обруш. кровли первич/установив, м	Глуб. отработ, м	Об. вес пород кровли, т/м ³	Велич. пучения. м
324 л. пл. Н10	2КД-90 1К-101У СП-26У	235	1,5	6	Целик 5м	Целик 5м	н – 6,80 ос – 9,38	7-9	1-1,5	100-110	п – 1,5 уст. – 21,0	840	2,68	-
317 л. Пл. Н10	2КД-90 1К101-У СП-26У	210	1,48	3-4	Целик 5м	Целик 5м	н – 6,5 ос – 8,2	8-9,5	2-2,5	80-90	п – 0 уст. – 25,0-	920	2,68	-
4 зап. л. пл. Н8	2КД-80 1К101-У СП-250	200	1,35	8	Целик 5м	Целик 5м	н – 2,2 ос – 5,0	7-15	1-1,5	35-40	п – 6 уст. – 28,0	1080	2,77	0,40
3 вост. л. пл. Н8	2КД-80 1К101-У СП-26У	180	1,33	6-7	Целик 5м	Целик 5м	н – 1,7 ос – 3,9	6-8	1-2	70-80	п – 6 уст. – 18,0	1000	2,68	0,30

Таблица 2.3

**Сведения о подготовительных выработках
ОП «Шахта «Комсомольская» (пласт h₈)**

Наименование выработки	Глубина расположения, м	Период сооружения, год	Способ охраны (целик, текхард и т.п размер, м	Кресть выработки (арка, анкера)	Сечение, м ²	Мощность пласта, м	Вмещающие породы (аргиллит, алевролит, песчаник)	Кресть вмещающих пород
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2-й восточный конвейерный штрек	738 - 725	июнь 2014 - 2015	бутовая полоса	арка	11,2	1,08	Неп.кр.-аргиллит Осн.кр.-алевролит Неп.поч.-алевролит	3 – 6 6 – 8 7 – 9
3-й восточный конвейерный штрек	768 - 750	июль 2013 – март 2014 (пройден)	текхард	арка	13,8	1,08	Неп.кр.-аргиллит Осн.кр.-алевролит Неп.поч.-алевролит	3 – 6 6 – 8 7 – 9
6-й восточный пром.штрек	930 - 905	1991, 2013 - пройден	бутовая полоса	арка	11,2	1,07	Неп.кр.-аргиллит Осн.кр.-алевролит Неп.поч.-алевролит	3 – 6 6 – 8 7 – 9
6-й восточный конв.штрек	910 - 855	апрель 2014 – 2016	-	арка	13,8	1,05	Неп.кр.-аргиллит Осн.кр.-алевролит Неп.поч.-алевролит	3 – 6 6 – 8 7 – 9

Продолжен. табл. 2.3

Наименование выработки	Глубина расположения, м	Период сооружения, год	Способ охраны (целик, текхард и т.п размер, м	Крепль выработки (арка, анкера)	Сечение, м ²	Мощность пласта, м	Вмещающие породы (аргиллит, алевролит, песчаник)	Крепость вмещающих пород
8-й восточный пром.штрек	950 - 903	2011 - пройден	целик	арка	11,2-13,8	1,07	Неп.кр.-аргиллит Осн.кр.-алевролит Неп.поч.-алевролит	3 – 6 6 – 8 7 – 9
9-й восточный пром.штрек	990 - 930	август 2013 - 2017	целик	арка	13,8	1,11	Неп.кр.-аргиллит Осн.кр.-алевролит Неп.поч.-алевролит	3 – 6 6 – 8 7 – 9
9-й восточный конвейерный штрек	1013 - 945	2012 – 2013 пройден	текхард	арка	13,8	1,13	Неп.кр.-аргиллит Осн.кр.-алевролит Неп.поч.-алевролит	3 – 6 6 – 8 7 – 9
10-й восточный конвейерный штрек	1048-1010	август 2012 - 2016	-	арка	13,8	1,18	Неп.кр.-аргиллит Осн.кр.-алевролит Неп.поч.-алевролит	3 – 6 6 – 8 7 – 9

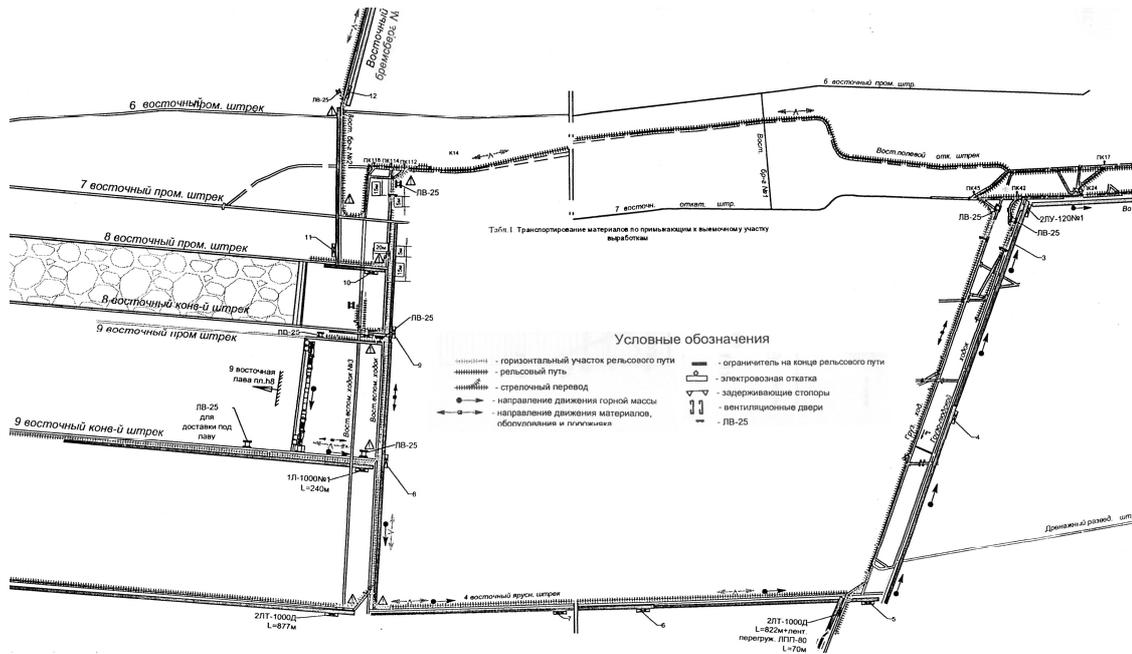


Рис. 2.37. Схема расположения горных выработок восточного блока

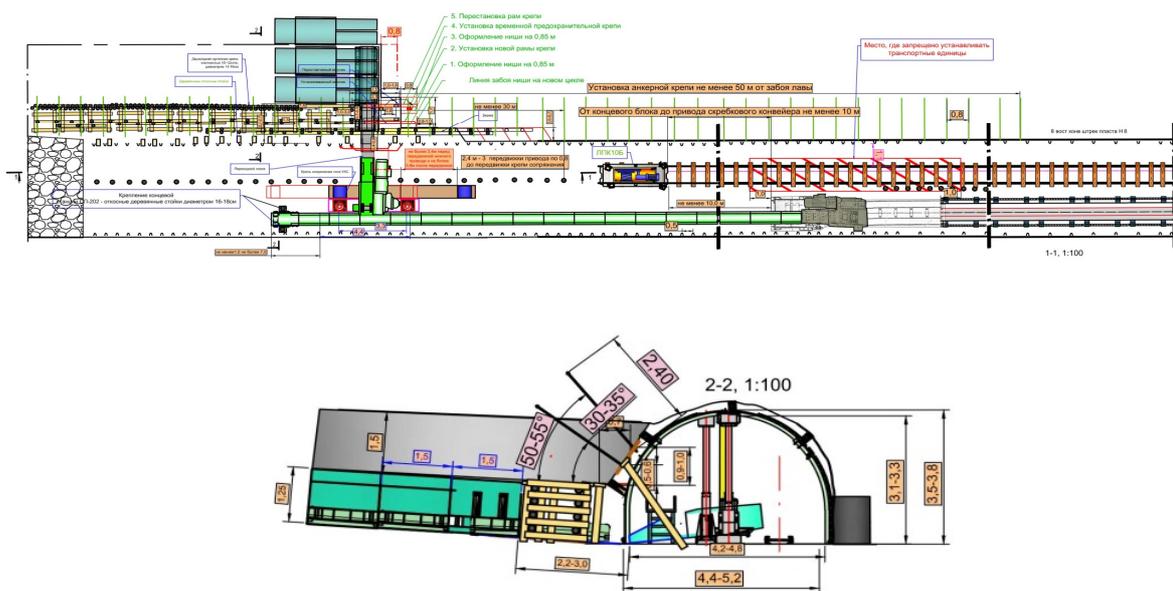


Рис. 2.38. 8-я восточная лава пласта h_8

Замерные станции в количестве трех устанавливались в выработках, проводимых и опережением по отношению к забою лавы (см. рис. 2.39). Конструкции замерных станций и контурного репера приведены соответственно на рис. 2.40 и 2.41.

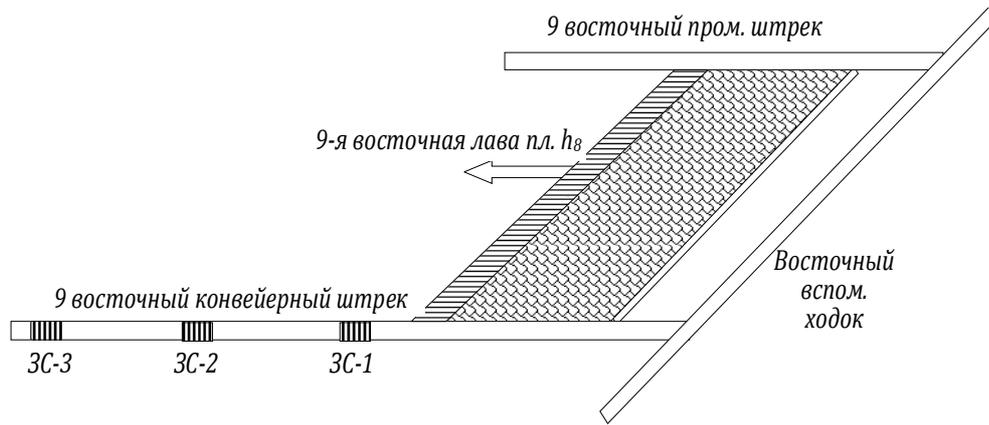


Рис. 2.39. Характерное расположение замерных станций в конвейерном штреке

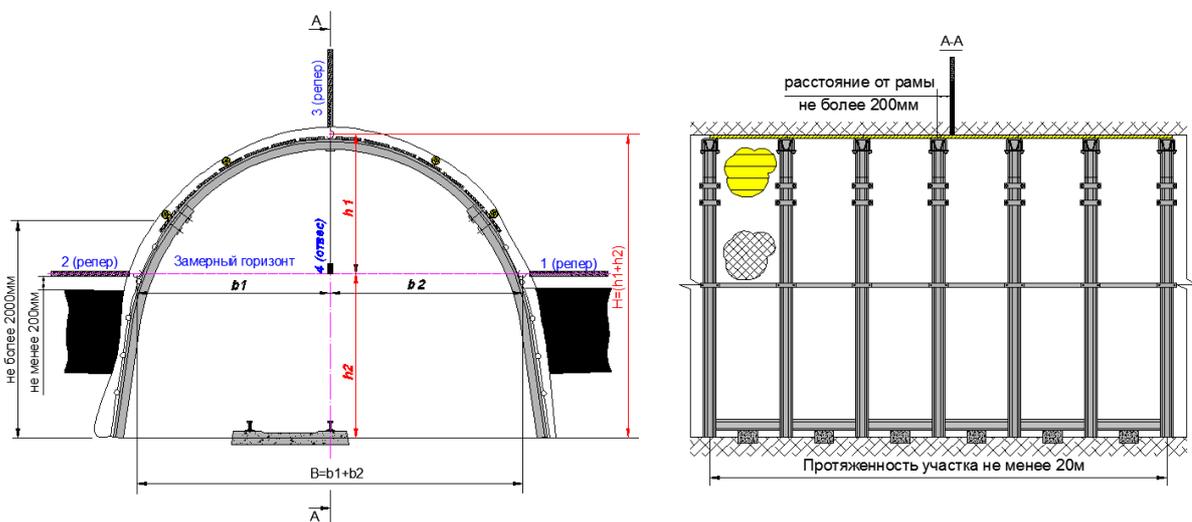


Рис. 2.40. Общая схема устройства замерной станции с контурными реперами

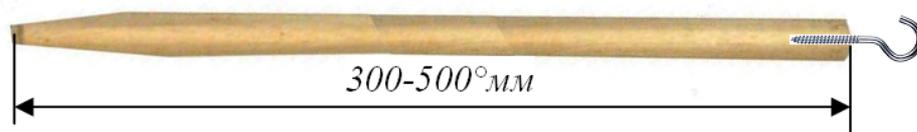


Рис. 2.41. Общий вид контурного репера выпаленного из дерева

Расстояние между замерными станциями составляло 50 м. Возводились они на расстоянии 3-5 м от забоя выработки.

Результаты измерений заносились в стандартные ведомости, приведенные в табл. 2.4 и 2.5. Частота измерений соотносилась со скоростью подвигания лавы, но не реже 1 раз в три дня.

Таблица 2.5

Сводная анкета по горной выработке

_____, горизонт _____ м.
(ПО, ШАХТА, ГОРИЗОНТ)

(НАИМЕНОВАНИЕ ВЫРАБОТКИ, ПЛАСТ)
Общая длина – _____ м. Глубина (устье – забой) – _____ м – _____ м
(ОБЩАЯ ПРОТЯЖЕННОСТЬ, ГЛУБИНА ЗАЛОЖЕНИЯ)

№	Наименование	Ед. изм.	Показатель				
			ЗС№1 (ПК ____)	ЗС№2 (ПК ____)	ЗС№3 (ПК ____)	ЗС№4 (ПК ____)	ЗС№5 (ПК ____)
1.	Площадь поп. сечения: – в свету – в проходке	м ²	— —				
2.	Глубина заложения	м					
3.	Угол наклона выработки	град					
4.	Угол падения пород	град					
5.	Тип крепи и профиля	–	_____ из СВП _____ (замок – _____)				
6.	Шаг установки крепи	рам/м					
7.	Тип затяжки кровля/борта	матер					
8.	Крепь усиления	–					

Физико-механические свойства вмещающих пород в условиях

Порода (по мере удаления от угольного пласта)	Мощность, м	Прочность пород на сжатие, МПа	Коэфф. Пуассона	Модуль Юнга, МПа
Кровля				
Угольный пласт				

Примечания:

1. Замеры на всех участках производить одной и той же бригадой в один прием (смену).
2. Левый-правый борт выработки определяется стоя лицом к забою (по возрастанию пикетов).
3. В примечаниях фиксировать фактическое положение линии забоя лавы.
4. Указывать наиболее характерные изменения состояния контрольных участков: деформации элементов рамной (рамно-анкерной) крепи, затяжки, крепи усиления, а также породного массива.
5. Список обозначений:
Н – Высота от центра верхняка по расстрелу до ближней головки рельсового пути;
В – Ширина выработки от шайбы бокового анкера по горизонтали к стойке крепи;
Зл и Зп – соответственно левый и правый замок.

2.3. Мониторинг состояния горных выработок

2.3.1. Мониторинг состояния 9 восточного конвейерного штрека пласта h_8

В качестве примера ниже приведено подробное обследование состояния двух выработок 9-го и 10-го восточных конвейерных штреков пласта h_8 . Пикет № 1 находится в месте сопряжения выработки с людским ходком.

ПК1+14,1 – ПК2+6,6 – перекрепление, длина 12,5м, шаг крепи шаг крепи $l=0,5$ м, сечение $S= 7,03\text{м}^2$;

ПК2+6,6 – сечение $S= 5,87\text{м}^2$;

ПК2+13,4 – ходок, от которого до ПК4 установлены ремонтинны (70%);

ПК4+3,2 – с правой и с левой сторон по 1-му хомуту $S= 5,49\text{м}^2$;

ПК5 – монтажная камера очистного забоя, для охраны выработки вылаживается полоса их «Текхарда»;

ПК4+10 – начинается капеж из кровли выработки;

ПК6 – увеличивается горное давление;

ПК5 – ПК7 – сечение выработки ориентировочно равно $S=5,74\text{м}^2$;

ПК7+10 - ПК8+10 – интенсивное пучение пород;

ПК8+10 – ПК9+10 – сечение выработки $S= 5,95\text{м}^2$;

ПК9+10 - ПК11+17 – сечение выработки $S=5,85\text{м}^2$;

ПК11+17 – ПК12+6 – сечение выработки $S=5,89\text{м}^2$;

ПК12+6 – ПК12+18 – сечение выработки $5,04\text{м}^2$;

ПК12+16 – ПК13+5 – сечение выработки $6,73\text{м}^2$;

ПК13+5 – ПК13+15 - сечение выработки $6,2\text{м}^2$;

ПК13+15 – ПК15+5,6 - сечение выработки $6,2\text{м}^2$;

ПК15+5,6 – ПК16+8,8 - сечение выработки $6,36\text{м}^2$;

ПК17 - сечение выработки $6,33\text{м}^2$, полоса из «Текхарда» на расстоянии 0,4м от ножки крепи;

ПК18+5 - полоса из «Текхарда» на расстоянии 1,03м от ножки крепи;

ПК18+10 – повышается горное давление;

ПК21+7 – смещение боков выработки;

ПК22+9 – заканчивается проявление горного давления;

ПК23 – начинает разрушать ремонтны;

ПК24+5 – начинает проявляться смещение пород боков выработки, на ножках с верхней стороны появляются разрывы.

ПК25 – расстояние от ножки крепи до «Текхарда» 1,4м;

Полоса из «Текхарда» отстает от очистного забоя на 8м.

ПК25+7 – заканчиваются канатные анкеры;

ПК25+13 – заканчиваются ремонтны ($l=3,1$ м);

ПК26 – очистной забой.

ПК30+3 – заканчивается анкерная крепь.

На отрезке выработки ПК1+14,1 – ПК2+6,6 - перекрепление, длина 12,5м, шаг крепи $l=0,5$ м, сечение $S=7,03$ м².

С ПК2+6,6 3,2м сечение $S=5,87$ м².

На ПК2+13,4 – ходок, от которого до ПК4 установлены ремонтны (70%).

На ПК5 находится монтажная камера очистного забоя.

С ПК4+10 начинается капеж из кровли выработки и заканчивается на ПК7. На данном отрезке сечение выработки ориентировочно равно $S=5,74$ м².



Рис. 2.42. Обводненный участок выработки

На отрезке ПК7+10 – ПК8+10 – интенсивное пучение пород почвы. Пучение пород почвы периодически наблюдается на всем протяжении выработки, однако точно установить места отсутствия пучения визуально

невозможно (в выработке произведена подрывка почвы). Бока выработки затянуты местами. Наблюдается отслоение пород бровки (рис. 2.43).



Рис. 2.43. Отслоение пород бровки (ПК13)

Пучение пород почвы наблюдается со стороны очистного забоя.

Так на ПК13+5 высота выработки составляет 1,98м, ширина 4,45м, левый замок $Z_{л}=20\text{см}$, правый $Z_{п}=163\text{см}$. Ножки крепи разрушаются с левой стороны выработки – разрывается верхняя часть.



Рис. 2.44 Пучение пород почвы (ПК13+5)

Также наблюдается разрыв хомутов в замках (см. рис. 2.46).



Рис. 2.45 Разрушение ножки крепи



Рис. 2.46. Место разрыва хомута



Рис. 2.47. Выложенная клеть



Рис. 2.48. Полоса из «Техарда» (ПК16+13)

Также имеется участок выработки, охраняемый чураковыми перемычками.

Расстояние от полосы из «Текхарда» и ножкой крепи различно. Так на ПК16+13 это расстояние составляет 40 см (см. рис. 2.48).

На некоторых участках охранный пояс из «Текхарда» имеет наклон (заваливается) в сторону выработки.



Рис. 2.49. Наклон полосы из «Текхарда» в сторону выработки

ПК21+7 – наблюдается смещение боков выработки и т.к. межрамные стяжки применяются избирательно, некоторые рамы завалены в сторону забоя. На ПК23 рамная крепь теряет несущую способность – разрушение происходит с верхней стороны выработки (разрыв планок хомутов и верхней части ножек). Начинают разрушаться стойки усиления.



Рис. 2.50. Разрыв планки



Рис. 2.51. Разрушение ножек крепи

На ПК24+5 начинается проявление горного давления на рамах крепи (разрывы на ножках).



Рис. 2.52. Разрывы ножек крепи

Очистной забой находится на ПК26. В очистном забое для выкладки полосы из «Текхарда» в нижней части устанавливают 4 ряда стоек индивидуальной (деревянной) крепи. Между 3 и 4 рядами выкладывают полосу из «Текхарда».



Рис. 2.53. Полоса из «Текхарда»

Расстояние от охранной полосы до забоя 8м (вследствие проблем с поставками).

Породы непосредственной кровли обрушаются сразу за проходом лавы.



Рис. 2.54. Обрушение пород непосредственной кровли

Впереди очистного забоя на рамах крепи в замках установлено по одному хомуту, межрамные стяжки со стороны очистного забоя отсутствуют. Рамы крепи завалены в сторону забоя.



Рис. 2.55. Наклон рам крепи в сторону забоя

Установка анкерной крепи не соответствует паспорту крепления – шпуров не добуриваются. Анкерная крепь установлена до ПК30+3. Канатные анкеры – до ПК25+7.



Рис. 2.56. Неправильно установленная анкерная крепь

Вследствии этого вмещающие породы отслаиваются до планки на анкере.



Рис. 2.57. Отслоение боковых пород

Рамы крепи не имеют контакта с боковыми породами.



Рис. 2.58 Отсутствие контакта рам крепи с боковыми породами

2.3.2. Мониторинг состояния 10-го восточного конвейерного штрека пласта h_8

Выработка предназначена для транспортировки горной массы, доставки оборудования и материалов, вентиляции и передвижения людей. Срок службы – 10 лет.

Способ проведения выработки – БВР. Бурение шпуров по углю производится электросверлом СЭР-19, по породе – буропогрузочной машиной 2ПНБ-2Б, которой также осуществляется и уборка горной массы на скребковый конвейер СП-202. Далее горная масса перегружается на ленточный конвейер 1Л-1000.

Сечение 10 восточного конвейерного штрека в проходке – $15,7\text{м}^2$, в свету – $12,8\text{м}^2$. Тип крепи – КМП-А3-13,8. Шаг установки крепи – 0,5м. Затяжка – дерево.

Также применяется комбинированная рамно-анкерная крепь. Анкеры устанавливаются в кровлю выработки с шагом 0,8 м. В местах установки анкерной крепи шаг рамной увеличивают до 0,8м.

Выработка проводится со смешанной подрывкой.

Угольный пласт сложного строения. Мощность верхней пачки – 0,55м, нижней – 0,56м, породного прослоя – 0,12м. Вынимаемая мощность – 1,23м.

Вмещающие породы: основная кровля – сланец песчаный мощностью $m=17,2\text{м}$ и крепостью $f=8-13$, непосредственная кровля – сланец глинистый мощностью $m=0,8\text{м}$, крепость $f=4$; почва – сланец песчаный, мощность $m=14,27\text{м}$, крепость $f=7$.

Общее состояние крепи и выработки в целом по трассе 10 восточного конвейерного штрека следующее:

1. Выработка находится в хорошем состоянии.
2. Комбинированная рамно-анкерная крепь применяется местами (шаг рамной крепи в данных местах 0,8м).
3. По всей трассе выработки при применении рамной крепи наблюдается отслаивание пород непосредственной кровли с образование пустот в закрепном пространстве.

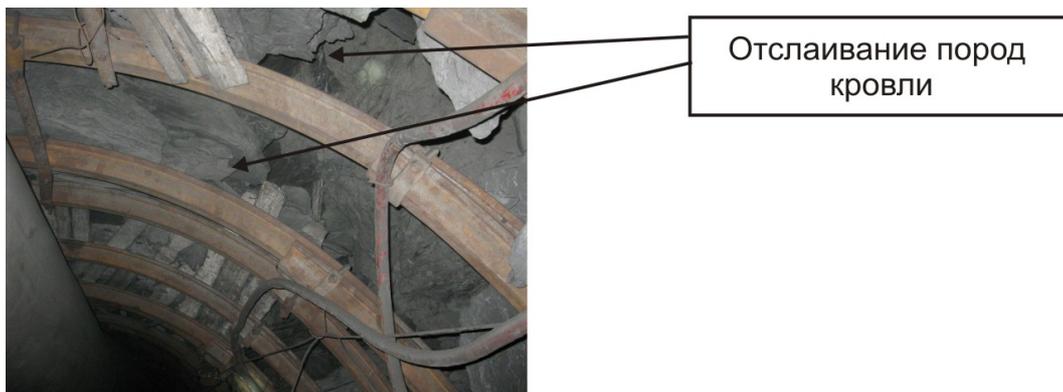


Рис. 2.59. Место отслаивания пород кровли

4. В местах применения анкерной крепи отслаивания пород кровли не наблюдается.



Рис. 2.60. Состояние кровли в местах применения анкерной крепи

5. В выработке в замках податливости применяются хомуты различных типов.

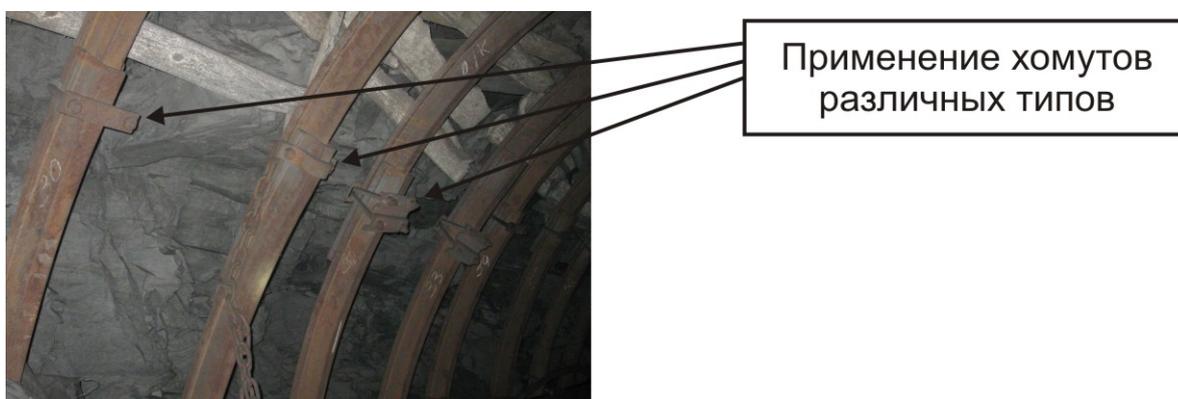


Рис. 2.61. Применение различных хомутов в замках податливости

6. На ряде рам устанавливается только по одному хомуту.

7. Ряд рам не укомплектован боковыми межрамными стяжками;



Места отсутствия межрамных стяжек

Рис. 2.62. Места отсутствия полной комплектации рам арочной крепи

8. Бока и кровля выработки затянуты местами, затяжка осуществляется железной сеткой и деревом.

9. На ряде рам отсутствует контакт арок крепи и кровли выработок.

10. На протяжении всей трассы выработки отсутствует заполнение забутовки закрепного пространства.

2.4. Анализ результатов визуального инструментального мониторинга обследуемых выработок

В результате визуального обследования конвейерных и промежуточных штреков восточных лав пласта h_8 установлено следующее:

1. Обследованию подвергались подготовительные выработки восточного блока, располагающиеся на различной глубине в сходных геомеханических условиях. Глубина их расположения изменялась от 725 до 1080 м. При этом состояние выработок, расположенных на разной глубине, мало отличалось. Начиная с глубины 1000 м, наблюдается пучение пород почвы. Величины пучения составляют 0,3-0,6 м.

2. При применении в выработке только рамной крепи наблюдаются расслоения пород кровли и боков выработки, однако в местах применения

рамно-анкерной крепи отслоение пород отсутствует. Несмотря на хорошие итоги применения анкеров, в результате несвоевременных поставок материалов анкерной крепи и в недостаточном количестве длина закрепленной рамно-анкерной крепью части выработки мала.

3. Рамная крепь из-за отсутствия необходимого количества крепежных хомутов и низкого качества установки не выходит на расчетный отпор и ее несущая способность снижается в несколько раз, что отрицательно влияет на состояние выработки при ведении очистных работ.

4. Недостаточное количество расстрелов вызывает в зоне влияния опорного давления перекося рамы крепи (нарушение паспорта крепления и режима работы арочной крепи).

5. Элементарное несоответствие паспорту крепления уменьшает несущую способность крепи в несколько раз и провоцирует расслаивание пород приконтурной зоны массива, значительно увеличивая нагрузку на крепь. Эти причины закономерно приводят к преждевременной потере эксплуатационных характеристик выработки, вывалообразованию в зоне опорного давления движущейся лавы и перекреплению выработки после ее прохода.

В табл. 2.6 в качестве примера приведены результаты одного из геометрических параметров металлической арочной крепи 9-го конвейерного штрека пласт h_8 . Они являются характерными для всех измерений. Измерялись ширина и высота выработок, а также проскальзывание верхняка в правом и левом замках. Основными исследуемыми параметрами являются размеры остаточного поперечного сечения выработки и перекося рамы вследствие несимметрии внешнего нагружения и технологических несовершенств.

Несимметрия внешнего нагружения вызывает перекося верхняка рамы. Этому способствует также неодинаковая затяжка хомутов справа и слева. Этот параметр (перекося верхняка) определяется по формуле: $\Pi = \operatorname{tg} \frac{b-a}{B}$, где B - ширина выработки в месте замера, b и a - величины правого и левого проскальзывания верхняка в замке. Чем больше параметр Π , тем сильнее

несимметрия внешнего нагружения, вызванная наличием лавы.

Таблица 2.6

Изменения геометрических параметров крепи 9-го конвейерного штрека h_8

Пикеты	Ширина В, м	Высота Н, м	Сечение S, м	Замок левый З _л , мм	Замок правый З _п , мм	Переко с верхня ка, П
ПК1	4.309	1.966	7.37	38	123	0.0197
ПК1+14,1	4.498	2.536	9.92	42	137	0.0211
ПК1+17,1	4.297	2.266	8.47	32	128	0.0223
ПК2	4.219	2.278	8.36	28	102	0.0175
ПК2+6,6	4.166	1.706	6.18	31	117	0.0206
ПК2+9	4.089	2.047	7.28	31	129	0.0240
ПК3+4	4.221	2.156	7.92	30	132	0.0242
ПК4+0,8	4.382	2.296	8.75	40	123	0.0189
ПК4+3,2	3.860	1.871	6.28	30	131	0.0262
ПК5+10	3.886	2.381	8.05	28	102	0.0190
ПК8	3.643	1.901	6.02	29	133	0.0285
ПК9	3.967	2.283	7.88	28	121	0.0234
ПК10	3.898	2.247	7.62	32	117	0.0218
ПК12	3.892	2.294	7.77	40	108	0.0175
ПК12+6	3.300	2.002	5.74	97	137	0.0121
ПК13	4.364	2.722	10.33	30	156	0.0289
ПК13+5	4.482	1.980	7.72	20	163	0.0319
ПК13+15	4.014	2.306	8.02	30	123	0.0232
ПК16	4.078	2.626	9.32	30	109	0.0194
ПК17	4.221	2.424	8.90	35	118	0.0197
ПК18	4.120	1.963	7.04	40	133	0.0226
ПК19	4.278	2.284	8.50	30	104	0.0173
ПК20	4.151	2.431	8.78	30	130	0.0241
ПК21	4.280	2.465	9.18	35	104	0.0161
ПК22	4.310	2,447	9.23	37	121	0.0195
ПК23	4.482	2.451	9.56	30	122	0.0205
ПК24	4.512	2,515	9.45	37	118	0.0180
ПК25	4.459	2.630	10.20	40	175.7	0.0304
ПК26	4.662	3.115	12.63	28	152.9	0.0268
ПК27	4.720	3,272	12.78	32	141	0.0231

Результаты попикетного изменения поперечного сечения в 9-м и 10-м конвейерном штреке приведены на рис. 2.63.

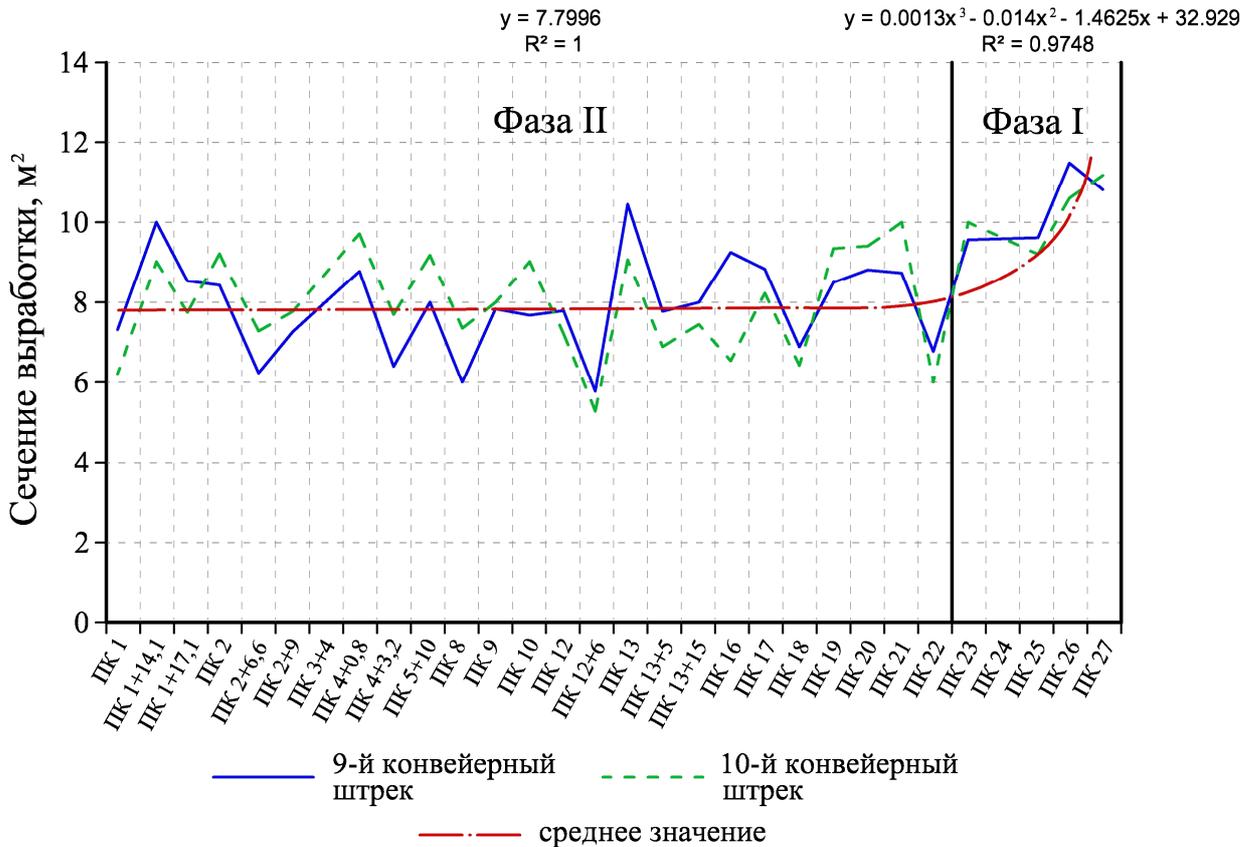


Рис. 2.63. Попикетное изменение поперечного сечения 9-го и 10-го конвейерных штреков по мере подхода лавы

Из него следует, что по мере приближения забоя лавы к замерной станции площадь исследуемого сечения выработки уменьшается по степенному закону, начиная с расстояния 60-80 м (фаза I), а затем среднее значение сечения остается неизменным (фаза II). Оно равно 8 м², что составляет, примерно, 70 % от начальной площади поперечного сечения – 11,7 м².

На участке нелинейного уменьшения (фаза I) поперечного сечения выработки (ПК27-ПК22) закон изменения выглядит следующим образом:

$$S_{осм} = 0,03l^3 - 0,014l^2 - 1,5l + 33, \quad (2.1)$$

где l - расстояние от точки замера до забоя лавы, м.

На участке установившегося горного давления (фаза II) сечение выработки постоянно:

$$S_{от} = 7,8 = const .$$

В табл. 2.7 и на рис. 2.64 представлены результаты обследования 9-го конвейерного штрека пласта h_8 на предмет целостности металлической арочной крепи.

Таблица 2.7

Разрушение элементов металла по мере приближения забоя пласта h_8

Отрезок выработки	Всего ножек на отрезке (с одной стороны)	Разрушение ножек			
		Правой		Левой	
		Ед.	% (от общей части)	Ед.	% (от общей части)
ПК1-ПК2	25	7	28,00	0	0,00
ПК2-ПК2+7,2	9	7	77,78		0,00
ПК2+7,2-ПК2+10,7	7	3	42,86	0	0,00
ПК2+10,7-ПК2+15,4	11	4	36,36	0	0,00
ПК2+15,4-ПК3	9	6	66,67	0	0,00
ПК3-ПК3+5	10	5	50,00	2	20,00
ПК3+5-ПК3+7	4	3	75,00	0	0,00
ПК3+7-ПК3+14,5	15	6	40,00	5	33,33
ПК3+14,5-ПК4	11	8	72,73	6	54,55
ПК4-ПК4+6	12	9	75,00	0	0,00
ПК4+6-ПК5+1,5	30	19	63,33	2	6,67
ПК5+1,5-ПК5+9	14	14	100,00	5	35,71
ПК5+9-ПК5+11	3	3	100,00	3	100,00
ПК5+11-ПК5+16,5	11	11	100,00	7	63,64
ПК+16,5-ПК6+7,5	22	20	90,91	12	54,55
ПК6+7,5-ПК6+14	12	9	75,00	5	41,67
ПК6+14-ПК6+18	8	5	62,50	2	25,00
ПК6+18-ПК7	4	0	0,00	1	25,00
ПК7-ПК7+8	16	13	81,25	1	6,25
ПК7+8-ПК7+10,5	4	0	0,00	2	50,00
ПК7+10,5-ПК7+15,4	10	9	90,00	1	10,00
ПК7+15,4-ПК8	9	3	33,33	2	22,22
ПК8-ПК9	40	39	97,50	4	10,00
ПК9-ПК10	40	35	87,50	5	12,50
ПК10-ПК11	40	36	90,00	6	15,00
ПК11-ПК12	40	32	80,00	17	42,50

Продолжен. табл. 2.7

ПК12-ПК13	40	24	60,00	21	52,50
ПК13-ПК14	40	18	45,00	15	37,50
ПК14-ПК15	40	19	47,50	5	12,50
ПК15-ПК16	40	30	75,00	15	37,50
ПК16-ПК16+7,5	14	13	92,86	5	35,71
ПК16+7,5-ПК17	25	9	36,00	14	56,00
ПК17-ПК18	40	30	75,00	7	17,50
ПК18-ПК19	40	36	90,00	4	10,00
ПК19-ПК20	40	30	75,00	12	30,00
ПК21-ПК22	40	8	20,00	6	15,00

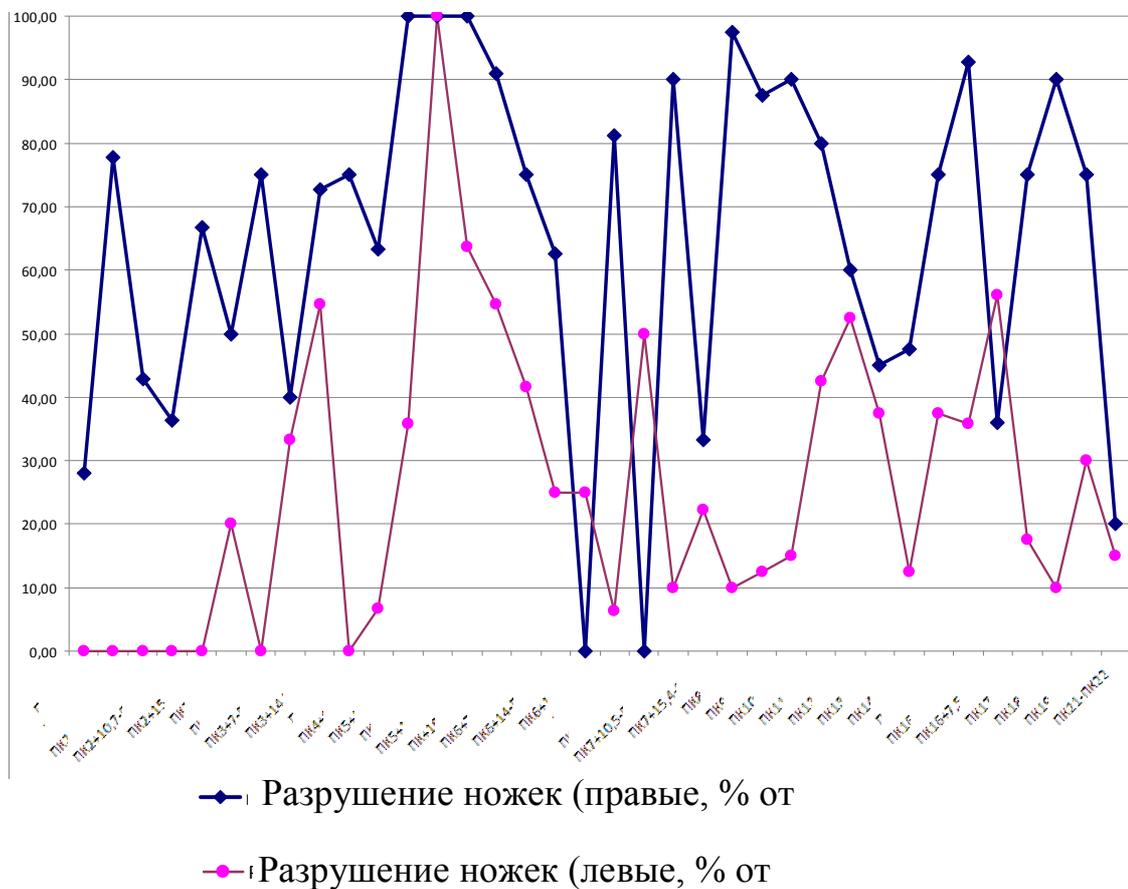


Рис. 2.64. Процент разрушенных элементов металлической арочной крепи (ножек) по мере приближения забоя лавы в 9-м конвейерном штреке пласта h_8

Из них следует, что после прохода волны опорного давления на разных пикетах процент рам, которые требуют ремонта, колеблется от 0 до 100. В среднем ремонту подлежат, примерно, 42 % рам металлической арочной крепи.

Эта величина практически не зависит от глубины расположения выработок (рис. 2.65).

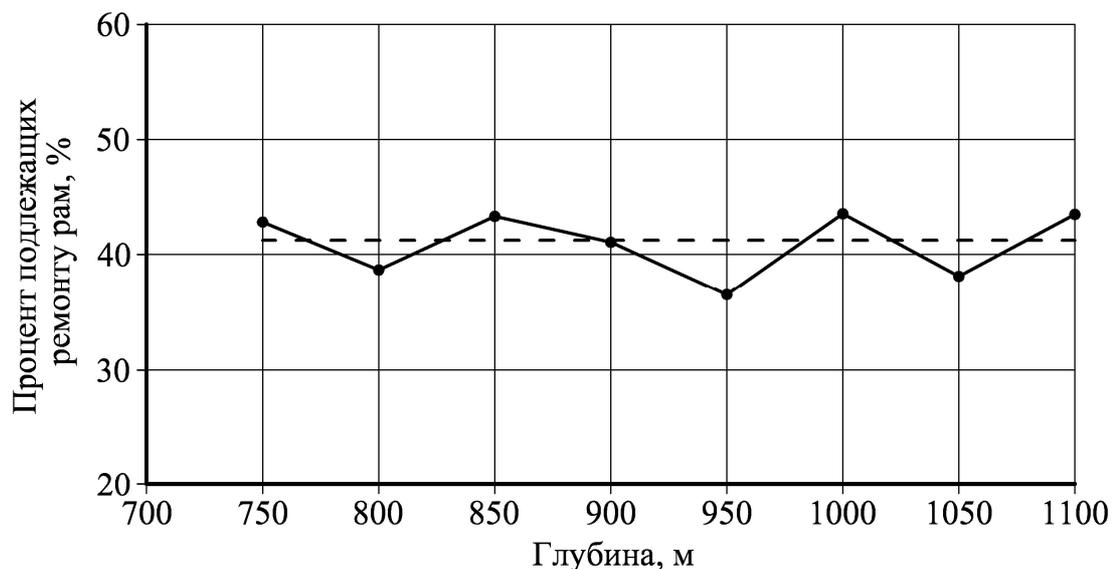


Рис. 2.65. Зависимость числа рам крепи, подлежащих ремонту, от глубины

На рис. 2.66-2.69 приведены графики, демонстрирующие развитие деформаций контура выработок (вертикальная конвергенция и поднятия почвы) по мере приближения забоя лавы. В качестве примеров выбраны выработки пласта h_8 , расположенные на разной глубине: 2-й конвейерный штрек, 8-й промштрек, 9-й и 10-й конвейерный штреки. Из рисунков следует, что влияния забоя лавы начинает проявляться на расстоянии 50-80 м до замерной станции. Затем следует довольно быстрый рост зоны неупругих деформаций и последующее затухание деформационных процессов. Начиная с глубины 1000 м проявляется пучение пород почвы, которое достигает 0,6 м.

На основе анализа графиков, приведенных на рис. 2.66-2.69 и данных табл. 2.6 и 2.7, были выполнены замеры максимального поднятия почвы выработки и величины вертикальной конвергенции в момент прохождения забоем лавы измерительной станции.

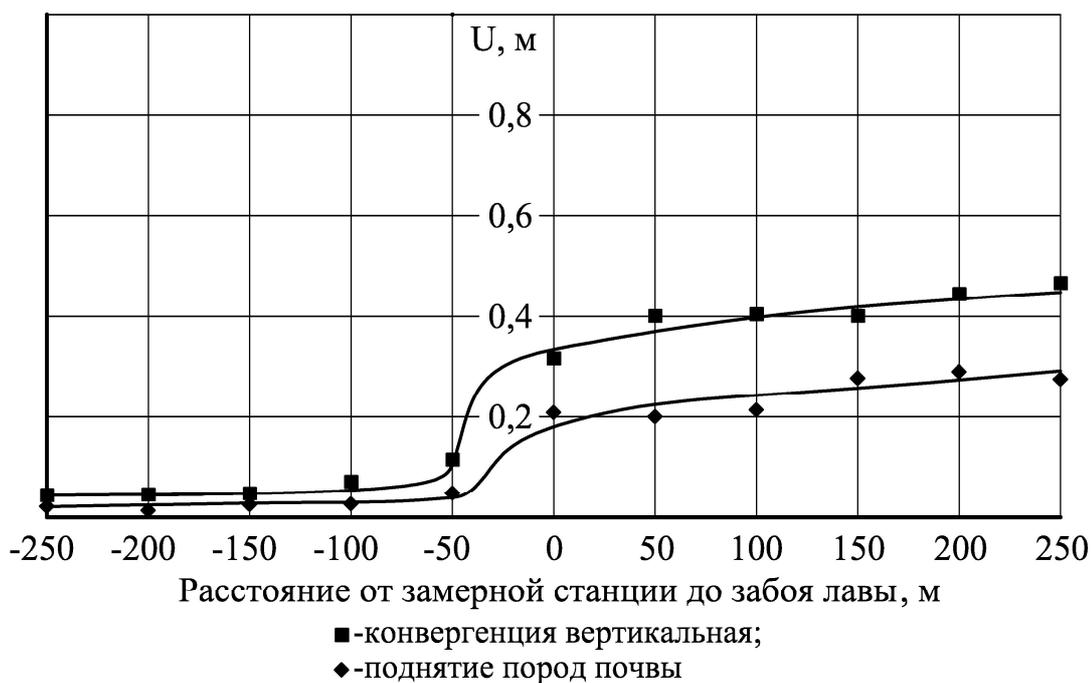


Рис. 2.66. Развитие деформаций контура выработки по мере приближения забоя лавы (2-й конвейерного штрека)

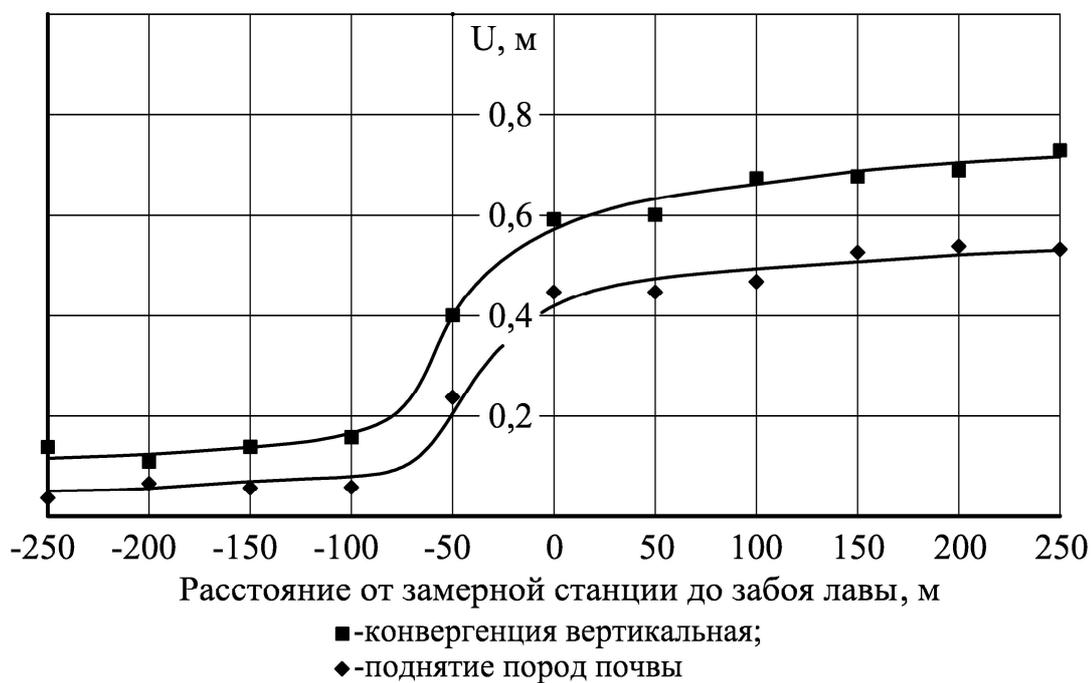


Рис. 2.67. Развитие деформаций контура выработки по мере приближения забоя лавы (9-й конвейерный штрек):

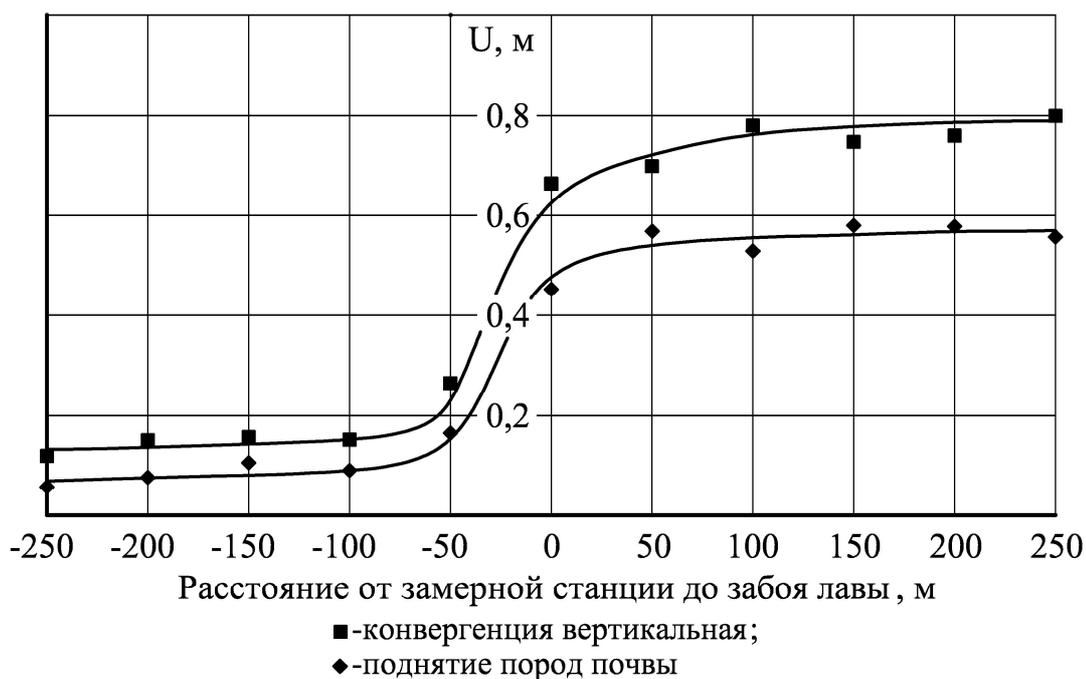


Рис. 2.68. развития деформаций контура выработки по мере приближения забоя лавы (10-й конвейерный штрек)

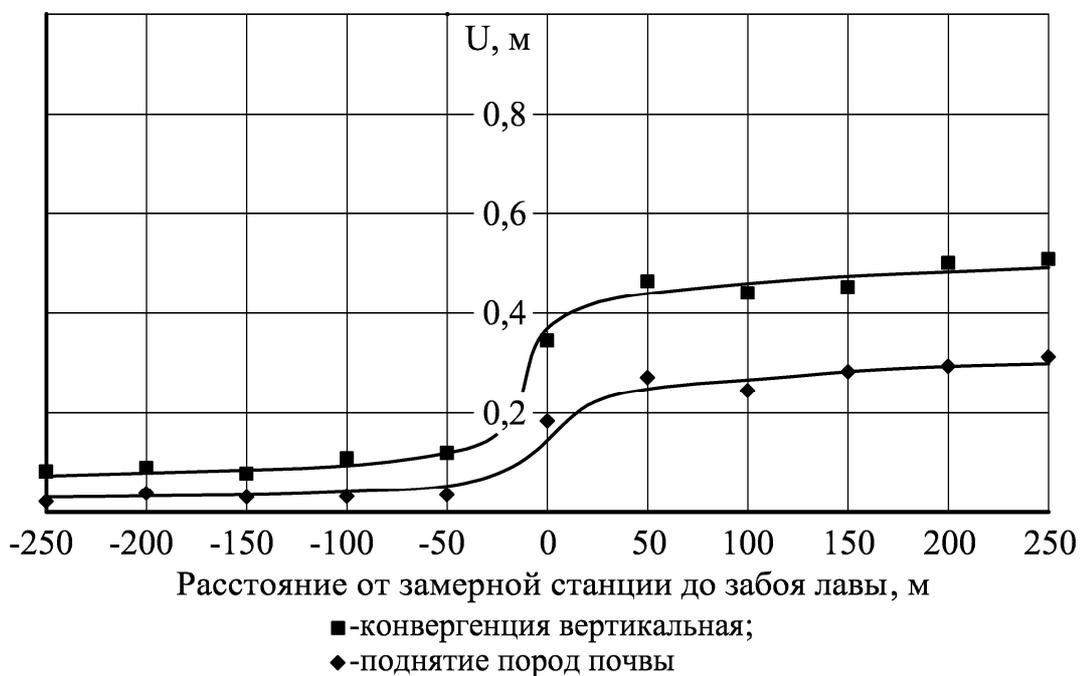


Рис. 2.69. Развитие деформаций контура выработки по мере приближения забоя лавы (8-й промштрек)

Результаты вычислений в относительных единицах представлены на графиках рис. 2.70.

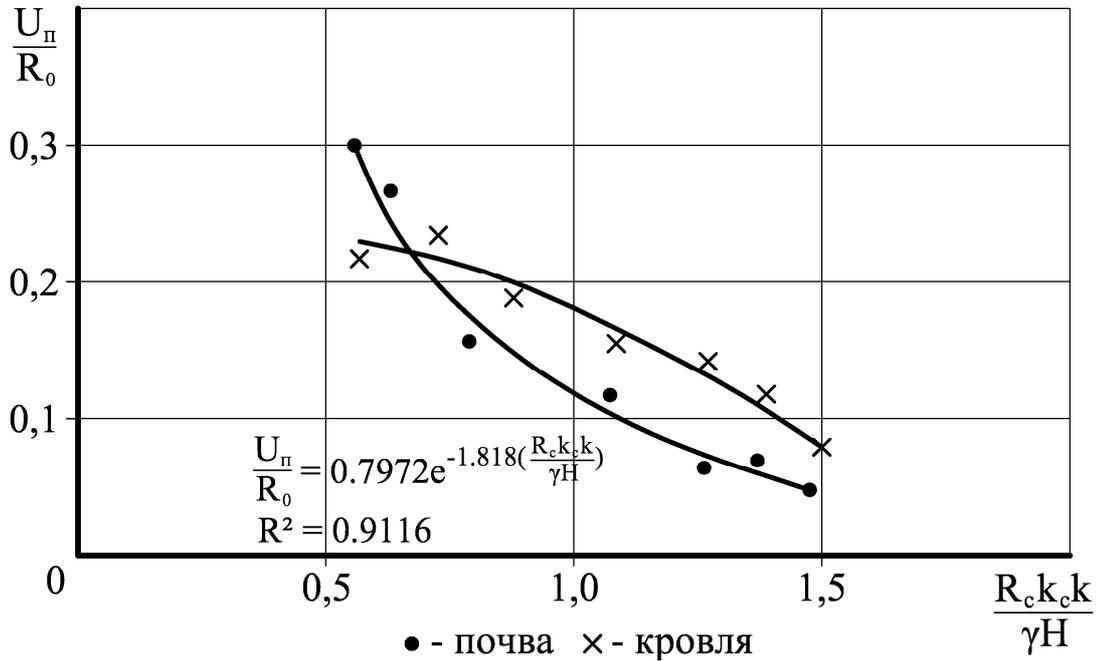


Рис. 2.70. Зависимость вертикальной конвергенции и величины поднятия почвы от геомеханического показателя условий разработки

Из них следует, что максимальная величина поднятия пород почвы нелинейно зависит от геомеханического показателя условий разработки угольных пластов и подчиняется следующей зависимости:

$$U_{II} = R_0 \times 0,8e^{-1,8 \left(\frac{R_c k_c k}{\gamma H} \right)}, \quad (2.2)$$

где R_0 - полупролет выработки, м; \bar{R}_c - средневзвешенный предел прочности вмещающих пород, МПа; k_c - коэффициент структурного ослабления; k - коэффициент концентрации вертикальных напряжений, вызванных действием забоя лавы ($k = 1,8$ [111, 112]); γ - средневзвешенная плотность горных пород, залегающих в кровле, H – глубина расположения замерной станции в выработке.

Коэффициент структурного ослабления определялся по формуле:

$$k_c = \left[1 - \sqrt{0,5\eta} \exp(-0,25\eta) \right], \quad (2.3)$$

где η – коэффициент вариации прочности массива, определяемый по формуле:

$$\eta = \sqrt{\frac{l_T + l_0}{l_T} (\eta_0^2 + 1)} - 1, \quad (2.4)$$

где l_T – среднее расстояние между трещинами в массиве (по данным геологической службы), см; l_0 – характерный размер стандартного породного образца, см; η_0 – коэффициент вариации прочности образцов при испытаниях на одноосное сжатие.

Необходимые данные для определения коэффициента структурного ослабления представлены в табл. 2.2 и 2.3.

Сопоставляя между собой кривые деформирования пород почвы и кровли, приведенные на рис. 2.70, следует отметить следующее. До значений

$\theta = \frac{R_c k_c k}{k \gamma H}$ больших 1,0 кривые параллельны, после значений $\theta < 1,0$

интенсивность поднятия пород почвы возрастает, а кровли, наоборот, падает и даже становится величиной постоянной. В работах [111, 113-116] отмечается, что ситуация, когда $\theta = 1$ соответствует началу пучения пород почвы в горных выработках. При этом геомеханические процессы, протекающие в породах кровли и почвы, взаимосвязаны, хотя и противоположны по характеру нарастающих смещений контура выработки.

Выводы

1. Для повторного использования выемочных штреков в сложных горно-геологических условиях и на больших глубинах необходимо оптимизировать способы и параметры охраны штреков с учетом геомеханических особенностей формирования напряженно-деформированных зон вблизи сопряжений штрек-лава.

2. Анализ работ, посвященных исследованию геомеханических процессов, протекающих в породных массивах вблизи выемочных штреков, показал, что до настоящего времени отсутствует достаточно обоснованная геомеханическая модель поведения массива на сопряжениях штрек-лава в

неустойчивых породах (3-й и 4-й категорий). Разработка такой модели должна быть основана на исследовании характера формирования и динамики развития напряженно-деформированных зон под влиянием горно-геологических и горно-технологических факторов с учетом мероприятий по охране выработок.

3. В результате визуального и инструментального обследования подготовительных выработок восточного блока шахты «Комсомольская» установлено, что их состояние до глубины 1000 м, примерно, одинаково, а с глубины, превышающей 1000 м, наблюдается пучения пород почвы. Величина поднятия пород почвы составляет 0,4-0,6 м.

4. При применении в выработке только рамной крепи наблюдаются расслоения пород кровли и боков выработки, однако в местах применения рамно-анкерной крепи отслоение пород отсутствует. Несмотря на хорошие итоги применения анкеров, в результате несвоевременных поставок материалов анкерной крепи и в недостаточном количестве длина закрепленной рамно-анкерной крепью части выработки мала.

5. Рамная крепь из-за отсутствия необходимого количества крепежных хомутов и низкого качества установки не выходит на расчетный отпор и ее несущая способность снижается в несколько раз, что отрицательно влияет на состояние выработки при ведении очистных работ.

6. Недостаточное количество расстрелов вызывает в зоне влияния опорного давления перекося рамы крепи (нарушение паспорта крепления и режима работы арочной крепи).

7. Элементарное несоответствие паспорту крепления уменьшает несущую способность крепи в несколько раз и провоцирует расслаивание пород приконтурной зоны массива, значительно увеличивая нагрузку на крепь. Эти причины закономерно приводят к преждевременной потере эксплуатационных характеристик выработки, вывалообразованию в зоне опорного давления движущейся лавы и перекреплению выработки после ее прохода.

8. Количество рам металлической крепи, требующих ремонта, независимо от глубины не превышает 42 % от общего их числа.

9. В рассматриваемых горногеологических и горнотехнических условиях площадь поперечного сечения подготовительных выработок, начиная с расстояния 60-80 м (фаза I), уменьшается по степенному закону, после чего деформации стабилизируются (фаза II) и конечная площадь поперечного сечения составляют 60-70 % от начальной, при этом максимальная величина поднятия пород почвы находится в экспоненциальной зависимости от показателя условий разработки, что позволяет на этой основе прогнозировать объемы ремонтных работ в выработке, предназначенной для повторного использования.

РАЗДЕЛ 3.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПОРОДНОГО МАССИВА В ОКРЕСТНОСТИ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «ВЫРАБОТКА-ОХРАННАЯ КОНСТРУКЦИЯ-ЛАВА»

3.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве основного объекта исследований был выбран 9-й конвейерный штрек 9-й восточной лавы пласта h_8 . Шахта «Комсомольская» давно отказалась от охраны подготовительных выработок целиками угля и перешла на искусственные охранные конструкции в виде бутовых полос (рис. 3.1) или полос, выполненных из полиэтиленовых мешков с быстротвердеющей смесью Текхард (рис. 3.2). На шахте «Партизанская», где горно-геологические условия такие же, всё ещё при отработке столбов сплошной системой разработки охрану выработок осуществляют с помощью целиков угля. По этой причине рекомендации по переходу на бесцеликовый способ охраны выработок, полученные в условиях шахты «Комсомольская» могут быть использованы и для шахты «Партизанская».

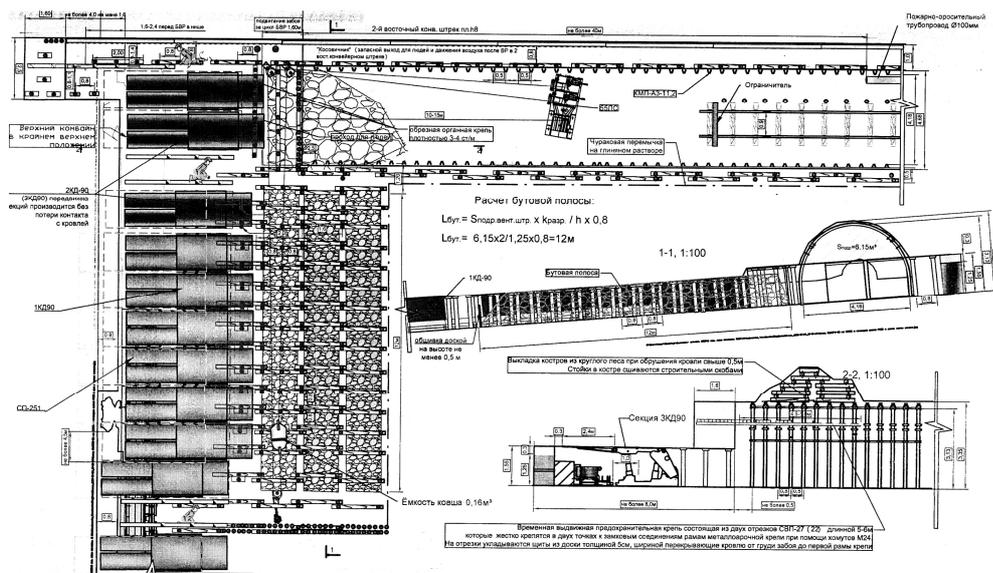


Рис. 3.1. Охрана 9-го конвейерного штрека 9-й восточной лавы пласта h_8 бутовой полосой

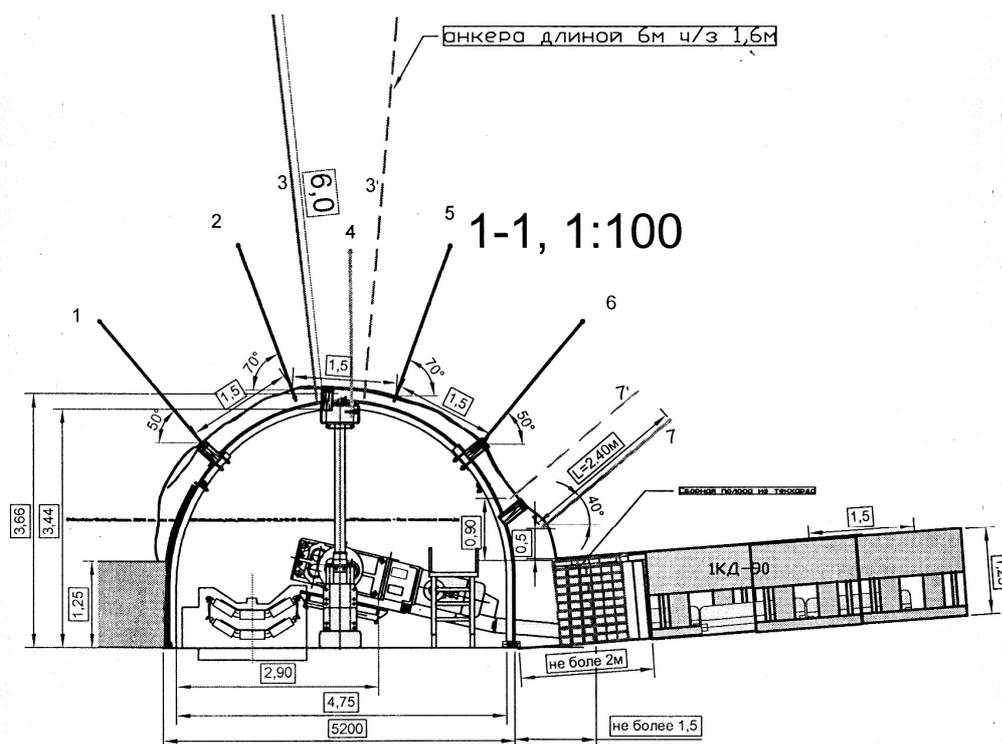


Рис. 3.3. Схема расположения элементов анкерной крепи в поперечном сечении выработки

Цель исследований состоит в том, чтобы обосновать такие параметры крепи и охранного элемента, при котором станет возможным повторное использование подготовительной выработки. При этом предусматривается решение двух основных задач:

- обоснование геометрических параметров охранного элемента на сопряжении «лава – штрек»;
- обоснование параметров рамно-анкерной крепи.

На рис. 3.4 представлена физическая модель исследуемого объекта. На ней выделены два характерных сечения: S_1 - вне зоны влияния лавы и S_2 - в зоне влияния очистных работ.

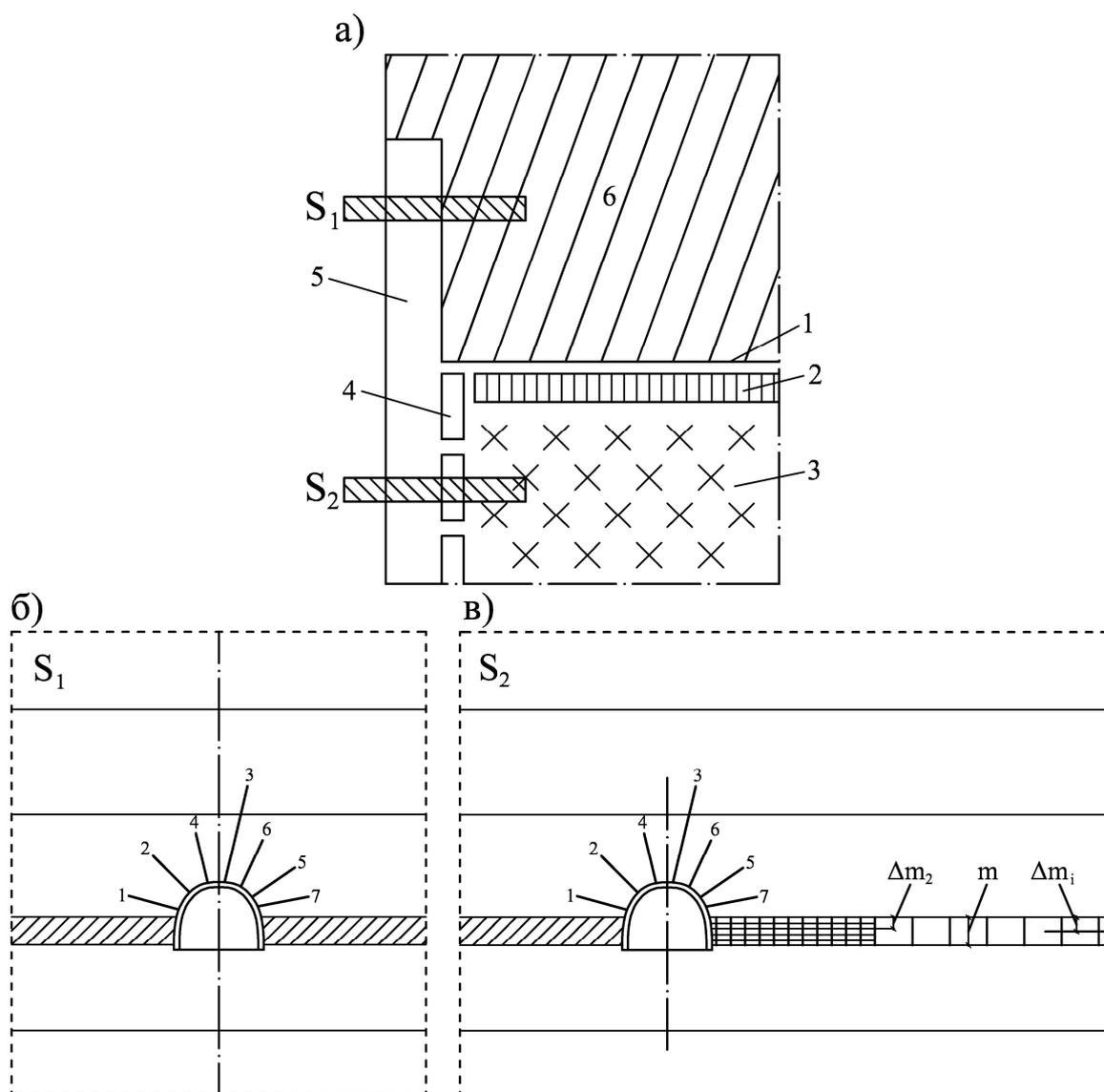


Рис. 3.4. Физическая модель сопряжения подготовительной выработки с лавой: а) продольный разрез; б,в) поперечные разрезы; 1 – забой лавы; 2 – механизированный комплекс; 3 – обрушенные породы; 4 – охранные элементы; 5 – конвейерный штрек; 6 – угольный пласт; S_1 , S_2 - характерные сечения

В качестве охрannого элемента (целика) ниже рассмотрим конструкции из соответствующего материала, которые, работая совместно с рамно-анкерной крепью, обеспечат такие остаточные размеры выработки, при которых возможна ее повторная эксплуатация.

3.2. Ретроспективный обзор источников информации в области расчета предохранительных целиков

Основные методы расчета целиков были разработаны применительно к камерным системам разработки.

Впервые метод расчета опорных целиков был опубликован Турнером в 1884 году [117]. В общем виде критерий прочности целиков, согласно этому методу, записывается в следующем виде:

$$R_c \frac{S}{k} = S\gamma H,$$

где R_c – предел прочности на одноосное сжатие пород слагающих целик; S – общая площадь разработок; $\frac{S}{k}$ – часть общей площади, занятая целиками; γ – объемный вес покрывающих пород; H – глубина расположения верхней части целика от земной поверхности.

Несмотря на простоту, расчет Турнера, стал базовым для многочисленных последующих методов определения геометрических размеров целиков. Так, например, Гупильер предложил расчетные формулы, позволяющие определить несущую способность целиков и действующие на них нагрузки уже с учетом собственного веса опорных столбов. В обоих случаях целик рассматривался как опорный элемент, работающий только на сжатие без учета снижающих прочность его пород факторов, что являлось существенным недостатком этих способов расчета.

Одним из методов расчета целиков, развивающих идеи Турнера и Гупильера и получивший впоследствии наибольшее распространение, был метод, предложенный в 1941 г. Л.Д. Шевяковым [118, 119]. В качестве допущений полагалось, что наибольшая нагрузка на опорные столбы обуславливается весом всей толщи вышележащих пород, Шевяковым предложено следующее условие для расчета прочных размеров целика:

$$SHq + shq_1 = \frac{sR_c}{n}.$$

Здесь S – площадь поперечного сечения горных пород, удерживаемых целиками; H – глубина от верхней части опорного целика до земной поверхности; q – средневзвешенный объемный вес вышележащих пород; s – площадь горизонтального сечения одиночного целика; h – высота целика; q_1 – объемный вес пород целика; R_c – предел прочности пород целика на одноосное сжатие; n – коэффициент запаса прочности целика (по рекомендациям Шевякова следует принимать $n=2,5 \dots 3,0$).

Большого доверия, заслуживают результаты работы Л.Г. Афендика [120], изучавшего оптическим методом напряжения в прозрачных моделях, подвергнутых двухстороннему сжатию. Вертикальные напряжения в среднем горизонтальном сечении целика сжатой упругой модели распределялись почти равномерно, возрастая не более чем на 6 % в краевых его частях.

После разработанного Д.И. Шерманом [121, 122] общего метода решения задач для многосвязных областей с использованием функций Колосова-Мухелишвили, появились работы по исследованию напряженного состояния целиков на основе методов теории упругости [123-129]. В результате этих исследований, было установлено, что напряжения в целиках распределяются неравномерно и при ограниченном их количестве среднее давление на целик значительно меньше веса вышележащих пород, как это предполагалось ранее.

Расчет по методике В.В. Соколовского [130] предполагает в первую очередь определение предельной нагрузки на целик. Полученное значение, характеризующее предельное равновесное состояние пород целика, сравнивается с весом надлежащих пород, а отношение этих величин позволяет получить коэффициент запаса прочности. Недостатком методики В.В. Соколовского является наличие таких физико-механических характеристик пород целика, как сцепление и угол внутреннего трения.

Последовательность расчета целика методом К.В. Руппенейта [131] аналогична способу В.В. Соколовского, однако разрушающая нагрузка на

целик определяется методами теории упругости. Действующая нагрузка, определяемая по методу Л.Д. Шевякова, сравнивается с предельной. Это в результате позволяет рассчитать коэффициент запаса прочности. Дальнейшее развитие этого подхода получило в работах Ялымова Н.Г. и Рогожикова Н.Г. [132], Рахимова В.Р. [133], Ялымова Н.Г. [134].

Возвращаясь к простым методам определения размеров целиков, следует отметить работы М. Стаматиу [135] и Слесарева В.Д. [136]

В результате натурных измерений по определению напряженного состояния [136, 137-140] установлено, что максимальные вертикальные напряжения приурочены к краевым частям целиков, а горизонтальные распределяются в них неравномерно. Для залежей значительных размеров нагрузка на целики равна полному весу вышележащих пород, а для залежей ограниченных размеров – меньше этого веса.

Одним из отличающихся от вышеизложенных методов определения несущей способности целика и действующей на него нагрузки предложен А.Н. Шашенко [141]. Используя впервые примененный Цимбаревичем принцип суперпозиции и основываясь, на предложенном Л.Я Парчевским и М.И. Козенко способе оценки прочности междукамерных целиков для случая гидростатически сжатого породного массива, автором предложен ряд расчетных формул, составивших основу методики, позволяющей оценить прочность ленточных целиков, путем сравнения действующей нагрузки с предельной несущей способностью целика.

Известно несколько способов оценки несущей способности целиков. К одному из них относятся работы [142, 143-146]. В них несущая способность целиков отождествляется с прочностью образцов горных пород.

В исследованиях другого направления [147-157] несоответствие прочности образцов горных пород и целиков компенсируется введением в расчетную формулу коэффициентов, учитывающих форму целиков, масштабный фактор, реологические свойства пород, структурные особенности

массива, условия контакта целиков с кровлей и почвой и другие горно-геологические особенности.

Авторами работы [158] предложен критерий прочности, согласно которому разрушение целиков при трехосном напряженном состоянии связано с внутренним растягивающим напряжением, превысившим предел прочности горных пород на растяжение. В формулы расчета удельной несущей способности целиков входят также коэффициенты структурного ослабления, формы целиков и параметры, функционально зависящие от коэффициента Пуассона и формы целика в плане. Новый критерий, учитывающий прочностные и деформационные свойства материалов целиков, позволяет с новых позиций подойти к причинам их потери устойчивости.

Расчеты предохранительных целиков вокруг подготовительных и капитальных выработок в угольных шахтах осуществляются путем применения методических указаний, разработанных ВНИМИ [159, 160]. В их основе лежит аналитико-эмпирический подход, основанный на применении большого количества коэффициентов, учитывающих горнотехнические и горно-геологические условия заложения выработок. Обычно эти коэффициенты имеют разброс значений, их выбор во многом зависит от опыта проектировщика, т.е. носит в значительной мере субъективный характер. В итоге это приводит к тому, что значение основной определяемой величины – ширины целика – имеет большой разброс вокруг некоторой средней величины.

Исследования, связанные с определением рациональных размеров предохранительных целиков для условий антрацитовых шахт были выполнены в работах Ю.Е. Зюкова [161-168]. Им доказан факт существования ядра уплотнения в центральной части достаточно широких целиков. Это ядро, находящееся в объёмном напряжённом состоянии, и обеспечивает несущую способность целика.

3.3. Выбор метода исследований, оценка параметров и порядка реализации геомеханической модели

Начальным результатом геомеханического моделирования является напряженно-деформированное состояние (НДС) породного массива, включающего сопрягающиеся подготовительные и очистную выработки. На основе анализа НДС выполняется оценка устойчивости выработок в соответствии с прочностными и эксплуатационными критериями.

Напряженно-деформированное состояние исследуемой области массива в данной работе определяется на основе численного метода конечных элементов (МКЭ), хорошо апробированного для задач геомеханики. Математическую основу метода составляют вариационные принципы, заимствованные из строительной механики. Идея метода и численные процедуры подробно изложены в [168].

Для реализации метода конечных элементов в данной работе используется лицензионная вычислительная программа PHASE2 канадской компании *Rocscience*, полученная специалистами Национального горного университета как грант Научно-образовательного центра, созданного при поддержке Фонда гражданских исследований и развития (CRDF, США).

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

На втором этапе на основе адаптированной модели среды выполняется прогноз поведения породного массива в данных условиях при различных вариантах охраны выработки и параметров крепи.

Начальное поле напряжений, создаваемое весом вышележащих пород для заданной глубины: $\sigma_y = \gamma H = 27,5 \text{ МПа}$. Здесь $\gamma = 25 \text{ кН} / \text{м}^3$ – объемный вес пород, H – глубина разработки, принятая равной 1100 м на данном

горизонте. Граничные условия задаются в перемещениях – все границы жестко закреплены. Граница выработок свободна от напряжений.

На первом этапе моделируется поведение породного массива в окрестности сопряжения подготовительной и очистной выработки при отсутствии крепи с целью определения свободных перемещений пород и размеров зон разрушения (неупругих деформаций), породы внутри которых создают давление на крепь и определяют ее податливость.

Моделирование напряженно-деформированного состояния области массива, включающего 9 восточный конвейерный штрек пласта h_8 и собственно очистную выработку 9-й восточной лавы пл. h_8 осуществляется посредством нескольких расчетных стадий, которые имитируют проведение выработки вне зоны влияния очистных работ и последующее попадание ее в створ лавы. На каждой последующей стадии моделирования учитываются те деформации массива, которые уже реализовались на предыдущей стадии.

Последовательность расчетов:

- стадия 1 – моделирование нетронутого породного массива согласно данным геологической службы шахты;
- стадия 2 – имитация проведения 3 восточного конвейерного штрека пласта h_8 , путем «снятия» напряжений по заданному контуру выработки;
- стадия 3 – имитация подхода лавы (штрек в окне лавы) путем изменения граничных условий по контуру сечения очистной выработки.

На рис. 3.5-3.7 показаны расчетные схемы к решению плоской задачи о НДС породного массива, в котором последовательно образуются выработки.

При реализации стадии 3 влияние выработанного пространства лавы было учтено путем введения в граничные условия (внешняя нагрузка) коэффициента 1,8, который был получен в соответствии с методикой, изложенной в работе Король А.Ю.[169] и предложенной ранее Л.В.Новиковой.

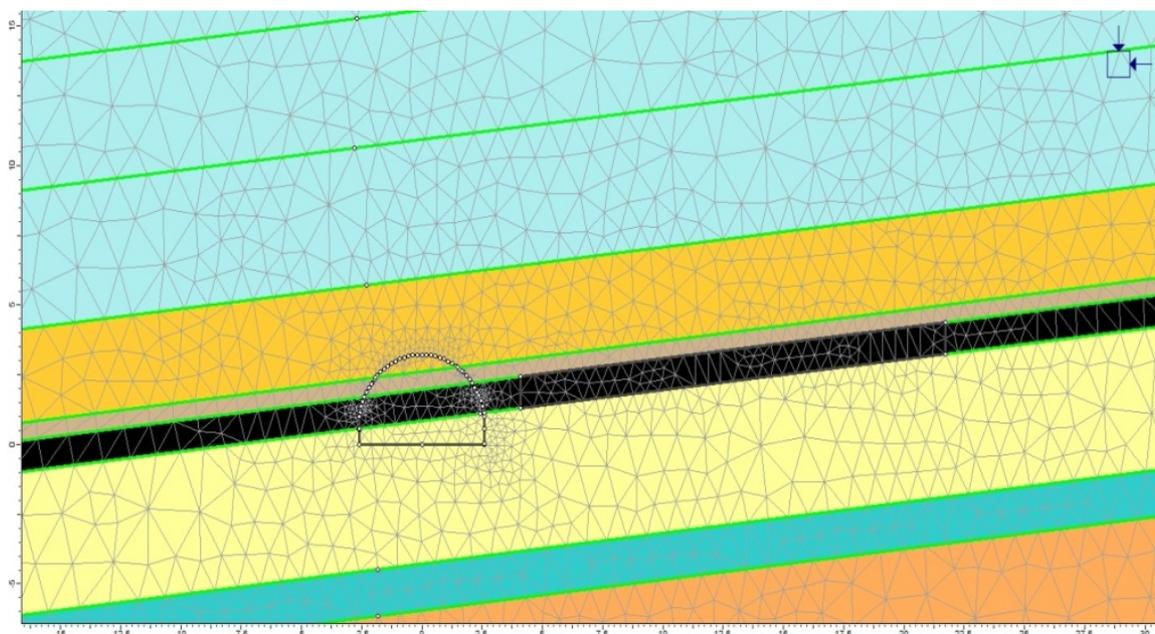


Рис. 3.5. Расчетная схема (стадия 1 – моделирование нетронутого породного массива согласно данным геологической службы шахты)

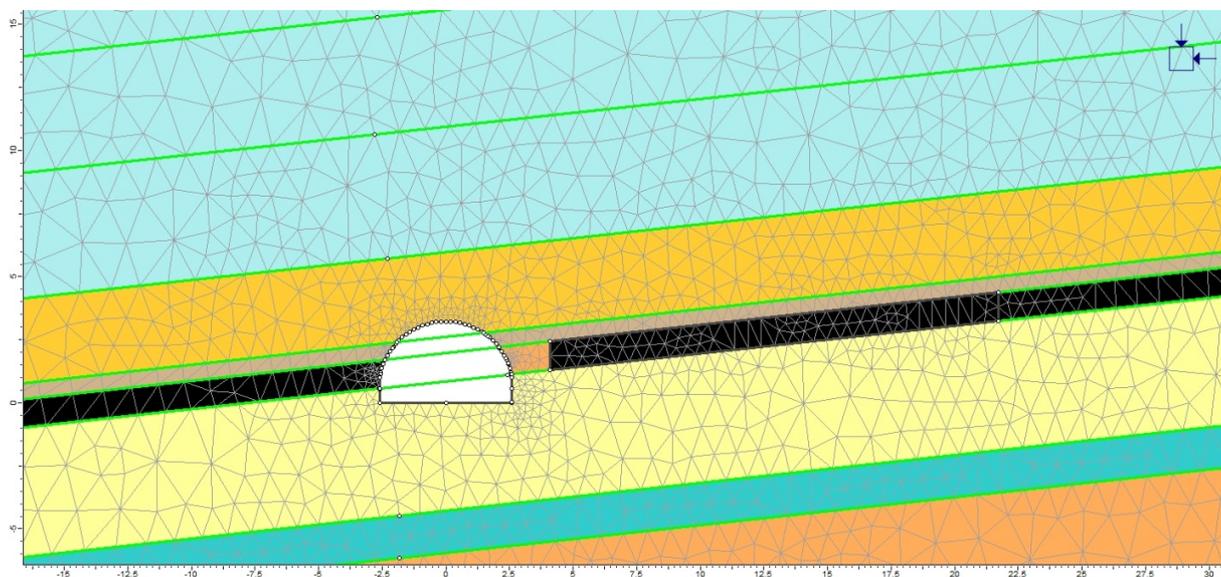


Рис. 3.6. Расчетная схема (стадия 2 – имитация проведения 3 восточного конвейерного штрека)

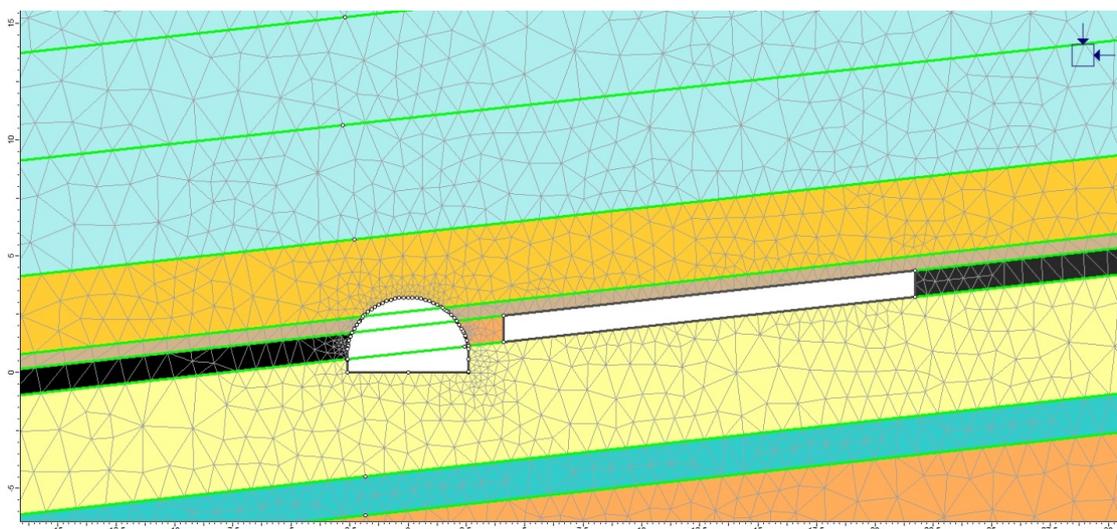


Рис. 3.7. Расчетная схема (стадия 3 – имитация подхода лавы (штрек в окне лавы))

Изначально моделировалась одиночная выработка (9 восточный конвейерный штрек пласта h_8). Затем с учетом сформировавшегося поля напряжений и реализовавшихся пластических деформаций путем изменения граничных условий имитировался подход лавы к штреку. Охрану выработки в окне лавы осуществляют путем либо оставления угольного целика, либо накатанного деревянного костра, либо выкладки охранной полосы из смеси «текхард». Физико-механические свойства смеси «текхард», древесины и угля представлены в табл. 3.1.

Физико-механические свойства материала предохранительных целиков

Таблица 3.1

Название характеристики	Смесь «текхард»	Дерево	Уголь
Модуль упругости (Юнга), МПа	5100	4000	10000
Коэффициент Пуассона	0,3	0,32	0,25
Прочность на сжатие, МПа	7,8	10	18

Выше указывалось, что метод конечных элементов позволяет определить все компоненты напряжений и перемещений в породной среде в окрестности выработки и любой точке породного массива. Однако с практической точки зрения интерес представляет определение области пород, в которой породы разрушены (т.е. перешли в неупругую стадию деформирования). Именно породы, заключенные в этой зоне, создают нагрузку на крепь и формируют величину перемещений контура выработок. Определить указанную область можно на основе той или иной теории прочности.

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

Вычислительная программа “PHASE-2” содержит модуль, реализующий проверку обобщенного критерия Хоека-Брауна, который имеет вид:

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

где σ_1 и σ_3 - максимальные и минимальные напряжения в массиве;
 m_b - константа Хоека-Брауна для породного массива; s и a – постоянные величины, которые выбираются для данной литологической разности из базы данных, содержащейся в приложении к вычислительной программе; σ_{ci} – предел прочности на одноосное сжатие массива пород.

Критериальные соотношения Хоека-Брауна проверяются в каждой точке массива и таким образом выявляется зона разрушения, образующаяся в результате перераспределения напряжений в окрестности выработок.

На рис. 3.8 в цветовой гамме показана зона разрушения в соответствии с критерием Хоека-Брауна на различных стадиях формирования выработок и показаны численные значения высоты указанной зоны по нормали к

напластованию. Точками показаны элементы, которые разрушены от растяжения, крестиками – элементы, которые разрушаются от сдвига.

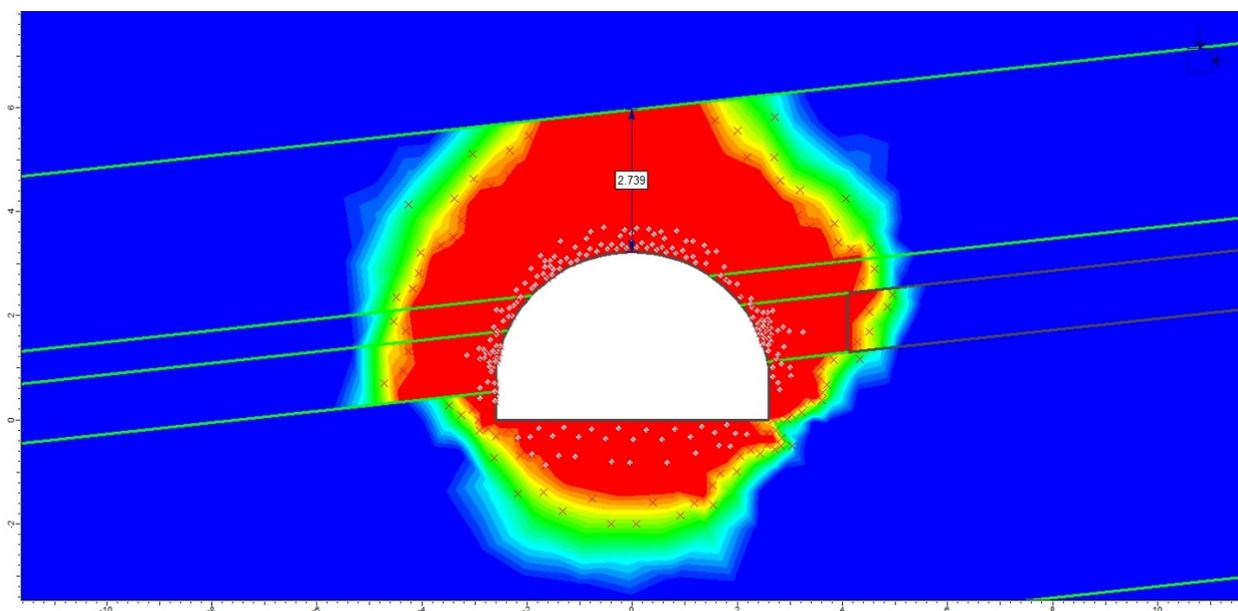


Рис. 3.8. Зона разрушения, образовавшаяся при проведении штрека (2-я стадия моделирования)

Из рисунка видно, что максимальный размер зоны разрушения (неупругих деформаций) по нормали к напластованию составляет 2,7 м. Непосредственно на контуре имеет место зона разрушения от растягивающих напряжений, которую можно трактовать как зону интенсивной трещиноватости. Вне зоны влияния лавы ее размер не превосходит 0,45 м.

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

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

Здесь S – площадь пород, охваченных неупругими деформациями, k_o – коэффициент динамичности, γ – удельный вес пород.

При ширине выработки 5,2 м площадь разрушения непосредственно над выработкой составляет 14,04 м, а вес пород, создающий нагрузку на 1 м выработки, составляет 31,1 т/м при отсутствии динамического эффекта. Такая нагрузка сопоставима с несущей способностью крепи АП 13,8 ($P_{нес} = 25$ т/м при использовании планок 33Д [170] с шагом установки 0,8 м). Создаваемый ею отпор составляет $25/0,8 = 32$ т/м.

Таким образом, при отсутствии переборов при проведении штрека нагрузка со стороны массива вне зоны влияния лавы вполне компенсируется установкой металлической крепи АП-13,8. Однако при наличии зазоров между породным обнажением и крепью возможно динамическое нагружение арки крепи весом пород, потерявших сцепления с основным массивом. Тогда, принимая коэффициент динамичности, равным 2,0 [170, табл. 4.2], получим нагрузку на крепь, равную 62 т/м. Для реализации отпора такому давлению пород необходимо устанавливать не менее 2-х арок крепи на 1 м, что значительно повысит металлоемкость крепи, либо предусмотреть усиление рамной крепи анкерами и наличие охранного элемента.

При попадании сечения выработки в окно лавы зона разрушения получает прирост со стороны лавы. В вертикальном направлении непосредственно над правым бортом выработки зона разрушения простирается на высоту 8,1 м. Над охранным элементом высота зоны разрушения составляет 9,4 м (рис. 3.9). Над очистной выработкой общая зона разрушения, где реализуется разрушение и сдвигом, и отрывом, составляет 12 м. Область пород, в которых реализуется разрушение от растяжения, распространяется на высоту 9,8 м.

Борт выработки, охраняемый со стороны лавы полосой, например, из твердеющей смеси, испытывает значительное давление от веса разрушенных пород.

Ниже будет показано, что укрепление пород со стороны массива, разрушенного над очистной выработкой, возможно путем инсталляции сталеполлимерных анкеров в кровле выработки непосредственно над бровкой.

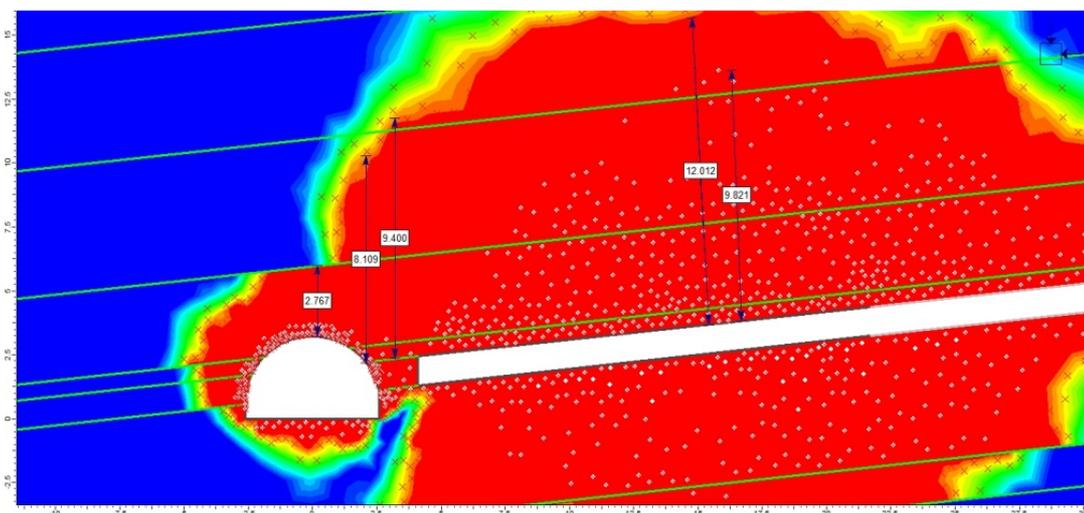


Рис. 3.9. Зона разрушения при сопряжении конвейерного штрек с лавой (3-я стадия моделирования)

При своевременной и качественной установке анкеров сразу после проходки, можно не только уменьшить смещения пород, но и предупредить развитие зоны разрушения.

Проанализируем свободные перемещения контура выработки (при отсутствии и рамной и анкерной крепи), представленные на рис 3.10-3.12.

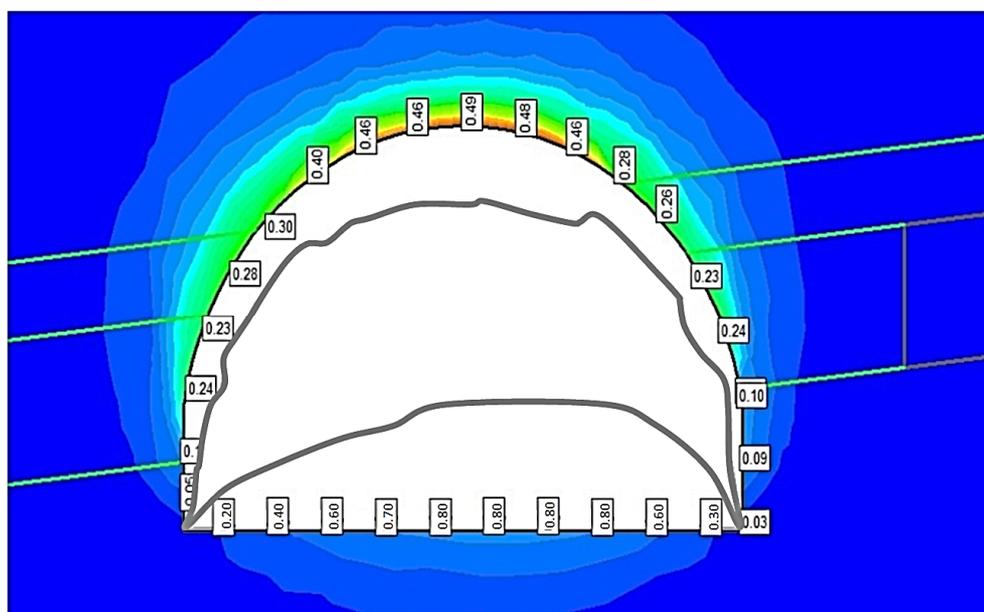


Рис. 3.10. Свободные перемещения контура выработки при отсутствии крепи (стадия 2 моделирования)

Для их определения использована упругопластическая модель деформирования, основанная на соотношениях теории прочности Хюэка-Брауна. Значения перемещений составляют: до 0,8 м в почве, 0,49 м в кровле и 0,23-0,24 м в боках. Таким образом, уменьшение сечения 3-го восточного конвейерного штрека пласта h_3 до попадания в зону влияния очистных работ составляет (по сравнению с сечением в проходке):

по ширине:

$$B = B_{np} - (U_{\delta_1} + U_{\delta_2}) = 5,2 - (0,23 + 0,24) = 4,73 \text{ м},$$

где U_{δ_1} – величина смещений боков выработки со стороны лавы, U_{δ_2} – величина смещений боков выработки со стороны нетронутого массива.

по высоте:

$$H = h_{np} - (U_{кр} + U_{поч}) = 3,22 - (0,49 + 0,08) = 2,65 \text{ м},$$

где $U_{кр}$ – величина смещений в кровле выработки,

$U_{поч}$ – величина смещений в почве выработки.

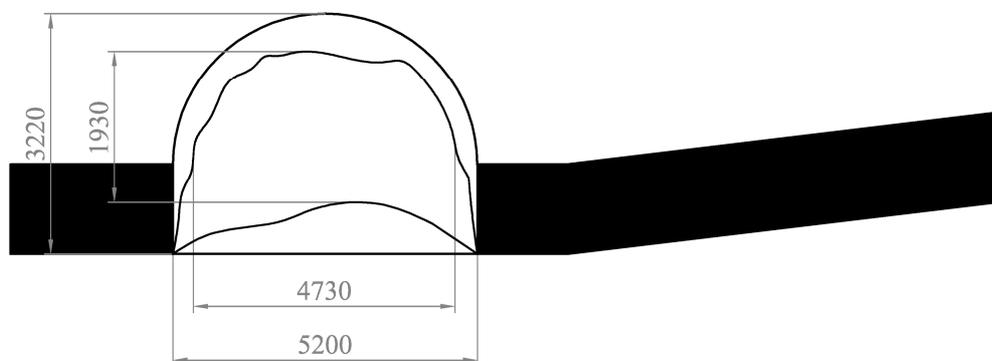


Рис. 3.11. Сечение выработки в проходке после реализации смещений сразу после проведения выработки

При попадании сечения штрека в окно лавы интенсивность смещений значительно возрастает. На рис. 3.12 показаны значения смещений и векторы направления смещений без учета крепи, но с применением охранной конструкции из смеси «текхард».

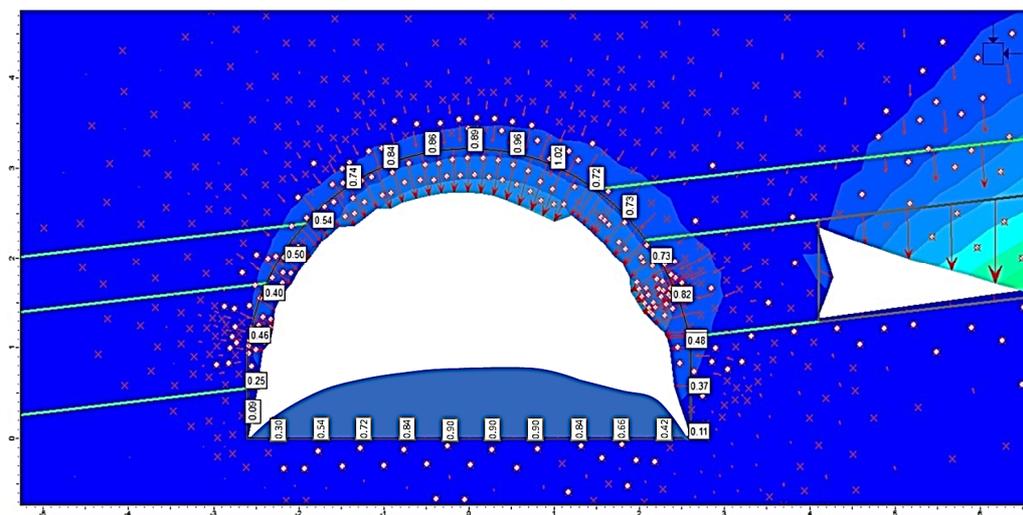


Рис. 3.12. Свободные перемещения контура выработки при сопряжении с лавой (стадия 2 моделирования) при отсутствии крепи, но с учетом охранного элемента из смеси «текхард»

Из рисунка видно, что смещения в кровле со стороны примыкающей лавы развиваются до 1,02 м. Смещения в почве увеличиваются незначительно благодаря прочности песчаного сланца, залегающего в почве угольного пласта. Со стороны угольного пласта смещения в боках составляют 0,46 м. Смещения борта выработки, охраняемого полосой «текхард» достигают 0,8 м.

Уменьшение сечения 9-го восточного конвейерного штрека пласта h_8 после прохода лавы (по сравнению с сечением в проходке) следует ожидать по ширине до величины 3,92 м, по высоте – до 2,18 м (рис. 3.12).

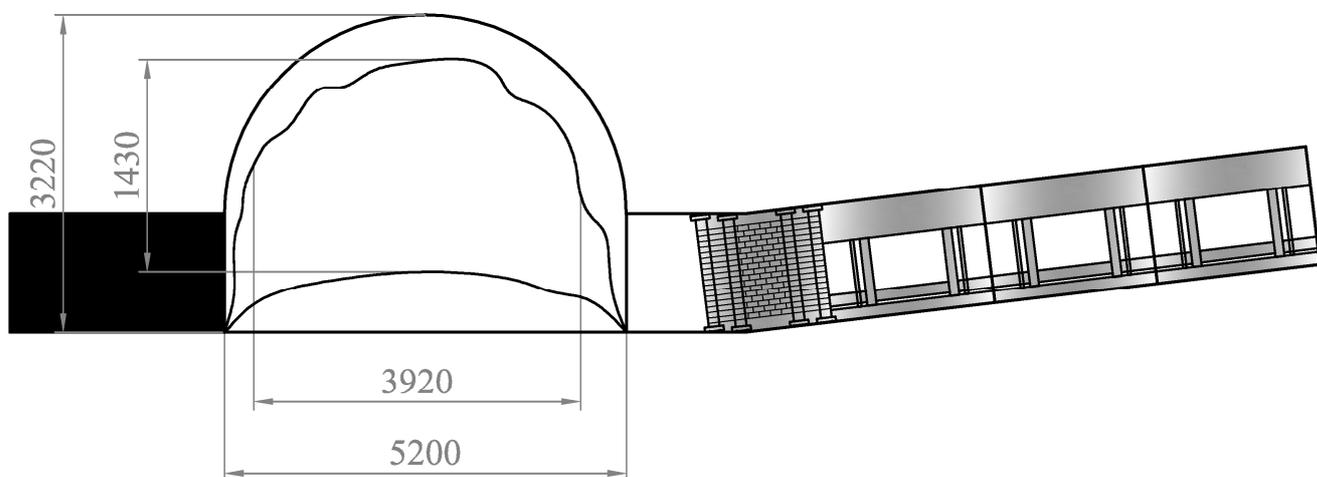


Рис. 3.13. Сечение выработки после прохода лавы

Таким образом, в зоне влияния очистных работ выработка испытывает значительные деформации со стороны разрушенного над лавой массива, для компенсации которых недостаточно установки рамной крепи с шагом 0,8 м. Поскольку увеличение плотности металлической крепи ведет к значительным затратам, наиболее рациональным решением является укрепление пород анкерами, то есть использование рамно-анкерной комбинированной крепи. С целью определения параметров такой крепи ниже будет рассмотрена возможность предотвращения развития смещений путем установки анкеров и различных вариантов предохранительной конструкции.

3.4. Постановка и решение задачи о критерии выбора технических средств, обеспечивающих возможность повторного использования выработки

Повторное использование подготовительных выработок имеет смысл при целесообразных затратах на ее восстановление после отработки первой лавы. Эта целесообразность определяется степенью деформированности штрека, его остаточным сечением. Таким образом, будем полагать, что существует некоторое предельное значение смещений контура выработки, при котором возможна дальнейшая безопасная её эксплуатация. Расчетная схема к определению величины предельных смещений контура выработки приведена на рис. 3.14.

Полное начальное сечение из выработки в проходке S_1 определяется, исходя из габаритов транспортных средств, количества путей сообщения и необходимых зазоров, регламентируемых ПБ. Его величину достаточно точно можно определить на основании рис. 3.14 по формуле:

$$S_1 = \frac{1}{2} \pi R_0^2 + 2R_0 h, \quad (3.1)$$

где R_0 - полупролет выработки, в проходке, h - высота прямолинейной части стойки.

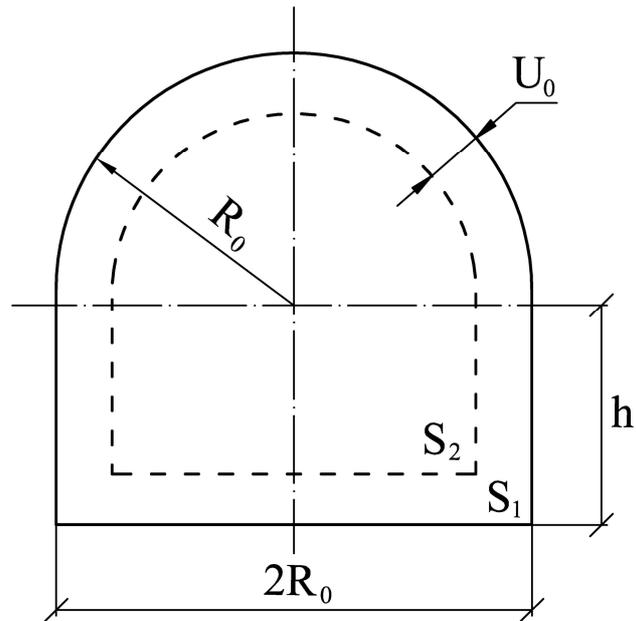


Рис. 3.14. К определению предельного значения потери поперечного сечения подготовительной выработки

Выработка требует ремонта в том случае, если площадь ее начального поперечного сечения уменьшилась на 30-40 %, т.е.

$$S_2 = 0,7 \div 0,6 S_1. \quad (3.2)$$

Здесь S_2 - минимально допустимая площадь воздействия горного давления. Она определяет по формуле:

$$S_2 = \frac{1}{2} \pi (R_0 - U'_0)^2 + (R_0 - U'_0)(h - U'_0), \quad (3.3)$$

где U'_0 - предельное значение смещений контура выработки.

С учетом (3.1), (3.2) и (3.3) получили:

$$S_1 - S_2 = 0,4 S, \text{ или } U_0'^2 \left(\frac{1}{2} \pi + 2 \right) - U_0' (\pi R_0 + 2R_0 + 2h) - 0,3 S_1 = 0. \quad (3.4)$$

Решением квадратного уравнения (3.4) будет следующее выражение:

$$U_0' = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}, \quad (3.5)$$

где $a = 2 + \frac{1}{2} \pi$; $b = \pi R_0 + 2R_0 + 2h$; $c = 0,3 S_1$.

Для рассматриваемых условий 9-го конвейерного штрека 9-й восточной лавы пласта h_8 исходными данными для расчета будут следующие: $R_0 = 2,9$ м; $h = 2,4$ м; $S_1 = 15,7$ м².

Тогда в соответствии с (3.5) получим:

$$a = 2 + \frac{1}{2} \cdot 3,14 = 3,57;$$

$$b = 3,14 \cdot 2,9 + 2 \cdot 2,9 + 2 \cdot 2,4 = 19,7;$$

$$c = 0,3 \cdot 15,7 = 4,71$$

$$\text{Тогда } U'_0 = \frac{19,7 - \sqrt{19,7^2 - 4 \cdot 3,57 \cdot 4,71}}{2 \cdot 3,57} = 0,4 \text{ м.}$$

Таким образом, для рассматриваемых горногеологических и горнотехнических условий необходимо выбрать такие средства обеспечения устойчивости выработки, которые позволят не допустить деформирование контура более чем на 0,4 м и сделают возможным тем самым повторное ее использование.

Таковыми техническими средствами являются крепь выработки и охранная конструкция на сопряжении штрека с лавой. При сплошной системе разработки рамно-анкерная крепь, как наиболее современная из всех известных конструкций крепи, устанавливается на расстоянии 150-200 от забоя лавы, то есть вне зоны влияния повышенного горного давления. При этом перемещение контура выработки составляет некоторую начальную величину U_{01} (рис. 3.10). Следует отметить, что рамная крепь, вследствие особенностей технологии ее возведения, практически не влияет на эту величину.

Однако, при перемещении забоя лавы рассматриваемое сечение неизбежно испытывает на себе влияние пика волны давления. Это вызовет дополнительные смещения контура выработки ΔU_{01} , которые в итоге составят $U_{02} = U_{01} + \Delta U_{01}$ (рис. 3.15).

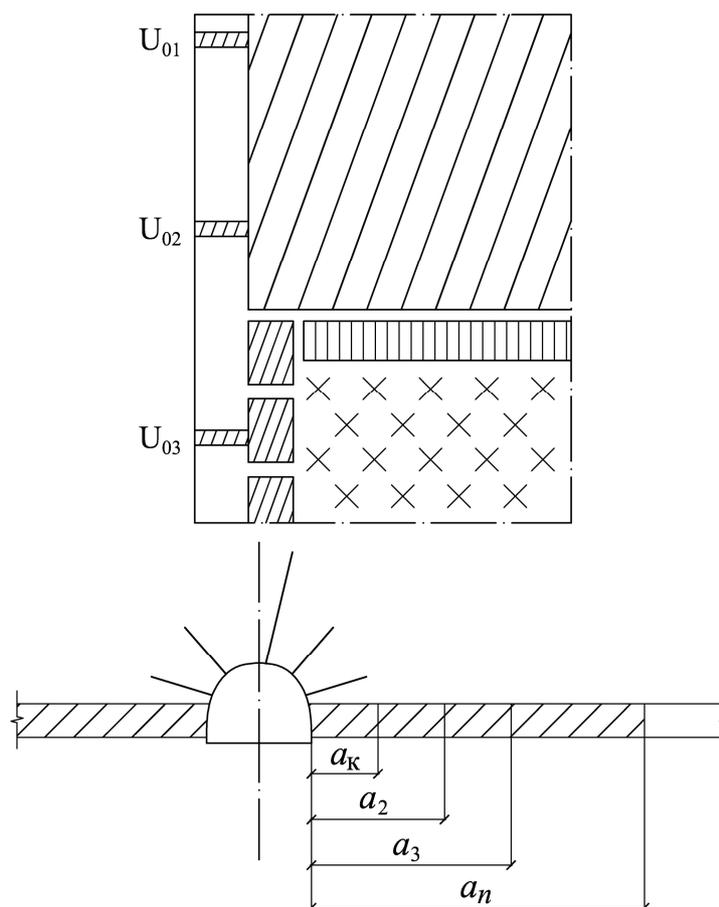


Рис. 3.15. Схема к определению необходимой ширины охранной полосы

И, наконец, когда рассматриваемое сечение попадает за окно лавы, происходит второй прирост смещений ΔU_{02} . В результате смещения контура выработки будут равны:

$$U_{03} = U_{01} + \Delta U_1 + \Delta U_{02} \leq U'_0. \quad (3.6)$$

Полученная таким образом величина смещений контура выработки, как следует из выражения (3.6), не должна превышать максимального значения U'_0 , определенного по формуле (3.5). Обеспечить это на последнем этапе формирования горного давления должна охранная конструкция, которая представляет собой либо целик угля соответствующей ширины, либо бутовую полосу, либо полосу из твердеющего материала «текхард», либо деревянную конструкцию из шпал. Учитывая высокую трудоёмкость возведения бутовых полос, в рассмотрение эта технология не принималась.

Необходимая жесткость искусственной полосы должна быть эквивалентна жесткости угольного целика, обеспечивающего максимально возможные перемещения на контуре выработки U'_0 . Таким образом, на первом этапе решения задачи следует определить достаточную ширину угольного целика уменьшая ее в расчетной схеме от некоторой начальной величины a_n до конечной a_k . На втором этапе следует подобрать такие параметры искусственного целика, которые были бы эквивалентны угольному.

3.5. Оценка несущей способности предохранительных целиков

Основным назначением предохранительных целиков на сопряжении штреков с лавой является предотвращение чрезмерных деформаций подготовительной выработки для сохранения ее функционального назначения и проветривания. Целик может быть угольным или возведенным из каких либо материалов: круглый лес, шпалы, твердеющие материалы типа «текхард». Эта конструкция вытянута вдоль выработки, поэтому такие целики получили название ленточных.

Расчету ленточных целиков, как было показано выше, посвящено огромное количество работ. Практически все они основаны на решении аналитических задач, расчетные схемы которых идеализированы в силу ограниченных возможностей методов исследований. В этом отношении более гибким и универсальным инструментом являются численные методы.

В диссертации решение геомеханических задач выполнено с применением программного обеспечения PHASE 2 канадской компании Rockscience.

Целью исследований напряженно-деформированного состояния ленточных предохранительных целиков является установление закономерностей деформирования охранных конструкций в горногеологических условиях глубоких угольных шахт и определения такой их

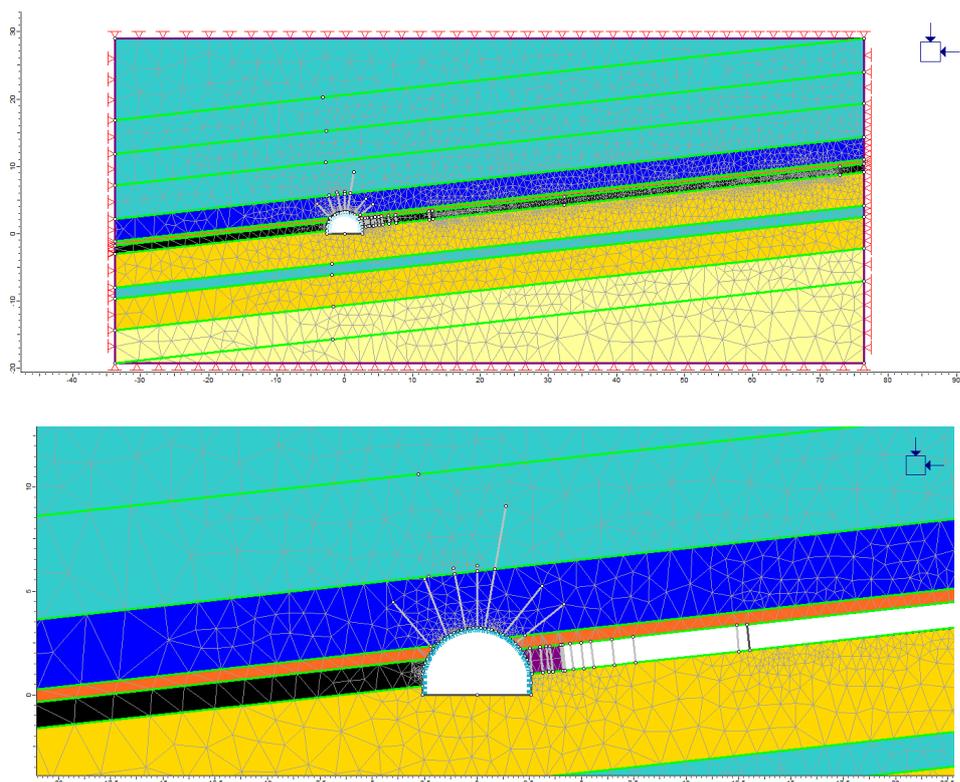


Рис. 3.17. Расчетная схема и конечно-элементная сетка к решению задачи о напряженно-деформированном состоянии ленточного целика

Фактическая трехмерная задача учитывается путем ведения в граничные условия дополнительного коэффициента пригрузки $k=1,8$, полученного на основании методики, изложенной в работах Король А.Ю. Исходные данные к решению задачи приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Исходные данные для расчета целика

Глубина ведения горных работ	Объемный вес пород, т/м ³	Мощность вынимаемого пласта, м	Варьируемый размер целика	Физико-механические свойства вмещающих пород			
				Наименование	Модуль Юнга, МПа	Коэффиц. Пуассона	Прочность на сжатие, МПа
1100	2,5	1,25	0,5-8m	Аргиллит	1900	0,21	80,2
				Алевролит	3200	0,21	57,0
				Песчаник	2800	0,30	150,2
				Уголь	4470	0,26	25

Оценка прочности целика осуществляется с помощью критерия Л.Я Парчевского – А.Н. Шашенко [141], который имеет следующий вид:

$$\sigma_e = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)^2}{\sigma_1 + \sigma_3} = R_c k_c. \quad (3.6)$$

Здесь σ_e - напряжение эквивалентные одноосным; σ_1 и σ_3 - главные напряжения, R_c - предел прочности материала целика на одноосное сжатие, k_c - коэффициент структурного ослабления, определяемый по формулам (2.3) и (2.4).

Оценка состояния материала целика, находящегося в объемном напряженном состоянии, выполнена путем рассмотрения коэффициента запаса прочности:

$$k_3 = \frac{R_c k_c}{\sigma_e}.$$

Последовательность решения задачи такова. Исследуется наиболее вероятное в отношении разрушения центральное сечение ленточного целика $O'-O'$ (рис. 3.18). Слева к целику примыкает выработка, справа – выработанное пространство лавы. Распределение коэффициента запаса прочности целика вдоль этой линии $O'-O'$ предположительно имеет вид кривой $k_3 = f(B)$.

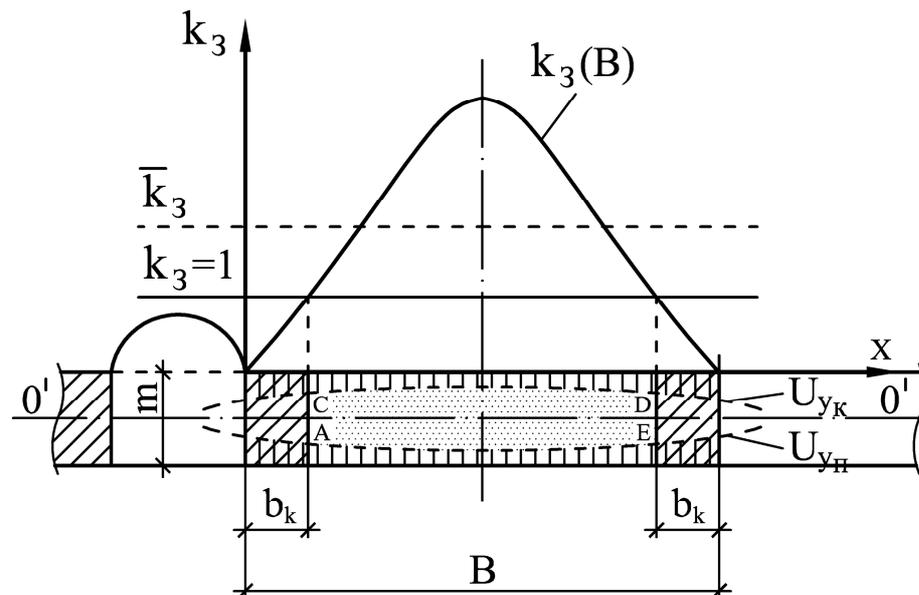


Рис. 3.18. Расчетная схема к оценке напряженно-деформированного состояния предохранительного целика

При этом краевые части целика шириной b_k могут быть разрушены ($k_s < 1$). В зависимости от ширины B несущая способность целика может изменяться от нуля до некоторой величины равной $B - 2b_k$. Изменяя ширину целика от $0,5m$ до $8m$ (здесь m - мощность пласта угля), следует установить каким образом изменяется его несущая способность и напряженно-деформированное состояние прилегающих пород кровли и почвы. Учитывая небольшой фактический угол наклона пласта (до 10^0), рассматривается горизонтальное расположение целика.

Часто оценку прочности породных конструкций определяют, пользуясь критерием прочности Мизеса, математическая запись которого имеет вид:

$$\sigma_e = \frac{1}{3} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_1)^2} = R_c k_c. \quad (3.7)$$

Основанием для выбора критерия Мизеса, как правило, служит тот факт, что эта формула содержится в программном продукте. При этом известно [141], что критерий прочности Мизеса достаточно хорошо оценивает процесс разрушения пластических материалов, у которых пределы прочности на сжатие и растяжение совпадают. На рис. 3.19 показана, как изменяется величина коэффициента запаса прочности, определенная по формуле (3.6) и (3.7). Из графиков следует, что для очень узких целиков $\frac{B}{m} \ll 1$ и для очень широких целиков $\frac{B}{m} \gg 1$ значения коэффициента запаса прочности очень близки, но для целиков промежуточной ширины несовпадение становится существенным, ошибка может превышать 100%. В этой связи в дальнейших исследованиях прочности целика оценивается по зависимости (3.6).

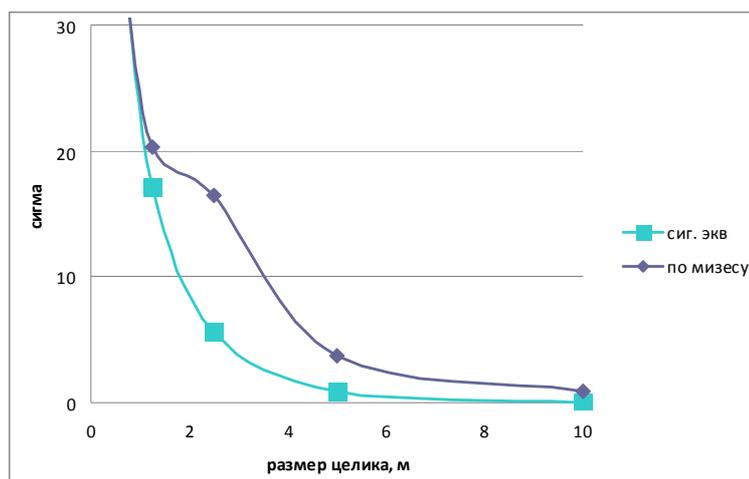


Рис. 3.19. Зависимость коэффициента запаса прочности в центральной точки целика от применяемого критерия прочности

Из графиков рис. 3.20 и 3.21 следует, что целики шириной $0,5m$ и $1m$ будут разрушены полностью ($k_s < 1$). Более широкие целики в центральной части сохраняют несущую способность, которая тем больше, чем шире целик.

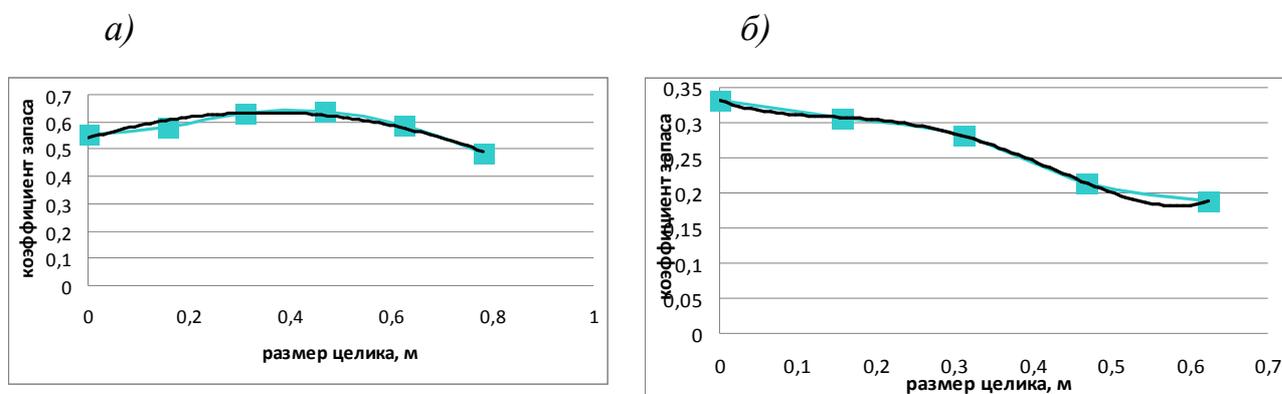


Рис. 3.20. Изменение коэффициента запаса прочности вдоль центральной

линии целика: а) $\frac{B}{t} = 1$; б) $\frac{B}{t} = 0,5$

Это обстоятельство отражено на рис. 3.22 и 3.23, на которых видно, как растет неразрушенная область в центре целика по мере увеличения его ширины и, соответственно, как увеличивается его прочность.

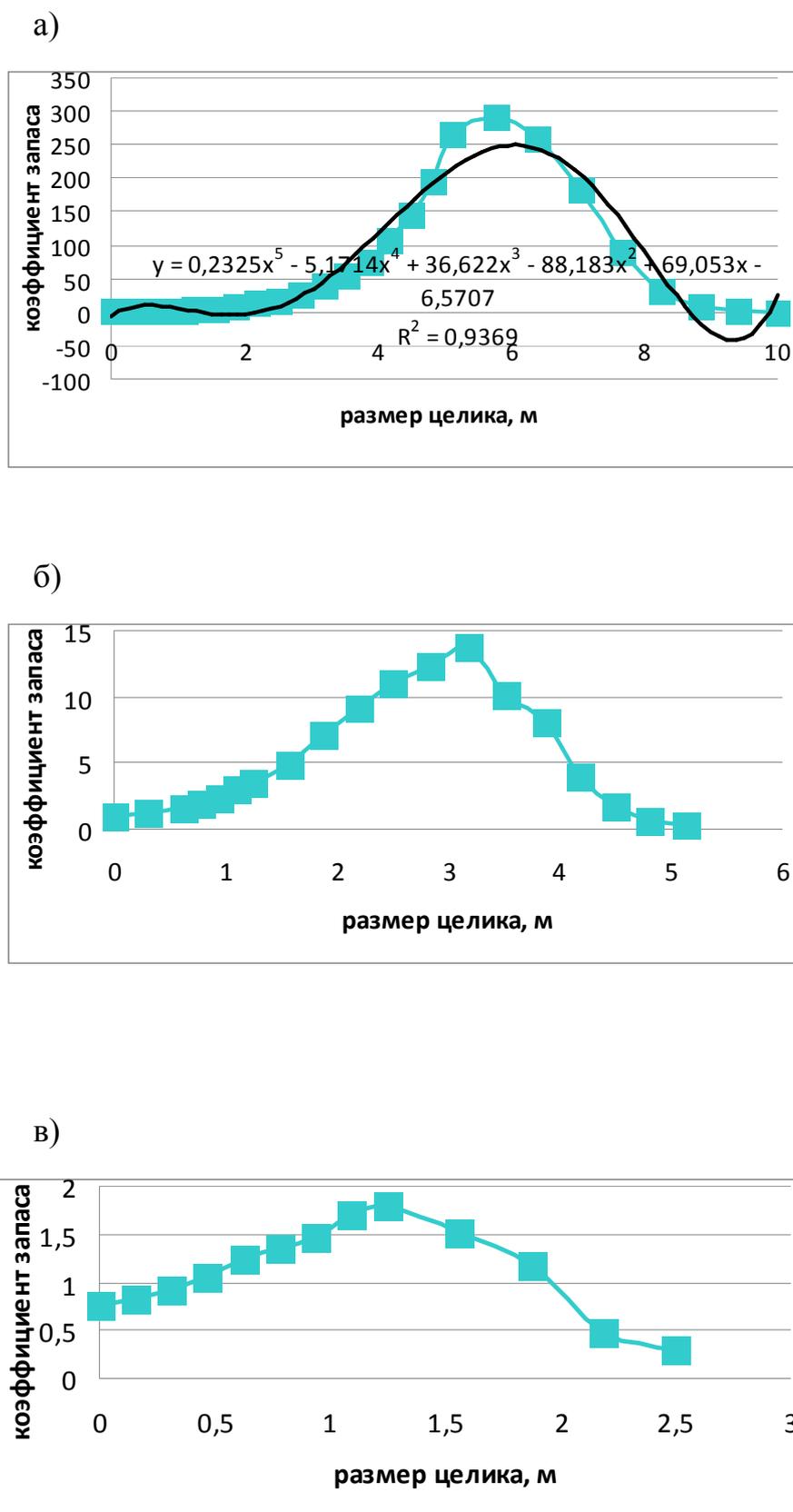


Рис. 3.21. Изменение коэффициента запаса прочности вдоль центральной

линии целика: а) $\frac{B}{m} = 8$; б) $\frac{B}{m} = 4$; в) $\frac{B}{m} = 2$

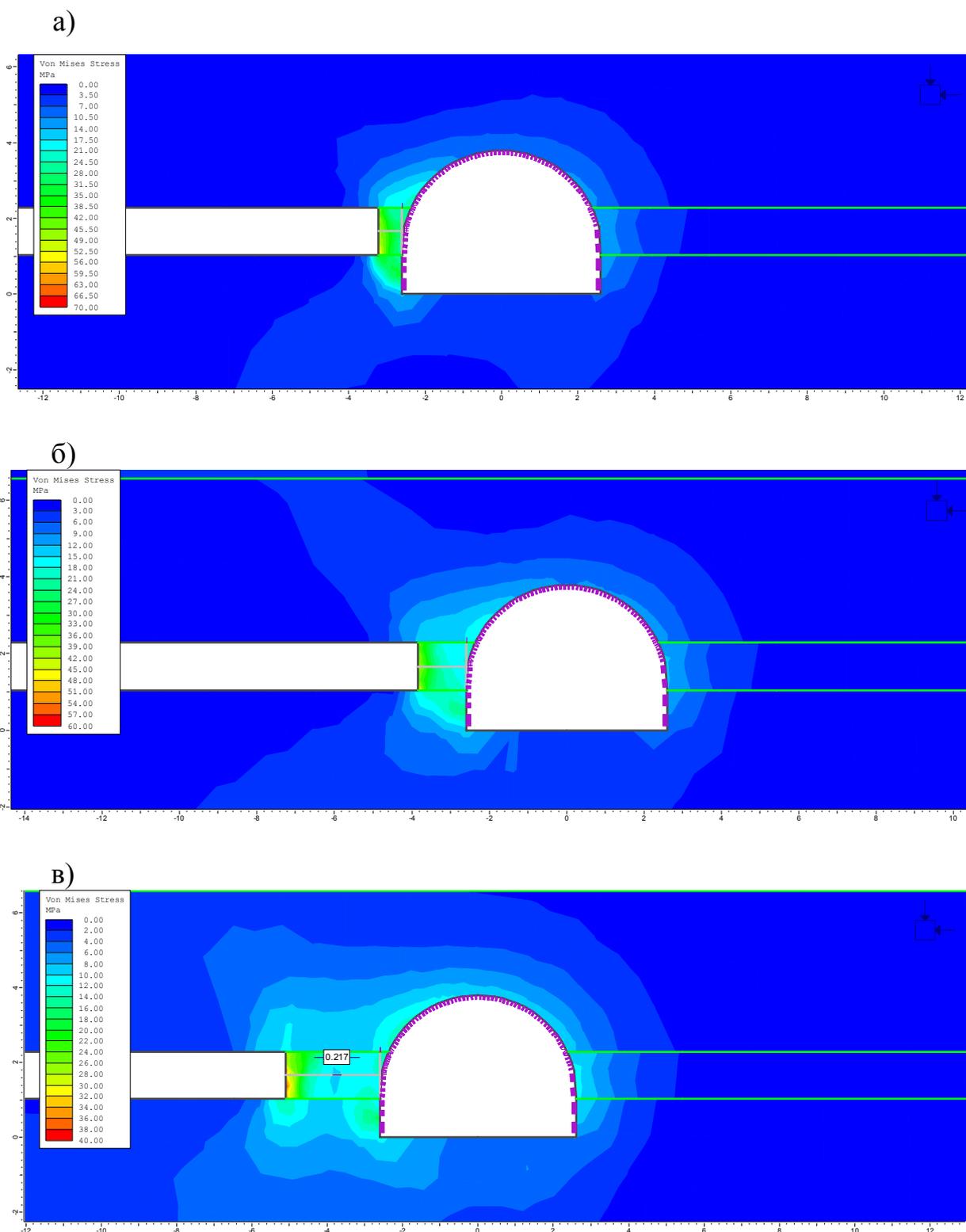


Рис. 3.22. Увеличение прочности целика по мере роста его ширины:

$$\text{a) } \frac{B}{m} = 0,5; \text{ б) } \frac{B}{m} = 1; \text{ в) } \frac{B}{m} = 2$$

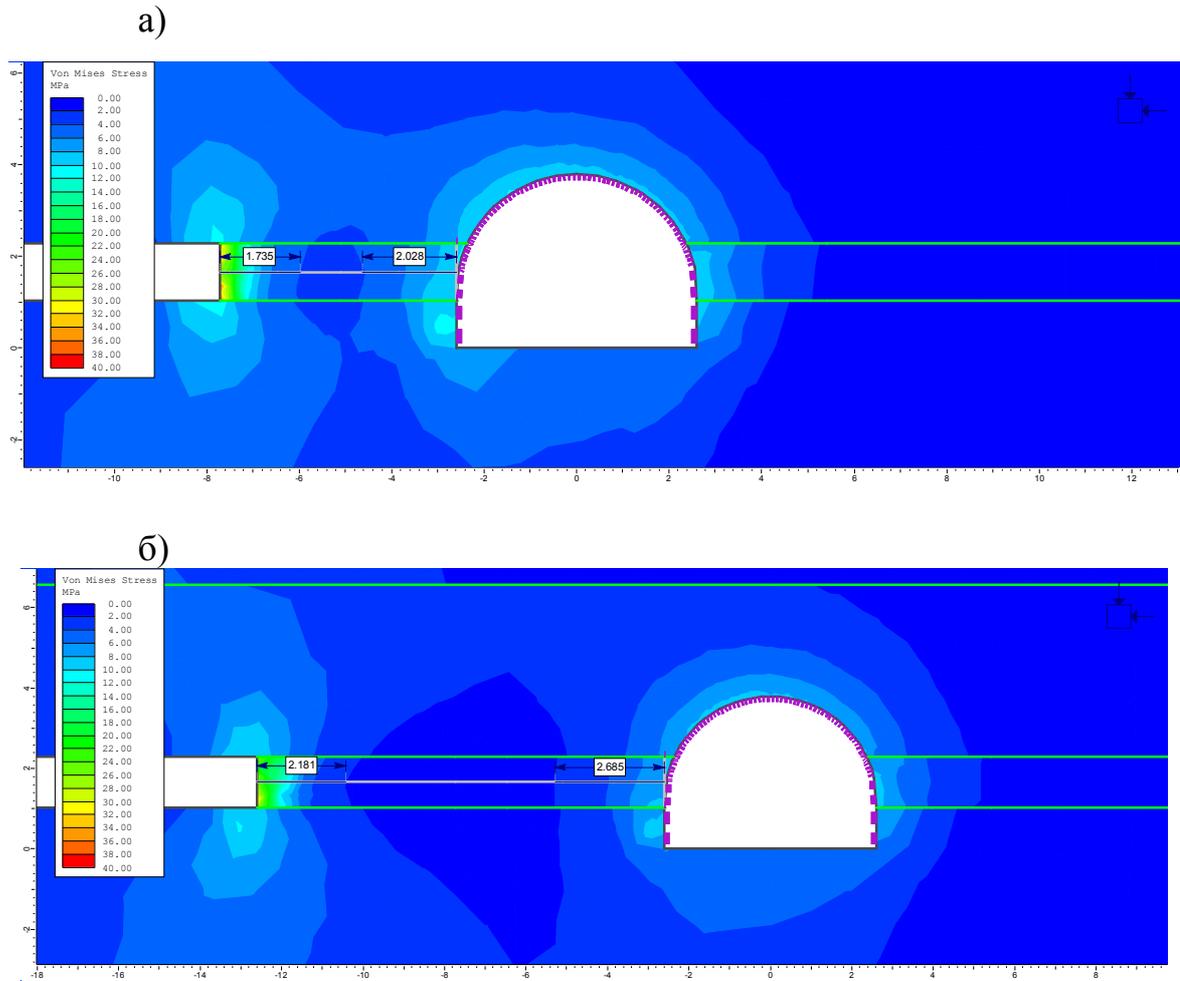


Рис. 3.23. Увеличение прочности целика по мере роста его ширины:

а) $\frac{B}{m} = 4$; б) $\frac{B}{m} = 8$

Характер изменения величины коэффициента запаса прочности целика вдоль центральной линии, где вероятность разрушения является наибольшей, подчиняется полиномиальной зависимости следующего вида:

$$k_3 = k_3(x) = ax^5 - bx^4 + cx^3 - dx^2 + ex - f, \quad (3.8)$$

где a, b, c, d, e, f - коэффициенты аппроксимации, величина которых зависит от ширины целика.

Зависимость (3.8) характеризует изменение коэффициента запаса прочности целика вдоль средней его линии от точки к точке. При этом во внимание принимается только неразрушенная (несущая) часть целика шириной $B - 2b_k$. Среднее же его значение можно определить, интегрируя эти

величины вдоль этой линии [171-182]. Тогда величина интегрального значения коэффициента запаса прочности с учетом (3.8) определится из выражения:

$$\bar{k}_3 = \frac{1}{B - 2e_k} \int_{e_k}^{B-e_k} k_3(x) dx. \quad (3.9)$$

Величина разрушенных краевых частей определить из условия (3.8) следующим образом:

$$k_3 = e e_k - f = 1, \quad (3.10)$$

исходя из того, что $a = e = c = d = 0$.

Тогда

$$e_k = \frac{1}{c}(1 + f). \quad (3.11)$$

Однако, влияние целика на устойчивость подготовительной выработки не ограничивается его прочностью. В значительной мере сохранность выработки зависит и от вертикальной податливости охранной конструкции, которая в рассматриваемых горно-геологических условиях должна обеспечивать смещения контура выработки (в особенности почвы), не превышающие 0,4 м. Это зависит от жесткости целика, которая определяется по формуле

$$G = \frac{\sigma_y B}{U_y}. \quad (3.12)$$

Здесь σ_y и U_y - величина вертикальных напряжений и перемещений по верхней кромке целика, B - ширина целика.

Результаты расчетов, выполненные по формулам (3.8, 3.9), (3.11) и (3.12), представлены в табл. 3.3, 3.4 и на рис. 3.24, 3.25. Из них следует, что полоса из твердеющего материала Текхард в силу своей жесткости обеспечивает достаточный уровень поднятия пород почвы, который равен 0,4 м, только при ее ширине 2.5 м, а не 1,5 м, как это принято в проекте.

Таблица 3.3

Результаты расчетов влияния жесткости целика на величину пучения пород почвы в выработки

Угольный целик, м	10	5	4	3	2,5	
Смещения в почве, м	0,29	0,42	0,51	0,6	0,79	
Костер, м	3	2,5	2	1,4	1	0,5
Смещения в почве, м	0,3	0,33	0,35	0,39	0,48	0,5
Полоса Текхард	3	2	1,6	0,8		
Смещения в почве, м	0,41	0,43	0,49	0,71		

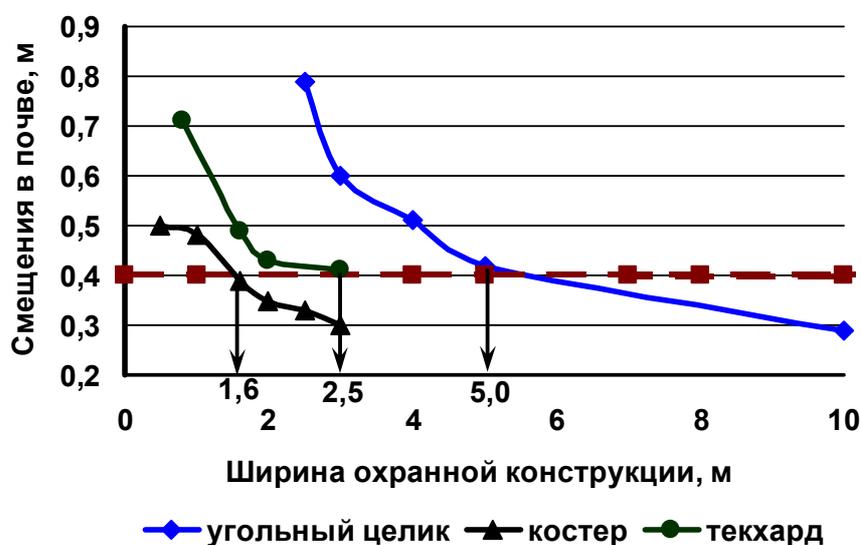


Рис. 3.24. Зависимость величины поднятия почвы в выработке от ширины и жесткости охрannого элемента

Таблица 3.4

Результаты расчетов влияния ширины предохранительного целика на величину интегрального коэффициента запаса прочности

Ширина угольного целика	0,625	1,25	2,5	5	
Коэф. запаса прочности	0,26	0,48	2,54	7,11	
Ширина костра	1	1,6	2	2,5	3
Коэф. запаса прочности	0,55	1,86	2,56	3,28	4,64
Ширина полосы текхард, м	0,8	1,6	2	2,5	3
Коэф. запаса прочности	2,044	3,21	4,51	5,53	6,41

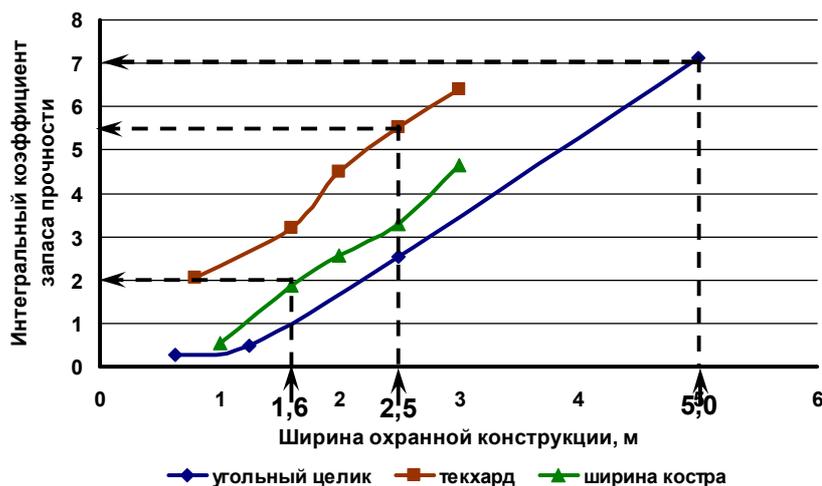


Рис. 3.25. Зависимость интегрального коэффициента запаса прочности от ширины целика

Принимая во внимание то, что в качестве критерия пригодности выработки для повторного ее использования принята величина перемещения контура, в т.ч. и почвы, равная 0,4 м, получим минимально допустимую ширину угольного целика, равную 5,0 м, для полосы из материала Текхард – 2,5 м, для полосы из шпал – 1,6 м. Тогда из рис. 3.24 следует, что этим величинам ширины целиков соответствуют следующим значениям интегрального коэффициента запаса прочности:

$$\text{уголь} - \bar{k}_3 = 7,0;$$

$$\text{текхард} - \bar{k}_3 = 5,5;$$

$$\text{дерево} - \bar{k}_3 = 2,0.$$

Во всех случаях рассматривалась проектная система комбинированной крепи: 6 сталеполимерных анкеров стандартной длины и 1 анкер канатный длиной 6 м.

Выводы

1. В качестве критерия сохранности конвейерных штреков предлагается использовать величину смещений контура выработки, полученную, исходя из

условий безопасной эксплуатации и выполнения необходимого объема работ по приведению ее в состояние, пригодное для повторного использования, которая в рассматриваемых горно-геологических условиях равна 0,4 м, что позволяет на этой основе осуществлять проектирование систем крепи и охранных элементов на сопряжении «штрек-лава».

2. Оценка прочности предохранительного целика при заданной его ширине и жесткости на сопряжении «лава-штрек» может быть выполнена по интегральному коэффициенту запаса прочности, исходя из условий обеспечения поднятия пород почвы на величину, не более 0,4 м. При этом величина интегрального коэффициента запаса прочности для охранных элементов из различного материала составляет: уголь – $\bar{k}_3 = 7,0$; текхард – $\bar{k}_3 = 5,5$; дерево – $\bar{k}_3 = 2,0$.

3. Предельная величина смещений контура подготовительной выработки при паспортных параметрах анкерной системы (количество анкеров, углы их наклона, места установки) может быть обеспечена либо угольным целиком шириной 5 м, либо полосой из деревянных шпал шириной 1,4 м, либо полосой из твердеющего материала Текхард шириной 2,5 м. Выбор того или иного материала целика и его параметров определяется экономическим расчетом.

РАЗДЕЛ 4. ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «КРЕПЬ ВЫРАБОТКИ-ЦЕЛИК-ЛАВА»

4.1. Моделирование анкерной системы

Исследования, выполненные выше, были сделаны, исходя из того, что анкерная система будет установлена согласно рабочему паспорту крепления. При этом обоснование мест установки анкеров первого и второго уровня, углов их наклона отсутствуют. В этой связи в диссертации решены численные задачи, направленные на оптимизацию пространственного расположения анкеров. Критерием оптимальности, как и прежде, служит предельно допустимая величина смещений контура выработки, равна 0,4 м.

Выполним обоснование установки сталеполимерных анкеров первого уровня (см. рис. 3.3). В соответствии со схемой деформации борта выработки со стороны лавы могут быть стабилизированы путем установки двух анкеров № 7 длиной 2,4 м над бровкой под углом 40° к горизонтали.

Сталеполимерные анкера имитировались средствами программы “Phase-2” как стальные стержни, которые закреплены в массиве полимером по всей длине. Физико-механические свойства стали и полимера приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1.

Физико-механические свойства сталеполимерной анкерной 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

Моделировалось несколько стадий для определения смещений контура выработки:

- стадия 1 – моделирование нетронутого породного массива согласно данным геологической службы шахты;
- стадия 2 – имитация проведения 3 восточного конвейерного штрека пласта h_8 ;
- стадия 3 – имитация установки анкеров;
- стадия 4 – имитация подхода лавы (штрек в окне лавы).

Основной величиной, которая показывает эффективность (или неэффективность) анкерной системы, являются величины смещений пород в приконтурной зоне.

На рис. 4.1 и 4.2 показаны расчетные схемы для определения смещений пород при установке сталеполимерных анкеров над бровкой.

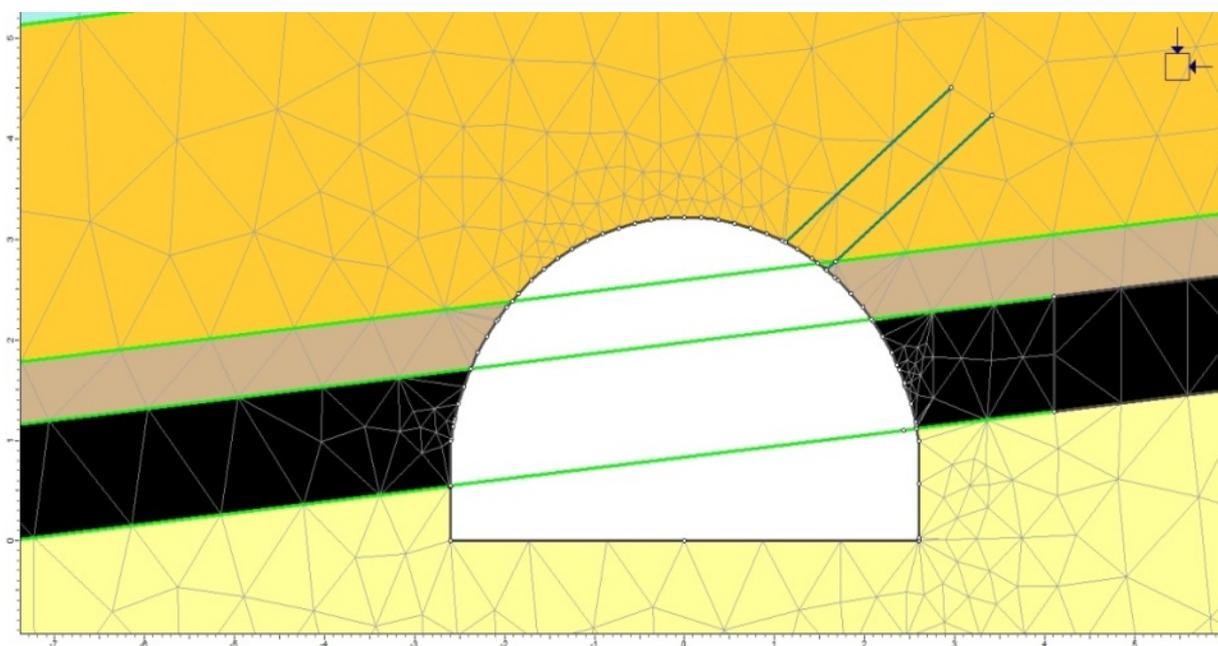


Рис. 4.1 Расчетная схема – имитация установки анкеров после проходки (стадия 3 моделирования)

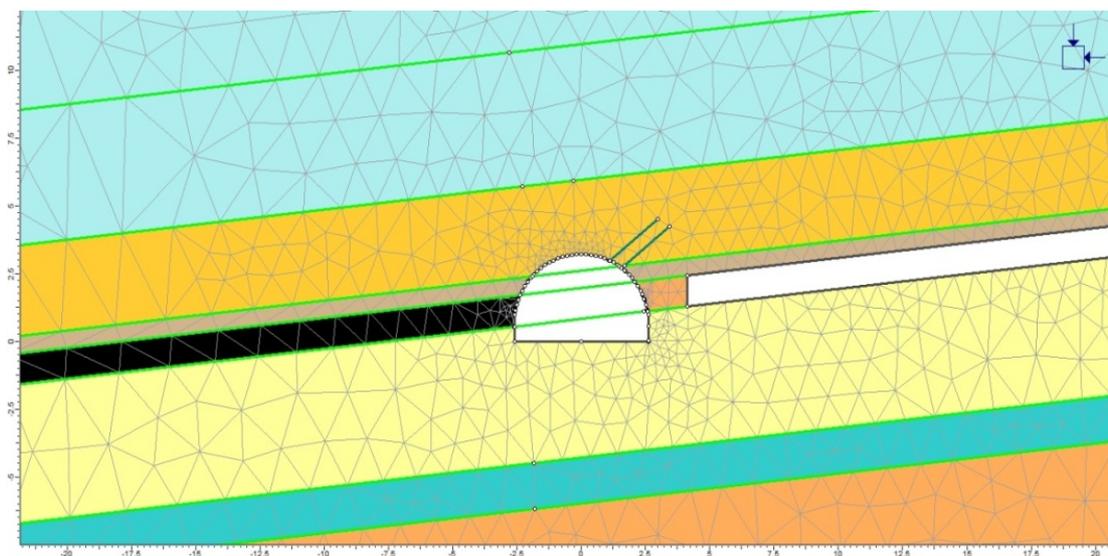


Рис. 4.2. Расчетная схема – подход лавы к сечению выработки, закрепленной анкерами над бровкой

На расчетных схемах показаны металлические стержни, которые закреплены полимерной смесью в породном массиве.

На рис. 4.3 показаны смещения контура выработки при установке двух анкеров над бровкой до подхода лавы.

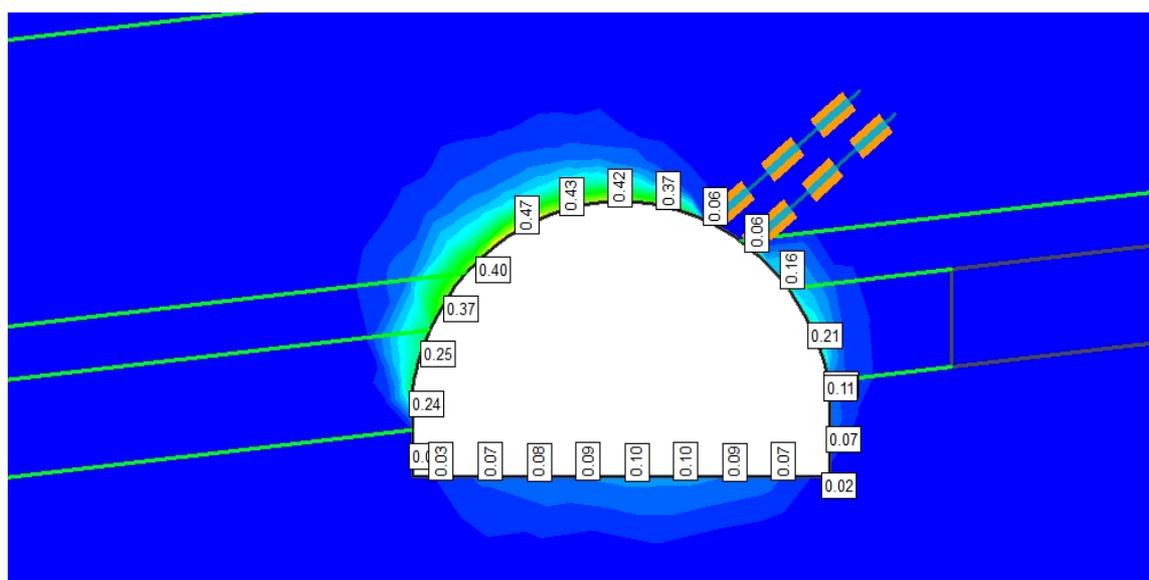


Рис. 4.3. Смещения контура до подхода лавы при установке двух анкеров над бровкой

Из рисунков видно, что непосредственно в месте установки анкеров перемещения контура составляют всего 0,06 м. По сравнению с вариантом отсутствия крепи (см. рис. 3.10) смещения в этой части контура уменьшились в 4 раза. Однако, установка только двух анкеров не компенсирует смещения в целом по контуру выработки. Позитивная, но недостаточная роль только двух анкеров показана на рис. 4.4, где приведен результат расчетов при моделировании попадания сечения выработки в створ лавы.

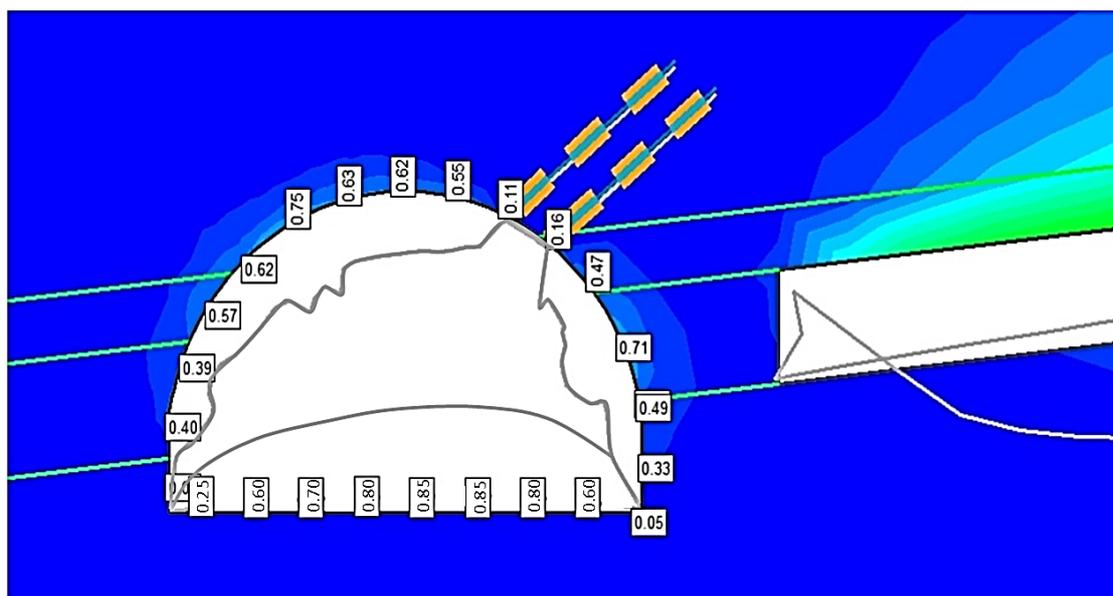


Рис. 4.4. Смещения контура при установке двух анкеров над бровкой в момент подхода лавы

Рассмотрен также вариант укрепления анкером противоположного борта выработки (рис. 4.5). Анкер устанавливается под углом 50° к горизонтали.

Подхват разупрочняющихся пород анкерами в обоих бортах выработки уменьшает смещения по всему контуру выработки (рис. 4.6) по сравнению с вариантом крепления только над бровкой (см. рис. 4.4). Максимальные перемещения составляют: в почве – 0,85 м, в кровле 0,5 м, в боках со стороны массива – 0,28...38 м, со стороны лавы – 0,75 м.

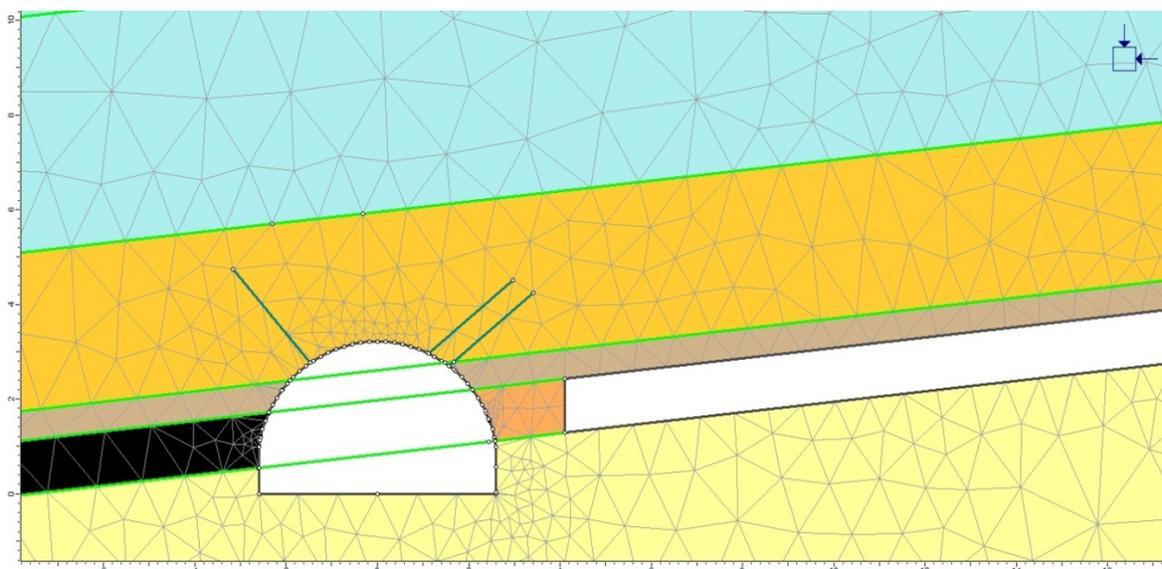


Рис. 4.5. Расчетная схема – подход лавы к сечению выработки, закрепленной анкерами в боках с двух сторон

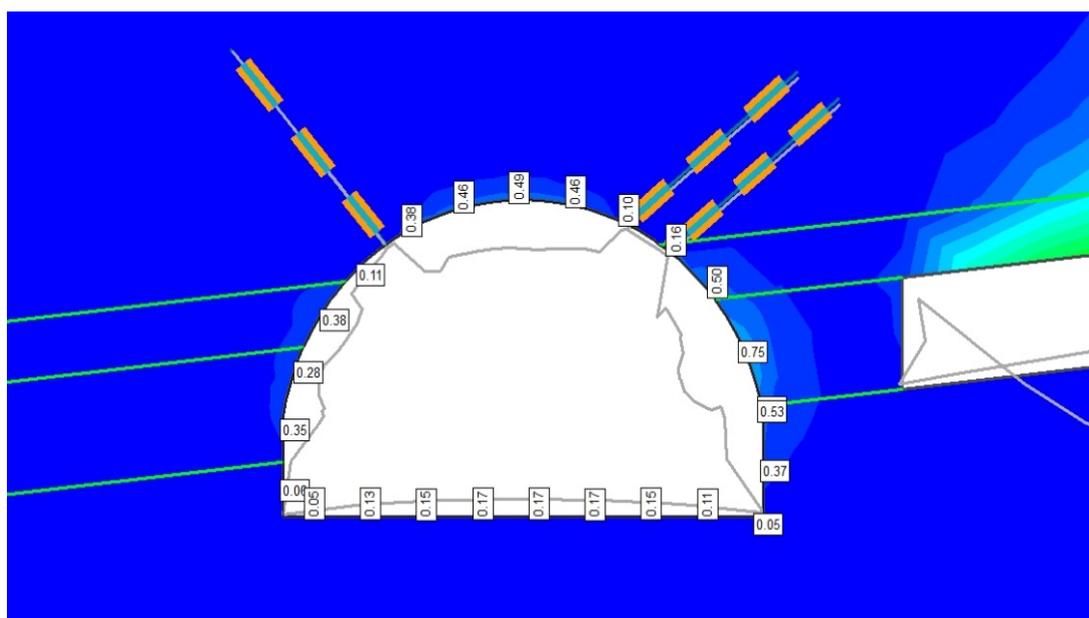


Рис. 4.6. Смещения пород при подходе лавы при закреплении выработки анкерами в обоих бортах

Следует отметить, что установка анкеров непосредственно после проведения выработки уменьшит степень разрушения пород в ее окрестности и вероятность перехода в неупругую стадию деформирования. На рис. 4.7 показана зона разрушения при условии своевременной установки анкеров в бортах выработки.

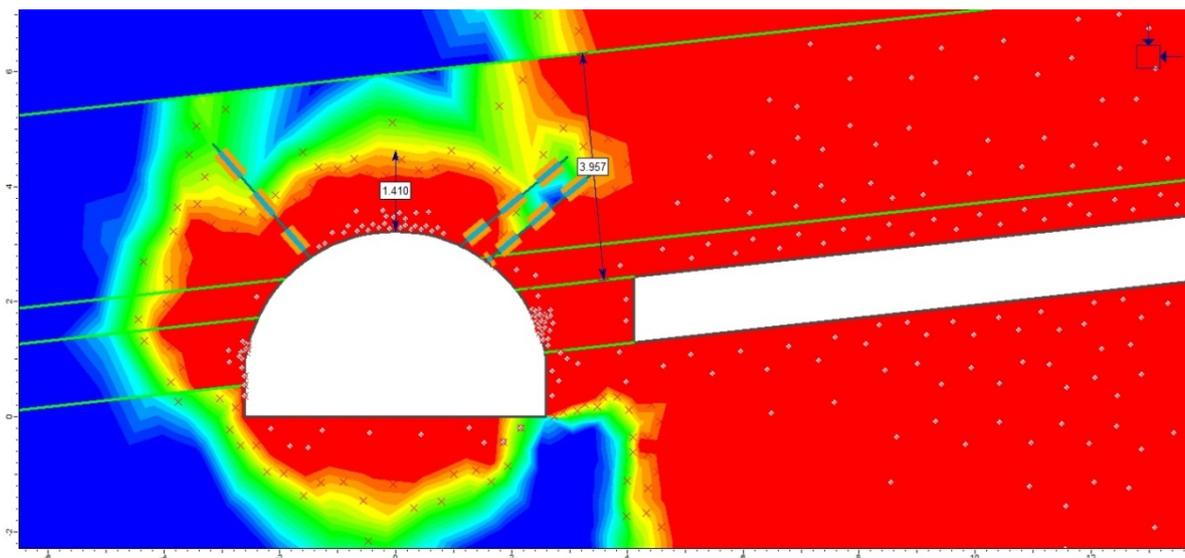


Рис. 4.7. Зоны разрушения в районе сопряжения конвейерного штрека с лавой при условии инсталляции анкеров при проведении выработки

Видно, что по сравнению с вариантом отсутствия анкеров (см. рис. 3.10) уменьшилась даже высота зоны разрушения непосредственно в кровле выработки от величины 2,7 м до 1,4 м. Значительно уменьшилась (до 4 м) высота зоны разрушения над охранной конструкцией из смеси «текхард».

В предыдущем разделе были выполнены расчеты по определению зоны разрушения, а также величины смещений для различной ширины полосы «текхард» и анкеров первого уровня, установленных согласно паспорту крепления под угол 40° к горизонтали. Для определения оптимальных параметров будет варьироваться как ширина охранной полосы из смеси «текхард», так и угол устанавливаемых анкеров.

Ниже на рис. 4.8 показаны зоны разрушения для различной ширины полосы «текхард». Ширина полосы «текхард» варьируется от 1 до 2,5 м.

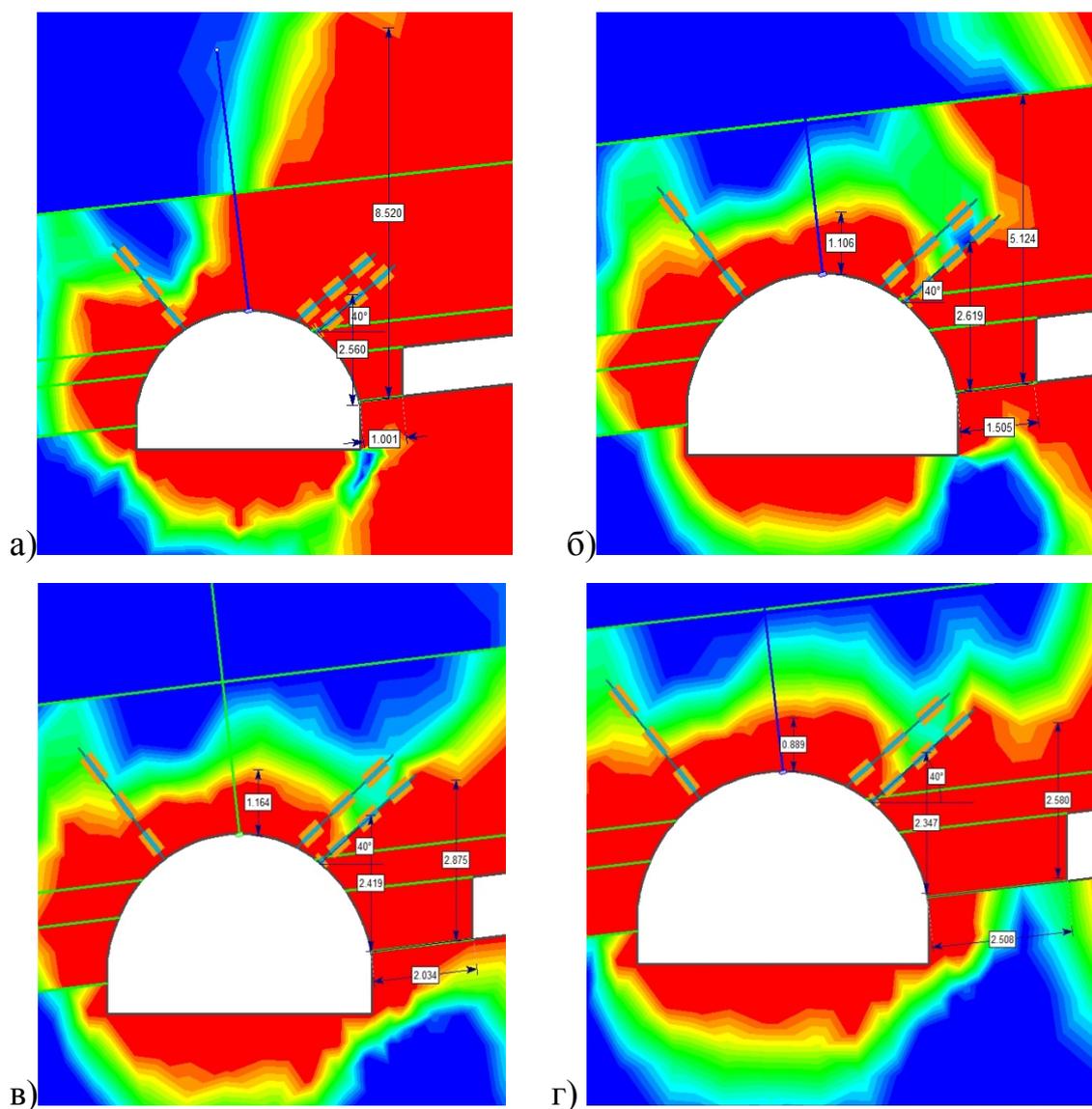


Рис. 4.8. Зоны разрушения при различной ширине полосы «текхард»:
 а) сечение 9 восточного конвейерного штрека с шириной полосы 1м;
 б) сечение 9 восточного конвейерного штрека с шириной полосы 1,5м;
 в) сечение 9 восточного конвейерного штрека с шириной полосы 2м;
 г) сечение 9 восточного конвейерного штрека с шириной полосы 2,5м.

Из рис.4.8 следует, что при увеличении ширины полосы «текхард» высоты зоны разрушения над выработкой и над самой полосой интенсивно уменьшается, что можно увидеть на рис. 4.9.

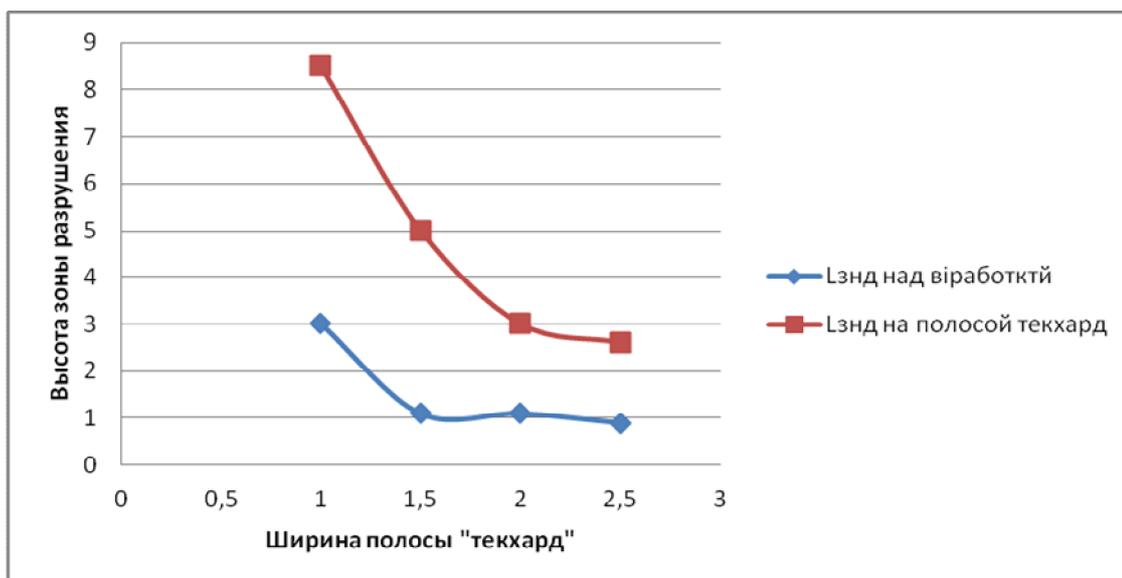
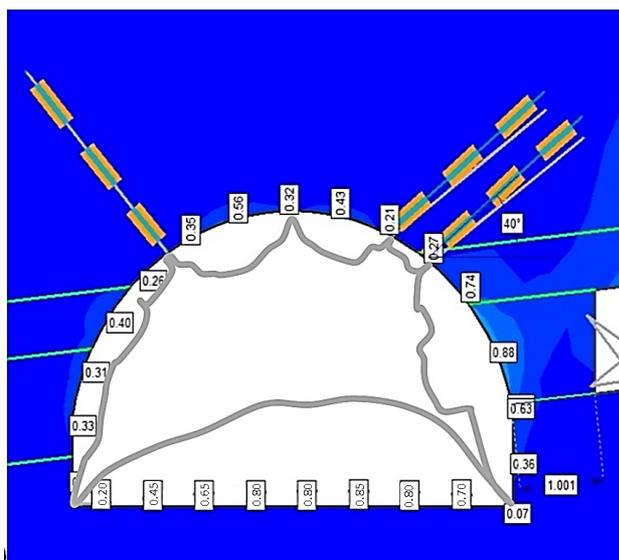


Рис. 4.9. Зависимость высоты зоны разрушения от ширины полосы «текхард»

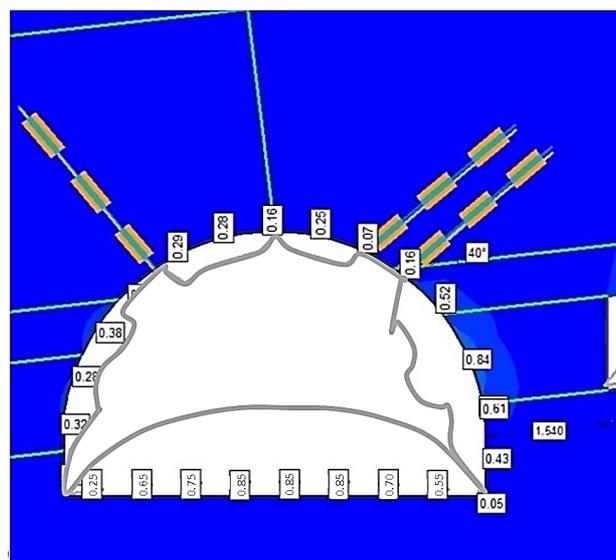
Очевидно, что анкера, которые находятся в борте со стороны лавы более нагружены, чем с противоположной стороны.

Для подтверждения этого факта, проанализируем смещения контура при различной ширине полосы непосредственно в местах установки анкеров под углом 40° к горизонтали. На рис. 4.10 показано смещения контура выработки.

а)



б)



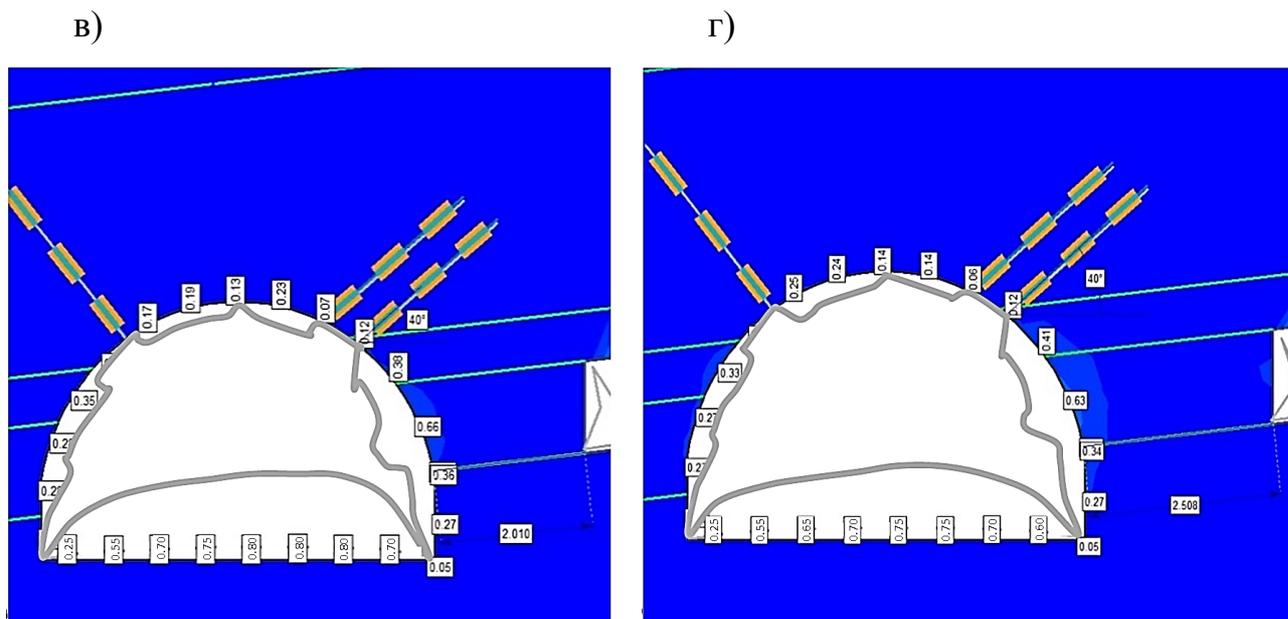


Рис. 4.10. Смещения контура выработки при различной ширине полосы:
 а) при ширине 1м; б) при ширине 1,5м; в) при ширине 2м;
 г) при ширине 2,5 м

Рассмотрим смещения в борту выработки со стороны лавы и в кровли выработки. На рис. 4.11 показан график зависимости величины смещения от ширины полосы «текхард».

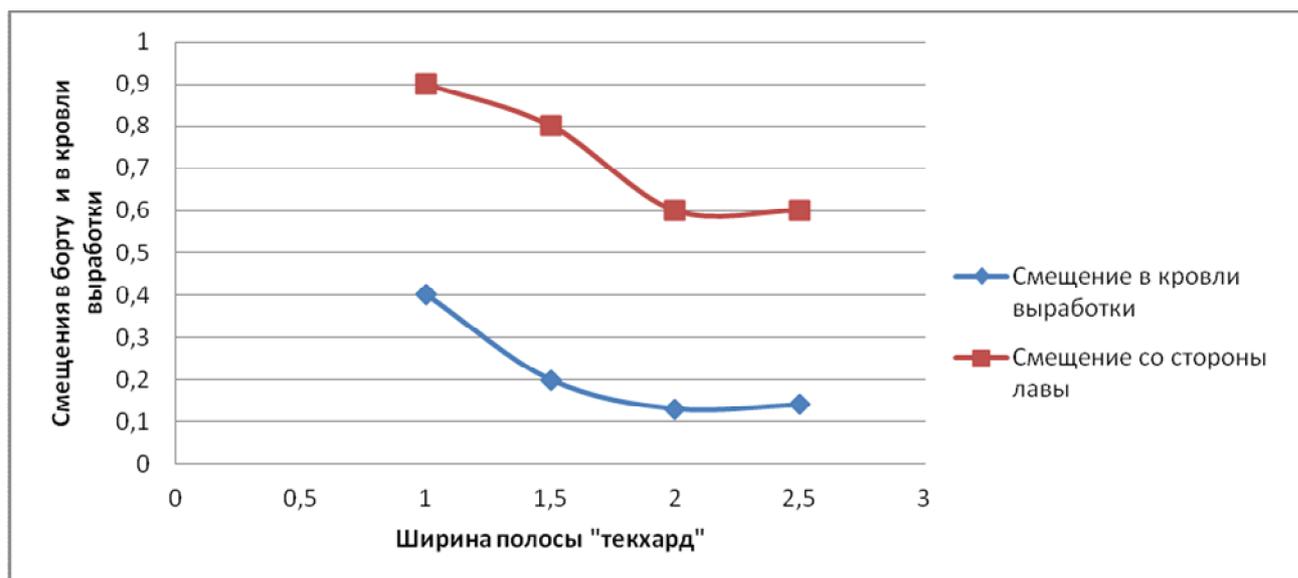
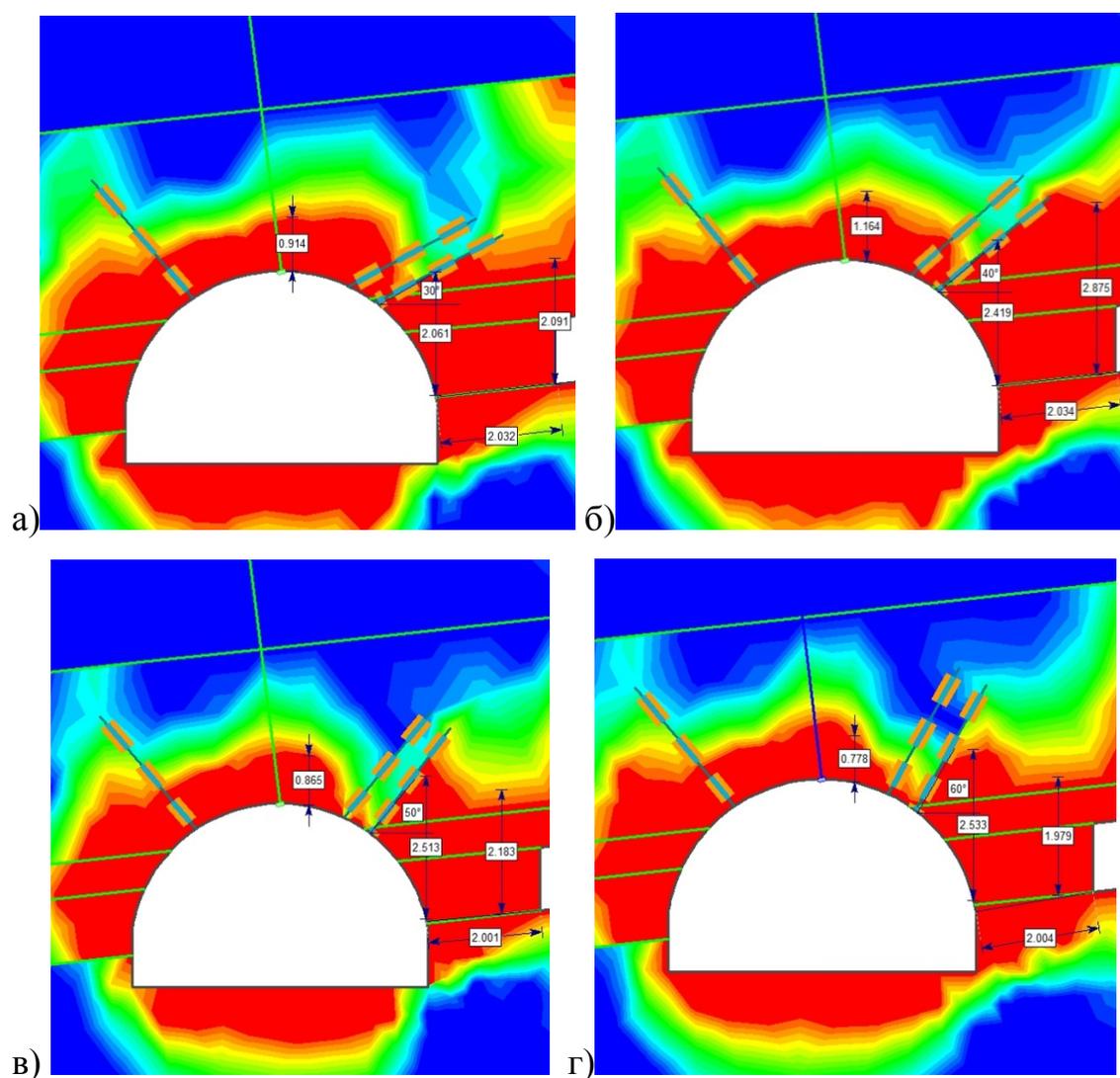


Рис. 4.11. График зависимости величины смещений в кровле и боках со стороны лавы от ширины полосы «текхард»

Из рис. 4.9 и рис. 4.11 можно определить оптимальную ширину полосы «текхард». Она составляет 2-2,5 м, что усиливает приведенные выше доказательства на основе сохранения достаточных перемещений контура выработки ($U_k \leq 0,4$ м).

Следующим этапом исследований необходимо определить оптимальный угол устанавливаемых анкеров № 6 и № 7. Проанализируем высоту зоны разрушения и смещения контура при постоянной ширине полосы «текхард» равной 2м, при этом величина угла установки анкеров варьируется от 30 до 80°.

На рис. 4.12 показаны зоны разрушения при различных углах устанавливаемых анкеров № 6 и № 7.



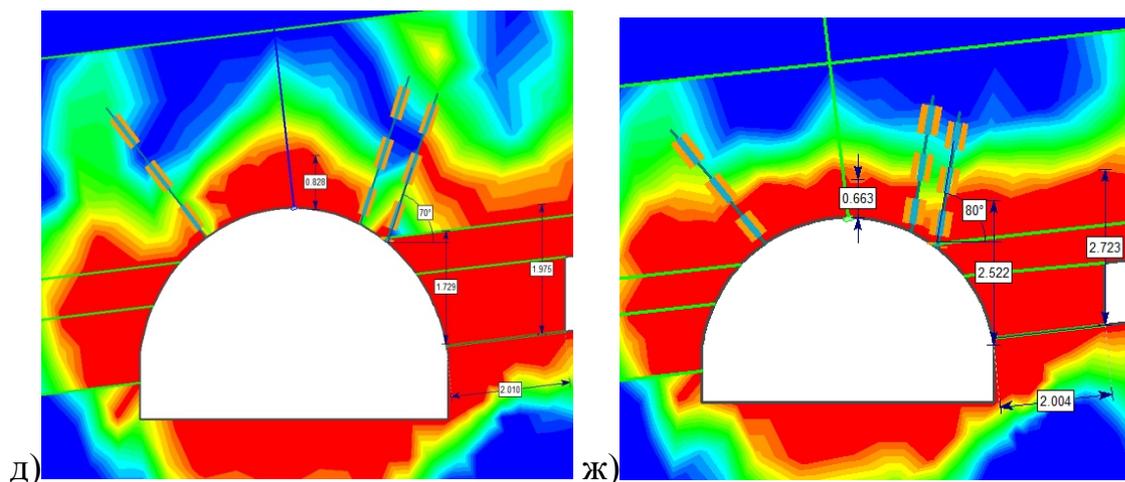


Рис. 4.12. Зоны разрушения при различных углах наклона анкеров:

а) сечение 3 восточного конвейерного штрека угол наклона анкеров 30°

б) сечение 3 восточного конвейерного штрека угол наклона анкеров 40°

в) сечение 3 восточного конвейерного штрека угол наклона анкеров 50°

г) сечение 3 восточного конвейерного штрека угол наклона анкеров 60°

д) сечение 3 восточного конвейерного штрека угол наклона анкеров 70°

ж) сечение 3 восточного конвейерного штрека угол наклона анкеров 80°

Анализ высоты зоны неупругих деформаций над выработкой и над самой полосой из смеси «текхард» при различных углах наклона анкеров из рис. 4.12 и представлены на графике (рис. 4.13).

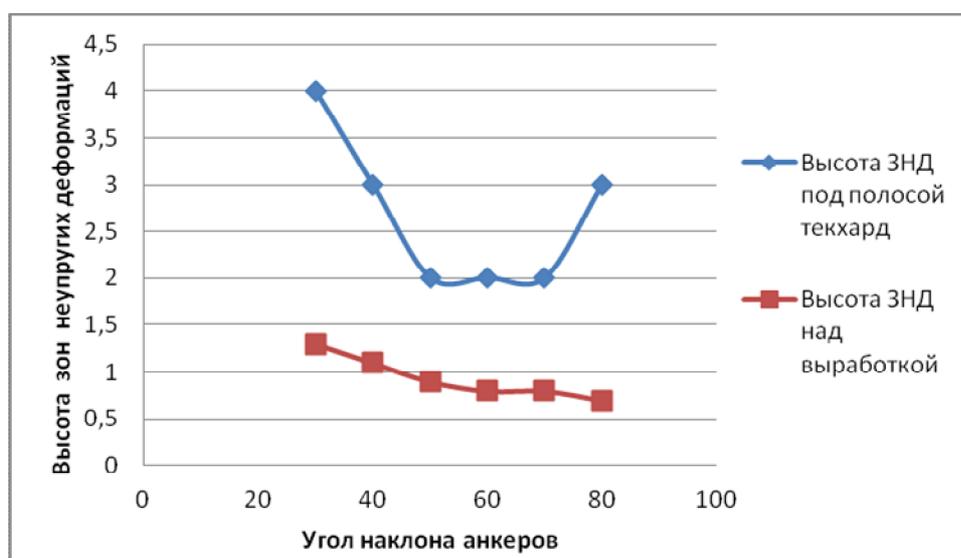


Рис. 4.13. График зависимости высоты зоны неупругих деформаций над выработкой и над полосой «текхард» от углов наклона анкеров № 6 и № 7

Из рис. 4.13 следует, что оптимальным углом наклона анкеров № 6 и № 7 является угол 60° , а не 40° , как это заявлено в паспорте крепления.

Таким образом, при окончательно определенной ширине полосы из материала «текхард» и установке анкеров первого уровня смещения кровли составляют 0,5 м, что больше допустимых 0,4 м. А поскольку планируется выработку использовать повторно, необходимо стабилизировать расслоение и тещинообразование в кровле в момент сопряжения с лавой, когда выполняется операция снятия и последующего восстановления ножки крепи. Это может быть достигнуто путем применения анкеров 2-го уровня – канатных анкеров.

Из анализа размеров зон разрушения (см. рис. 4.7) следует, что канатный анкер предпочтительно установить вертикально между рамами крепи. Тогда при достаточной длине анкера (не менее 6 м) его верхний конец будет закреплен в массиве, не охваченном процессами расслоения после прохода первой лавы.

Физико-механические свойства и параметры канатного анкера приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Физико-механические свойства и параметры канатного анкера

Название характеристики	Количество
Модуль упругости (Юнга), МПа	211900
Диаметр отверстия (мм)	48
Диаметр каната (мм)	19
Расстояние между канатными анкерами вдоль оси выработки	1,6

Канатный анкер также моделировался средствами программы PHASE 2 как функция «*plane strand cable*» (дословно – «гибкий трос»). На рис. 4.14 показана расчетная схема для моделирования установки анкеров 2-х уровней (показана расчетная схема для заключительной – 4-й стадии, когда сечение штрека находится в створе лавы).

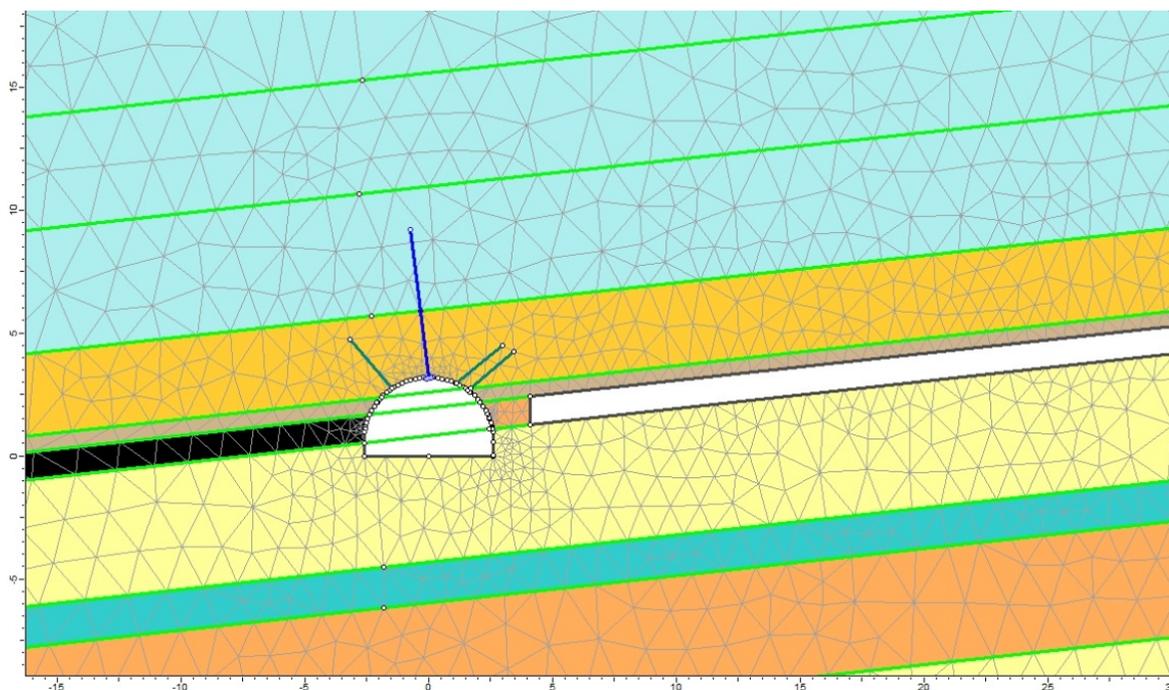


Рис. 4.14. Расчетная схема – подход лавы к сечению выработки, закрепленной анкерами 1-го уровня в боках с двух сторон и канатным анкером (2-й уровень анкеров, показан синим цветом)

Установка канатного анкера позволит уменьшить перемещения в кровле до 0,4...0,3 м (рис. 4.15).

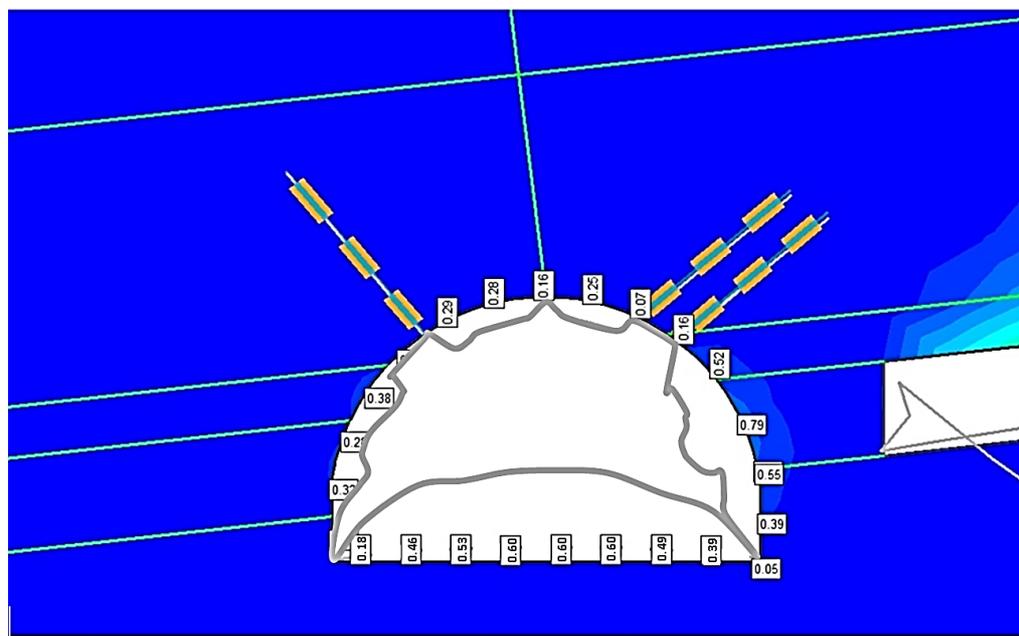


Рис. 4.15. Смещения контура выработки при установке 2-х уровневых анкеров

Однако, при этом перемещения в почве составляют 0,55-0,60 м, что больше требуемых 0,4 м. В этой связи была выполнена оптимизация места расположения канатного анкера по отношению к паспортному его положению. Для этого и место его закрепления на раме смещались вдоль верхняка (рис. 4.16). На рис. 4.17 показано, как изменяются деформации контура выработки от места расположения канатного анкера.

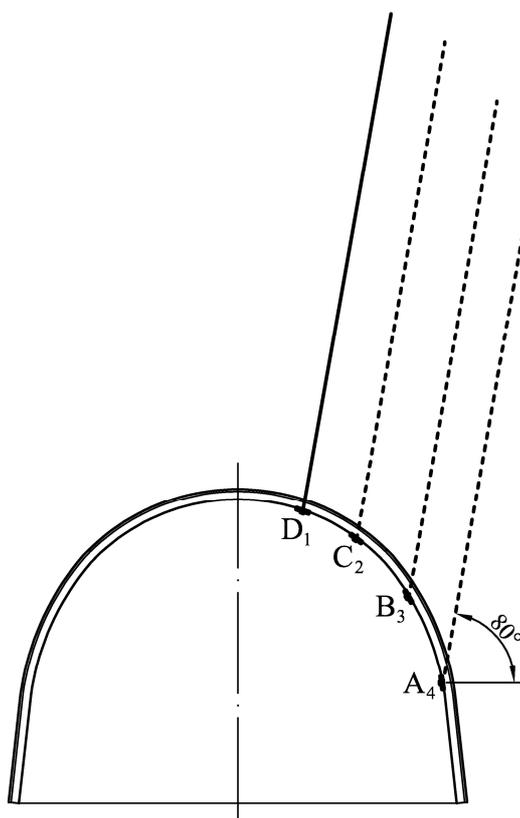
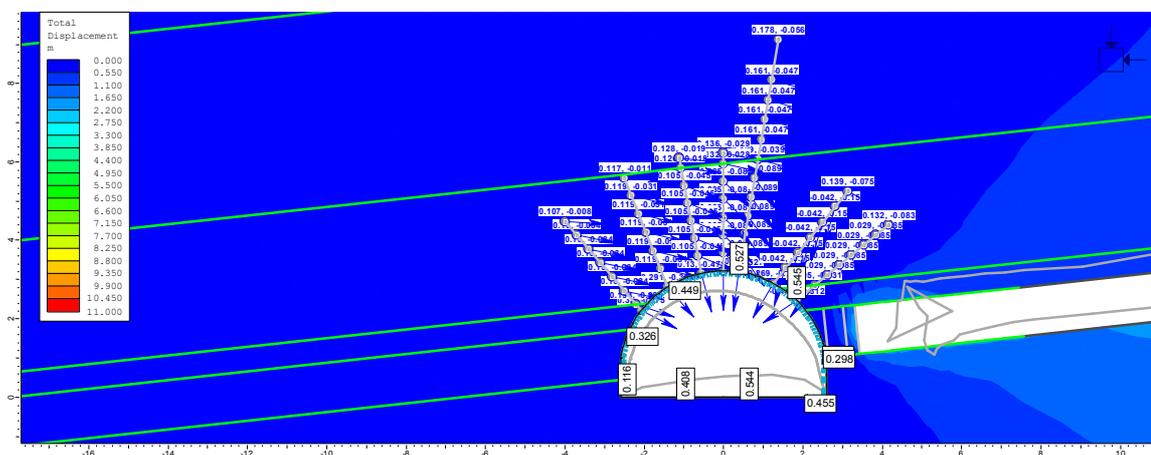


Рис. 4.16. Вариации места расположения канатного анкера вдоль верхняка рамы

а)



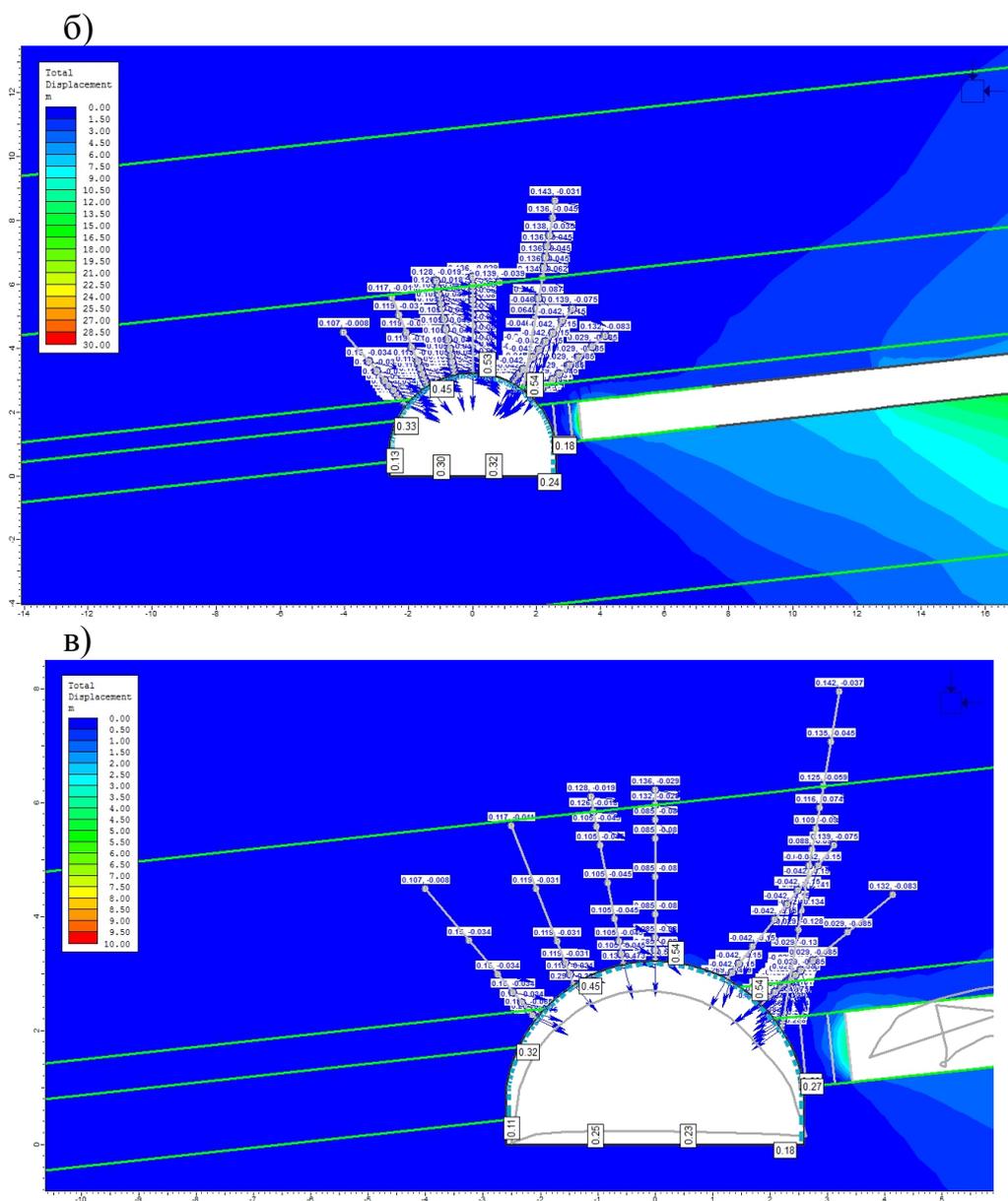


Рис. 4.17. Изменение перемещений контура выработки в зависимости от положения канатного анкера: а) т. 1; б) т. 2; в) т. 4

Из рис. 4.18 следует, что при смещении анкера от центра на расстоянии 1,25 м (т. 4) смещение почвы не превышают требуемые 0,4 м.

В целом установка минимального количества анкеров 1-го уровня (сталеполимерных анкеров длиной 2,4 м) с двух сторон выработки, а также канатного анкера, стабилизирует смещения в кровле и почве выработки на уровне 0,4 м.

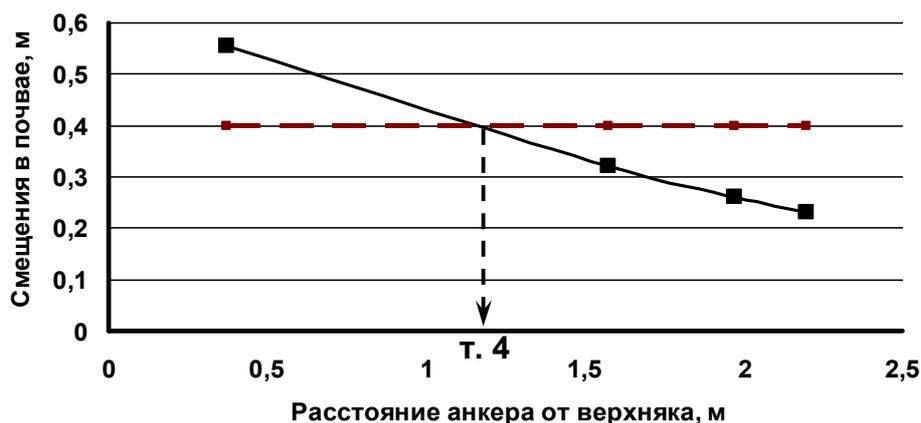


Рис. 4.18. Зависимость смещений почвы выработки от места расположения канатного анкера

Необходимым условием обеспечения устойчивости выработки на всех этапах её эксплуатации является своевременная установка рамной и анкерной крепи. Металлические рамы должны устанавливаться с обязательной расклинкой. Анкера 1-го уровня необходимо устанавливать непосредственно в забое при проведении выработки. Канатные анкеры должны быть установлены на расстоянии не менее 50 м от забоя лавы.

При рассмотренных вариантах крепления интенсивные деформации по-прежнему ожидаются в боках выработки, особенно со стороны лавы. Стабилизация их на уровне 0,4 м (борт, противоположный лаве) и 0,8 м (сопряжение с лавой) возможна только при условии, что элемент охраны из твердеющей смеси (либо лесоматериалов) обладают достаточной жесткостью, выкладывается в сроки, минимально возможные технологически после обнажения пород. Во всех расчетных схемах, имитирующих сопряжение сечения выработки с лавой, предполагается, что охранный элемент имеет длину не менее 1,6 м.

На рис. 4.19 показано сечение штрека в момент сопряжения с лавой рекомендуемыми параметрами анкерной системы и предохранительного целика.

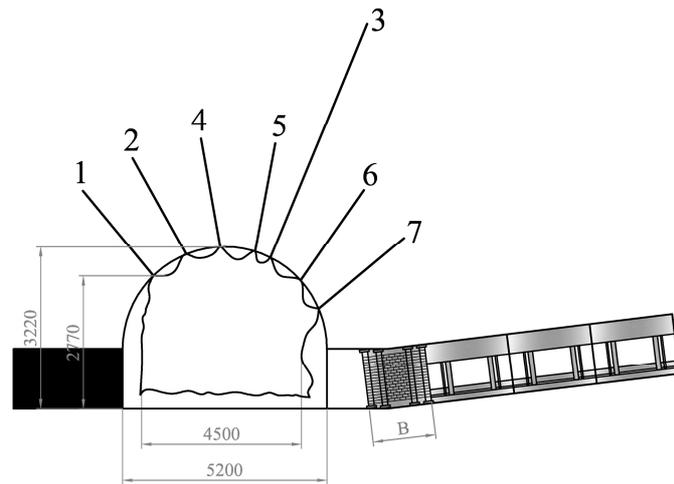


Рис. 4.19. Прогнозируемые размеры выработки при технологически правильной установке анкеров 2-х уровней по сравнению с размерами в проходке

Таким образом, проанализирован механизм укрепления приконтурного породного массива анкерами 2-х уровней при сопряжении 9-го восточного конвейерного штрека с 9-й восточной лавой пласта h_8 . Доказана возможность обеспечения устойчивости выработки при повторном её использовании .

4.2. Анализ экономической эффективности от предложенных мероприятий по охране 9-го конвейерного штрека 9-й восточной лавы

Оценка конечного результата исследований в области технических и технологических инноваций обычно выполняется путем сравнения стоимости реализации нового решения с ценой существующего ранее, за исключением тех случаев, когда независимо от величин затрат конечной целью является повышение безопасности работ. В идеальном случае оптимум экономической эффективности полученного результата в соответствии с подходом Парето достигается тогда, когда изменение любого частного показателя, характеризующего систему, не может быть улучшено без ухудшения других, например, удельной стоимости. Однако на практике, при оптимизации

параметром геомеханических систем достижение любого состояния из множества Парето практически невозможно, виной чему сложность таких систем, большое количество внутренних и внешних факторов, анализ и степень влияния которых трудно поддается расчету даже методами теории вероятности.

Поэтому обычно для оценки полезности используется простейший подход, а именно – сравнение удельной стоимости нескольких, чаще всего двух-трех, вариантов: проектного и обоснованного результатами исследований. Применительно к задачам, решаемым в работе и результатам математического моделирования, сравниваемыми вариантами охранных конструкций являются:

1. Проектный. Естественный угольный целик шириной 5 м, высотой соответствующий мощности угольного пласта $m_y=1,25$ м.

2. Охранная полоса из органной крепи и «Текхарда». Искусственная охранная конструкция из 2-х продольных и поперечных рядов (шаг установки 0,8 м) деревянных стоек диаметром 200 мм, пространство между которыми закладывается мешками из смеси «Текхард». Общая ширина целика составляет 2,4 м, из которых 2,0 м – ширина сборной полосы из «Текхарда».

3. Сплошная охранная полоса из шпального бруса шириной 1600 мм с порядной перевязкой.

Каждый из вариантов требует соответствующих расходов материальных и трудовых ресурсов, которые классифицируются как капитальные затраты и расходуются в период строительства выработки. Учитывая, что охрана выработки помимо трех различных видов указанных выше конструкций осуществляется рамно-анкерной крепью АП-13,8 с шагом установки 0,75 м, 6-ю стальными анкерами длиной 2,4 м и 1-м канатным в межрамном пространстве длиной 6,0 м, общую сумму капитальных затрат следует определять с учетом стоимости элементов конструкции крепи выработки и затрат на ее установку.

Помимо начальных затрат в процессе эксплуатации возникают расходы, называемые эксплуатационными, включающие, прежде всего, стоимость ремонтных работ.

В процессе проведения натуральных исследований в условиях шахты «Комсомольская» кроме проектного варианта были реализованы оба способа защиты 9-ого конвейерном штрека. Для выполнения наблюдений устраивались замерные участки с замерными станциями, на которых осуществлялось наблюдение за вертикальной конвергенцией, а также фиксировались объемы работ по подрывке пород почвы и ремонту крепи.

Наблюдения выполнялись в течение всего срока отработки лавы и завершились через месяц после завершения очистных работ. Результаты наблюдений и объемы ремонтных работ, представленные в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Объемы работ по ремонту 9-го конвейерного штрека на участках с различными охранными конструкциями

№ п/п	Объемы работ	Конструкция охранного объекта		
		Угольный целик, ПК 69...70, ПК 64...66	Органная крепь и «Текхард» ПК 44...46, ПК 40...41	Шпальный брус ПК 23...24, ПК 20...21
1	Среднее значение вертикальной конвергенции, δ_v , мм	560	710	590
2	Мощность слоя подрывки пород почвы, m_n , м	0,4	0,6	0,4
3	Объем перекрепления, %	40	40	40
4	Перестилка рельсового пути, L_n , м	-	100	-

Данные представленные в табл. 4.3. свидетельствуют о том, что все выбранные способы охраны в той или иной степени удовлетворяют

требованиям сохранения сечения и лишь в незначительной степени усложняют эксплуатацию штрека.

Подрывка почвы выполнялась, прежде всего, для обеспечения передвижения электропоезда, в случае с искусственными охранными полосами, для обеспечения технологических операций по обслуживанию очистного комплекса.

Следует отметить, что под переукреплением наблюдаемых участков следует понимать замену стоек со стороны лавы, деформированных в процессе «наката» лавы, и, частично, верхняков.

Учитывая величину поднятия почвы в результате пучения при охране выработки органной крепью и сборной полосой из «Текхарда», при выполнении работ по подрывке почвы осуществлялась перестилка рельсового пути.

Сведения о фактически выполненных объемах ремонтных работ в каждом из вариантов, а также данные о креплении выработки в период ее проходки согласно паспорту позволяют рассчитать сумму капитальных и эксплуатационных затрат. Для расчета трудоемкости выполнения работ и расхода материалов на шахте актуализированы соответствующие внутренние нормы. Кроме того, поставка материалов осуществляется по индивидуальным договорам с ценами, несколько отличающимися от усредненных. Поэтому более объективным представляется выполнение расчета стоимости крепления и ремонта выработки в соответствии с [183, 184]. Такой подход неоднократно использовался при определении экономического эффекта от внедрения обоснованных технических решений [115, 185-189], а главным его достоинством является получение усредненных для украинских шахт величин затрат, что позволяет масштабировать результаты расчета на предприятия всей угледобывающей отрасли.

Для определения стоимостных показателей крепления и ремонта 9-го конвейерного штрека для 3 вариантов охранных систем были сформированы 6 локальных смет (Приложение В). В сметах на крепление предусмотрены

работы на возведение рамной арочной крепи, затяжку металлической сеткой, установку стальных анкеров из арматурного проката и канатных анкеров, а также возведение искусственных охранных конструкций. В сметах по ремонту выработки нашли отражение работы по подрывке пород почвы, замене стальных рамных крепей и затяжке, а также для варианта с органной крепью и «Текхардом» предусмотрена перестилка рельсового пути. Выполнение работ по подрывке почвы предусматривается отбойными молотками и вручную, несмотря на высокую крепость пород (до $f=10$), что становится возможным благодаря специфике разрушения приконтурного породного массива, расслаивающегося на тонкие (толщиной до 5 см) плиты площадью до 1 м².

В связи с тем, что проходческие и ремонтные работы выполняются шахтой «Комсомольская» собственными силами без привлечения подрядных организаций, формирование договорных цен с дополнительными расходами не выполнялось, а в качестве итоговых суммарных затрат принята сметная стоимость каждой из локальных смет (табл. 4.4.). Так как длина замерных участков для каждого из вариантов различна, объемы работ рассчитывались на 100 погонных метров.

Таблица 4.4

Итоговые стоимостные показатели крепления и ремонта 9-го конвейерного штрека на участках с различными охранными конструкциями

№ п/п	Вид работ	Стоимость работ, тыс. грн/100 п.м.		
		Угольный целик	Органная крепь и «Текхард»	Шпальный брус
1	Крепление	1 727,96	3 592,34	2 111,01
2	Ремонт	792,57	1 031,09	792,57
3	Стоимость нетоварного угля в целике (утерянный доход)	1 125	-	-
Итого		3 645,53	4 623,43	2 903,58
Итого на 1 п.м.		36,46	46,23	29,04

Для варианта с охранным угольным целиком в качестве утерянного дохода принята суммарная стоимость необогащенного антрацита в целике (исходя из минимальной на товарном рынке стоимости 1000 грн./т), которую в зависимости от подхода следует добавлять к затратам по первому варианту или удерживать для вариантов с искусственными целиками.

Таким образом, анализируя результаты наблюдений и за состоянием 9-го конвейерного штрека и результаты расчета сметной стоимости на его крепление и ремонт, можно сделать следующие выводы:

- любая из рассмотренных конструкций охранной полосы, как естественный угольный целик, так и искусственные из составных элементов должным образом обеспечивают сохранность выработки для последующего повторного использования. При варианте с органичной крепью и полосой из «Теххарда» вертикальные смещения на контуре выработки, достигающие 700 мм при высоте выработки свыше 3,5 м в проходке, не являются критичными;

- наименее затратным вариантом оказывается охранная полоса из шпального бруса, что объясняется дешевизной самого материала полосы, существенно меньшей трудоемкостью ее возведения по сравнению с полосой из «Теххарда», а также отсутствием потерь угля в целике;

- экономический эффект от внедрения охранной полосы из шпального бруса по сравнению с проектным вариантом, предусматривающим оставление охранного целика, составляет 9,77 тыс. грн./п.м., а сравнение суммы капитальных и эксплуатационных затрат двух вариантов искусственных целиков позволяет оценить экономию при использовании шпального бруса в 17,19 тыс. грн/п.м.

4.3. Рекомендации по обеспечению устойчивости 9-го конвейерного штрека 9-й восточной лавы пласта h_8

Обеспечение устойчивости 9-го конвейерного штрека восточной лавы пласта h_8 предусматривает последовательное выполнение следующих операций:

1. Установление с расклинкой металлической арочной крепи из спецпрофиля СВП-27 с шагом 0,5 м в забое выработки, который находится в 150-200 м от перемещающегося забоя лавы.

2. Установление непосредственно в забое выработки всех анкеров первого уровня в соответствии с рекомендуемым паспортом крепления (рис. 4.20).

3. С отставанием 50 м от забоя установка канатного анкера под продольный прогон в соответствии с рекомендуемым паспортом крепления (см. рис. 4.20).

4. Выкладка вдоль бровки лавы на сопряжении с выработкой предохранительной полосы из шпал шириной 1,6 м.

5. Прогнозируемые объёмы выполнения ремонтных работ в выработке на расстоянии 100 м позади забоя лавы:

- замена деформированных рам крепи и затяжки (40 % от всех имеющихся);
- снятие и пастилка рельсового пути;
- снятие конвейерного става;
- поддирка вспученных пород почвы на высоту 0,4 м.

Примечание: п. 5 выполняется параллельно-последовательно с отработкой столба.

выработки, уменьшает смещения контура выработки по сравнению с вариантом отсутствия анкеров (свободные смещения). Максимальные перемещения при этом составляют: в почве – 0,4 м, в кровле 0,5 м, в боках со стороны массива – 0,28...38 м, со стороны лавы – 0,75 м. Уменьшается также зона разрушенных пород над выработкой, что снижает нагрузку на рамную крепь.

5. Дополнительная установка анкеров 2-го уровня уменьшает перемещения в кровле до 0,4 м. Эффективность канатного анкера будет максимальной при его установке на расстоянии 1,25 от центральной точки верхняка рамы.

6. При рассмотренных вариантах крепи интенсивные деформации по-прежнему ожидаются в боках выработки, особенно со стороны лавы. Стабилизация их на уровне 0,4 м (борт противоположный лаве) и 0,7 м (сопряжение с лавой) возможна только при условии, что элемент охраны (из твердеющей смеси либо шпал, что предпочтительнее) обладает достаточной жесткостью, выкладывается в сроки, минимально возможные технологически после обнажения пород.

7. Выполнение приведенных выше рекомендаций обеспечит только при выполнении восстановительных работ в 9-ом конвейерном штреке 9-й восточной лавы пласта h_8 экономический эффект в размере 17,19 тысяч гривен на 1 погонный метр выработки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является завершенным научным исследованием, в котором на основе впервые установленных закономерностей деформирования геомеханической системы «крепь выработки – предохранительная конструкция – лава» решена актуальная научно-техническая задача, заключающаяся в обосновании возможности повторного использования конвейерных штреков глубоких угольных шахт при сплошной системе разработки.

Основные научные и практические рекомендации и выводы заключаются в следующем.

1. Выполнен анализ состояния угольной промышленности Украины в текущий период, что позволило сделать вывод о необходимости снижения себестоимости добываемого угля. Одним из эффективных путей для этого является повторное использование подготовительных выработок.

2. Выполнен анализ средств и способов обеспечения устойчивости подземных горных выработок, находящихся в зоне влияния очистных работ. Это позволило сделать вывод о том, что обеспечить сохранность штреков для повторного их использования можно только, рассматривая совместное деформирование геомеханической системы «крепь выработки – целик – лава».

3. Обоснован критерий сохранности выработки, которая предназначена для повторного использования, в качестве которого приняты перемещения породного контура, равные 0,4 м.

4. Поставлена и решена задача в необходимых размерах предохранительной конструкции, обеспечивающей допустимую величину деформаций контура выработки при заданных параметрах рамно-анкерной крепи.

5. Выполнена оптимизация расположения анкеров первого и второго уровней, а также ширины предохранительных целиков, обеспечивающих в соответствии с принятым критерием сохранность выработок для их повторного использования.

6. Поставлена и решена задача экономической целесообразности применения систем охраны подготовительной выработки, что позволило рекомендовать допустимые параметры геомеханической системы «крепь выработки – целик – лава».

7. Расчетный экономический эффект составил 17,19 тыс. грн. на погонный метр повторно используемой выработки.

8. По результатам исследований опубликовано 12 статей [15, 190-200].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марикодонов Т. Угольная промышленность мира. Проблемы и перспективы. – Режим доступа: <http://www.ref/17/400094/1.html>.
2. Голицин М.В. Всё об угле / М.В. Голицин, А.М. Голицын. – М.: наука, 1989. – 192 с.
3. Гринько Н.К. Перспективы добычи и использования угля / Н.К. Гринько // Уголь. – 2000. - № 11. – С. 7 – 12.
4. Долгосрочный прогноз развития угольной отрасли // Уголь. – 2008. - № 2. – С. 66 – 68.
5. BR Statistical Review of World Energy. – Режим доступа: <http://www.worldcoal.com>.
6. Пивняк Г.Г. Основные тенденции развития угольной промышленности и теплоэнергетики Украины / Г.Г. Пивняк, А.К. Шидловский // Материалы заседаний Рабочей группы по углю ЕЭК ООН. – 1999.
7. Евдокимов Ф.И. Спад и стабилизация добычи угля на шахтах Украины / Ф.И. Евдокимов, М.П. Зборщик, И.Ф. Пономарев // Уголь Украины, 1993. - № 9. – С. 19 – 23.
8. Из концепции развития угольной промышленности Украины и ее социальной сферы до 2005 года // Уголь Украины. – 1993. – № 2. – С. 11 – 15.
9. Нефть, газ, энергия, мир, Россия: состояние и перспективы // Атомная стратегия. – 2006. - № 20. – Режим доступа: <http://www.proatom.ru/modules>.
10. Перспективы развития мировой угольной промышленности // Уголь. – 2008. - № 1. – С. 78 – 79.
11. Степанов А. Производство моторных топлив и комплексное использование углей. Роль бурых углей в новых планах развития ТЭК / А. Степанов, Г. Ковтун, Г. Матусевич // Топливо-энергетический комплекс. – 2008. – № 2. – С. 66 – 71.

12. Круть А.А. Водугольное топливо – альтернатива природному газу и жидким нефтепродуктам / А.А. Круть // Уголь Украины. – 2008. - № 10. – С. 10 – 13.
13. Кондырев Б.И. Перспективы применения технологии подземной газификации угля на месторождениях Дальнего Востока с получением газа - сырья для синтеза жидкого топлива / Б.И. Кондырев, А.В. Белов, И.В. Гребенюк // Уголь. – 2008. - № 10. – С. 36 – 37.
14. Попович И.Н. Состояние и перспективы развития угольной промышленности Украины / Уголь Украины, октябрь, 2013. – Киев. – С. 3-7.
15. Попович И.Н. Устойчивость развития угольной отрасли – приоритет государства / Науковий вісник НГУ, 2014. – Дніпропетровськ, ДВНЗ «НГУ». – № 2. – С. 30-35.
16. Скипочка С.И., Усаченко Б.М., Куклин В.Ю. Элементы геомеханики углепородного массива при высоких скоростях подвигания лав. – Днепропетровск: ЧП «Лири ЛТД», 2006. –248 с.
17. 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.
18. Тулуб С.Б. Состояние и перспективы развития угольной промышленности Украины. – К.: УкрНИИпроект, 2007.
19. Рекомендации совещания "Совершенствование горного хозяйства шахт на основе сокращения поддерживаемых горных выработок и концентрации работ". – Донецк, 1988. – 9 с.
20. Демченко А.И. Опыт обеспечения высокопроизводительной работы лав на пластах средней мощности // Уголь Украины. – 2003. – № 6. – С. 37-41.
21. Демченко А.И., Куласек М. Инженерное обеспечение устойчивого проветривания высоконагруженных лав в горно-геологических условиях пласта d4 шахты “Красноармейская-Западная № 1» // Глюкауф. – 2003. – № 4. – С. 45-50.

22. Анализ работы очистных забоев / Ильин А.И., Косарев И.В., Андреев Г.В., Овчаренко, В.А., Корольчук А.Н., Филипских Д.Ю. // Уголь Украины. – 2010. – № 11. – С. 3.-7.
23. Морозов И.Т., Пономаренко П.И. Перспективы применения сплошной системы разработки в Донбассе // Уголь Украины. – 1997. – № 12. – С. 15.-17.
24. Усаченко Б.М. Свойства пород и устойчивость горных выработок. – Киев: Наукова думка, 1979. – 136 с.
25. Усаченко Б.М., Кириченко В.Я., Шмиголь А.Ф. Охрана подготовительных выработок глубоких горизонтов шахт Западного Донбасса. – М.: ЦНИИЭИуголь, 1992. – 168 с.
26. Кошелев К.В., Томасов А.Г. Поддержание, ремонт и восстановление горных выработок. – М.: Недра, 1985. – 215 с.
27. Булат А.Ф., Курносоев А.Т. Управление геомеханическими процессами при отработке угольных пластов. – Киев: Наук, думка, 1987. – 200 с.
28. Кузнецов С.Т., Орлов А.А., Глушихин Ф.П., Садыков Н.М. Проявление горного давления в очистных выработках при применении механизированных крепей. - М.: Недра, 1966. - 318 с.
29. Баклашов И.В., Картозия Б.А. Механические процессы в породных массивах. – М.: Недра, 1986. – 272 с.
30. Виноградов В.В. Геомеханика управления состоянием массива вблизи горных выработок. – Киев : Наукова думка, 1989. – 192 с.
31. Борзых А.Ф., Данилов А.А., Топкий А.В. Расчет ожидаемых нагрузок на опоры из железобетонных блоков для охраны подготовительных выработок // Уголь. – 1988. – № 9. – С. 11-14.
32. Терентьев Б.Д., Жаров А.И. Геомеханические аспекты сохранения выемочных штреков // Уголь. – 1990. – № 9. – С. 46-49.
33. Глазов Д.Д. Системный подход к применению механизированных комплексов. – Кемерово: Кемеровское книжное изд-во, 1980. – 112 с.

34. Слесарев В.Д. Разработка свиты пластов. – М.: Углетехиздат, 1954. –184 с.
35. Выборнова С.Н. Исследование и разработка методики расчета НДС горного массива вокруг подготовительных и капитальных выработок, пройденных по пучащим породам. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. МГД им. А.А. Скочинского, – М., 1974. – 19 с.
36. Уравнения и краевые задачи теории пластичности и ползучести. Справочное пособие / Писаренко Г.С., Можаровский Н.С. – Киев: Наукова думка, 1981. – 496 с.
37. Ставрогин А.И., Протосеня А.Г. Прочность горных пород и устойчивость выработок на больших глубинах. – М.: Недра, 1985. – 190 с.
38. Глушко В.Т., Виноградов В.В. Разрушение горных пород и прогнозирование проявлений горного давления. – М.: Недра, 1982. – 192 с.
39. Каретников В.Н., Клейменов В.Б., Нуждихин А.Г. Крепление капитальных и подготовительных горных выработок: Справочник. – М.: Недра, 1989. – 571 с.
40. Ржевский В.В., Новик Г.Я. Основы физики горных пород. – М.: Недра, 1979. – 214 с.
41. Взаимодействие механизированных крепей с боковыми породами / И.А. Кияшко, С.А. Саратикянц, Н.П. Овчинников и др. – М.: Недра, 1990. – 128 с.
42. Симанович А.М. Исследование устойчивости подготовительных выработок на пологих пластах Донбасса: Автореф. дис. ... канд. техн. наук, ДГИ. – Днепропетровск, 1968. – 23 с.
43. Якоби О. Практика управления горным давлением. Пер. с нем. – М.: Недра, 1987. – 566 с.
44. Безазьян А.В. Исследование и прогноз проявлений горного давления в капитальных выработках по данным разведочного бурения в условиях Западного Донбасса: Автореф. дис. ... канд. техн. наук МГИ. – М., 1971. – 29 с.

45. Вьетап с. Проходка выемочных штреков и техника на сопряжении лава-штрек // Глюкауф. – 1979. – № 21. – С.21-22.
46. Аносе С. Анализ систем сопряжения лава-штрек // Глюкауф. – 1975. – № 12. – С. 4-11.
47. Заславский Ю.З., Зорин А.Н., Черняк И.Л. Расчеты параметров крепи глубоких шахт. – Киев: Техника, 1972. – 156 с.
48. Кошелев К.В., Трумбачев В.Ф. Повышение устойчивости капитальных горных выработок на больших глубинах. – М.: Недра, 1972. – 128 с.
49. Руппенейт К.В. Некоторые вопросы механики горных пород. – М.: Недра, 1984. – 384 с.
50. Нейман Л.К., Рева В.Н., Шмиголь А.В. Поддержание выработок на шахтах ПО "Павлоградуголь". – М.:ЦНИЭИуголь, 1991. – 45 с.
51. Гибельгаус В.И., Хабаров Ю.С. Выбор параметров крепи для безремонтного поддержания конвейерных штреков при отработке крутых пластов // Механика горных пород и горное давление. Труды ВНИМИ. – Л., 1981. – С. 36-41.
52. Андранович В.А. Охрана и поддержание выемочных выработок на пологих пластах // Прогноз геомеханических процессов и управление горным давлением на шахтах. – Л.: ВНИМИ, 1985. – С.29-32.
53. Байсаров Л.В., Ильяшов М.А., Демченко А.И. Геомеханика и технология поддержания повторно используемых выработок. - Днепропетровск: ЧП «Ли́ра ЛТД», 2005. – 240 с.
54. Ильяшов М.А. Охрана повторно используемых выработок, как один из факторов обеспечения эффективности и безопасности разработки угольных пластов на больших глубинах // Геотехническая механика. ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2006. – Вып. 66. – С. 39-44.
55. Борщевский С.В., Кожушок О.Д. К вопросу о геомеханических принципах и совершенствовании технологии комплексного поддержания повторно используемых выемочных штреков // Перспективы развития

Восточного Донбасса. - Новочеркасск: УПЦ «Набла» ЮРГТУ (НПИ), 2008. – Ч. 1. – С. 390-397.

56. Булат А.Ф. Технологический регламент поддержания повторно используемых выемочных штреков комбинированными охранными системами / А.Ф. Булат, Б.М. Усаченко, М.А. Ильяшов, О.Д. Кожушок и др. – Днепропетровск-Донецк: «ВИК», 2009. – 36 с.

57. Усаченко Б.М. Комбинированные охранные системы нарастающего сопротивления – безальтернативная технология поддержания выемочных штреков / Б.М. Усаченко, В.Н. Трипольский, А.А. Яйцов, Е.Н. Халимендигов // Геотехническая механика. ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2010. – Вып. 91. – С. 15-26.

58. Ильяшов М.А. Перспективы использования комбинированного способа охраны сопряжений лав // Уголь Украины. – 2008. - № 4. – С. 8-11.

59. Халимендик Ю.М. Использование пригрузки горного давления вокруг выработки // Уголь Украины. – 1997. – № 2-3. – С. 14-17.

60. Литвинский Г.Г., Гайко Г.И. Прогноз устойчивости стальной арочной крепи. // Уголь Украины. – 1993. – №6. – С. 33-36.

61. Максимов А.П., Шашенко А.Н., Роечко А.Н. Влияние качества забутовки на несущую способность металлической арочной крепи // Шахтное строительство. – 1987. – № 3. – С. 21-23.

62. Шевченко В.В., Тупиков Б.Т., Селезень А.Л. Влияние плотности крепи на смещения пород в подготовительных выработках // Уголь Украины. – 1998. – №10. – С. 13-15.

63. Ермаков А.Н., Топчий С.Е. Охрана и поддержание горных выработок// Уголь Украины. – 1993. – № 8. – С. 19-22.

64. Кириченко В.Я. Штрековые крепи проверенные временем и признанные шахтами // Уголь. – 2006 – №11. – С. 21-23.

65. Ильяшов М.А. Особенности деформаций арочных крепей в составе комбинированных охранных систем при асимметричной нагрузке / М.А.

Ильяшов, М.В. Головин, Б.М. Усаченко, В.Н. Сергиенко // Геотехническая механика. ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2010. – Вып. 91. – С. 5-14.

66. Мирончак О.П., Сугаренко Г.Г. Новые крепи подготовительных выработок // Уголь Украины. – 1998. – №12. – С. 42.

67. Грязнов В.С., Петров В.В., Ефремов И.А., Сугаренко Г.Г. Опыт применения крепей технологического уровня // Уголь Украины. – 1999. – № 4. – С. 13-16.

68. Тулуб С.Б., Татаринов А.А., Костокрыз В.И. Шахтные испытания экспериментальной арочной податливой крепи // Уголь Украины. – 1999. – №4. – С. 11-13.

69. Полухов В.А., Шестаков В.А. Металлическая податливая крепь и проектирование крепления выработок // Уголь. – 2004. – № 3. – С. 76-77.

70. Мельников Н.И., Гнеушев П.И. Рациональное использование металлической крепи // Уголь. – 1987. – №1. – С. 16-18.

71. Дворниченко В.И., Киселев В.Г., Коган Б.Д. Испытания крепи с усиленным перекрытием // Уголь. – 1984. – №12. – С. 18-19.

72. Геомеханика охраны выработок в слабометаморфизованных породах / Усаченко Б.М., Чередниченко В.П., Головчанский И.Е. и др. – Киев : Наукова думка, 1990. – 144 с.

73. Литвинский Г.Г., Гайко Г.И. Стальная арочная усиленная крепь // Уголь Украины. – 1995. – №1. – С. 23-24.

74. Чубриков А.В., Шабловский А.В., Хайдуков В.А., Мансуров А.Л. Технология канатного анкерования кровли с полным заполнением шпуров полимерной смолой Геофлекс // Уголь. – 2003. – № 12. – С. 9-11.

75. Курченко М.П., Троян А.Д. Усиления арочной крепи стяжкой // Уголь Украины. – 2004. – №10. – С. 19-20.

76. Ковалевская И. А., Мордасов В. И. Опорная плита для крепи из спецпрофиля // Уголь Украины. – 1993. – №9. – С. 29-30.

77. Халимендик Ю.М., Чемакин В.А., Спицын А.Ю. Поддержание горных выработок // Уголь Украины. – 1996. – №3. – С. 7-9.

78. Халимендик Ю.М. Использование пригрузки горного давления вокруг выработки // Уголь Украины. – 1997. – № 2-3. – С. 14-17.
79. Пиньковский Г.С. Увеличение устойчивости горных выработок в сложных горно-геологических условиях // Уголь. – 1984. – №7. – С. 24-29.
80. Кириченко В.Я., Сугаренко Г.Г., Сальников Ю.В., Алиев Н.А. Технические решения при разработке новых типов рамных крепей горных выработок // Уголь. – 2006. - № 11. – С. 21-23.
81. Золаторев Г.М., Чернодаров А.И. Перспективы применения технологии «Буллфлекс»// Уголь. – 1997. – №10. – С. 11-12.
82. Хансиваров Р.К., Гринько С.Н. Новая технология заполнения пространства подготовительных выработок // Уголь Украины. – 1989. – №12. – С. 8-10.
83. Лозовский С.П. Обоснование параметров способа повышения устойчивости подготовительных выработок с пучащей почвой в зоне влияния очистных работ: дисс...к.т.н. – Днепропетровск, Национальный горный университет. – 2004. – С. 185.
84. 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.
85. Штанько Л.А. Влияние бутовых полос на устойчивость выемочных выработок / Л.А. Штанько, А.В. Ремизов // Уголь Украины. – 2010. – № 7. – С. 6-8.
86. Хорин В.Н. Перспективы развития технологии и средств выемки угля в длинных очистных забоях // Уголь. – 1988. – № 1. – С. 43-45.
87. 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.

88. 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.
89. Диманштейн А.С., Чакветадзе Ф.А. Охрана выемочных выработок полосами из твердеющих материалов на шахтах ПО “Ровенькиантрацит” // Вопросы проведения, крепления и поддержания горных выработок. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского. – 1988. – С. 95-99.
90. Заславский И.Ю. О бесцелековой охране выемочных выработок / И.Ю. Заславский // Уголь Украины. – 1984. – № 2. – С. 26-28.
91. Бабиюк Г.В., Онищенко А.И., Стельмах В.М. Эффективность технологических решений по повышению надежности подготовительных выработок // Уголь Украины. – 1997. – № 4. – С 18-21.
92. Технологический регламент поддержания повторно используемых выемочных штреков комбинированными охранными системами / ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Донецк: «ВИК», 2009.
93. Рыжков Ю.А., Волков А.Н., Глаголин В.А. Механика и технология формирования закладочных массивов. – М.: Недра, 1985. – 191 с.
94. Касьян Н.Н., Худолей О.Г. Шахтные испытания нового способа упрочнения горного массива // Уголь Украины. – 1995. – № 2. – С. 15-18.
95. Горенок А.К. Исследование эффективности способа разгрузки горного массива направленным гидроразрывом при повторном поддержании выработок / А.К. Горенок, Л.М. Гусельников // Уголь. – 1993. – № 2. – С. 8-12.
96. Лурий В.Г. Новый способ охраны и поддержания выработок при бесцеликовой технологии / Лурий В.Г, Романов Ю.Г, Лукин К.Д. // Уголь. – 1989. – № 10. – С. 20-21.
97. Комисаров М.А. Параметры охраны горных выработок разгрузкой вмещающего породного массива скважинами по углю / М.А. Комисаров, В.М. Андриенко, Э.К. Фролов // Вопросы управления кровлей. охраны и крепления горных выработок-Донецк. – 1969. – № 48. – С. 105-112.

98. 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. – Днепропетровск, 1970. – 28 с.

99. Саратикянц С.А. Направление работ в ДонУГИ в двенадцатой пятилетке // Уголь. – 1986. – №3. – С. 11-16.

100. 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.

101. 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.

102. Воскобоев Ф.Н. Способ активного управления геомеханическим состоянием массива горных пород в окрестности одиночной пластовой подготовительной выработки в сложных горно-геологических условиях / Ф.Н. Воскобоев, В.М. Бучатский, В.А. Звездин // Уголь. – 2006. – № 9. – С.3-6.

103. Зборщик М.П. Поддержание подготавливаемых выработок в сохраняемых зонах разгрузки / М.П. Зборщик, В.В. Назимко // Уголь Украины. – 1989. – № 4. – С. 8-11.

104. Дробинов И.Е. Влияние передового торпедирования вмещающих пород на работу дегазационных скважин / И.Е. Дробинов, О.С. Гершун, С.А. Турилин. - Уголь Украины. – 1982. – № 11. – С. 17-18.

105. Халимендик Ю.М. Способ сохранения устойчивости полевых выработок при влиянии очистных работ / Ю.М. Халимендик, Л.Ф. Труфанов, В.В. Назимко // Уголь Украины. – 1992. – № 12. – С. 19-22.

106. 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.

107. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. – Л., ВНИМИ, 1986. –115 с.

108. Прогрессивные паспорта крепления, охрана и поддержания подготовительных выработок при бесцеликовой технологии отработки угольных пластов. – Л.: ВНИМИ, 1984. – 128 с.

109. Руководство по расположению, охране и поддержанию подготовительных выработок в Западном Донбассе / ДГИ, Днепропетровск: 1984. – 34 с.

110. Руководство по поддержанию горных выработок на шахтах Западного Донбасса. – СПб, 1992. – 51 с.

111. Хозяйкина Н.В. Влияние количества анкеров на величину пучения пород почвы //Н.В. Хозяйкина, М.С. Дубицкая, А.Ю. Король // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2014. – Випуск 3 (86). – С. 143 – 148.

112. Панченко В. В. Обоснование параметров технологии сооружения подготовительных выработок, проводимых навстречу забою лавы, в условиях шахт Западного Донбасса: дис. ... канд. техн. наук: 05.15.04 / Панченко Владимир Валентинович.– Днепропетровск, 2014.– 336 с.

113. Шашенко А.Н. Численное моделирование потери устойчивости пород почвы в горных выработках глубокого заложения / А.Н. Шашенко, К.В. Кравченко, А.Ю. Король // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гіричного виробництва – Науково-виробничий журнал: Кременчуцький національний університет ім. М. Острогорського. – Кременчук: КрНУ, 2013. – Випуск 9 (12). – С. 105-112.

114. Солодянкин А.В. Геомеханические модели в системе геомониторинга глубоких угольных шахт и способы обеспечения устойчивости протяженных выработок: дис. ... д-ра техн. наук: 05.15.04; 05.15.09 / Солодянкин Александр Викторович.– Днепропетровск, 2009.– 426 с.

115. Гапеев С.М. Моделювання і прогноз геомеханічних процесів у виробках глибоких шахт: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.15.09 / С.М. Гапеев – Дніпропетровськ, 2014. – 35 с.

116. Шашенко А.Н. Пучение пород почвы в выработках угольных шахт / А.Н. Шашенко, А.В. Солодянкин, А.В. Смирнов А.В. // Монография. – Днепропетровск: ЛизуновПресс, 2015. – 394 с.
117. Шашенко А.Н. Расчет несущих элементов подземных сооружений / А.Н. Шашенко, В.П. Пустовойтенко – К.: Наукова думка, 2001. – 167 с.
118. Шевяков Л.Д. О расчете прочных размеров и деформаций опорных целиков / Шевяков Л.Д. // Изв. АН СССР. Отд. техн. наук – 1941 – № 7,8. – С.3 – 13; – №9. – С.43–58.
119. Шевяков Л.Д. Задачи и методы научно-исследовательских работ по вопросам управления кровлей при разработке мощных пластов при разработке пластов и залежей / Шевяков Л.Д. // Тр. совещания по управлению горным давлением. – Л.: Изд-ва АН СССР, 1938. – С. 175–189.
120. Афендик Л.Г. Применение оптического метода для выяснения распределения напряжений возле некоторых горных выработок / Афендик Л.Г. // Горный журнал – 1938. – №5, С. 3–4.
121. Шерман Д.И. Смешанная задача статической теории упругости для плоских многосвязных областей / Шерман Д.И. // Докл. АН СССР. – 1940. – 28, № 1. – С. 29–32.
122. Шерман Д.И. Упругая полуплоскость с прямолинейными разрезами / Шерман Д.И. // Докл. АН СССР, 1940. – 26, № 1. – С. 48–52.
123. Шерман Д.И. О напряжениях в весовой полуплоскости, ослабленной двумя круговыми отверстиями / Шерман Д.И. // Прикладная математика и механика. – 1951. – Вып. 3, № 15. – С. 297–316.
124. Шерман Д.И. К вопросу о напряженном состоянии междукамерных целиков. Упругая весовая среда, ослабленная двумя круговыми отверстиями эллиптической формы / Шерман Д.И. // Изв. АН СССР. Отд-ние техн. наук. – 1952. – № 6. – С. 840 – 857; №7. – С. 992 – 1010.
125. Левина Ц.О. К вопросу о расчете напряжений в междукамерных целиках / Ц.О. Левина, С.Г. Михлин // Труды Сейсмологического института – 1940. – № 94. – С. 35–38.

126. Космодамианский А.С. Приближенные методы определения напряженного состояния упругого горного массива, в котором пройдены выработки круглого сечения / А.С. Космодамианский // Сб. научн. трудов ВНИМИ – 1962. – Вып. 45. – С. 180–192.

127. Космодамианский А.С. О напряженном состоянии горного массива, ослабленного большим количеством выработок квадратного сечения / А.С. Космодамианский // Сб. научн. трудов ВНИМИ – 1962. – Вып. 45. – С. 194–203.

128. Космодамианский А.С. Приближенный метод определения напряженного состояния анизотропного массива с двумя одинаковыми эллиптическими выработками / А.С. Космодамианский // Исследования горн. давления. – М.: Госгортехиздат – 1960. – С. 311–322.

129. Ержанов Ж.С. Расчет нагруженности опорных и поддерживающих целиков / Ержанов Ж.С., Ю.Н. Серегин, В.Ф. Смирнов. Алма-Ата: Наука, 1973. – 139 с.

130. Соколовский В.В. Статика сыпучей среды / В.В. Соколовский В.В. – М.: Изд-во АН СССР, 1942. – 207 с.

131. Руппенейт К.В. Некоторые вопросы механики горных пород / К.В. Руппенейт // М.: Углетехиздат, 1954. – 384 с.

132. Ялымов Н.Г. Определение размеров камер и целиков при разработке месторождений в горных районах / Н.Г. Ялымов, Н.Г. Рогожиков – Фрунзе: Илим, 1980. – 166 с.

133. Рахимов В.Р. Определение давлений на междукамерные и барьерные целики, образующие периодическую последовательность / В.Р. Рахимов // Физико-механические свойства, давление и разрушение горных пород. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – Вып. 1. – С. 123–132.

134. Ялымов Н.Г. Исследование горного давления при подземной разработке рудных месторождение Киргизии / Ялымов Н.Г. – Фрунзе: Илим, 1976. – 203 с.

135. Проскуряев Н.М. Физико-механические свойства соляных

пород / Н.М. Проскуряев, Р.С. Пермяков, А.К. Черников. – Л.: Недра, 1973. – 271 с.

136. Слесарев В.Д. Определение оптимальных размеров целиков различного назначения / В.Д. Слесарев – Углетехиздат Минзападугля, 1948. – 345 с.

137. Руппенейт К.В. Обоснование инженерного метода определения давлений на междукамерные целики / К.В. Руппенейт, Н.А. Давыдов // Физико-механические свойства, давление и разрушение горных пород – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – С. 109–122.

138. Нестеренко Г.Т. Методика и некоторые результаты исследований параметров камерно-столбовой системы разработки / Нестеренко Г.Т. // Методы определения размеров опорных целиков и потолочин. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – С. 34–59.

139. Мусин А.Ч. Устойчивость кровли и параметры камер и целиков в условиях Дзезказганского месторождения / А.Ч. Мусин, М.Т. Бакаев // Методы определения размеров опорных целиков и потолочин. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – С. 60–72.

140. Борщ-Кампаниец В.И. Горное давление при отработке мощных пологихрудных залежей / В.И. Борщ-Кампаниец, А.Б. Макаров А.Б. – М.: Недра, 1986. – 270 с.

141. Шашенко А.Н. Механика горных пород: учебн. [для студ. вищ. учеб. завед.] / А.Н. Шашенко, В.П. Пустовойтенко. – К.: Новий друк, 2004. – 400 с.

142. Бузило В.И. Выбор и обоснование основных параметров камерно-столбовой системы разработки для условий гипсовых рудников: автореф. дисс. на соискание наук степени канд. техн. наук / В.И. Бузило – Днепропетровск, 1981. – 21 с.

143. Модестов Ю.А. Совместный расчет междукамерных и межблоковых (барьерных) целиков при разработке пластовых месторождений / Ю.А. Модестов // Методы определения размеров опорных целиков и потолочин

– М.: Изд-во АН СССР, 1962. – С.182–189.

144. Борисов А.А. Механика горных пород и массивов / Борисов А.А. – М.: Недра, 1980. –360 с.

145. Зильбершмидт В.Г. Технология подземной разработки калийных руд / В.Г. Зильбершмидт, К.Г. Синопальников, Г.Д. Полянина – М.: Недра, 1977. – 287с.

146. Борисенко С.Г. Определение прочностных размеров потолочин / С.Г. Борисенко, Е.И. Комский, В.П. Михайлов // Горный журнал. – 1967. – №8. – С.52–53.

147. Бублик Ф.П. Результаты исследований несущей способности целиков / Ф.П. Бублик // Сб. науч. трудов ВНИМИ. – 1970. – № 76. – С. 138–157.

148. Габдрахимов И.Х. К феноменологической теории прочности карнолита и расчету длительной устойчивости целиков / И.Х. Габдрахимов, Н.М. Дедюкин, А.А. Поздеев // Проблемы мех. горных пород. – Алма-Ата: Наука, 1966. – С. 107–112.

149. Бублик Ф.П. Исследование зависимости несущей способности целиков от их формы и условий на контактах / Ф.П. Бублик, С.С. Авершин // Сб. науч. трудов ВНИМИ. – 1968. – №70. – С.201–210.

150. Таджибаев К.Т. Деформация и разрушение горных пород при различных контактных условиях передачи нагрузки / Таджибаев К.Т. – Фрунзе: Илим, 1986. – 107 с.

151. Машанов А.К. Учет влияния структуры массива при расчете целиков / А.К. Машанов // Сб. науч. трудов КазГМИ – 1959. – Вып. 20. – С.314–323.

152. Ильвицкий А.А. Методы расчета междукамерных целиков и потолочин при разработке крутопадающих рудниковых месторождений / А.А. Ильвицкий // Методы определения размеров опорных целиков и потолочин – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – С. 95–105.

153. Карташев Ю.М. Прочность и деформируемость горных пород /

Ю.М. Карташев, Б.В.Матвеев, Г.В.Михеев [Под общ. ред. А.Б.Фадеева]. – М.:Недра, 1979. – 269 с.

154. Кузьмич А.С. Создание шахт нового технико-экономического уровня / Кузьмич А.С. – М.: Недра, 1976. – 423 с.

155. Барон Л.И., Логунцов Б.М., Позин Е.З. Определение свойств горных пород. - М.: Госгортехиздат, 1962. - 332с.

156. Ерофеев Н.П. Устойчивость целиков и потолочин на рудниках Джезказгана / Ерофеев Н.П. – Алма-Ата: Наука, 1979. – 94 с.

157. Амусин Б.З. Механические характеристики массива горных пород при аналитических расчетах проявлений горного давления в выработках / Б.З. Амусин // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1979. – № 6. – С. 15–21.

158. Динник А.Н., Моргаевский А.Б., Савин Г.Н. Распределение напряжений вокруг подземных горных выработок / А.Н. Динник, А.Б. Моргаевский, Г.Н. Савин // Труды совещания по управлению горным давлением. – Л.: Изд-во АН СССР, 1938. – С. 7–55.

159. Методические указания: Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах [УкрНДІ проект], 1998 – 152 с.

160. Підготовчі виробки на положистих пластах, вибір кріплення, способів і засобів охорони (СОУ 10.1.00185790.011:2007). Стандарт Мінвуглепрому України. ДонВУГІ і ДП «УкрНДІ Проект. [розробники Андрієнко В.М., Сторчак І.І. та інші Мінвуглепром України, Київ 2007]. Надруковано ДП ДонВУГІ, 2008. – 116 с.

161. Зюков Ю.Е. Закономерности обрушения пород кровли в лавах пологопадающих угольных пластов / Е.Ю. Зюков, Н.В. Хозяйкина // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників-2007». – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2007. – С. 8 – 12.

162. Зюков Ю.Е. Напряженно-деформированное состояние предохранительных целиков в лавах / Ю.Е. Зюков // Геотехнічна механіка: Між

від.зб.наук.праць Ін-т геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України. – Дніпропетровськ, 2007. – Вип. 73. – С. 171 – 176.

163. Зюков Ю.Е. Геомеханическая модель очистного забоя с предохранительными целиками различной жесткости/ Ю.Е. Зюков // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників-2008». – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2008. – С. 50 – 54.

164. Зюков Ю.Е., Хозяйкина Н.В., Иванов А.С. Влияние скорости подвигания очистного забоя на геомеханические процессы в лавах угольных шахт Донбасса / Ю.Е. Зюков, Н.В. Хозяйкина, А.С. Иванов // Науковий вісник НГУ. – Дніпропетровськ. – 2008. – № 11. – С. 28 – 33.

165. Зюков Ю.Е. Численное моделирование напряженно-деформированного состояния предохранительных целиков в лавах пологопадающих пластов / А.Н. Шашенко, Ю.Е. Зюков // Науковий вісник НГУ. – Дніпропетровськ. – 2008. – № 12. – С. 12–14.

166. Зюков Ю.Е. Напряженно-деформированное состояние породного массива вокруг предохранительных целиков / Ю.Е. Зюков // Уголь Украины. – 2008. – № 12. – С. 14.

167. Зюков Ю.Е. Влияние скорости подвигания очистного забоя на обрушение пород основной кровли в лавах / Ю.Е. Зюков Ю.Е. // Уголь Украины. – 2009. – № 1. – С. 5.

168. Зюков Ю.Е. Повышение эффективности работы шахт ГП «Ровенькиантрацит» на основе исследования геомеханических моделей: дис. ... канд. техн. наук: 05.15.09 / Зюков Юрий Евгеньевич.– Днепропетровск, 2009.– 144 с.

169. Король Г.Ю. Закономірності процесу здимання порід підосви в присічних підготовчих виробках глибоких вугільних шахт : дис. ... канд. техн. наук: 05.15.09 / Король Ганна Юріївна.– Днепропетровск, 2014.– 1181 с.

170. СОУ 10.1.00185790.011:2007. Підготовчі виробки на пологих пластах. Вибір кріплення, способів і засобів охорони.

171. Шашенко Д.А. К оценке устойчивости предохранительных целиков методом конечных элементов / Е.А. Сдвижкова, Д.А. Шашенко // Геотехническая механика: Межвед. сб.научн. трудов / Ин-т геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Днепропетровск. – 2007. – Вип. 73. – С. 300 – 305.

172. Шашенко Д.А. Оценка устойчивости предохранительных целиков между тоннелями под Керченским проливом / Н.Д. Глухов, Д.А. Шашенко Д.А. // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2008. – № 11. – С. 11 – 14.

173. Шашенко Д.А. Влияние структуры горных пород на прочность ленточных целиков / Д.А. Шашенко // Геотехническая механика: Межвед. сб.научн. трудов / Ин-т геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Днепропетровск. – 2008. Вип. 78. – С. 109 – 112.

174. Шашенко Д.А. Расчет на прочность ленточных целиков / Д.А. Шашенко // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2009. – № 10. – С. 10 – 11.

175. Шашенко Д.А. Транспортная составляющая в экономике Украины / Д.А. Шашенко // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2009. – № 12. – С. 95 – 98.

176. Шашенко Д.А. Обоснование целесообразности строительства подземного транспортного перехода под Керченским проливом / Н.Д. Глухов, Д.А. Шашенко // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Гірничо-геологічна» Донецьк. – 2010. – Вип. № 11 (161). – С. 44 – 48.

177. Шашенко Д.А. Способ определения прочности горных пород на одноосное растяжение / Р.Н. Терещук, А.Э. Кипко, Д.А. Шашенко // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2010. – № 1. – С. 8 – 9.

178. Шашенко Д.А. / Геополитическое значение подземного транспортного перехода под Керченским проливом / Н.Д. Глухов, Д.А.

Шашенко // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників – 2008». – Д.: Національний гірничий університет. – 2008. – С. 161 – 162.

179. Шашенко Д.А. Оценка запаса прочности ленточных предохранительных целиков / Е.А. Сдвижкова, Н.В. Хозяйкина, Д.А. Шашенко // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників – 2009». – Д.: Національний гірничий університет. – 2009. – С 27 – 31.

180. Шашенко Д.А. Обоснование ширины предохранительных целиков при сооружении подземного транспортного перехода под Керченским проливом / Е.А. Сдвижкова, Н.В. Хозяйкина, Д.А. Шашенко // *Girnictwo s geoinzynierie: Kwartalnik akademii Gorniczo-Hutniczei im Stanislawo Stuszica w Krakowie*. - Krakow. – 2010. Rok 34 zoszyt 2. – 3. 553-560.

181. Sdvyzhkova O. Shashenko D. Parameters of safety pillars between the tunnels under the Kerch Strat // *Technischer Universstat Bergakademie Freiberg, Germany. Scientific Reports on resource Issues 2010. Volume 2. Mechanical characteristics of Rock*. – P. 151-156.

182. Шашенко Д.А. Геомеханическое обоснование длительной устойчивости предохранительных целиков между транспортными тоннелями: дис. ... канд. техн. наук: 05.15.09 / Шашенко Дмитрий Александрович.– Днепропетровск, 2010.– 144 с.

183. ДБН Д.2.2-35-99. Горнопроходческие работы: строительные нормы. Сборник 35. Киев: Управление реформирования ценообразования, методологии экспертизы и контроля стоимости строительства Госстроя Украины, 2000. 488 с.

184. ДСТУ Б. Д.1.1-1:2013. Правила визначення вартості будівництва. Київ: Мінрегіон України, 2013, 88с.

185. Солодянкин А.В. Обоснование эффективных решений по поддержанию протяженных выработок на шахтах ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» на основе оценки геомеханических условий / А.В. Солодянкин, А.В. Мартовицкий, А.В. Смирнов // *Науковедение*. – 2015. – Том 7, № 2. – 14 с. Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/13TVN315.pdf>.

186. Григор'єв О.Є., Терещук Р.М, Шашенко О.О. Обґрунтування економічної ефективності використання рамно-анкерного кріплення підземних гірничих виробок / Форум гірників – 2014: матеріали між нар. Конф., 1-4 жовт. 2014 р., м. Дніпропетровськ. – Д.: ТОВ «ЛізуновПрес», 2014. – Т.2. С. 187-191.

187. Лозовський С.П. Обґрунтування параметрів способу підвищення стійкості підготовчих виробок з підшовою, що здимається, у зоні впливу очисних робіт: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.15.04 / С.П. Лозовський. – Дніпропетровськ, 2004. – 19 с.

188. Терещук Р.М. Обґрунтування параметрів анкерного кріплення капітальних похилих виробок в умовах шахт ДХК “Добропіллявугілля”: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.15.04 / Р.М. Терещук. – Дніпропетровськ, 2002. – 18 с.

189. Наумович А.В. Обоснование параметров способа обеспечения устойчивости подготовительных выработок глубоких угольных шахт: дисс....канд. техн. наук: 05.15.04 / Наумович Александр Владимирович – Днепропетровск, 2010.– 151 с.

190. Попович И.Н. Состояние и перспективы развития угольной промышленности Украины / И.Н. Попович // Уголь Украины, октябрь, 2013. – Киев. – С. 3-7.

191. Попович И.Н. Итоги работы предприятий угольной промышленности Украины в 2011 году / И.Н. Попович // Уголь Украины – 2012. – № 1. – С. 3-5.

192. Сдвижкова Е.А. Геомеханическая оценка эффективности крепления и охраны участковых выработок в условиях шахты «Партизанская» ГП «Антрацит» / Е.А. Сдвижкова, И.Н. Попович, И.В. Дудка, О.А. Кузьева // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М.Остроградського. – 2014. – № 4. – С. 82-91.

193. Сдвижкова Е.А. Исследования геомеханических процессов на сопряжение подготовительной выработки с лавой в условиях шахты «Комсомольская» ГП «Антрацит» / Е.А. Сдвижкова, И.Н. Попович, И.В. Дудка

// Науково-виробничий журнал: Кременчуцький національний університет ім. М. Острогорського. – Кременчук: КрНУ, 2014. – Випуск 2 (14). – С. 72-79.

194. Попович І.М. До питання визначення коефіцієнта запасу міцності вугільних ціликів / І.М. Попович, О.Є. Григор'єв, І.В. Дудка // Уголь України. – 2014. – № 12. – С. 20-23.

195. Булат А.Ф. Технологія анкерного кріплення гірничих виробок на шахтах України: стан і перспективи / А.Ф. Булат, І.М. Попович, О.В. Вівчаренко, О.П. Круковський // Уголь України. - 2014. - № 2. - С. 3-7.

196. Шашенко А.Н. Численное моделирование процесса пучения пород почвы в горных породах / А.Н. Шашенко, К.В. Кравченко, И.Н. Попович, А.Ю. Король // Матеріали міжнар. конф. «Форум гірників - 2013», 2-5 жовт. 2013 р. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2013. Т. 2. Геомеханіка і геотехніка. – С. 170-175.

197. Солодянкин А.В. Обоснование мероприятий по повышению устойчивости подготовительных выработок ОП «Шахта «Партизанская» ГП «Антрацит» / А.В. Солодянкин, И.Н. Попович, И.В. Дудка // Перспективы развития строительных технологий: материалы 8-й Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов, 24-26 апреля 2014 г. – Д.: НГУ, 2014. – С. 85-90.

198. Сдвижкова Е.А. Исследование эффективности элементов крепления и охраны выемочных выработок в условиях шахты «Партизанская» ГП «Антрацит» / Е.А. Сдвижкова, А.В. Солодянкин, И.Н. Попович И.В., Дудка // Форум гірників-2014: Матеріали міжнародної конференції 1-4 жовтня 2014 р. Т. 2. Геомеханіка і геотехніка. – Дніпропетровськ: РВК НГУ. – 2014. – С. 97-103.

199. Попович И.Н. Обоснование параметров способа повышения устойчивости участковых выработок ОП «Шахта «Комсомольская» ГП «Антрацит» // 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. 71-74.

200. Попович И.Н. Обоснование параметров способа охраны выработок для повторного использования на ОП «Шахта «Комсомольская» ГП «Антрацит» / И.Н. Попович // Міжнародна науково-технічна конференція «Сталий розвиток промисловості та суспільства» 21 травня, 2015 р. Т. 1. – Криворізький національний університет: - 2015. – С. 20-21.

ПРИЛОЖЕНИЯ

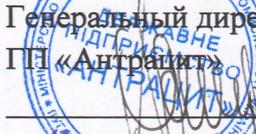
ПРИЛОЖЕНИЕ А**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВЫСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»****СОГЛАСОВАНО:**

Проректор по научной работе
Государственного ВУЗ «НГУ»
д-р техн. наук, проф.


А.С. Бешта
« 30 » _____ 2014 г.

**УТВЕРЖДАЮ:**

Генеральный директор
ПП «Антрацит»


П.С. Горобцов
« _____ » _____ 2014 г.

**РЕКОМЕНДАЦИИ**

**О ПЕРЕХОДЕ К БЕСЦЕЛИКОВОЙ СИСТЕМЕ РАЗРАБОТКИ НА
ШАХТАХ ГП «АНТРАЦИТ» С ОБОСНОВАНИЕМ ПАРАМЕТРОВ
СПОСОБА ОХРАНЫ И СИСТЕМ КРЕПИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ
ВЫРАБОТОК С ИХ ПОВТОРНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ**

Разработчики: Шашенко А.Н.
Солодянкин А.В.
Попович И.Н.
Дудка И.В.

Днепропетровск – 2014

ПРИЛОЖЕНИЕ Б



Міністерство
енергетики та вугільної промисловості України
Відокремлений підрозділ
«Шахта «Комсомольська»
Державного підприємства «Антрацит»
смт. Дубівське -1, м. Антрацит, Луганська область, Україна, 94637
Телефон: (06431) 3-03-41, факс: 3-43-79
E-mail: komsomolka2006@mail.ru
Розрахунковий рахунок № 26007301013442
В філії Луганського обл. управління АТ «Ощадбанк»
МФО 304665
Ідентифікаційний код за ЄДРПОУ 26403020

Министерство
энергетики и угольной промышленности Украины
Обособленное подразделение
«Шахта «Комсомольская»
Государственного предприятия «Антрацит»
пгт. Дубовский -1, г. Антрацит, Луганская область, Украина, 94637
Телефон: (06431) 3-03-41, факс: 3-43-79
E-mail: komsomolka2006@mail.ru
Расчетный счет № 26007301013442
В филиале Луганского обл. управления АО «Ощадбанк»
МФО 304665
Идентификационный код по ЕГРПОУ 26403020

.. 4.10. 2013г. № 52/925
На № _____ от _____

«УТВЕРЖДАЮ»
Генеральный директор
ГП «Антрацит»
П.С. Горбцов
_____ 2014 г.

СПРАВКА

об опытно-промышленной проверке разработок и использовании рекомендаций
диссертационной работы соискателя кафедры строительства, геотехники и геомеханики
Национального горного университета Поповича И.Н.
«Геомеханическое обоснование параметров рамно-анкерных систем крепи
подготовительных выработок при бесцеликовой системе разработки антрацитовых
пластов» в ГП «Антрацит» при отработке выемочного участка 32 восточной лавы пл. h₈
ОП «Шахта «Комсомольская»

С июля 2014 года отработка выемочного участка 32 восточной лавы пл. h₈ ОП «Шахта
«Комсомольская» ГП «Антрацит» осуществлялась с использованием разработок Поповича И.Н.,
которые послужили основой для расчета и составления паспорта на установку крепи сопряжения,
проведение и крепление 3 восточного конвейерного штрека пласта h₈.

В основу расчета положено обоснование параметров способа охраны и рамно-анкерных систем
крепи подготовительных выработок, что позволило сохранить работоспособность крепи и средств
усиления, значительно уменьшить объемы вывалов, перекреплений и пучения почвы, обеспечить
требуемую площадь поперечного сечения выработок и возможность их повторного использования.

При практическом использовании разработанных Поповичем И.Н. паспортов на установку
крепи сопряжения, проведение и крепление выработки были получены следующие результаты:

- остаточная площадь поперечного сечения выработок в среднем составляла не менее 9 м²;
- исключены случаи вывалообразований со стороны кровли и пучения пород почвы;
- исключены случаи перекреплений из-за значительных деформаций элементов крепи.

Рекомендации Поповича И.Н. способствовали повышению безопасности выполнения
выемочных работ за счет улучшения состояния подготовительных выработок.

Ожидаемый экономический эффект составит 574 грн. на 1 м выработки.

Справка дана для предоставления в ДАК Украины

Главный инженер
ОП «Шахта «Комсомольская»



В.В. Высоцкий

ПРИЛОЖЕНИЕ В
Локальные сметы

Шахта "Комсомольская" 9-я восточная лава
(наименование объекта строительства)

Локальная смета на строительные работы № 1

на капитальное крепление
(наименование работ и затрат)9-го конвейерного штрека (угольный целик)
(наименование здания, строения, сооружения, линейного объекта инженерно-транспортной инфраструктуры)

ОСНОВАНИЕ:

Сметная стоимость	1 727,964 тыс.грн.
Сметная трудоемкость	5,642 тыс.чел.ч.
Сметная заработная плата	471,118 тыс.грн.
Средний разряд работ	5,20 разряд

Составлена в текущих ценах по состоянию на 22.06.2015

№ п/п	Обозн. ваши (шифр нормы)	Наименование работ и затрат	Единица измерения	Количество	Стоимость единицы, грн.		Общая стоимость, грн.			Затраты труда рабо чел. не занятых обл. машин	
					Всего заработной платы	Экспл. машин в т.ч. ЗП	Всего	заработной платы	Экспл. машин в т.ч. ЗП	обслуж. машин	
										на ед.	всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	E35-38-25	Постоянные рамные стальные арочные податльные крепи из спецпрофиля в горизонтальных и наклонных выработках, с углом наклона до 13 град., коэффициент крепости пород 2-6, площадью сечения до 35м2	1т	46,65	16 868,33 3 300,60	12,43 5,77	786 908	153 973	580 269	32 2300 0,2038	1 503,53 9,51
2	E35-38-105	Затяжка металлической решетчатой сеткой в горизонтальных и наклонных выработках, с углом наклона до 13 град., место установки - кровля	100м2	7,9	13 195,83 8 257,83	4,54 2,14	104 247	65 237	36 17	88,5300 0,0760	699,39 0,60
3	E35-38-106	Затяжка металлической решетчатой сеткой в горизонтальных и наклонных выработках, с углом наклона до 13 град., место установки - стены	100м2	6,3	11 877,39	4,54	74 828	43 718	29	74,4200	468,85

4	E35-43-25	Постоянные крепы из металлических штанг в кровле, с частичным заполнением шпуров ПНВ, в горизонтальных и наклонных выработках с углом наклона до 13 град., коэффициент крепости пород 7-9, длина штанг 2,4м	100компл		6 939,39	2,14			13	0,0760	0,48
				9,0	42 342,84	934,88	381 086	122 693	8 414	149,8300	1 348,47
					13 632,53	166,09			1 495	4,8635	43,77
5	E35-43-25	Постоянные крепы из канатных анкеров в кровле, с частичным заполнением шпуров ПНВ, в горизонтальных и наклонных выработках с углом наклона до 13 град., коэффициент крепости пород 7-9, длина штанг 6,0м	100компл								
				1,5	89 707,52	2 300,00	134 561	50 953	3 450	370,3000	555,45
					33 968,69	397,94			597	11,5483	17,32
Итого прямые затраты по смете:							1 481 630	436 574	12 509		4 575,69
								2 391			71,68
Итого прямые затраты						грн.	1 481 630				
в том числе:							-				
стоимость материалов, изделий и конструкций						грн.	1 032 547				
всего заработная плата						грн.		438 965			
Общепроизводственные расходы						грн.	246 334				
трудоемкость в общепроизводственных расходах						чел-ч					994,54
заработная плата в общепроизводственных расходах						грн.		32 153			
ВСЕГО по смете						грн.	1 727 964				
Сметная трудоемкость						чел-ч					5 642
Сметная заработная плата						грн.		471 118			

Шахта "Комсомольская" 9-я восточная лава
(наименование объекта строительства)

Локальная смета на строительные работы № 2

на ремонт
(наименование работ и затрат)9-го конвейерного штрека (угольный целик)
(наименование здания, строения, сооружений, линейного объекта инженерно-транспортной инфраструктуры)

ОСНОВАНИЕ:

Сметная стоимость	792,573 тыс.грн.
Сметная трудоемкость	4,120 тыс.чел.ч.
Сметная заработная плата	327,162 тыс.грн.
Средний разряд работ	5,10 разряд

Составлена в текущих ценах по состоянию на 22.06.2015

№ п/п	Обосн. ванше (шифр нормы)	Наименование работ и затрат	Единица измерения	Количество	Стоимость единицы, грн.		Общая стоимость, грн.			Затраты труда рабо чел. не занятых обл. машин	
					Всего заработной платы	Экспл. машин в т.ч. ЗП	Всего	заработной платы	Экспл. машин в т.ч. ЗП	обслуж. машины	
										на ед.	всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	E35-96-70	Снятие арочной податливой 3-х звеньевой крепи [без снятия затяжек] в горизонтальных и наклонных выработках с углом наклона до 13 градусов, площадь сечения в проходке 14,1-16м2	1 т	18,66	<u>1 832,64</u> 1 487,80	<u>17,66</u> 8,14	34 197	27 762	<u>330</u> 152	<u>18,1000</u> 0,2866	<u>337,75</u> 5,35
2	E35-96-93	Снятие металлических решетчатых затяжек кровли в горизонтальных и наклонных выработках с углом наклона до 13 градусов	100 м2	3,16	<u>8 599,95</u> 8 596,08	<u>3,87</u> 1,79	27 176	27 164	<u>12</u> 6	<u>92,1500</u> 0,0632	<u>291,19</u> 0,20
3	E35-96-94	Снятие металлических решетчатых затяжек боков в горизонтальных и наклонных выработках с углом наклона до 13 градусов	100 м2	2,52	<u>7 226,39</u> 7 222,52	<u>3,87</u> 1,79	18 211	18 201	<u>10</u> 5	<u>77,4500</u> 0,0632	<u>195,17</u> 0,16

4	E35-38-25	Постоянные рамные стальные прочные податливые крепи из спецпрофиля в горизонтальных и наклонных выработках, с углом наклона до 13 град., коэффициент крепости пород 2-6, площадью сечения до 35м2	1т	18,66	<u>16 868,33</u> 3 300,60	<u>12,43</u> 5,77	314 763	61 589	<u>232</u> 108	<u>32 2300</u> 0,2038	<u>601,41</u> 3,80
5	E35-38-105	Затяжка металлической решетчатой сеткой в горизонтальных и наклонных выработках, с углом наклона до 13 град., место установки - кровля	100м2	3,16	<u>13 195,83</u> 8 257,83	<u>4,54</u> 2,14	41 699	26 095	<u>14</u> 7	<u>88,5300</u> 0,0760	<u>279,75</u> 0,24
6	E35-38-106	Затяжка металлической решетчатой сеткой в горизонтальных и наклонных выработках, с углом наклона до 13 град., место установки - стены	100м2	2,52	<u>11 877,39</u> 6 939,39	<u>4,54</u> 2,14	29 931	17 487	<u>11</u> 5	<u>74,4200</u> 0,0760	<u>187,54</u> 0,19
7	E35-15-264	Расширение горных выработок с подрывкой на почве отбойными молотками, коэффициент крепости пород 4-6	100м3	2,0	<u>76 757,31</u> 59 699,80	<u>11 675,53</u> 2 852,01	153 515	119 400	<u>23 351</u> 5 704	<u>667,3300</u> 77,9660	<u>1 334,66</u> 155,93
Итого прямые затраты по смете:							619 492	297 698	<u>23 960</u> 5 987		<u>3 227,47</u> 165,87
Итого прямые затраты						грн.	619 492				
в том числе:											
стоимость материалов, изделий и конструкций						грн.	297 834				
всего заработная плата						грн.		303 685			
Общепроизводственные расходы						грн.	173 081				
трудоёмкость в общепроизводственных расходах						чел-ч					726,18
заработная плата в общепроизводственных расходах						грн.		23 477			
ВСЕГО по смете						грн.	792 573				
Сметная трудоёмкость						чел-ч					4 120
Сметная заработная плата						грн.		327 162			

Шахта "Комсомольская" 9-я восточная лава
(наименование объекта строительства)

Локальная смета на строительные работы № 3

на капитальное крепление
(наименование работ и затрат)9-го конвейерного штрека (органная крепь и полоса и "ТЕКХАРД")
(наименование здания, строения, сооружений, линейного объекта инженерно-транспортной инфраструктуры)

ОСНОВАНИЕ:

Сметная стоимость	3 592,335 тыс.грн.
Сметная трудоемкость	8,361 тыс.чел.ч.
Сметная заработная плата	673,533 тыс.грн.
Средний разряд работ	5,10 разряд

Составлена в текущих ценах по состоянию на 22.06.2015

№ п/п	Обозн. ваще (шифр нормы)	Наименование работ и затрат	Единица измерения	Количество	Стоимость единицы, грн.		Общая стоимость, грн.			Затраты труда рабо чел. не занятых обл. машин	
					Всего заработной платы	Экспл. машин в т.ч. ЗП	Всего	заработной платы	Экспл. машин в т.ч. ЗП	обслуж. машин	
										на ед.	всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	E35-38-25	Постоянные рамные стальные арочные податльные крепи из спецпрофиля в горизонтальных и наклонных выработках, с углом наклона до 13 град., коэффициент крепости пород 2-6, площадью сечения до 35м2	1т	46,65	16 868,33 3 300,60	12,43 5,77	786 908	153 973	580 269	32 2300 0,2038	1 503,53 9,51
2	E35-38-105	Затяжка металлической решетчатой сеткой в горизонтальных и наклонных выработках, с углом наклона до 13 град., место установки - кровля	100м2	7,9	13 195,83 8 257,83	4,54 2,14	104 247	65 237	36 17	88,5300 0,0760	699,39 0,60
3	E35-38-106	Затяжка металлической решетчатой сеткой в горизонтальных и наклонных выработках, с углом наклона до 13 град., место установки - стены	100м2	6,3	11 877,39	4,54	74 828	43 718	29	74,4200	468,85

4	E35-43-25	Постоянные крепы из металлических штанг в кровле, с частичным заполнением шпуров ПНВ, в горизонтальных и наклонных выработках с углом наклона до 13 град., коэффициент крепости пород 7-9, длина штанг 2,4м	100компл		6 939,39	2,14			13	0,0760	0,48
				9,0	<u>42 342,84</u>	<u>934,88</u>	381 086	122 693	<u>8 414</u>	<u>149,8300</u>	<u>1 348,47</u>
					13 632,53	166,09			1 495	4,8635	43,77
5	E35-43-25	Постоянные крепы из канатных анкеров в кровле, с частичным заполнением шпуров ПНВ, в горизонтальных и наклонных выработках с углом наклона до 13 град., коэффициент крепости пород 7-9, длина штанг 6,0м	100компл								
				1,5	<u>89 707,52</u>	<u>2 300,00</u>	134 561	50 953	<u>3 450</u>	<u>370,3000</u>	<u>555,45</u>
					33 968,69	397,94			597	11,5483	17,32
6	E35-96-124	Возведение сборной полосы из "Техкарда" и закладочной лопе аруциую	100 м3	3,53	<u>473 103,75</u>	<u>1 507,50</u>	1 670 056	123 691	<u>5 321</u>	<u>375,0000</u>	<u>1 323,75</u>
					35 040,00	525,00			1 853	15,0000	52,95
7	E35-38-76	Установка двухрядной (10 ст./п.м.) органной крепи с дополнительными разделительными рядами (5 ст./п.м.)	100м3	0,3312	<u>258 225,62</u>	<u>1 240,39</u>	85 524	61 197	<u>411</u>	<u>2 587,7500</u>	<u>857,06</u>
					184 772,06	536,31			178	18,1408	6,01
Итого прямые затраты по смете:							3 237 210	621 462	<u>18 241</u>		<u>6 756,50</u>
									4 422		130,64
Итого прямые затраты						грн.	3 237 210				
в том числе:							-				
стоимость материалов, изделий и конструкций						грн.	2 597 507				
всего заработная плата						грн.		625 884			
Общепроизводственные расходы						грн.	355 125				
трудоёмкость в общепроизводственных расходах						чел-ч					1 473,85
заработная плата в общепроизводственных расходах						грн.		47 649			
ВСЕГО по смете						грн.	3 592 335				
Сметная трудоёмкость						чел-ч					8 361
Сметная заработная плата						грн.		673 533			

Шахта "Комсомольская" 9-я восточная лава
(наименование объекта строительства)

Локальная смета на строительные работы № 4

на ремонт
(наименование работ и затрат)9-го конвейерного штрека (органная крепь и "ТЕКХАРД")
(наименование здания, строения, сооружений, линейного объекта инженерно-транспортной инфраструктуры)

ОСНОВАНИЕ:

Сметная стоимость	1 031,091 тыс.грн.
Сметная трудоемкость	5,331 тыс.чел.ч.
Сметная заработная плата	415,562 тыс.грн.
Средний разряд работ	5,00 разряд

Составлена в текущих ценах по состоянию на 22.06.2015

№ п/п	Обозн. вкл. (шифр нормы)	Наименование работ и затрат	Единица измерения	Количество	Стоимость единицы, грн.		Общая стоимость, грн.			Затраты труда рабо. чел. не занятых обл. маши	
					Всего заработной платы	Экспл. машины в т.ч. ЗП	Всего	заработной платы	Экспл. машины в т.ч. ЗП	обслуж. машины	
										на ед.	всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	E35-96-70	Снятие арочной податливой 3-х звеньевой крепи [без снятия затяжек] в горизонтальных и наклонных выработках с углом наклона до 13 градусов, площадь сечения в проходке 14,1-16м2	1 т	18,66	<u>1 832,64</u> 1 487,80	<u>17,66</u> 8,14	34 197	27 762	<u>330</u> 152	<u>18,1000</u> 0,2866	<u>337,75</u> 5,35
2	E35-96-93	Снятие металлических решетчатых затяжек кровли в горизонтальных и наклонных выработках с углом наклона до 13 градусов	100 м2	3,16	<u>8 599,95</u> 8 596,08	<u>3,87</u> 1,79	27 176	27 164	<u>12</u> 6	<u>92,1500</u> 0,0632	<u>291,19</u> 0,20
3	E35-96-94	Снятие металлических решетчатых затяжек боков в горизонтальных и наклонных выработках с углом наклона до 13 градусов	100 м2	2,52	<u>7 226,39</u> 7 222,52	<u>3,87</u> 1,79	18 211	18 201	<u>10</u> 5	<u>77,4500</u> 0,0632	<u>195,17</u> 0,16

4	E35-103-3	Снятие постоянных рельсовых путей в горизонтальных и наклонных выработках с углом наклона до 13 градусов, расстояние между шпалами 0,7-0,8м, тип рельсов Р-33	1 км	0,1	<u>69 784,55</u> 67 955,72	<u>1 828,83</u> 852,01	6 978	6 796	<u>182</u> 85	<u>956,6400</u> 30,1520	<u>95,66</u> 3,02
5	E35-47-29	Укладка постоянных рельсовых путей шириной колеи 900мм на деревянных шпалах, тип рельсов Р-33, угол наклона выработки до 13 град.	1км	0,1	<u>1 070 286,5</u> 119 784,84	<u>1 850,22</u> 861,67	107 029	11 978	<u>185</u> 86	<u>1 509,4300</u> 30,4880	<u>150,94</u> 3,05
6	E35-38-25	Постоянные рамные стальные арочные податливые крепи из спецпрофиля в горизонтальных и наклонных выработках, с углом наклона до 13 град., коэффициент крепости пород 2-6, площадью сечения до 35м2	1т	18,66	<u>16 868,33</u> 3 300,60	<u>12,43</u> 5,77	314 763	61 589	<u>232</u> 108	<u>32,2300</u> 0,2038	<u>601,41</u> 3,80
7	E35-38-105	Затяжка металлической решетчатой сеткой в горизонтальных и наклонных выработках, с углом наклона до 13 град., место установки - кровля	100м2	3,16	<u>13 195,83</u> 8 257,83	<u>4,54</u> 2,14	41 699	26 095	<u>14</u> 7	<u>88,5300</u> 0,0760	<u>279,75</u> 0,24
8	E35-38-106	Затяжка металлической решетчатой сеткой в горизонтальных и наклонных выработках, с углом наклона до 13 град., место установки - стены	100м2	2,52	<u>11 877,39</u> 6 939,39	<u>4,54</u> 2,14	29 931	17 487	<u>11</u> 5	<u>74,4200</u> 0,0760	<u>187,54</u> 0,19
9	E35-15-264	Расширение горных выработок с подрывкой на почве отбойными молотками, коэффициент крепости пород 4-6	100м3	3,0	<u>76 757,31</u> 59 699,80	<u>11 675,53</u> 2 852,01	230 272	179 099	<u>35 027</u> 8 556	<u>667,3300</u> 77,9660	<u>2 001,99</u> 233,90
Итого прямые затраты по смете:							810 256	376 171	<u>36 003</u> 9 010		<u>4 141,40</u> 249,91
Итого прямые затраты						грн.	810 256				
в том числе:											
стоимость материалов, изделий и конструкций						грн.	398 082				
всего заработная плата						грн.		385 181			
Общепроизводственные расходы						грн.	220 835				
трудоёмкость в общепроизводственных расходах						чел-ч					939,74
заработная плата в общепроизводственных расходах						грн.		30 381			
ВСЕГО по смете						грн.	1 031 091				
Сметная трудоёмкость						чел-ч					5 331
Сметная заработная плата						грн.		415 562			

Шахта "Комсомольская" 9-я восточная лава
(наименование объекта строительства)

Локальная смета на строительные работы № 5

на капитальное крепление
(наименование работ и затрат)9-го конвейерного штрека (полоса из шпального бруса)
(наименование здания, строения, сооружения, линейного объекта инженерно-транспортной инфраструктуры)

ОСНОВАНИЕ:

Сметная стоимость	2 111,009 тыс.грн.
Сметная трудоемкость	8,135 тыс.чел.ч.
Сметная заработная плата	585,033 тыс.грн.
Средний разряд работ	4,80 разряд

Составлена в текущих ценах по состоянию на 22.06.2015

№ п/п	Обозн. ваши (шифр нормы)	Наименование работ и затрат	Единица измерения	Количество	Стоимость единицы, грн.		Общая стоимость, грн.			Затраты труда рабо чел. не занятых обл. машин	
					Всего заработной платы	Экспл. машин в т.ч. ЗП	Всего	заработной платы	Экспл. машин в т.ч. ЗП	обслуж. машин	
										на ед.	всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	E35-38-25	Постоянные рамные стальные арочные податльные крепи из спецпрофиля в горизонтальных и наклонных выработках, с углом наклона до 13 град., коэффициент крепости пород 2-6, площадью сечения до 35м2	1т	46,65	<u>16 868,33</u> 3 300,60	<u>12,43</u> 5,77	786 908	153 973	<u>580</u> 269	<u>32 2300</u> 0,2038	<u>1 503,53</u> 9,51
2	E35-38-105	Затяжка металлической решетчатой сеткой в горизонтальных и наклонных выработках, с углом наклона до 13 град., место установки - кровля	100м2	7,9	<u>13 195,83</u> 8 257,83	<u>4,54</u> 2,14	104 247	65 237	<u>36</u> 17	<u>88,5300</u> 0,0760	<u>699,39</u> 0,60
3	E35-38-106	Затяжка металлической решетчатой сеткой в горизонтальных и наклонных выработках, с углом наклона до 13 град., место установки - стены	100м2	6,3	<u>11 877,39</u>	<u>4,54</u>	74 828	43 718	<u>29</u>	<u>74,4200</u>	<u>468,85</u>

4	E35-43-25	Постоянные крени из металлических штанг в кровле, с частичным заполнением шпуров ПНВ, в горизонтальных и наклонных выработках с углом наклона до 13 град., коэффициент крепости пород 7-9, длина штанг 2,4м	100компл		6 939,39	2,14			13	0,0760	0,48
				9,0	<u>42 342,84</u>	<u>934,88</u>	381 086	122 693	<u>8 414</u>	<u>149,8300</u>	<u>1 348,47</u>
5	E35-43-25	Постоянные крени из канатных анкеров в кровле, с частичным заполнением шпуров ПНВ, в горизонтальных и наклонных выработках с углом наклона до 13 град., коэффициент крепости пород 7-9, длина штанг 6,0м	100компл		13 632,53	166,09			1 495	4,8635	43,77
				1,5	<u>89 707,52</u>	<u>2 300,00</u>	134 561	50 953	<u>3 450</u>	<u>370,3000</u>	<u>555,45</u>
					33 968,69	397,94			597	11,5483	17,32
6	E35-92-34	Устройство искусственной охранной полосы из шпального бруса всплошную	10м3		<u>17 838,61</u>	<u>35,03</u>	312 176	99 507	<u>613</u>	<u>117,0200</u>	<u>2 047,85</u>
				17,5	5 686,09	11,43			200	0,3318	5,81
Итого прямые затраты по смете:							1 793 806	536 081	<u>13 122</u>		<u>6 623,54</u>
									2 591		77,49
Итого прямые затраты						грн.	1 793 806				
в том числе:							-				
стоимость материалов, изделий и конструкций						грн.	1 244 603				
всего заработная плата						грн.		538 672			
Общепроизводственные расходы						грн.	317 203				
трудоёмкость в общепроизводственных расходах						чел-ч					1 434,02
заработная плата в общепроизводственных расходах						грн.		46 361			
ВСЕГО по смете						грн.	2 111 009				
Сметная трудоёмкость						чел-ч					8 135
Сметная заработная плата						грн.		585 033			

Шахта "Комсомольская" 9-я восточная лава
(наименование объекта строительства)

Локальная смета на строительные работы № 6

на ремонт
(наименование работ и затрат)9-го конвейерного штреха (полоса из шпального бруса)
(наименование здания, строения, сооружения, линейного объекта инженерно-транспортной инфраструктуры)

ОСНОВАНИЕ:

Сметная стоимость	792,573 тыс.грн.
Сметная трудоемкость	4,120 тыс.чел.ч.
Сметная заработная плата	327,162 тыс.грн.
Средний разряд работ	5,10 разряд

Составлена в текущих ценах по состоянию на 22.06.2015

№ п/п	Обозн. вкл. (шифр нормы)	Наименование работ и затрат	Единица измерения	Количество	Стоимость единицы, грн.		Общая стоимость, грн.			Затраты труда рабо. чел.ч. не занятых обл. машинами	
					Всего заработной платы	Экспл. машины в т.ч. ЗП	Всего	заработной платы	Экспл. машины в т.ч. ЗП	обслуж. машины	
										на ед.	всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	E35-96-70	Снятие арочной податливой 3-х звеньевой крепи [без снятия затяжек] в горизонтальных и наклонных выработках с углом наклона до 13 градусов, площадь сечения в проходке 14,1-16м2	1 т	18,66	<u>1 832,64</u> 1 487,80	<u>17,66</u> 8,14	34 197	27 762	<u>330</u> 152	<u>18,1000</u> 0,2866	<u>337,75</u> 5,35
2	E35-96-93	Снятие металлических решетчатых затяжек кровли в горизонтальных и наклонных выработках с углом наклона до 13 градусов	100 м2	3,16	<u>8 599,95</u> 8 596,08	<u>3,87</u> 1,79	27 176	27 164	<u>12</u> 6	<u>92,1500</u> 0,0632	<u>291,19</u> 0,20
3	E35-96-94	Снятие металлических решетчатых затяжек боков в горизонтальных и наклонных выработках с углом наклона до 13 градусов	100 м2	2,52	<u>7 226,39</u> 7 222,52	<u>3,87</u> 1,79	18 211	18 201	<u>10</u> 5	<u>77,4500</u> 0,0632	<u>195,17</u> 0,16

4	E35-38-25	Постоянные рамные стальные арочные податливые крепи из спецпрофиля в горизонтальных и наклонных выработках, с углом наклона до 13 град., коэффициент крепости пород 2-6, площадью сечения до 35м2	1т	18,66	<u>16 868,33</u> 3 300,60	<u>12,43</u> 5,77	314 763	61 589	<u>232</u> 108	<u>32 2300</u> 0,2038	<u>601,41</u> 3,80
5	E35-38-105	Затяжка металлической решетчатой сеткой в горизонтальных и наклонных выработках, с углом наклона до 13 град., место установки - кровля	100м2	3,16	<u>13 195,83</u> 8 257,83	<u>4,54</u> 2,14	41 699	26 095	<u>14</u> 7	<u>88,5300</u> 0,0760	<u>279,75</u> 0,24
6	E35-38-106	Затяжка металлической решетчатой сеткой в горизонтальных и наклонных выработках, с углом наклона до 13 град., место установки - стены	100м2	2,52	<u>11 877,39</u> 6 939,39	<u>4,54</u> 2,14	29 931	17 487	<u>11</u> 5	<u>74,4200</u> 0,0760	<u>187,54</u> 0,19
7	E35-15-264	Расширение горных выработок с подрывкой на почве отбойными молотками, коэффициент крепости пород 4-6	100м3	2,0	<u>76 757,31</u> 59 699,80	<u>11 675,53</u> 2 852,01	153 515	119 400	<u>23 351</u> 5 704	<u>667,3300</u> 77,9660	<u>1 334,66</u> 155,93
Итого прямые затраты по смете:							619 492	297 698	<u>23 960</u> 5 987		<u>3 227,47</u> 165,87
		Итого прямые затраты				грн.	619 492				
		в том числе:					-				
		стоимость материалов, изделий и конструкций				грн.	297 834				
		всего заработная плата				грн.		303 685			
		Общепроизводственные расходы				грн.	173 081				
		трудоемкость в общепроизводственных расходах				чел-ч					726,18
		заработная плата в общепроизводственных расходах				грн.		23 477			
		ВСЕГО по смете				грн.	792 573				
		Сметная трудоемкость				чел-ч					4 120
		Сметная заработная плата				грн.		327 162			