

Министерство образования и науки Республики Казахстан
Карагандинский государственный технический университет

УДК 622.267
МРНТИ 52.13.23

На правах рукописи

ХАЛИКОВА ЭЛЬВИРА РАВИЛОВНА

**Создание эффективной технологии проведения выработок на базе
аналитического моделирования геомеханических процессов**

Специальность 6D070700 – «Горное дело»

Диссертация на соискание степени
доктора философии (PhD)

Научный консультант: профессор
кафедры «Разработка месторождений
полезных ископаемых», д-р техн. наук,
Демин В.Ф.

Зарубежный научный консультант:
Директор института, Технический
Университет Фрайбергская горная
академия, Германия, Фрайберг
профессор К. Дребенштедт

Республика Казахстан
Караганда
2020 год

СОДЕРЖАНИЕ

Обозначения и сокращения.....	4
Введение.....	5
1 Современные представления о механизме деформирования и разрушения горных массивов при проведении и поддержании горных выработок.....	10
1.1 Анализ применяемых технологических схем проведения подготовительных работ.....	10
1.2 Анализ механизма проявления горного давления при проведении подготовительных выработок.....	14
1.3 Анализ влияния горно-геологических и горнотехнических факторов на параметры деформации горных пород.....	17
1.4 Анализ методов оценки прочности и устойчивости пород в массиве.....	19
1.5 Средства закрепления горных выработок с использованием химических смол.....	24
1.6 Технология применения синтетических смол в угольных шахтах.....	27
1.7 Методический подход к созданию технологических схем горно-подготовительных работ на базе управления свойствами приконтурного породного массива.....	30
2 Экспериментальные наблюдения за состоянием горных выработок.....	32
2.1 Производственный мониторинг за устойчивостью конвейерного бремсберга 40к ₇ -в шахты им. Костенко Карагандинского угольного бассейна.....	32
2.2 Экспериментальные наблюдение за устойчивостью конвейерного штрека 40к ₇ -в шахты им. Костенко Карагандинского угольного бассейна.....	36
2.3 Численное моделирование геомеханических процессов во вмещающем угле-породном массиве вокруг выработок.....	39
3 Исследование влияния параметров тектонических нарушений залегания угольного пласта на крепление горных выработок с анкерной крепью.....	44
3.1 Определение параметров нарушений.....	44
3.2 Определение параметров при технологических схемах пересечения геологических нарушений.....	49
3.3 Установление параметров установки опережающего крепления при пересечении тектонического нарушения забоем горной выработки.....	59
4 Создание эффективной конструкции систем многоцелевого заложения для крепления горных выработок в лавах с высокой сменной нагрузкой и в проходческих забоях с высокими темпами продвижения.....	64
4.1 Способ опережающего крепления пород кровли подземных горных	

выработок.....	64
4.2 Технологическая схема крепления комбинированной крепью конвейерного штрека 43бк ₁₂ -13 шахты им. Костенко.....	71
4.3 Технология закачки закрепляющих смол в неустойчивый горный массив.....	74
4.4 Технологические схемы превентивного воздействия на угле-породный массив для снижения дефектности контуров выработки.....	80
5 Реализация и опытно-промышленные испытания созданных технологических разработок.....	83
5.1 Проведение опытно-промышленных испытаний канатных и составных анкеров конструкции КарГТУ на шахта «Абайская» Карагандинского угольного бассейна.....	83
5.2 Выбор основных параметров технологии укрепления нарушенного массива химическим анкерованием.....	88
5.3 Рекомендации по применению технологий упрочнения пород кровли быстротвердеющими составами.....	89
5.4 Реализация технологических решений с применением фенольной двухкомпонентной вспенивающейся смолы «Блокфил».....	93
5.5 Ведение работ по химическому упрочнению горных выработок на угольных шахтах.....	97
5.6 Технико – экономическая оценка применения опережающего контурного ограждающего крепления при проведении подготовительной в зоне нарушения, неустойчивых вмещающих пород вокруг выработки и повышенного давления впереди ее забоя	100
Заключение.....	102
Список использованной литературы.....	106
ПРИЛОЖЕНИЕ А Акт опытно-промышленных испытаний канатных и составных анкеров шахты «Абайская» Карагандинского угольного бассейна	114
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Акт проведения опытно-промышленных испытаний полиуретановой двухкомпонентной смолы Блокпур на шахте «Казахстанская».....	117
ПРИЛОЖЕНИЕ В Акт о внедрении результатов научно-исследовательской работы в учебный процесс	118
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Протокол о намерениях внедрения в производство....	120

Обозначения и сокращения

Выработки горные - искусственные полости и пространства под землей, образующиеся при добыче угля и других полезных ископаемых, имеющие производственное, транспортное или вспомогательное назначение.

Крепь - сооружения для защиты горных выработок от обрушения и оползания окружающих пород.

Кровля и почва (пласта) - порода, залегающая над и под угольным пластом.

Шахта - угледобывающего предприятия с «закрытой» (подземной) добычей.

Подготовительный забой – предназначен для создания технологических полостей в горном массиве.

Геотехнология (подземная) - наука, изучающая способы и процессы освоения недр, создающая теоретические основы и инженерные решения эффективной, экономически и экологически целесообразной разработки месторождений, строительства и эксплуатации горнодобывающих и других подземных сооружений, а также промышленных зданий в разнообразных инженерно-геологических условиях.

Уголь - полезное ископаемое, вид топлива, образовавшийся как из частей древних растений, так и в значительной степени из битумных масс, излившихся на поверхность планеты, подвергшихся метаморфизму вследствие опускания на большие глубины под землю под высокими температурами и без доступа кислорода.

Месторождение – природное скопление полезного ископаемого в земной коре, разработка которого экономична при современном уровне развития производительных сил.

Полезное ископаемое - природное минеральное образование в земной коре неорганического и органического происхождения, которое может быть с достаточным экономическим эффектом использовано в сфере материального производства.

Пласт – геологическое тело, сложенное однородной осадочной породой, ограниченное двумя приблизительно параллельными поверхностями и занимающее значительную площадь.

Линия простираения - линия, образующаяся при пересечении поверхности (кровли или почвы) пласта с горизонтальной плоскостью.

Линией падения - линия, которая образуется на поверхности пласта при пересечении ее вертикальной плоскостью, перпендикулярной к линии простираения.

Простираение пласта (залежи) определяется азимутом направления линии простираения. Азимут - угол между плоскостью магнитного меридиана в заданной точке, лежащей в пределах месторождения, и вертикальной плоскостью, проходящей через данную точку и линию простираения.

Введение

Актуальность работы. Мировой опыт передовых угледобывающих стран (США, Австралия, Китай и др.) показывает, что эффективное и надежное крепление капитальных и подготовительных выработок может быть обеспечено при использовании сталеполимерных анкеров с несущей способностью не менее 100 - 130 кН. Мониторинг применения анкерной крепи на угольных шахтах показывает, что она в соответствии с существующими нормативными документами используется как основная, так и вспомогательная в комбинации с металлической рамной податливой крепью. Существующие методики определения параметров анкерной крепи базируются на закреплении выработок путем создания анкерного моста или «подвески» сравнительно слабых слоев к мощному прочной зоне устойчивых пород.

Задача эффективного крепления выработок на шахтах полностью не решена, что связано с тем, что применяемый в настоящее время способ поддержания выемочных выработок рамными металлическими арочными крепями со стойками усиления является весьма трудоемким и металлоемким, и при наличии в непосредственной кровле угольных пластов слоистых трещиноватых пород мощностью более 3 - 4 м, а в основной кровле – труднообрушаемых пород, не обеспечивается безремонтное состояние выработок в течение срока службы выработки.

Поэтому одним из актуальных направлений в угольной отрасли горнодобывающей промышленности является разработка технологии крепления выемочных выработок с учетом техногенного состояния приконтурного массива в зонах повышенных смещений из-за различного рода нарушений залегания вмещающих пород и изменения элементов залегания угольных пластов.

Цель диссертационной работы состоит в разработке технологических схем по упрочнению ослабленной зоны горных пород при пересечении геологического нарушения подготовительной выработкой (в т.ч., до входа и на выходе из него), обеспечивающих повышение устойчивости горных пород, окружающих выработку.

Для достижения поставленной цели в докторской диссертации решены следующие задачи:

- оценены горнотехнические условия применения технологических схем крепления выработок при горноподготовительных работах;
- проведены шахтные наблюдения по установлению дефектности подготовительных выработок в угольных шахтах, пройденных в зоне влияния геологических нарушений;
- установлены зависимости размеров зон разрушения и снижения прочности горных пород по периметру выработки от геолого-технологических параметров в окрестности контуров горных выработок;
- определены закономерности развития процессов деформаций в горных выработках, в т.ч. в ненарушенном и ослабленном нарушениями вмещающих породах;

- установлены закономерности и количественные показатели напряжений разрушения и смещения пород в кровле выработок для разработки способов их эффективного поддержания;
- сформированы системы и средства анкерного крепления при эксплуатации выработок с учетом геомеханического состояния приконтурного горного массива;
- изготовлены опытно-промышленные партии систем многоуровневого и разноцелевого упрочнения горного массива и произведен мониторинг внедряемых технологий крепления контуров выработок; внедрены результаты исследований по совершенствованию и реализации технологических схем проведения выработок;
- проведены промышленные эксперименты на шахте «Абайская» Карагандинского угольного бассейна по упрочнению пород кровли выработок;
- созданы прогрессивные способы крепления при проведении выработок в зонах геологических нарушений;
- разработаны технологические схемы эффективного поддержания при бесцеликовой технологии охраны горных выработок в нарушенном вмещающем массиве.

Идея работы заключается в обеспечении устойчивости контура горной выработки при пересечении зоны неустойчивых пород за счет стабилизации несущего слоя пород путем создания опережающего ограждающего контура из наклонно установленного с нахлестом анкерного крепления с системой из металлических стержней с винтообразной поверхностью, установленных в кровлю и бока выработки в пробуренные шпуры (или скважины) в определенном порядке - по плотности, углам расположения и длине, с химическим закреплением смолой.

Методология проведения работ. В работе использована комплексная методика исследований, включающая обобщение, оценку и анализ специализированной информации, содержащейся в производственной практике, литературных и патентных источниках; числовое моделирование; разработку технологических решений, направленных на решение поставленных задач; опытно-промышленные, экспериментальные шахтные исследования.

Основные научные положения, выносимые на защиту:

- предлагаемая система из металлических стержней с винтообразной поверхностью, установленных по законтурной схеме длиной 1,8–2,4 м с плотностью 0,8–1,2 анкер/м², закрепленных химическим способом в кровле и боках выработки, способствует созданию единой монолитной плиты, работающей как единая система «порода-крепь», и обеспечивает безремонтное поддержание подготовительных горных выработок;
- наклонно установленные инъекционные нагнетательные анкера длиной 2,0–2,5 м через 0,8–1,2 м, закрепленные с нагнетанием под давлением 0,6–1,0 МПа, сопровождающаяся при ослабленном массиве принудительным смолоинъектированием в массив с шагом установки 1,0 – 1,5 м, наряду с основным анкерным креплением, создает несущий слой пород, воспринимающий нагрузки от вышележащих деформированных пород кровли,

которые возникают в зоне нарушенных горных пород; несущая способность скрепленных пород зависит от величины коэффициента структурного ослабления массива (0,25 - 0,37—коэффициент снижения прочности вмещающих пород) и углах заложения наклонных стержней 55 - 85°;

- опережающее упрочнение ослабленной зоны несвязанных горных пород с заблаговременным опережающим контурным ограждающим креплением в зоне нарушения, неустойчивых вмещающих пород вокруг выработки позволяет повысить устойчивость горных пород при пересечении тектонических нарушений подготовительными выработками на расстоянии 10 м от входа, на выходе из нарушенной зоны и непосредственно в ней;

- полученные в результате геомеханического моделирования напряжения в массиве для различных условиях устойчивости пород кровли с оценкой степени нарушенности породного массива через модуль Юнга в диапазоне 7 (уголь) – 35 (песчанник) МПа и коэффициент Пуассона 0,2–0,23, близки по характеру и динамике изменения к обратно параболическому закону и благоприятны по напряжениям и технологии установки инъекционной анкерной крепи в нарушенной зоне в диапазоне от 60 до 70° от фронта оси проводимой выработки, устанавливаемой в кровле выработок, пройденных в геологически и техногенно нарушенных породах.

Основные научные результаты заключается в следующем:

- ограждающая анкерная крепь, установленная в неустойчивую непосредственную кровлю с наклоном 60 – 70° к оси забоя проводимой выработки с нахлестом 1,0–1,5 м для обеспечения смещений пород кровли до 150 мм, после установки основной анкерной крепи, создает несущий ограждающий слой закрепленных пород толщиной 1,7–2,0 м, воспринимающий нагрузки от вышележащих деформированных пород кровли, которые возникают в зоне нарушенных приконтурных пород;

- после формирования в окрестности выработки несущей породно-анкерной конструкции шириной 2,4 м, начинается расслоение пород за ее пределами на расстоянии действия неупругих деформаций до 3,6–4,0 м, при которой породно-анкерная система не только воспринимает нагрузку от разрыхления пород в зоне разрушения, но и сдерживает развитие разрушения в сторону выработки, а также препятствует смещению пород в пределах зоны неупругих деформаций, в направлении полости выработки, что создает в массиве породно-анкерную конструкцию ограждающе - удерживающей крепи выработки с перекрытием объемом зон действия установленных через 1,0–1,5 м инъекционных анкеров;

- разработаны технологические схемы установки разработанной крепи, обеспечивающей снижение затрат на поддержание выработок в нарушенном горном массиве, соизмеримом по амплитуде с вынимаемой мощностью пласта;

- результаты работы нашли применение при разработке паспортов крепления выработок проектными организациями и используются в учебном процессе, что отражено в акте и намерениях по внедрению в учебно-методические разработки по горному профилю.

Научная новизна работы заключается в том, что:

- сформировано прогрессивное технологическое решение, обеспечивающее при проходке горных выработок за счет установки анкеров вкрест предполагаемых линий разлома пород непосредственной кровли, «контурную жесткую» монолитную конструкцию (со смещениями до 150 мм), работающую при проведении выработки как единая система «порода-крепь»; причем при угле встречи не более 90° , повышенные напряжения характерны при входе в нарушенную зону, а при углах встречи более 90° , при выходе из геологического нарушения с зоной обработки, превышающей суточное подвигание проходческого забоя на выемочный цикл (закрепление наперед 1,0 м).

Научное значение работы состоит в установлении параметров и создании технологии крепления горных выработок в ослабленных массивах вмещающих пород на основе численных экспериментальных исследований деформаций горных пород вокруг контура выработок.

Практическая ценность работы состоит в возможности эффективного применения технологии упрочняющего крепления вокруг выработки, разработке технологических схем проведения выработок и крепления окружающих её неустойчивых пород.

Личный вклад диссертанта состоит в научном обосновании создания эффективной конструкции ограждающих систем для крепления в зонах с неустойчивыми (нарушенными) горными породами при горно-проходческих работах.

Практическое значение работы состоит в том, что горная выработка, проводимая по нарушенному пласту, крепится впереди забоя выработки контурными ограждающими инъекционными анкерами, устанавливаемыми в кровлю и бока выработки на входе, по всей длине зоны и на выходе из нарушения, что создает зоны усиленного крепления, и придаёт выработке необходимую устойчивость. Производится опережающее упрочнение ослабленной зоны горных пород при пересечении зоны тектонического нарушения подготовительной выработкой, для создания устойчивого слоя горных пород и анкерной крепи в пределах поддерживаемого контура.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются использованием апробированных аналитических и экспериментальных методов, представительным объемом данных, полученных в натурных условиях), хорошей сходимостью расчетных и фактических параметров работы анкерной крепи выработок.

Предмет исследований. Проводимые горные выработки в зонах, ослабленных геологическими нарушениями, и с отклонениями от элементов залегания (по мощности, строению угле-породного массива, углу падения и гипсометрии) угольных пластов на предприятиях горной промышленности.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в обосновании и определении на основе оценки напряженно-деформированного состояния вмещающего горного массива параметров формирования эффективного и малозатратного способа ограждающего контурного упрочнения при неустойчивых породах впереди забоя проводимой выработки.

Экономический эффект от превентивного двухуровневого крепления

впереди зоны опорного давления составляет: 5 527 200 тенге - 2 535 700 = 2 991 500 тенге в месяц или 35 898 000 тенге в год без учета потери добычи в очистном забое (если выработка проводится в неустойчивых породах).

Структура работы. Диссертация состоит из введения, 5-х разделов, заключения и содержит 121 страницу текста, 62 рисунка, 13 таблиц, список используемых источников из 101 наименования.

Реализация работы. Основные выводы и рекомендации, полученные в докторской диссертации, рекомендованы при проведении горных выработок на шахтах Карагандинского угольного бассейна в зонах с неустойчивыми вмещающими породами - в 1 монографии, в 7 научных статьях, в 8 тезисах научных конференций и 1 изобретении.

Апробация работы.

Основные положения работы докладывались и получили одобрение: на научном семинаре кафедры РМПИ КарГТУ в мае 2020г.; научно-техническом совете КарГТУ (июнь 2020 г.). Результаты научных исследований, полученных в диссертации, внедрены в учебный процесс по профильным дисциплинам специальностей бакалавриата 6В07202 и магистратуры 6М07202 «Горное дело».

Участие в НИР, грантовом финансировании в качестве исполнителя:

- НИР по теме: № АР05135535 «Разработка контурной технологии крепления выработок с управлением техногенным состоянием угле-породного горного массива вмещающих пород», грантовое финансирование научных исследований МОН РК на 2018-2020 гг.

- НИР по теме: «№ АР05135203 «Разработка интеллектуальных информационных систем для расчета технологических параметров процессов горного производства», грантовое финансирование научных исследований МОН РК на 2018-2020 гг.

- НИР и ОКР по теме: «Разработка и внедрение технологии, систем и средств активного крепления горных выработок с учетом напряженно-деформированного состояния массива приконтурных пород», программно-целевое финансирование научных исследований на 2018-2020 гг. с КазННТУ им. К. Сатпаева.

В рамках выполнения проектов по грантовому финансированию с КН МОН были получены Акт внедрения в учебный процесс и Протокол о намерениях внедрения в производство.

Докторант благодарит казахстанского и зарубежного научных консультантов за рекомендации и помощь проведение экспериментов и выполнении отдельных этапов диссертационной работы.

1 Современные представления о механизме деформирования и разрушения горных массивов при проведении и поддержании горных выработок

1.1 Анализ применяемых технологических схем проведения подготовительных работ

В настоящее время при подземной разработке полезных ископаемых при проходке и для крепления горных выработок применяются различные виды схем крепления.

Опасность подготовительных работ заключается в том, что наблюдается высокая вероятность обрушения горных пород. Устойчивость и характер обрушаемости определяется не общей мощностью пород, а мощностью обособленных слоев, на которые они расслаиваются [1]. Горные породы имеют природную и тектоническую трещиноватость, которая и влияет на их устойчивость.

Горно-геологические нарушения пластов подразделяются на две группы:

- разрывные (сброс, взброс, грабен, горст, надвиг);
- складчатые (флексуры, перегибы, утонения, вздутия, а также зоны замещения и размыва угольных пластов, повышенная трещиноватость).

Разрывные нарушения характеризуются признаками:

- смещение кровли или почвы пласта;
- появление в пласте клина породы;
- уменьшение мощностей пласта или внезапная смена угля породой;
- резкое изменение угла падения пласта;
- интенсивная трещиноватость и перемятость угля и пород, изменение прочностных характеристик;
- наличие трещин, заполненных перетёртым обломочным материалом;
- следы скольжения на стенках трещин;
- резкое увеличение водовыделения в выработку;
- увеличение газовыделения.

Складчатые нарушения характеризуются признаками:

- изменение мощности пласта (вздутие или утонение);
- изменение угла падения пласта и его перемещение в забое по высоте;
- трещиноватость;
- увеличение водовыделения в выработку.

В результате проходки горных выработок, которые могут вестись комбайновым или буровзрывным способами, возможно увеличение системы трещин, что повышает вероятность разрушения горных пород [1].

Поэтому для повышения безопасности горнопроходческих работ применяют различные виды временных крепей: деревянные, анкерные и другие.

На горнопроходческих предприятиях производится выбор рационального способа крепления и управления кровлей, который утверждается руководством

предприятия в специальном паспорте. В нем определены принятые для данной выработки безопасные способы управления кровлей и крепления, вид и конструкция крепи, последовательность выполнения технологических операций, объем работ, потребность в крепежных материалах.

В связи с увеличением потребности промышленности и ЖКХ в угле возникла необходимость в применении высокопроизводительных очистных комплексов, однако их добыча тормозится наличием сети подготовительных выработок. Это можно обеспечить за счет применения современных схем крепления горных выработок, которые уменьшают время на проходку одного погонного метра выработки.

По роду выработок крепь подразделяется на крепь капитальных, подготовительных и очистных выработок. По основному материалу крепь принято делить на металлическую, бетонную (каменную), железобетонную, деревянную и смешанную [2].

По конструктивному исполнению крепь может быть рамного типа, характеризуемого определенным расстоянием между рамами или арками по длине выработки, сплошной и анкерной. По периметру поперечного сечения крепь может иметь незамкнутый или замкнутый контур.

Если крепь служит только для поддержания выработки в безопасном и рабочем состоянии в течение небольшого промежутка времени до момента установки основного вида крепи, она относится к временной, а основная крепь – к постоянной.

Одной из перспективных схем крепления горных выработок является использование анкерных крепей.

Анкерная крепь нашла широкое распространение при проведении горных выработок, при охране горных выработок от обрушения горных пород, что способствует повышению устойчивости горному давлению.

Конструкция и параметры крепи должны соответствовать условиям применения и обеспечивать устойчивое состояние кровли и боков выработок в течение всего срока их службы.

Анкерная слоистых пород (штанговая, бесстоечная, болтовая) металлическая крепь применяется в капитальных, подготовительных и очистных выработках самостоятельно или в сочетании с рамной крепью, проволоочной сеткой или набрызгбетоном при наличии в непосредственной кровле вблизи контура выработки слоистых пород, пропласков слабых пород небольшой мощности, над которыми залегают монолитные или слаботрещинчатые крепкие породы.

Анкерная крепь не рекомендуется к применению в весьма слабых глинистых сланцах, сыпучих породах, зонах геологических нарушений, карстовых размывов и при обводненных глинистых породах.

По виду замка различают однозамковые, двухзамковые, многозамковые и беззамковые анкеры. По конструкции замки подразделяют на клиновые, клинощелевые, распорные и винтовые. Для закрепления анкеров в шпуре применяют механический, химический и взрывной способы.

Наибольшее распространение получили однозамковые клинощелевые анкеры с механическим закреплением. Их достоинствами являются простота в изготовлении, дешевизна и достаточная прочность. К недостатку относится необходимость соблюдения точных размеров (длины и диаметра) шпура и невозможность их повторного использования. Более совершенными являются распорные анкеры с механическим закреплением. Закрепление распорного анкера производится путем расширения специального распорного приспособления, поэтому диаметр анкера может быть значительно меньше диаметра шпура [2].

Широкое распространение имеют металлические анкеры с химическим способом закрепления при помощи цементного, цементно-песчаного или полимерного раствора. Преимуществами анкеров с химическим закреплением являются низкие затраты на их изготовление, прочное скрепление пород по всей длине шпура, нечувствительность к влиянию взрывных работ. К недостаткам анкеров такого типа относятся неспособность воспринимать нагрузку сразу же после их установки, сложность конструкции и многооперационность установки.

Целесообразность и параметры крепления горных выработок анкерной (штанговой), торкрет-бетонной или комбинированной крепью определяется исходя из оценки устойчивости выработок.

Штанговая крепь предназначена для повышения устойчивости пород. Эта крепь предотвращает вывалы горных пород, увеличивает сроки их устойчивого стояния и повышает безопасность горных работ.

Торкрет-бетонная крепь относится к типу упрочняющей и изолирующей крепи, предохраняет обнаженные горные породы от воздействия рудничной атмосферы и повышает устойчивость пород на контуре выработки. Торкрет-бетонная крепь относится к типу упрочняющей и изолирующей крепи, предохраняет обнаженные горные породы от воздействия рудничной атмосферы и повышает устойчивость пород на контуре выработки. Комбинированная крепь (торкрет-бетон, в сочетании со штангами) представляет конструкцию, где основным грузонесущим элементом являются горные породы, связанные между собой штангами в одно целое, а торкрет-бетон, предохраняя горные породы от выветривания, способствует сохранению постоянных параметров штанговой крепи.

Способ двухуровневого крепления кровли выработки, включающий установку в шпуры стальных анкеров на закрепляющих составах в зону трещинообразования и канатных анкеров на закрепляющих составах в плотные породы кровли при этом закрепляющие составы в шпурах с канатными анкерами распределяют по их длине с условием перекрытия зон, закрепляющих кровли стальными и канатными анкерами.

Задачей изобретения является повышения во времени несущей способности, и предотвращения преждевременного обрушения кровли выработки. На рисунке 1.1 представлена схема двухуровневого крепления кровли выработки, где указаны [3]: зоны 1 (упрочнение кровли сталеполимерными анкерами), 2 (упрочнение кровли канатными анкерами) и

упрочнения соединения зоны 1 (упрочнение кровли сталеполимерными анкерами) и 2 (упрочнение кровли канатными анкерами); 4 - канатные анкера; 5 - сталеполимерные анкера; 6- зона максимального упрочнения соединения зоны 1 и зоны 2.

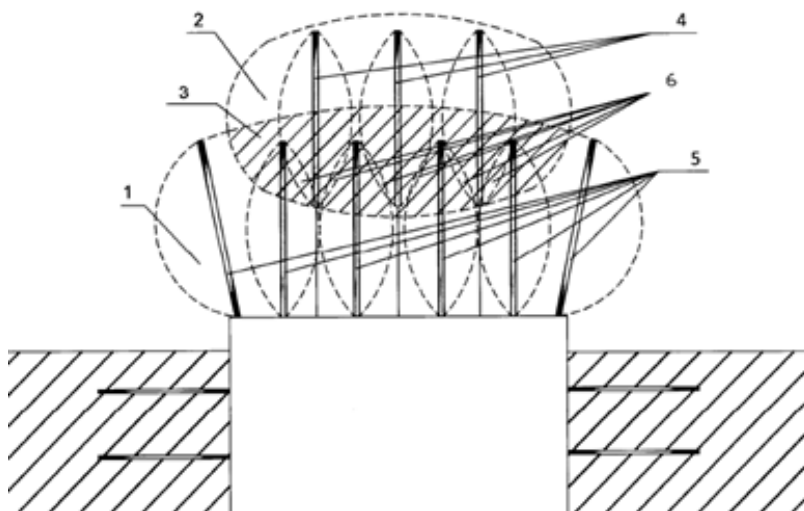


Рисунок 1.1- Схема двухуровневое крепление кровли выработки

Технический результат заключается в обеспечении устойчивости приконтурных слоев кровли выработки, исключение смещения и расслоения вмещающих пород, охранение устойчивого состояния выработки на весь период эксплуатации без дополнительных затрат на ремонтные работы за счет обеспечения совместной и эффективной работы двухуровневый анкерной крепи [3].

Анкероустановщик предназначен для бурения пород кровли и бортов выработки и установки анкерной крепи при проведении и ремонте горных выработок.

В мире существует множество типов таких машин, которые могут быть полностью автономные (дизель, компрессор, вода), так и на электрическом ходу с внешним подключением к источникам сжатого воздуха и воды. Представляют собой буровую установку на ходовой платформе с бурильной стрелой-манипулятором. После бурения шпура, буровая штанга меняется на установщик анкера, который в зависимости от вида анкера либо вкручивает его в шпур, либо забивает.

Время на крепление горных выработок можно уменьшить за счет применения различных видов оборудования. Одним из них является анкероустановщик, устанавливаемый на проходческом комбайне и предназначенный для бурения пород кровли и бортов выработки и установки анкерной крепи при проведении и ремонте горных выработок.

В настоящее время применяются различные технологические схемы крепления горных выработок как на рудниках, так и на угольных шахтах, различающихся трудоемкостью работ и областью их применения.

1.2 Анализ механизма проявления горного давления при проведении подготовительных выработок

Техногенное вмешательство в недра характеризуется вторичными напряжениями, возникающими в окрестностях выработок, скважинах, целиках и крепи. Распространенной формой проявления горного давления является деформирование пород с потерей ими устойчивости и возникновением динамических явлений [4].

Согласно классической гипотезе горное давление определяется весом столба пород до земной поверхности с основанием, равным пролёту выработки [4].

Деформации подразделяют на упругие, исчезающие после прекращения нагрузки, пластические, если после снятия нагрузки они не исчезают, и предельные, сопровождающиеся разрушением массива.

Для решения вопросов, связанных с устойчивостью, деформацией и разрушением пород в подземных выработках, необходимо иметь величины их механических свойств. Число и физический смысл показателей определяется тем, какой теорией предполагается пользоваться при расчёте или анализе механического состояния горных пород. Если вести расчёт методами теории упругости, то в этом случае достаточно иметь величины упругих констант.

Расчёт методами теории упругости позволяет получить решения в напряжениях и деформациях, т.е. получить во всех интересующих точках величины напряжений и деформаций.

Каждая точка горного массива вне зоны влияния горных работ находится в состоянии равновесия сил под действием напряжений, возникающих от силы тяжести или тектонических напряжений. Проведение выработки в массиве изменяет распределение напряжений и нарушает равновесие [4].

Под действием новых возникающих сил, породы по контуру выработки приходят в движение, изгибаются, разрушаются и, наконец, заполняют образованную полость. Разрушение бывает тем более полным и быстрым, чем менее эластична и более трещиновата порода. Таким образом, к породам можно применить законы сопротивления материалов. Однако эти законы верны для материалов с постоянными свойствами, тогда как в механике горных пород необходимо прибегать к различным допущениям с учётом характера исследуемого материала.

Порода однородна, если мельчайшие частицы, отделённые от неё, обладают теми же свойствами, что и массив.

Порода изотропна, если её упругие свойства одинаковы во всех направлениях, и анизотропна, если упругие свойства неодинаковы в разных направлениях. Теоретически все породы анизотропны, но на практике, если геометрические размеры образца породы достаточно велики по отношению к размерам кристаллов, породу можно рассматривать как изотропную. В противоположность этому, слоистость, вследствие сил, возникающих при породообразовании, определяет анизотропию пород [4].

Механические свойства породы определяются модулем продольной

упругости, или модулем Юнга, выражаемым в МПа (кг/см^2), и коэффициентом Пуассона (безразмерная величина), представляющим отношение поперечной деформации к продольной. Модуль Юнга - это отношение напряжения в породе к удлинению (смещению).

Модуль Юнга песчаника (средняя величина) $300 \times 10^{-3} \text{ кг/см}^2$, аргиллита $160 \times 10^{-3} \text{ кг/см}^2$.

На практике используют обратную величину коэффициента Пуассона, называемую числом Пуассона, которое для песчаника равно 8, алевролита 5, аргиллита 3.

Модуль упругости породы тем больше, чем мельче зёрна породы и, следовательно, чем меньше пористость. Величина модуля уменьшается с возрастанием содержания кварца (свободного кремнезёма), поэтому кристаллические породы менее упруги, чем известняковые. С увеличением влажности модуль упругости уменьшается, поэтому влажная порода более упруга, чем сухая [4].

В каждой точке массива состояние напряжений изменяется в зависимости от направления рассматриваемой плоскости, проходящей через эту точку. Состояние напряжений, относящихся к данной плоскости, определяется вектором, который можно разложить на два других вектора – нормальный и касательный по отношению к плоскости.

При образовании полости в горном массиве возникают сдвигения, продолжающиеся до разрушения породы. Это действие, вызываемое горным давлением, охватывает зону пониженных напряжений в породе. Понижение напряжений в массиве происходит в результате образования микротрещин, которые снимают напряжения на контуре выработки, разбивают породы на различные по величине блоки и дают возможность этим блокам несколько сдвигаться по отношению друг к другу. Эти сдвигения будут тем больше, чем больше первоначальная нагрузка (чем больше глубина) и чем меньше её сопротивление.

Развитие сдвижений можно задержать с помощью крепи, которая включается в комплекс несущих элементов и уменьшает напряжения в массиве. Зону пониженных напряжений можно устранить, если реакция крепи полностью заменит на поверхности выработки нормальные напряжения, существовавшие до её проведения [4].

Рассмотрим кровлю выработки, представленную породными слоями. До проведения выработки слои тесно примыкают один к другому, причём каждый из них выдерживает вес вышерасположенных слоёв. После проведения выработки можно избежать любого сдвижения пород, если приложить к кровле нижнего слоя напряжение величиной. Если же кровля остаётся обнаженной, то равновесие нарушается; нижний слой начинает прогибаться, увлекая за собой верхние слои. В этом движении нижний слой свободно прогибается, как прямая балка, заделанная по концам. Он прогибается больше, чем другие, так как на него действует нагрузка вышележащих слоёв, но поскольку прогиб нижнего слоя над точкой опоры бесконечно мал, этот участок может стать опорой для вышележащего слоя. Таким образом, точка начала прогиба вышележащего

слоя смещается по сравнению с точкой опоры нижнего слоя в сторону оси выработки. Вышележащий слой имеет меньший пролёт, а, следовательно, и меньший прогиб, поэтому он отделяется от нижележащего слоя. Это явление повторяется на каждом контакте слоёв, но с тенденцией усиления по мере удаления от обнажённой плоскости выработки. Каждый вышележащий слой прогибается меньше, чем нижележащий, стрела его прогиба меньше; в результате точки начала прогиба смещаются, и образуется разгружающий свод. Внутри разгружающего свода каждый слой выдерживает только свой вес, так как он отделён от соседних слоёв. Наиболее нагружен нижний слой, у которого наибольший пролёт. Если появляющееся вследствие этого напряжение слишком велико, в породе образуются трещины, и слой обрушается внутрь выработки.

Закрепить породы анкерами – значит увеличить их сцепление, что повышает устойчивость пород и сопротивляемость действующим усилиям. Может ли анкерная крепь восстановить начальное распределение напряжений? Если бы удалось полностью прекратить понижение напряжений, равновесное состояние массива было бы восстановлено. Трудно сравнивать работу анкерной и рамной крепи. Подпор двух точек сечения выработки при рамной крепи заставляет их оставаться на постоянном расстоянии друг от друга (по крайней мере в случае восстановления начальных напряжений). При анкерной крепи нормальные напряжения к поверхности выработки можно приложить при создании опоры в глубине массива и по всей длине анкера. При анкерном креплении необходимо достигнуть состояния равновесия самих пород, окружающих выработку. Добившись такого результата вблизи выработки, равновесие обязательно будет иметь место по всей длине анкера (глубине шпура), т.к. тангенсальные усилия уменьшаются по мере удаления от контура выработки. Имеет место предельного сопротивления пород [4].

Нормальные напряжения от клея штанги через опорные плитки передаются на кровлю и бока выработок. Напряжения изменяются по направлению от опорной плитки, где их можно считать равномерными и постоянными, к центру площади, ограниченной соседними анкерами. Практически нормальные напряжения между плитками равны нулю. Значит, при условии, когда анкера расположены достаточно близко друг к другу, вся порода оказывается напряжённой, но в разной степени. Напряжения уменьшаются по мере удаления от оси анкера; практически его нет между плитками, где трещинообразование остановить нельзя, что вызывает появление сводов обрушения. Желательно, чтобы напряжения во всех местах присутствовали, а для этого необходима установка между анкерами штрипсов и сетки.

Нормальное напряжение, передаваемое породам, действует только на глубину шпура, и чтобы анкерная крепь была эффективна нельзя допустить понижения напряжений выше сжатой (укреплённой) породы. Возникает вопрос о необходимости более длинных анкеров – гибких. Гибкие (канатные) анкера предотвратят трещинообразование в породах, вследствие чего возникнет самостабилизация вокруг зоны, закреплённой жёсткими (рабочими) анкерами.

Требуемый уровень технических характеристик материалов определяется с

учётом основного положения в анкерном креплении выработок – закрепить породы анкерами, значит увеличить величину сцепления между слоями пород, что повышает устойчивость и сопротивляемость массива действующим усилиям, а также остановить развитие понижения напряжений в породах, вызванных проходкой выработок и другими горнотехническими, геологическими факторами [4].

Следовательно, можно сделать вывод, что основными горно-геологическими факторами, влияющими на технологию проведения горных выработок, являются: глубина залегания угольного пласта, геологическое строение толщи пород, слагающих основную и непосредственную кровлю угольного пласта, состав пород почвы, обводненности участков, физико-механические свойства угля и вмещающих пород, мощность угольного пласта, характер гипсометрии почвы пласта и наличие геологических нарушений, угол наклона выработки, площадь сечения выработок, характер забоя (угольный, смешанный, породный), степень присечки и коэффициент крепости пород.

1.3 Анализ влияния горно-геологических и горнотехнических факторов на параметры деформации горных пород

Геодинамические явления, проявляющиеся в подземных горных выработках, имеют природную и горнотехническую основу.

К природным факторам относятся горное давление, гравитационные силы, газодинамические характеристики угольного пласта и вмещающих его пород, свойства полезного ископаемого [5].

К горнотехническим относятся параметры проведения выработки, основными из которых являются глубина разработки, длина выработки, скорость подвигания забоя.

Для эффективной разработки угольных месторождений необходимо прогнозирование техногенного воздействия на массив горных пород (вывалы, потеря устойчивости, газодинамические проявления), которые в первую очередь обусловлены нарушениями прочности горного массива вокруг горных выработок при их проведении.

Для этого необходимо проводить количественную оценку геомеханического состояния массива при ведении горных работ, на основании которой производится выбор рациональных технологических схем отработки угольного месторождения.

На основе метода граничных элементов создана объёмная модель, описывающая геомеханическое состояние (напряжённое, нарушенности, устойчивости) массива горных пород, вмещающего систему выработок, и разработан комплекс методов её компьютерной реализации и систематизированного проведения исследований модельных сред [6, 7]. Созданная модель универсальна, т.е. определяет непрерывное поле напряжений в окрестности выработок произвольного очертания, строит ЗНС, учитывая при этом любые системы поверхностей ослабления, произвольные характеристики

среды, а также опорное давление в области ведения горных работ, и на базе вычислительного эксперимента обеспечивает комплексное изучение различных модельных сред. Возможности модели были хорошо изучены в результате проведения широкомасштабных вычислительных экспериментов на модельных и физических средах в широком диапазоне варьирования их основных параметров (коэффициенты бокового давления и сцепления, угол внутреннего трения и углы падения и простираия поверхностей ослабления).

В геомеханике существует целый класс задач, в которых в силу достаточно сложной структуры массива никак не отражены и в расчётах не учитываются свойства его неоднородности. Это в первую очередь касается массивов осадочных горных пород, в которых наряду с коренными породами (аргиллиты, алевролиты, песчаники), слагающими этот массив, имеются угольные пласты, чьи свойства существенно отличаются от свойств коренных пород. Упомянутая выше модель может быть модернизирована и использована для анализа геомеханического состояния неоднородных, анизотропных по прочности массивов горных пород, вмещающих систему выработок.

Метод граничных элементов, основанный на численном решении системы интегральных уравнений, позволяет построить поле напряжений неоднородного массива. Применение критерия прочности Мора - Кузнецова обеспечивает полный анализ геомеханического состояния неоднородного анизотропного по прочности массива горных пород в окрестности выработки произвольного очертания [6,7].

В подземных условиях нагрузки, вследствие разнообразия свойств пород и горнотехнических факторов, изменяются от одной точки к другой.

Устойчивость горных выработок в значительной степени связана с развитием вокруг них зоны неупругих деформаций и, в первую очередь, зон трещинообразования и разрушения пород, которые существенно влияют на величину смещений пород, определяют их интенсивность, а, следовательно, и рост нагрузок на крепь. Поэтому установление взаимосвязи между смещениями пород на контуре сечения выработок и размерами зон разрушения и трещинообразования – один из важных вопросов решения проблемы устойчивости горных выработок.

С целью определения фактических размеров зон нарушения сплошности пород в окрестности горных выработок на шахтах Промышленного и Саранского участков, а также Шерубай - Нуринского и Тентекского районов Карагандинского угольного бассейна был проведен ряд экспериментальных исследований. Определение размеров зон нарушений сплошности пород в районе горных выработок производилось в полевых откаточных штреках и квершлагах, расположенных на глубинах от 200 до 670 м. Прочность пород на одноосное сжатие в исследуемых выработках, колебалась от 11,0 до 61,5 МПа. Трещиноватость массива в окрестности выработок, определяющая по существу размеры зоны разрушения пород, фиксировалась с помощью ультразвукового каротажа в специально пробуренных для этой цели скважинах глубиной от 6 до 15 м. Скважины бурились в кровлю, почву и боковые стенки горных выработок [7].

Каротаж осуществлялся с помощью ультразвуковой станции СБ-2 конструкции ВНИМИ, реагирующей на малейшие нарушения сплошности пород. Одновременно с определением размеров зон нарушения сплошности пород в исследуемых выработках производилось измерение смещений пород на контуре сечения выработок.

Результаты исследований позволили определить размеры зон трещинообразования, что подтверждено экспериментальными данными.

Состояние структуры пород, трещинноватость играет значительную роль в решении многих задач горного производства. Трещинноватость пород определяет прочность и устойчивость горных пород, тип и размеры крепи горных выработок и др. Применительно к проблеме разрушения горных пород характер и степень трещинноватости определяют энергетические показатели процесса.

Существующие теории прочности горных пород поясняют физику образования и развития трещин и, следовательно, разрушения горных пород на микроуровне. Практический интерес представляет прогноз разрушаемости пород на макроуровне М.А. Садовского, т. е. вопросы прочности породных массивов [8], которая основана на представлении участков земной коры как самоподобной вложенной иерархической структуры. Исследованиями [9] установлены фрактальные свойства трещинной структуры горных пород. Это дает основание также предположить, что с увеличением масштаба рассмотрения структурные свойства пород будут самоподобны, т. е. будут соответствовать модели М.А. Садовского.

В основе такой модели лежит блочное строение пород и массивов, что в последнее время подтверждает правомочность такого подхода. Так, Б.Б. Луганцевым [10] установлено, что фрактальные модели адекватно описывают реальный процесс образования и развития трещин в горных породах и могут служить основой методов прогнозирования устойчивости пород в выработке. Исследования свидетельствуют об инвариантности формы поверхности трещин в горных породах относительно масштаба рассмотрения (т. е. можно переносить результаты исследований трещин на микроуровне намезо- и макроуровень).

Таким образом, разработанные процедуры позволяют экспериментально определять неоднородность трещинной структуры горных пород и оценивать прочность (разрушающие напряжения) трещиноватой среды. Полученные результаты могут служить основой для проектирования оптимальных параметров буровзрывных работ при разработке горных пород.

1.4 Анализ методов оценки прочности и устойчивости пород в массиве

Известно, что влияние тектонических нарушений на устойчивость стволов и других капитальных выработок, оценивалось только с учетом первоначального поля напряжений. Практика показывает, что основными причинами нарушений

крепи выработок в процессе строительства и эксплуатации являются высокий уровень действующих напряжений в массиве горных пород, существующая анизотропия поля горизонтальных напряжений, вызванное образованием зоны обрушения.

В работе предлагается методика, позволяющая производить оценку стабильности тектонических нарушений в процессе строительства и эксплуатации месторождения. Методика рассматривает все существующие тектонические нарушения в пределах промплощадки шахты в динамике для выявления степени их стабильности на любом этапе отработки месторождения [11].

При проектировании капитальных выработок необходимо определить оптимальное место расположения капитальных выработок, которые должны характеризоваться стабильностью тектонических нарушений с учетом образующейся в процессе эксплуатации месторождения зоны обрушения. Таким местом расположения капитальных выработок является тектонический блок, оконтуренный нарушениями, по которым на любом этапе отработки месторождения существенные подвижки отсутствуют.

Для этого использовалась плоская модель расчета вторичных напряжений, вызванных образованием зоны обрушения, отображающих соответствующие горизонтальные сечения по горизонтам с зоной обрушения. С позиций теории упругости задача сводится к решению плоской задачи о распределении напряжений в бесконечной плоскости с эллиптическим или круговым отверстием [11].

Закономерности формирования вторичного поля напряжений, устанавливались на различных этапах разработки месторождений Казахстана. Выявлено, что параметры вторичного поля напряжений, зависят от соотношения главных нормальных напряжений, действующих до начала разработки месторождения. При высоком уровне анизотропии напряжений максимальный уровень вторичного поля на контуре выработанного пространства в 3–4 раза превышает максимальные напряжения, действующие в нетронutom массиве.

Параметры вторичного поля напряжений зависят от величины и особенности соотношения главных нормальных напряжений, действующих в нетронutom массиве, а также формы зоны обрушения. Поэтому на различных этапах отработки месторождения параметры вторичного поля напряжений могут быть различными.

В качестве основного критерия оценки устойчивости горных пород следует использовать безразмерный коэффициент η , переопределяемый из следующего соотношения:

$$\eta = \gamma H / R_m, \quad (1.1)$$

где γ – плотность породы или руды (угля), т/м³;

H – глубина заложения выработки, м;

R_m – прочность пород на сжатие в массиве, т/м^2 .

Расчеты безразмерного параметра η , позволили установить граничные значения состояния массива горных пород: весьма устойчивые, устойчивые, среднеустойчивые, неустойчивые.

Для окончательного прогноза устойчивости пород в выработках рекомендуется использовать многопараметровую геомеханическую классификацию. По этой классификации учету при оценке устойчивости подлежат: характеристика трещиноватости пород, обводненность, срок службы выработки и напряженное состояние массива горных пород [11].

Также предлагается классификация способов и средств поддержания горных выработок в процессе проходки и ведения очистных работ в зависимости от категории устойчивости массива горных пород рекомендуется.

Устойчивое состояние выработок зависит от совместного воздействия следующих факторов: глубины расположения выработки, прочности и структурных особенностей руд и вмещающих пород, мощности рудного тела и его угла падения, пролета подработки, расстояния до очистного пространства, принятой системы разработки, расположения и ориентировки выработки по отношению к фронту очистных работ, оставленным целикам и тектоническим нарушениям, степени воздействия взрывных работ, вида крепи и др.

Сложность геологических условий обуславливает необходимость мониторинга геомеханического состояния массива горных пород, подразумевающего обследование состояние массива непосредственно в процессе строительства транспортного тоннеля на предмет изучения геомеханических процессов, а также прогноза их активизации, оценки гидрогеологических условий, физико-механических, прочностных и деформационных свойств горных пород, наличия и количественной характеристики трещиноватости.

Оценка геомеханического состояния массива горных пород непосредственно в процессе строительства позволяет выявить возможное несоответствие данным изысканий и своевременно применять меры по внесению изменений в проектную документацию.

Крепость пород является одним из основных параметров массива горных пород, характеризующих его состояние и устойчивость, которая определяется по временному сопротивлению грунтов одноосному сжатию и выражается коэффициентом крепости по проф. Протодияконова [12].

В настоящее время лабораторные методы остаются основными способами определения прочностных свойств горных пород [13]. Однако в ряде случаев вследствие значительной погрешности и масштабного эффекта возникают недопустимые искажения результатов.

Под масштабным эффектом понимается тенденция увеличения деформируемости массива горных пород при уменьшении его прочности за счет увеличения линейных размеров исследуемой области проб [14]. Однако в ходе подготовки образцов для определения прочностных свойств горных пород на достоверность результатов влияет качество проб, полученных в процессе извлечения, транспортирования и подготовки проб горных пород к испытанию.

Перечисленные факторы обуславливают необходимость применения неразрушающих методов определения прочности массива горных пород без извлечения из него проб [15].

Разработка неразрушающих полевых экспресс-методов оценки прочностных характеристик горных пород непосредственно в массиве является одной из актуальных задач.

Оценку геомеханического состояния массива горных работ можно осуществлять на основе инженерно - геологического мониторинга. Неразрушающие полевые экспресс-методы оценки прочности горных пород широко применяются при необходимости получения оперативной информации о прочности массива.

Прогнозная оценка устойчивости выработок базируется в первую очередь на оценке устойчивости горных пород (руд), в которых они располагаются. Под устойчивым состоянием выработки следует понимать способность ее сохранять форму (сечение) и размеры, определяемые производственной необходимостью, в зависимости от устойчивости массива пород в данных горно-геологических и горно-технических условиях [15].

Для обеспечения необходимого количества и темпов производства работ специалисты ООО «ГЕО-проект» разработали методику экспресс-оценки прочностных свойств массива [16], основанную на применении современного оборудования, для неразрушающегося определения прочности материалов с использованием склерометра «молоток Шмидта» (Silver Schmidt, тип BN).

Значения, полученные в результате испытания горных пород при помощи склерометра, позволили определить, к какому интервалу показателей прочности относятся исследованные породы, и соотнести полученные данные с классификацией, разработанной в соответствии с рекомендациями ВСН-190-78.

Полученные показатели прочности горных пород, позволили охарактеризовать прочность горной породы в «куске» без учета масштабного эффекта. Значения прочности горных пород в «массиве» были получены путем дальнейшей статистической обработки данных лабораторных испытаний посредством применения поправочного коэффициента в соответствии с ВСН-126-90 [15].

Также в качестве метода прогноза удароопасности участков горного массива можно применять метод вдавливания с помощью прибора МГД (многоточечный гидравлический датчик), позволяющий решать ряд геомеханических задач [17].

Обработка результатов исследований позволили получить диаграммы вдавливания пуансона прибора в стенку шпура, позволяющее определить категорию удароопасности участка, получить распределения напряжений в зоне опорного давления краевой части выработанного пространства. Величина максимума опорного давления и расстояние до него указывают на степень напряженности участка массива и категорию удароопасности [17].

Полученные результаты определения физико-механических свойств и напряженного состояния пород при натурных исследованиях в массиве позволяют более достоверно учитывать особенности его геомеханического

состояния при проектировании конструктивных элементов систем разработки и устойчивости выработок.

Способ охраны выработок следует принимать в зависимости от устойчивости пород (руд) и напряженного состояния массива.

Устойчивость выработок характеризуется коэффициентом устойчивости K_y , который определяется по формуле [18]:

$$K_y = \frac{\sigma_n \times K_\sigma}{\sigma_{сж} \times K_{со} \times K_\sigma} \quad (1.2)$$

где σ_n - величина напряжений в нетронутом массиве по заданному направлению, МПа (рекомендуется принимать,

где $\sigma_n = \gamma \times H$; γ - объемный вес пород, МН/м³;

H - глубина расположения выработки, м;

K_σ - коэффициент концентрации напряжений на контуре выработки; в зависимости от формы сечения одиночной выработки коэффициент концентрации напряжений имеет следующие значения: арочная - 2,5; сводчатая - 3; прямоугольная (трапециевидная) - 3,5.

$\sigma_{сж}$ - прочность пород на сжатие, МПа;

$K_{со}$ - коэффициент структурного ослабления пород в массиве, принимается по таблице 1.1 [18].

Данный подход позволяет эффективнее учитывать возможные механизмы разрушения в подземных выработках, что очень важно для оценки устойчивости обнажений и выбора крепи.

Анализ применяемых методов оценки прочности и устойчивости пород в массиве показал, что в настоящее время существует много методов устойчивости горных пород, которые позволяют учитывать горно-геологические и горно-технические факторы, влияющие на прочность массива.

Таблица 1.1

Коэффициент структурного ослабления пород в массиве

Количественные характеристики трещиноватости пород	Выход керна, %	Коэффициент структурного ослабления Ксо	Показатели трещиноватости и блочности	
число трещин на м ² , шт.		расстояние между трещинами, см		
Слабо-трещиноватые	80	0,4÷0,5	0÷8	35
Средне-трещиноватые	45÷80	0,2÷0,4	8÷15	15÷35
Сильно-трещиноватые	30÷45	0,1÷0,2	15÷30	5÷15
Раздробленные	30	0,1	>30	<5

Коэффициенты устойчивости рекомендованы к применению при проектировании конструктивных элементов систем разработки и устойчивости выработок.

1.5 Средства закрепления горных выработок с использованием химических смол

Получившие в настоящее время наибольшее распространение сталеполимерные анкера имеют ряд преимуществ: высокую несущую способность (определяемую величиной разрывного усилия стержня); высокую механическую прочность смолы на сжатие (80 Н/мм), сдвиг (3,6 - 4,2 Н/мм) и изгиб (15 Н/мм); высокую адгезионную прочность смолы с породами и металлом, обеспечивающую даже в слабых неустойчивых породах формирование вокруг анкера «конуса сжатия»; эластичность ампул, позволяющую использовать их как в прямых, так и искривленных скважинных; малый объем и упаковка ампул, создающие удобство в транспортировании и обращении; значительный срок хранения ампул, обеспечивающий надежность в снабжении; возможность выбора ассортимента ампул с точным подбором времени схватывания для осуществления активного способа закрепления анкеров; заполнение всего кольцевого зазора между анкером и стенками скважины для обеспечения герметизации и предотвращения выветривания, коррозии металла, снижения нагрузки на опорные элементы и сдвиговых деформаций пород; возможность реализации двухуровневой схемы крепления контура в сложных условиях, обеспечивающей одновременно «сшивку» и «подвеску» слоев кровли. В процессе освоения сталеполимерных анкеров были опробованы два способа введения компонентов химических смол в шпур. Один из них - ампульный, характеризующийся введением в шпур двухкомпонентных ампул. Второй способ предусматривает нагнетание в шпур смолы специальными насосами [19].

Установлено, что из-за нерешенности вопроса подачи химических компонентов в шпур методом нагнетания, а также ввиду отсутствия эффективных способов герметизации устьев шпуров в настоящее время наиболее технологичным является ампульное заполнение шпура смолами. Однако с позиции упрочнения прилегающего контура пород вокруг стенок шпура за счет нагнетания смол под давлением, преимущество имеет нагнетательный способ.

Одним из основных элементов анкерной крепи с закреплением анкерного стержня патронированными или нагнетательными быстротвердеющими смесями, определяющим его несущую способность, является состав смеси, применяемый для закрепления анкерных стержней в шпурах. В горной промышленности применяются следующие виды составов для закрепления анкерных стержней:

- составы на основе органических вяжущих веществ, преимущественно синтетических смол;
- составы на минеральной основе.

Связующие композиции для анкеров разрабатывают в основном на низковязких синтетических термореактивных смолах—фурановых, фенол-формальдегидных, карбомидных, эпоксидных, полиуретановых, полиэфирных и других.

Эпоксидные смолы имеют высокие физико-механические свойства, хорошую адгезию к металлу и породам. Однако на процесс полимеризации при отверждении отрицательно влияет присутствие воды в реакционной смеси. Полученный при этом полимер характеризуется низкой прочностью. Широкого распространения эпоксидных связующих композиций не достигнуто из-за их высокой стоимости (3 - 4 раза дороже прочих смол) и дефицитности, а также из-за высокой начальной вязкости, хрупкости и их токсичности. Одним из основных недостатков эпоксидных композиций является также длительный срок твердения при низкотемпературных и отрицательных температурах [19].

Полиуретановые композиции при высокой прочности закрепления арматурных стержней, также дорогостоящие и дефицитные.

Более экономичные и менее дефицитные закрепляющие составы для сталеполимерных анкеров разработаны на основе композиций с фурановой и феноло-формальдегидной смолами. Эти составы после полного отверждения приобретают достаточную прочность, плотность и стойкость. Адгезия таких составов к стали и породам составляет 4 – 5 МПа. Но такие недостатки как использование кислых отверждающих агентов и высокая токсичность составов вследствие наличия в них свободного формальдегида и фенола, сдерживает их применение. Основным недостатком этих составов является их низкая эффективность во влажных условиях.

Карбамидные смолы имеют наименьшую, среди других видов синтетических смол, стоимость, но составы на их основе являются малопрочными и недолговечными [20].

Полиэфирные составы обеспечивают высокую прочность закрепления арматурных стержней. Однако, к их недостаткам относятся малая стойкость в обводненных породах, где отмечается снижение прочности закрепления анкеров во времени на 20 % и высокая токсичность. Процесс отверждения полиэфиров сопровождается значительной их усадкой до 16 %, что необходимо учитывать при расчете параметров анкерной крепи. Факторами, сдерживающими применение полиэфирных смол, являются высокая стоимость, дефицитность и токсичность.

Скорость полимеризации химического состава в шпуре зависит от нескольких факторов: тип химического состава, процентное содержание отвердителя, количество и размер ампул. Количество ампул в шпуре, их размер и технологические параметры определяются паспортом крепления. В таблице 1.2 представлена сравнительная характеристик закрепляющих ампул [20].

Таблица 1.2

Сравнительная характеристика ампул

№№ п/п	Наименование показателя	Значение показателя		
		ампула полимерная	ампула цементная	ампула силикатная
1.	Диаметр ампулы, мм	25	25	25
2.	Длина ампулы, мм	300-350	300-350	300-350

Продолжение таблицы 1.2

№№ п/п	Наименование показателя	Значение показателя		
		ампула полимерная	ампула цементная	ампула силикатная
1.	Диаметр ампулы, мм	25	25	25
2.	Длина ампулы, мм	300-350	300-350	300-350
3.	Состав компонентов в ампуле	Двухкомпонент- ные полиэфирные смолы	Однокомпонент- ная смесь на основе цемента	Двухкомпонент- ные неорганическая смесь
4.	Время заведения ампулы в шпур, с	15	15-25	15
5.	Время перемешивания, с	25	25	10-15
6.	Усилие перемешивания состава, Нм	160	160	160
7.	Время выдержки на схватывание, с	60-75	180-300	60
8.	Прочность закрепления анкерного стержня в шпуре с сухими породами, кН	> 100	> 100	> 100
9.	Масса, кг	0,26	0,3	0,3
10.	Срок годности, мес.	6	6	36
11.	Режим хранения, °С	До +18	до + 50	до + 50
12.	Токсичность	опасны	нетоксичны	нетоксичны
13.	Пожароопасность	опасны	неопасны	неопасны
14.	Наличие влаги в шпуре	снижает усилие закрепления анкерного стержня в шпуре, <100 кН	досылаются по одной и утрамбовываются анкером	не влияет на усилие закрепления
15.	Температурные условия применения, °С	+10÷25	0÷50	-10÷25
16.	Допустимая разница между диаметром шпура и диаметром анкера, мм	8	8	12

Крепление анкеров во всем мире наиболее широко производится связующими композициями на основе эпоксидных, полиэфирных смол и полиуретанов. Прочие виды смол в качестве основных композиций для крепления анкеров практического применения не получили. Но все применяемые связующие композиции на основе смол токсичны, дорогостоящи и дефицитны.

Добыча угля из очистных забоев шахт в условиях трещиноватых неустойчивых углепородных массивов сопряжена с опасностью травматизма горнорабочих. При обрушении пород кровли, отжиме и высыпания угля нарушается ритмичная работа забоев, снижается добыча, ухудшается качество

угля. Вынужденное применение механических способов предотвращения вывалообразований пород и удержания крепления подводящих выработок путем установки штанговых крепей, выкладки клетей и применения других мер требует дополнительных расходов материалов и связано с трудоемкими, сопряженными с опасностью травматизма горнорабочих работами [21].

Решение этой задачи значительно облегчается с применением технологий укрепления трещиноватых пород и углей твердеющими химическими составами, на основе полиуретановых, фенольных и органоминеральных смол. Способ упрочнения пород химическими составами заключается в нагнетании компонентов в трещиноватый массив. В результате нагнетания образуется вспененная отвержденная масса, а возникающий при этом распорный эффект, и высокая адгезия состава к породе и углю обеспечивает устойчивость массива. Пластичные свойства нагнетаемых смол препятствуют разрушению адгезионных связей при смещениях частей массива и приложенных к нему динамических нагрузок. По истечению 10-15 минут химический состав обретает рабочую прочность, при которой можно приступать к ведению подготовительных работ, а по истечению 1-3 часов (в зависимости от вида используемых смол) нагнетенный химический состав приобретает свои окончательные свойства и в зоне нагнетания можно производить выемку угля.

1.5 Технология применения синтетических смол в угольных шахтах

Технологии укрепления горных пород как направленного воздействия на горный массив, в результате которого улучшаются его прочностные и другие характеристики, уже многие годы известны и успешно используются как в горном деле во всем мире, так и на горных предприятиях.

Наиболее распространённым способом укрепления горных пород обычно является закрепление массива анкерной крепью, так называемое «сшивание» слоев горного массива между собой металлическими, железобетонными, сталеполимерными, полимербетонными и другими видами анкеров с одновременной цементацией, глинизацией, битумизацией горных пород и др.

В последние годы особой популярностью пользуется наиболее перспективный и современный способ укрепления горных пород и повышения устойчивости массива трещиноватых горных пород - смолоинъекционное укрепление [22-23].

Такой способ обеспечивает значительное повышение устойчивости таких горных пород, которые имеют собственную прочность хотя бы на молекулярном уровне - все крепкие трещиноватые, средней крепости и слабые, включающие пески, супеси и другие горные породы (рисунок 1.2).



в угольных шахтах (а) и закрепленный массив смолой (б)

Рисунок 1.2 – Применение синтетических смол для крепления забоя и упрочнения пород кровли

Таким образом, решение проблемы повышения устойчивости кровли в очистных забоях и примыкающим к ним выработкам является актуальным с применением технологии синтетических смол в угольных шахтах.

Ниже представлены средства и материалы для повышения прочностных свойств горного массива.

Нагнетательная трубка с функцией анкера - ИРМА.

Исключительной чертой трубки ИРМА является ее двойная функция: с одной стороны, с помощью трубки ИРМА можно, как и с помощью обычных нагнетательных трубок, нагнетать смолы и цемент в породу. С другой стороны, ИРМА выполняет функцию анкера, т.е. остается после процесса нагнетания в скважине и скрепляет породу. ИРМА – это разработка фирмы Минова КарбоТех ГмбХ, защищенная патентом. Применение ИРМА рекомендуется особенно в неустойчивых породных зонах, в которых наряду с чистой стабилизацией путем нагнетания необходимо также дополнительное армирование и анкерование рыхлой горной породы. С помощью трубки ИРМА можно быстро, надежно и надолго повысить прочность крепления [24].

Преимущества. Не оказывает влияния на прочность при сдвиге благодаря соединительным элементам герметизатора. ИРМА изготовлена из стальной неразрезной трубы, через резьбу которой удерживающее усилие может передаваться породе.

Успешное нагнетание гарантируется благодаря интегрированному герметизатору, который надежно закрывает скважину.

Порода может укрепляться по всей длине скважины, так как благодаря удлиняющей трубке выход смолы может все более смещаться на дно скважины.

Расход нагнетательного средства снижается из-за дополнительного влияния нагнетательной трубки ИРМА в качестве анкера.

На рисунке 1.3 представлена технология применения полиуретановой смолы Беведол – Беведан: а – виде покрытия; б – закрепления массива.



Рисунок 1.3 - Полиуретановая смола: Беведол – Беведан

Полиуретановая смола Беведол - Беведан состоит из двух жидких компонентов, которые в объемном соотношении 1:1 при помощи насоса подаются отдельно по шлангам, перемешиваются в смесителе и через анкерную систему и герметизатор нагнетаются в массив.

При контакте с водой реакция вспенивания полимерной смеси протекает со значительным увеличением объема полимерного состава.

Область применения смол Беведол – Беведан: упрочнение пород кровли в очистных и подготовительных забоях; упрочнение неустойчивых и нарушенных горных пород; тампонаж горного массива для уменьшения газопроницаемости; анкерование горных пород с упрочнением окружающего массива. На рисунке 1.4 представлен массив, закрепленный органо-минеральной смолой Геофлекс [24].

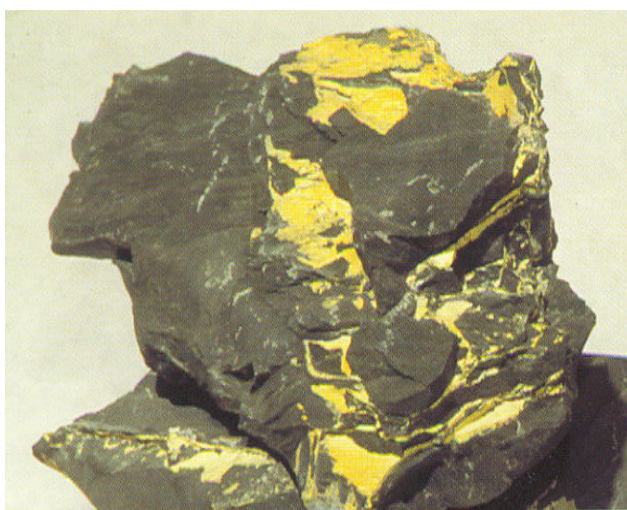


Рисунок 1.4 - Массив, закрепленный органо-минеральной смолой Геофлекс

Органо-минеральная смола Геофлекс состоит из двух жидких компонентов, которые в объемном соотношении 1:1 при помощи насоса подаются отдельно

по шлангам, перемешиваются в смесителе и через анкерную систему и герметизатор нагнетаются в упрочняемый массив. Реакция компонентов начинается в смесителе, а полное отверждение полимерной смеси происходит через 3-4 мин. после смешивания компонентов.

Область применения органоминеральной смолы Геофлекс: упрочнение нарушенных зон угольных пластов; предотвращение отжима угля в очистных и подготовительных забоях; тампонаж угольного массива для уменьшения газопроницаемости; анкерование горных пород с упрочнением окружающего массива.

1.6 Методический подход к созданию технологических схем горно-подготовительных работ на базе управления свойствами приконтурного породного массива

В настоящее время имеют место различные технологические схемы крепления горных выработок.

Основными горно-геологическими факторами, влияющими на технологию проведения горных выработок, являются: глубина залегания угольного пласта, геологическое строение толщи пород, слагающих основную и непосредственную кровлю угольного пласта, состав пород почвы, обводненности участков, физико-механические свойства угля и вмещающих пород, мощность угольного пласта, характер гипсометрии почвы пласта и наличие геологических нарушений, угол наклона выработки, площадь сечения выработок, характер забоя (угольный, смешанный, породный), степень присечки и коэффициент крепости пород[24].

Количественная оценка геомеханического состояния массива при ведении горных работ позволяет экспериментально определять неоднородность трещинной структуры горных пород и оценивать прочность (разрушающие напряжения) трещиноватой среды. Полученные результаты могут служить основой для проектирования оптимальных параметров буровзрывных работ при разработке горных пород.

Анализ применяемых методов оценки прочности и устойчивости пород в массиве показал, что в настоящее время существует много методов устойчивости горных пород, которые позволяют учитывать горно-геологические и горно-технические факторы, влияющие на прочность массива. Коэффициенты устойчивости рекомендованы к применению при проектировании конструктивных элементов систем разработки и устойчивости выработок.

Выбор технологических схем горно-подготовительных работ необходимо проводить с учетом устойчивости выработок при реальных горно-геологических и геомеханических условиях вмещающего массива, а также затраты при сравнении способа проходки горной выработки.

В связи с этим требуется разработать оптимальные технологические схемы, которые обеспечивали бы в конкретных горно-геологических условиях

наименьшие затраты на проведение выработки, оптимальную скорость проходки, безопасность труда и высокий уровень производительности труда проходчиков.

При выборе технологических схем горно-подготовительных работ необходимо учитывать устойчивость выработок при реальных горно-геологических и геомеханических условиях вмещающего массива, а также затраты при сравнении способа проходки горной выработки [25-26].

Используемые в настоящее время методики выбора технологических параметров проведения подготовительных горных выработок не полностью учитывают конкретные горно-геологические условия, их соответствие правилам безопасности и представляют типизированные технологические схемы, которые необходимо «подгонять» к реальным условиям.

В связи с этим необходимо разработать оптимальные технологические схемы, которые обеспечивали бы в конкретных горно-геологических условиях наименьшие затраты на проведение выработки, оптимальную скорость проходки, безопасность труда и высокий уровень производительности труда проходчиков.

2 Экспериментальные наблюдения за состоянием горных выработок

2.1 Производственный мониторинг за устойчивостью конвейерного бремсберга 40к7-в шахты им. Костенко Карагандинского угольного бассейна

На рисунке 2.1 представлена выкопировка из плана горных работ по пласту к₇ восточного крыла шахты им. Костенко Карагандинского угольного бассейна; на рисунке 2.2 – профиль проводимой выработки [27].

Конвейерный бремсберг 40к7-в проводится по пласту к₇ – рисунок 2.3, таблица 2.1. Общая мощность пласта к₇ составляет 1,9–2,0 м, а угол падения – 3–7°. Пласт опасен по газу и пыли, опасен по внезапным выбросам угля и газа, не склонен к самовозгоранию. Обводненность пласта до 2–3 м³/час, природная газоносность – 7 – 12 м³/т.

Породы кровли пласта представлены алевролитами мощностью 3,3 м. Крепость алевролитов составляет 3,4 по шкале проф. Протодяконова. Основная кровля средней устойчивости, сложена песчаником мощностью до 37м, с крепостью 5,4 – 5,5 по шкале проф. Протодяконова.

Породы почвы пласта к₇ состоят из аргиллитов мощностью 0,55 м, алевролитов мощностью 1,5 м, песчаников мощностью до 6м. Крепость аргиллитов равна 2,5, алевролитов – 3–4, песчаника – 5–5,5 по шкале проф. Протодяконова.

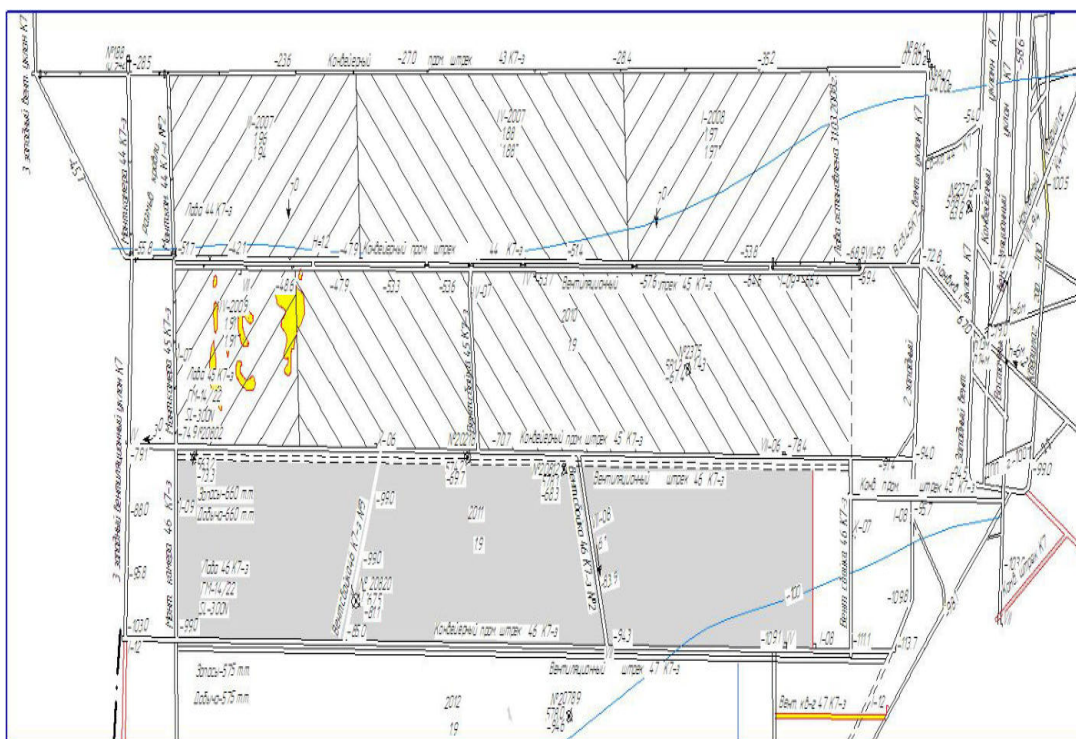


Рисунок 2.1 – Выкопировка из плана горных работ по пласту к₇ восточного крыла шахты им. Костенко Карагандинского угольного бассейна

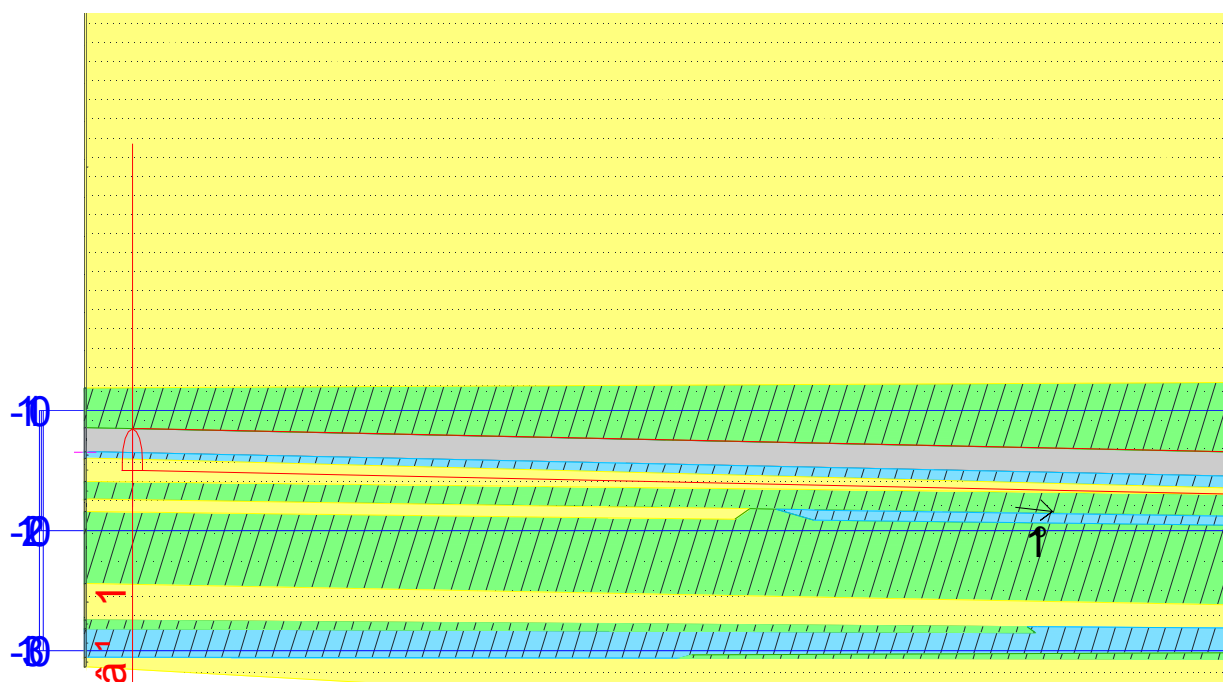


Рисунок 2.2 – Профиль конвейерного бремсберга 40к₇-в

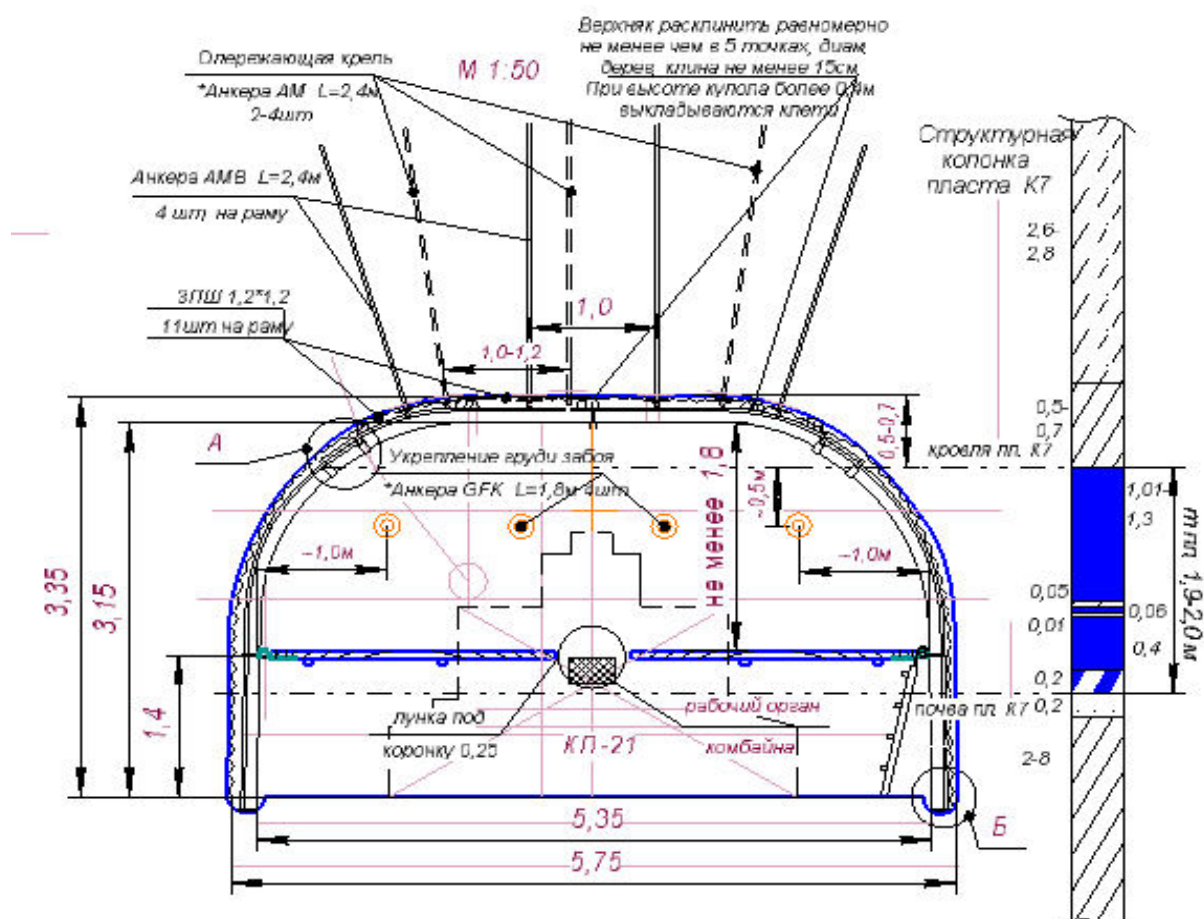


Рисунок 2.3 – Продольный профиль поперечного сечения при креплении конвейерного бремсберга 40к₇-в шахты им. Костенко Карагандинского угольного бассейна

На рисунке 2.4 показан общий вид закрепленной кровли с комбинированным креплением для конвейерного бремсберга 40к₇-в.



а, б – соответственно в ненарушенной и нарушенной зонах

Рисунок 2.4 – Состояние кровли с комбинированным креплением для конвейерного бремсберга 40к₇-в шахты им. Костенко Карагандинского угольного бассейна

При ведении горных работ были пересечены ряд опасных зон, характеристика которых приведена в таблице 2.2.

Таблица 2.1

Характеристика конвейерного бремсберга 40к₇-в

Наименование выработки	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Площадь сечения, м ²	Тип крепления	Тип затяжки
Конвейерный бремсберг 40к ₇ -в	120	5,15/4,75	3,65/3,34	15,3/13,7	МАК 2р/пог.м и анкера	ММ

Таблица 2.2

Опасные факторы при проведении конвейерного бремсберга 40к₇ - в

Наименование выработки	Опасные факторы	Привязка	Возможные влияния
Конвейерный бремсберг 40к ₇ -в	Опасная зона от геологоразведочной скважины №2376а	ПК3-ПК12	Возможно разовое увеличение притока воды, местное ослабление горных пород.
	Встреча мелкоамплитудных разрывных геологических нарушений	ПК15-ПК18	Возможно образование куполов, обрушение пород кровли и боков, усиление давления на крепь.

В процессе наблюдения устойчивости конвейерного бремсберга 40к₇-в сняты показатели реперных станций, указанные в таблице 2.3.

Таблица 2.3

Устойчивость контуров конвейерного бремсберга 40к₇-в

Ширина выработки по почве, мм			Высота выработки, мм			Площадь поперечного сечения, м ²		
В проходке	В свету		В проходке	В свету		В проходке	В свету	
	До осадки	После осадки		До осадки	После осадки		До осадки	После осадки
5750	5350	5200	3350	3150	3000	17,6	15,0	13,7

Динамика изменения высоты выработки показана на рисунке 2.5, а деформаций слоев кровли – на рисунке 2.6 [28].

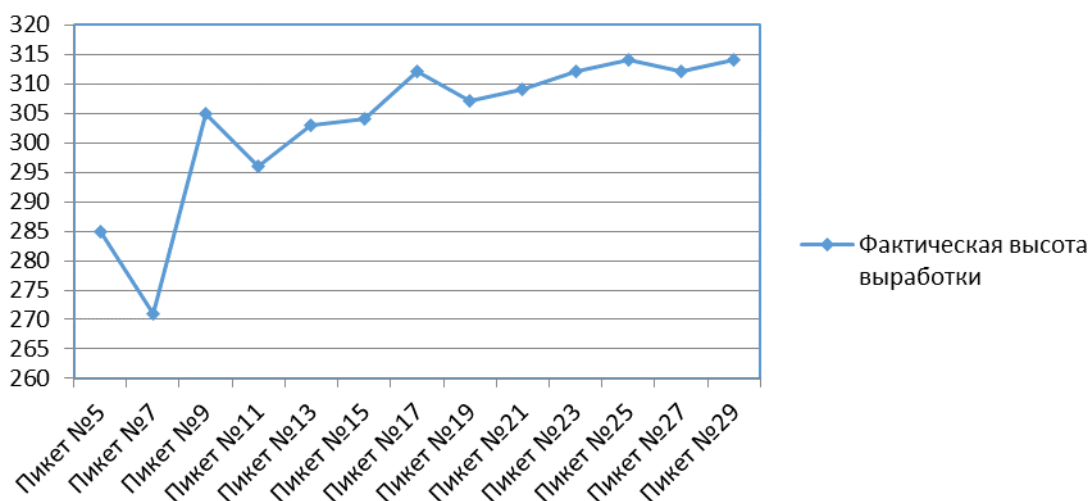


Рисунок 2.5 – Изменение высоты выработки

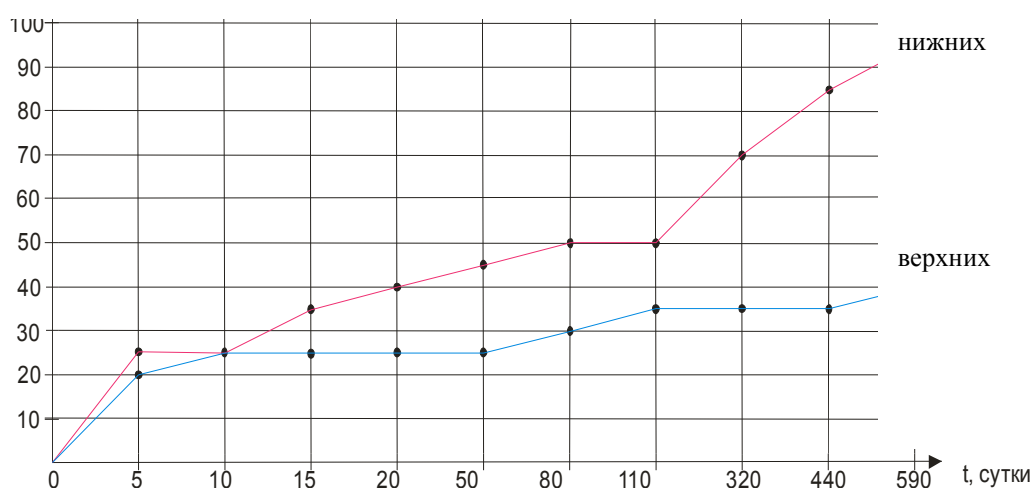


Рисунок 2.6 – Динамика деформаций слоев кровли (верхних и нижних) конвейерного бремсберга 40к₇-в шахты им. Костенко Карагандинского угольного бассейна

2.2 Экспериментальное наблюдение за устойчивостью конвейерного штрека 40к7-в шахты им. Костенко Карагандинского угольного бассейна

[illegible]

36



Рисунок 2.8 – Состояние закрепленных пород кровли конвейерного штрека 40к₇-в шахты им. Костенко

Таблица 2.4

Техническая характеристики выработки - конвейерный штрек 40к₇-в

Наименование выработки	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Площадь сечения, м ²	Тип крепления	Тип затяжки
Конвейерный штрек 40к ₇ -в	680	5,75/5,35	3,35/3,15	17,6/15	МАК 0,75 +анк-6шт м/у рам	ММ

При ведении горных работ пересечены ряд опасных зон (таблица 2.5).

Таблица 2.5

Опасные факторы при проведении конвейерного штрека 40к₇-в

Наименование выработки	Опасные факторы	Привязка	Возможные влияния
Конвейерный штрек 40к ₇ -в	Встреча мелкоамплитудных разрывных геологических нарушений	ПК55-ПК59	Возможно образование куполов, обрушение пород кровли и боков, усиление давления на крепь.
	Зона повышенного горного давления от пласта К ₁₀	ПК0-ПК68	Возможно образование куполов, обрушение пород кровли и боков, усиление давления на крепь

Шахтные наблюдения показали, что конвергенция имеет место в период поддержания выработки. На рисунке 2.9 показана динамика изменения ширины выработки: левого и правого боков на пикете ПКЗ. Интенсивные смещения были отмечены в первые четыре месяца поддержания, а в последующие месяцы наблюдалось снижения интенсивности смещений [30-31].

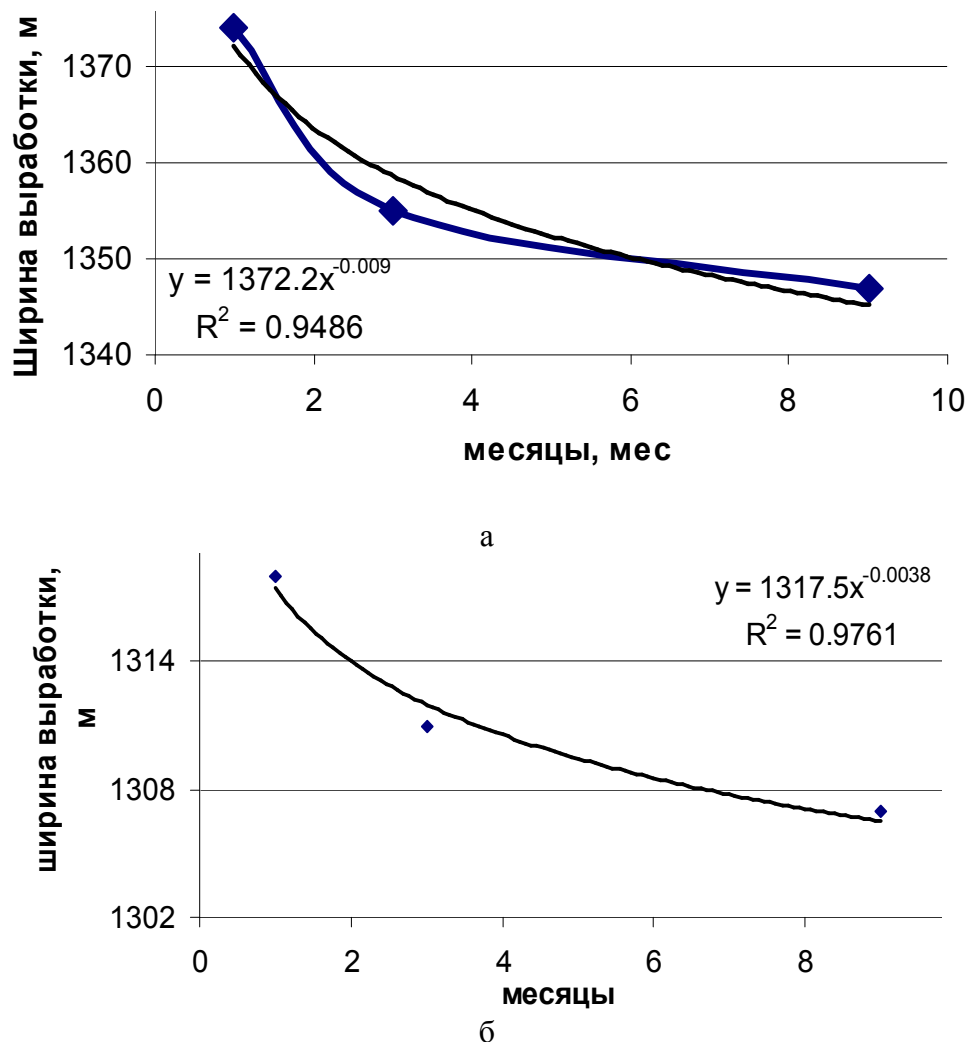


Рисунок 2.9 – Динамика уменьшения ширины выработки с правого бока (а) и с левого бока (б) конвейерного штрека 40к₇-в шахты им. Костенко Карагандинского угольного бассейна

Анкера сразу же после установки несут нагрузку, равную предварительному натяжению стержня. Это обеспечивает целостность окружающих пород и снижает вероятность образования расслоений. Поэтому большое значение для поддержания кровли имеет установка предварительно напряженных анкеров.

При проведении мониторинга установлено, что при установке анкеров не докладывают полимерные ампулы, анкерный стержень устанавливают на две ампулы длиной 0,6 м. Согласно паспорту проведения и крепления, в пробуренный шпур длиной 2300 мм должны устанавливаться две замедленные ампулы длиной 600 мм и одна ускоренная ампула длиной 300 мм; анкерный стержень не устанавливают на проектную глубину, а доталкивается

анкероустановщиком без вращения, с образованием «эффекта перчатки» в замковой части анкера, что ведет к снижению несущей способности анкера, и как следствие некачественное упрочнение массива горных пород; после установки анкера в шпур не выдерживается время до отверждения скрепляющего состава, а периодически проворачивают анкерный стержень каждые 5 - 10 с до срыва шплинта для перемешивания химических ампул АМК; отмечено вытекание из шпура скрепляющего состава ампул.

Шахтные производственные наблюдения за динамикой смещений вмещающих пород и устойчивостью контуров выработок, проведенные в конвейерном бремсберге 40к₇-в и конвейерном штреке 40к₇-в шахты им. Костенко Карагандинского угольного бассейна показали, что величина смещений пород кровли зависит от мощности слабых пород, залегающих в непосредственной и основной кровле. В зонах, ослабленных (нарушенных) пород) при встрече мелкоамплитудных разрывных геологических нарушений и зоне повышенного горного давления от пласта κ_{10} происходит уход груди забоя, вывалы пород из кровли и рост смещений пород в 2 – 3 раза – рисунок 2.10 [32-33].

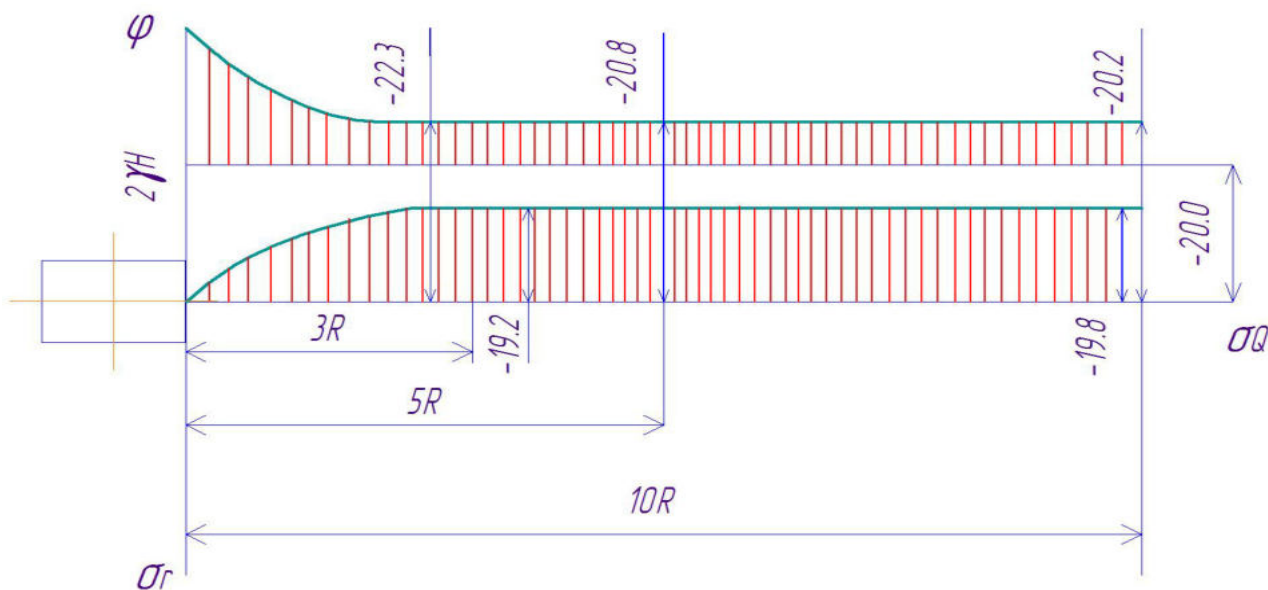


Рисунок 2.10 - Зоны повышенного горного давления при наличии нарушений, пересекаемых выработкой

2.3 Численное моделирование геомеханических процессов во вмещающем угле-породном массиве вокруг выработок

При бесцеликовой технологии и рамном сооружении выработок возникают неразрешимые проблемы безопасности и трудоемкости работ в зонах сопряжения подготовительных выработок с длинными, в том числе высокопроизводительными, очистными забоями. При этом первичное сечение

выработок, примыкающих к очистным забоям, не превышает 14,4 - 16,7 м², а вторичное сечение – 9 - 10 м². Это создает проблемы не только газодинамических явлений, систем проветривания и слоевых скоплений метана в трудно проветриваемых зонах выработок, но также затрудняет размещение современного крупногабаритного оборудования большой единичной мощности, его передислокацию, ухудшает условия для перемещения людей и организации их доставки, транспортировки материалов, что создает ситуацию постоянной повышенной опасности [34 - 35].

В случаях, когда уровень действующих напряжений вокруг выработок недостаточен для разрушения самих структурных блоков, из которых сложен массив, происходит разрушение пород в форме сдвига и отрыва по поверхностям естественных трещин или других структурных неоднородностей [36]. Если же породы в приконтурной области массива склонны к проявлению вязких свойств, в частности ползучести, то в выработках наблюдаются специфические типы проявлений горного давления - сближение (конвергенция) стенок выработок или почвы и кровли или пучение пород [36].

Исследование особенностей деформирования породного массива, вокруг подготовительных выработок с различными видами крепления при заданных, глубине ведения работ, углах падения и мощности пласта, структуре и прочностных свойствах вмещающих пород и др., позволит обосновать параметры крепления и определить рациональную область ее использования, для повышения устойчивости и снижения дефектности поддерживаемых выработок.

При этом наиболее перспективным является математическое моделирование с использованием ПЭВМ. В представленных исследованиях аналитическое моделирование выполняется с применением численного метода конечных разностей с использованием программы FLAC 7.0 (Version 7.0—demo-версия) со сравнением с полученными экспериментальными данными замеров деформаций в шахтных условиях.

Смещения боков выработки складываются из следующих составляющих изменения объема пород в боках выработки: за счет изменения объема конвергенции почвы и кровли в зоне, где действующие напряжения меньше природных; обусловленной разрыхлением пород в зоне неупругих деформаций.

В качестве исходных данных для прогнозирования смещений используются следующие показатели: глубина разработки, м; объемный вес пород, кН/м³; геологический разрез проводимой выработки с параметрами мощности слоев и физико-механических свойствами соответствующего слоя (прочности на сжатие и растяжение, коэффициент сцепления и т.д.) угла наклона слоев пород, град; формы поперечного сечения выработки и ее геометрических размеров.

С целью анализа напряженно-деформированного состояния массива, прилегающего к горной выработке, было проведено цифровое моделирование состояния устойчивости контуров и геомеханических процессов во вмещающем угле-породном массиве вокруг конвейерного бремсберга 40к7-в (комбинированная крепь: металлоарка с анкерами) шахты им. Костенко—рисунок 2.11 [37-38].

По результатам моделирования в кровле конвейерного бремсберга 40к₇-в (с арочной формой поперечного сечения) шахты им. Костенко образуется свод из неустойчивых пород высотой 2,27 м, в почве соответственно – 4,39 м, в левом боку – 1,42 м, в правом – 1,65 м.

Ожидаемая максимальная нагрузка от веса пород заключенных в условной зоне неупругих деформаций составит [39]:

$$P_{\text{макс}} = m \cdot \gamma \cdot B = 2,3 \cdot 25 \cdot 5,15 = 296 \text{ кН/м} \quad (2.1)$$

где m —мощность пород, заключенных в условной зоне неупругих деформаций, м;

γ —объемный вес пород, кН/м³;

B —ширина выработки, м.

Плотность установки рам металлической крепи составляет

$$n = \frac{P_{\text{макс}}}{N} = \frac{296}{290} = 1,02 \text{ рам/м} \quad (2.2)$$

где $N=290$ – сопротивление крепи КМП-А3 с планкой ЗПК.

Плотность рам, в рассматриваемой зоне - не менее 1,33 рамы/пог. м; с учетом влияние закреплением анкерной крепью принимается плотность установки МРК равная рам/пог.м.

Также с целью анализа напряженно-деформированного состояния массива, прилегающего к выработке было проведено цифровое моделирование геомеханических процессов во вмещающем угле-породном массиве вокруг конвейерного штрека 40к₇-в (с прямоугольной формой поперечного сечения) шахты им. Костенко Карагандинского угольного бассейна – рисунок 2.12[40].

По результатам моделирования в кровле конвейерного штрека 40к₇-в шахты им. Костенко образуется свод из неустойчивых пород высотой 3,91 м, в почве соответственно – 3,87 м, в левом боку – 2,26 м, в правом – 2,3 м.

Ожидаемая максимальная нагрузка от веса пород заключенных в условной зоне неупругих деформаций составит [41]:

$$P_{\text{макс}} = m \cdot \gamma \cdot n_{\text{п}} = 3,9 \cdot 25 \cdot 3 = 292,5 \text{ кН/м}^2 \quad (2.3)$$

где m —мощность пород, заключенных в условной зоне неупругих деформаций, м;

γ —объемный вес пород, кН/м³;

$n_{\text{п}}$ —коэффициент перегрузки.

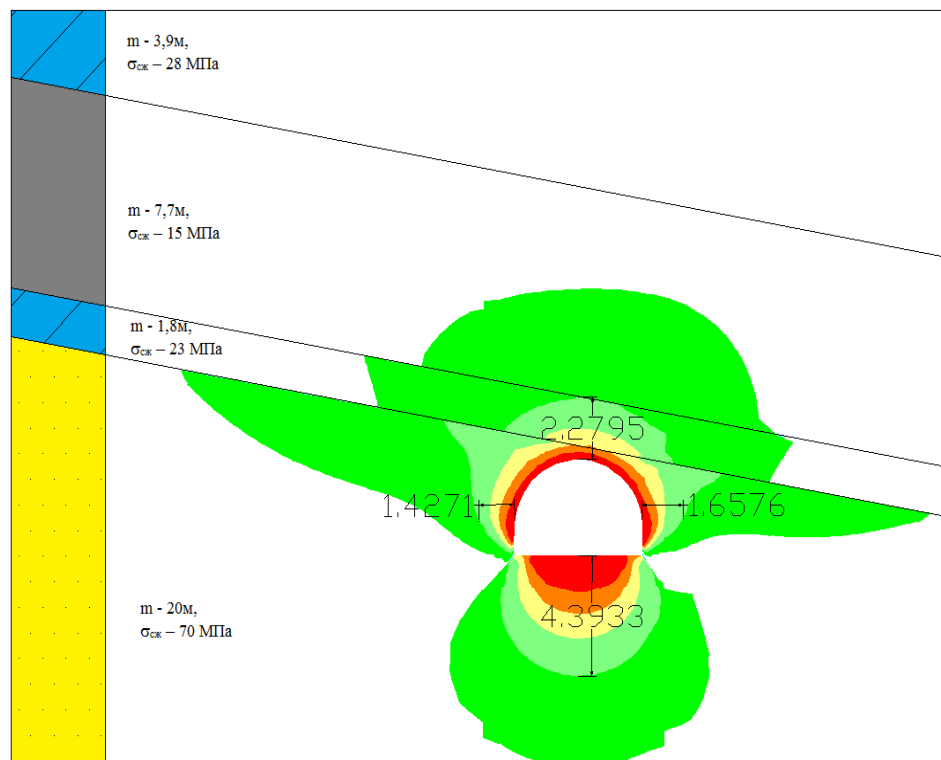


Рисунок 2.11 – Цифровое моделирование НДСМ конвейерного бремсберга 40к₇-в шахты им. Костенко (с арочной формой поперечного сечения)

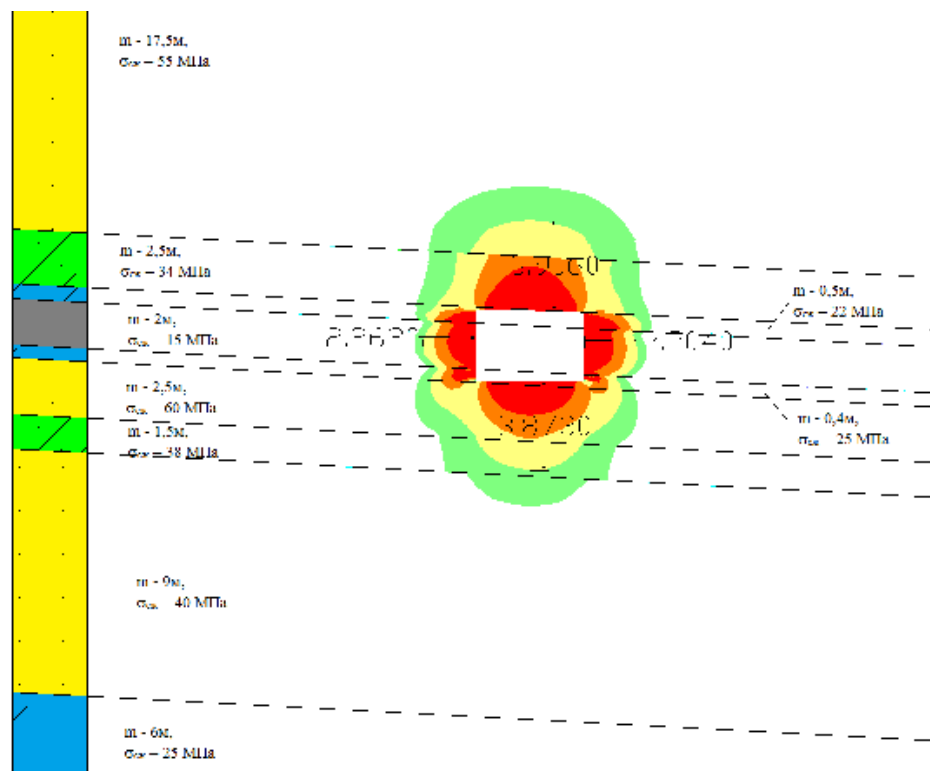


Рисунок 2.12 – Цифровое моделирование НДСМ конвейерного штрека 40к₇-в (с прямоугольной формой поперечного сечения, одноуровневое анкерное крепление) шахты им. Костенко Карагандинского угольного бассейна

Плотность установки анкеров составляет [41]:

$$n = \frac{P_{max}}{P_a} = \frac{292,5}{130} = 2,25 \text{ анк/м}^2 \quad (2.4)$$

где P_a - расчетная несущая способность анкера, кН.

Плотность анкеров, в рассматриваемой зоне - не менее 11 анк./пог. м, паспортом крепления конвейерного штрека 40к₇-в шахты им. Костенко.

Для обеспечения устойчивости конвейерного штрека 40к₇-в шахты им. Костенко, в связи величиной свода в кровле (3,91 м), превышающей длину стандартного сталеполимерного анкера (2,4 м) рекомендуется: переход на смешанный вид крепления с разработкой специальных технологических мероприятий по стабилизации контура выработки.

Выполненное численное моделирование параметров горного давления в породах вблизи горных выработок позволило выявить особенности напряженно-деформированного состояния массива в нарушенном и ненарушенном горном массиве.

Анализ состояния протяженных горных выработок Карагандинского угольного бассейна показывал необходимость разработки эффективных способов поддержания горных выработок для существующих горно-геологических условий. Наиболее эффективным из существующих способов повышения времени безремонтного поддержания выработки является применение технологии, систем и средств активного крепления горных выработок с учетом напряженно-деформированного состояния массива приконтурных пород с обоснованием их технологических параметров.

3 Исследование влияния параметров тектонических нарушений залегания угольного пласта на крепление горных выработок с анкерной крепью

3.1 Определение параметров нарушений

Управление массивом горных пород в зонах разрывных тектонических нарушений представляет весьма сложную техническую проблему. Процессы деформаций, перемещений и разрушений горных пород вблизи выработок, проводимых в зонах разрывов исследованы далеко не полностью. К настоящему времени в теории упругости, пластичности, сыпучей среды разработан ряд методов механики сплошной среды. Однако они неприменимы для решения задач проведения и поддержания выработок в условиях сложного и неоднородного залегания пород в зонах дизъюнктивов [42-43].

В районах дизъюнктивов под действием сил горного давления и собственного веса вокруг выработок происходит разделение породного массива по естественным поверхностям ослабления.

Вероятность возникновения обрушения пород и угля, горных ударов и других вредных проявлений горного давления зависит от вида и параметров нарушений и выработки, взаимной их ориентировки в массиве, назначения выработки (лава, штрек по углю, квершлаг и др.), способа ее проведения, мощности, прочности и геометрии слоев пород и пластов угля. Сочетания указанных факторов и их параметров в массиве определяют характер проявления горного давления и, как следствие, различную степень опасности возможных обрушений пород, ударов и других вредных явлений.

Массив имеет следующие естественные поверхности (контакты) ослабления, различным образом ориентированные в массиве, снижающие его устойчивость.

Поверхность сместителя, в действительности представляющая собой зону перетертых и раздробленных пород мощностью от миллиметров до нескольких дециметров у разрывов с амплитудами до 10 м более. Эта зона у крупноамплитудных дизъюнктивов колеблется в широких пределах — до десятков метров. Сцепление пород в зонах сместителей при наличии зеркал скольжения практически отсутствует. Поверхность сместителя является границей, разделяющей массив на отдельные структурные блоки.

Поверхности тектонических трещин отрыва и скалывания, сопровождающие разрывные нарушения, являются дополнительными контактами ослабления, разделяющими породы на мелкие разнообразные по форме блоки, имеющие пониженное сцепление между собой.

Нормальная к поверхности разрыва мощность зоны влияния нарушения на массив включает в себя зону дробления пород и примыкающие к ней трещиноватые, неустойчивые породы в крыльях блоков.

Уголь пластов в этих зонах также трещиноват, нередко перемят, устойчив, склонен к высыпаниям и обрушениям в выработки.

Зоны ослабленных тектоническими процессами пород в лежащем и висячем

крыльях блоков пород примерно параллельны плоскости разрыва, хотя мощности их могут быть различными.

Угол падения плоскости сместителя (β) зависит от прочности пород, направления действия тектонических сил и практически равен 90° или 0° может быть только в отдельных точках. Чаще всего падение сместителей изменяется в массиве, иногда до обратных значений. В общем случае сместитель имеет наклонное залегание. Простираие сместителей также изменяется в массиве, и в основном линия скрещения в плоскости пласта (слоя) диагональна к его простираию. В массиве пород наиболее вероятны разрывные нарушения с диагональным расположением наклонных или крутых сместителей относительно простираия горных пород [44-45].

Пласт угля простого строения у разрывных нарушений часто перемят и неустойчив, особенно в зонах опорного давления от очистных забоев. В пластах же сложного строения нередко имеются пачки слабого или тектонически нарушенного угля, иногда с зеркалами скольжения, которые резко снижают устойчивость крутых и наклонных пластов. На пластах с углами падения (α) свыше 30° создаются условия для высыпаний и обрушений в выработку тектонически нарушенного, часто перемятого угля из зон дизъюнктивов с попутным усиленным газовыделением. Вслед за высыпаниями угля возможны обрушения пород в выработки.

Диагональные разрывы в массиве и на горизонтах проведения выработок образуют зияния или сдвоения крыльев пластов (морфологический вид дизъюнктива - M_ϕ). Этот фактор оказывает большое влияние на условия ведения очистных работ и проведения капитальных и подготовительных выработок в зонах разрывов. Например, во время проведения штрека в зоне разрыва малой амплитуды со сдвоением крыльев пласта возможно внезапное вскрытие перемещенного крыла пласта, залегающего в кровле выработки и сместителя разрыва одновременно. В таком случае возникает опасность внезапного обрушения пород и угля с полным усиленным газовыделением. На пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа, такие вскрытия перемещенного крыла пласта недопустимы [46-47].

От нормальной амплитуды дизъюнктива N зависит мощность нарушенных пород, прилегающих к поверхности сместителя, и дробленых пород, наиболее перетертых и неустойчивых. При малых амплитудах нарушений также могут возникать особо опасные условия, например, если кровля выработки будет вмещать сместитель дизъюнктива с прилегающими к нему трещиноватыми породами и два крыла пласта со слабым нарушенным углем.

Разрывные нарушения могут быть со сдвоением крыльев пластов (слоев) и с зиянием между ними. На горизонте проведения выработки возможны шесть геометрических вариантов диагонального расположения сместителя и крыльев пласта. Эти варианты обобщают большинство видов разрывов, из которых особо выделяются три типа со сдвоением крыльев пластов в горизонтальной плоскости.

Поверхности контактов слоев осадочных пород. Прочность осадочных пород на растяжение в 12 и более раз ниже, чем их прочность на одноосное

сжатие. Еще ниже прочность пород на растяжение при наличии контактов напластований, по которым осадочные породы с течением времени расслаиваются, иногда под действием собственного веса.

Поверхность кровли выработки, подрезающая массив пород, испытывает растягивающие усилия. Устойчивость кровли резко снижается с увеличением ширины выработки в черне.

В тех случаях, когда в кровле выработки залегает разрывное нарушение с прилегающими к нему трещиноватыми породами, устойчивость ее резко падает. Под действием сил горного давления и собственного веса в определенных условиях происходят массовые обрушения пород с образованием куполов высотой до 10 м и более.

Поверхности боков выработки также испытывают растягивающие усилия вследствие концентрации опорного давления и стремятся к сдвигу в сторону образовавшегося в массиве пространства.

Устойчивость бока выработки при наличии в нем сместителя разрыва, пласта угля или крутого контакта напластования снижается.

Почва выработки также испытывает растяжения и склонна к пучению в случае залегания в ней слабых пород, пластов или пропластков угля. При наличии сместителя в почве выработки также не исключается пучение пород, не отмечавшееся в нормальных условиях проведения выработки на данной глубине от поверхности.

Мелкие тектонические нарушения (с амплитудами до 0,5 м) или тектонические трещины в породах со следами скольжения, обводненностью или с заполняющим материалом проникают через весь слой пород, в котором они зафиксированы.

Слой пород возможно принимать за образование одной литофации, характеризующейся однородностью состава прочностных, структурных и текстурных характеристик. Поэтому трещины и разрывы, образующиеся во время тектонических процессов, поражают как минимум слой одной литофации, например, непосредственную кровлю пласта.

Во время обнаружения трещины в кровле выработки, особенно с подвижкой пород или со следами скольжения (зеркала, борозды и др.), наличием инородного материала, воды и других признаков разрыва сплошности пород, необходимо учитывать, что данная трещина полностью пересекает слой непосредственной кровли, если нет дополнительных признаков, свидетельствующих о ее проникновении в другие породные слои, например, в основную.

Для условий Карагандинского месторождения зависимость длины разрывного нарушения l (м) от его амплитуды N (м) имеет вид [48]:

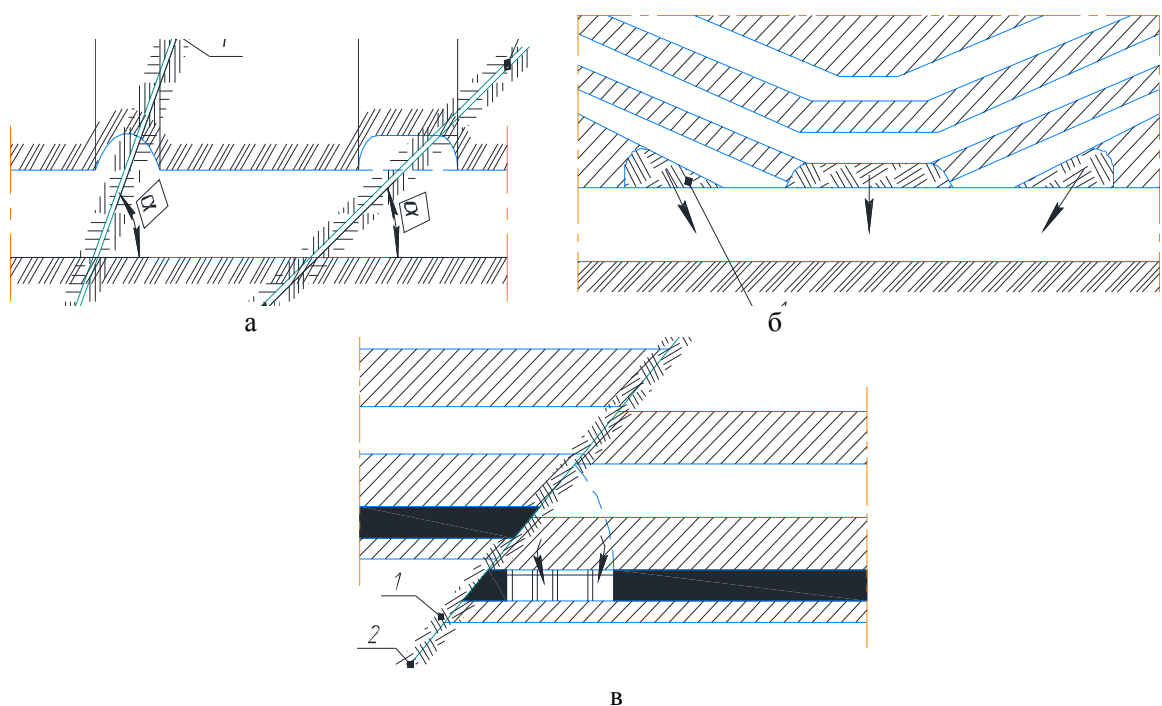
$$l=304N^{0,4} \quad (3.1)$$

В процессе подготовки выемочного столба выработками разрывные нарушения зачастую пересекаются ими. Зная амплитуду разрывного нарушения, при помощи уравнения (3.1) можно установить протяженность

этого нарушения, что обеспечит большую точность планирования очистных и других горных работ.

Переход систем мелкоамплитудной нарушенности считается невозможным при суммарной амплитуде нарушений более 0,5 вынимаемой мощности пласта, при распространении систем мелкоамплитудных нарушений на площадях более 180 - 200 м².

В окрестности разрывных нарушений снижение устойчивости кровли выработки может проявляться в различных формах: на границе с разрывным нарушением, непосредственно пересекающим выработку, в окрестности зон переслоений в кровле, где наличие ослабленных механических контактов снижает общую устойчивость кровли (рисунок 3.1), при расположении выработки в лежащем боке разрывного нарушения (рисунок 3.1, б).



а – план; б - в крест простирания; в - профиль

Рисунок 3.1 – Снижение устойчивости кровли выработки у разрывных нарушений

В случае пересечения разрывным нарушением горной выработки определяем протяженность (м) зоны неустойчивых пород [48]:

$$L_H = 25,88e^{-0,035a} \quad (3.2)$$

где a — угол встречи выработки с плоскостью нарушения, градус.

Зона влияния нарушения характеризуется развитой трещиноватостью пород, склонных к вывалообразованию. Радиус зоны влияния можно определить по номограмме (рисунок 3.2) [48].

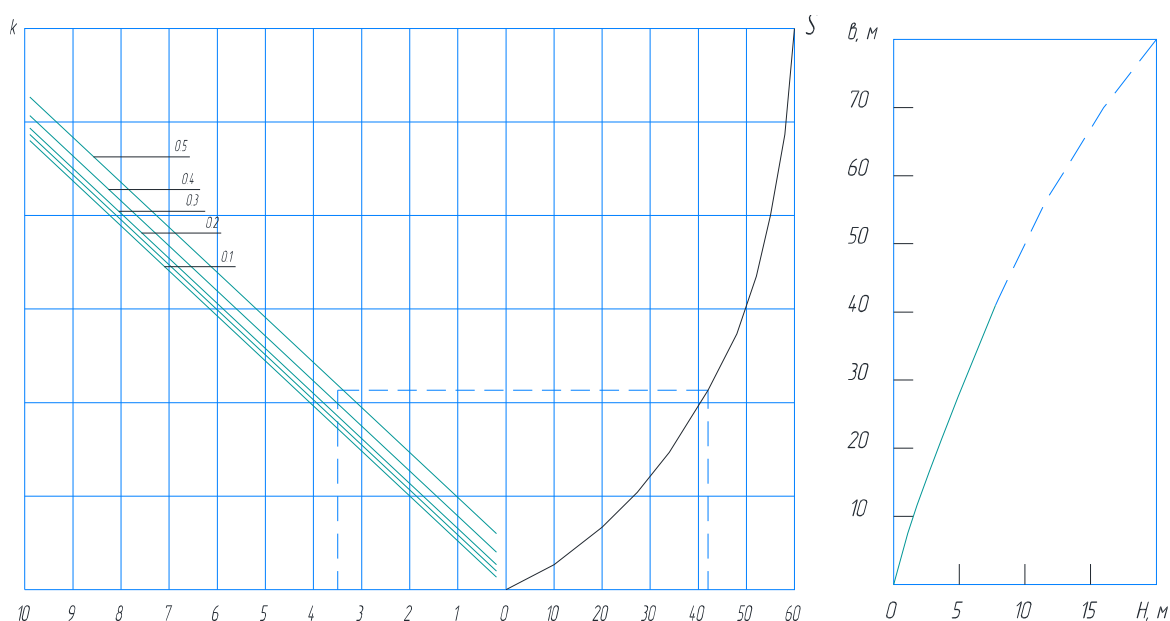


Рисунок 3.2 – Определение параметров зон трещиноватости вокруг нарушения (а) и ключ для пользования (б)

Для пользования номограммой следует отложить на оси A значение амплитуды сдвига, по разрывному нарушению и восстановить перпендикуляр до пересечения с графиком k - коэффициента «технической характеристики среды» («условий») [49]:

$$k = yHg / \sigma_{сж} \quad (3.3)$$

где y - средняя плотность боковых пород, т/м³;

H - глубина заложения выработки, м;

$\sigma_{сж}$ - предел прочности боковых пород, на одноосное сжатие, Па;

$g = 9,81$ - ускорение свободного падения, м/с².

Далее параллельно оси $A - l$ из точки пересечений N провести линию до пересечения с графиком 3.2. Из точки пересечения B опустить перпендикуляр до пересечения с осью l и определится величина радиуса влияния нарушения.

Единичные разрывные нарушения вызывают необходимость перехода с одной плоскости пласта на другую, либо с присечкой боковых пород, либо с полным или частичным демонтажом - монтажом оборудования в забое.

Однако разрывные нарушения, как правило, совмещаются с развитием систем вторичной («оперяющей») трещиноватости, которая в этом смысле должна определяться как зона влияния разрывного нарушения. Для условий Карагандинского бассейна зависимость ширины зоны влияния разрывного нарушения b от величины амплитуды смещения крыльев нарушения H [50].

Пунктирная линия указывает на недостаточную надежность данных. В пределах же интервала $H=0÷7$ м связь параметров надежна для прогнозирования размеров зоны влияния можно использовать уравнение прямой линии:

$$b = 6,5H \quad (3.4)$$

В случае приближения к плоскости разрывного нарушения, вскрытого, например, подготовительной выработкой, следует определить размеры зоны b и предусматривать выполнение специальных мероприятий по обеспечению устойчивости нарушенных и сильнотрещиноватых пород.

3.2 Определение параметров при технологических схемах пересечения геологических нарушений

Управление массивом горных пород в зонах геологических нарушений представляет весьма сложную техническую проблему. На механизм проявлений горного давления в зонах тектонических нарушений решающее значение в явлениях обрушения горных пород и горных ударов отводится роли пространственного взаимного расположения контура выработки и системы поверхностей ослабления, создаваемых дизъюнктивом. В районах дизъюнктивов под действием сил горного давления и собственного веса вокруг выработок происходит разделение породного массива по естественным поверхностям ослабления.

Вероятность возникновения обрушения пород и угля, горных ударов и других вредных проявлений горного давления зависит от вида и параметров нарушений и выработки, взаимной их ориентировки в массиве, назначения выработки (лава, штрек по угля, квершлаг и др.), способа ее проведения, мощности, прочности и геометрии слоев пород и пластов угля. Сочетания указанных факторов и их параметров в массиве определяют характер проявления горного давления и, как следствие, различную степень опасности возможных обрушений пород и других явлений [51].

Сцепление пород в зонах сместителей при наличии зеркал скольжения практически отсутствует. Поверхность сместителя является границей, разделяющей массив на отдельные структурные блоки.

Поверхности тектонических трещин отрыва и скалывания, сопровождающие разрывные нарушения, являются дополнительными контактами ослабления, разделяющими породы на мелкие разнообразные по форме блоки, имеющие пониженное сцепление между собой, что создаёт условия для высыпаний и обрушений в выработку тектонически нарушенного, часто перемятого, угля из зон дизъюнктивов с попутным усиленным газовыделением. Вслед за высыпаниями угля возможны обрушения пород в выработки.

Этот фактор оказывает большое влияние на условия ведения очистных работ и проведения капитальных и подготовительных выработок в зонах разрывных геологических нарушений.

Прочность осадочных пород на растяжение в 12 и более раз ниже, чем их прочность на одноосное сжатие. Еще ниже прочность пород на растяжение при наличии контактов напластований, по которым осадочные породы с течением

времени расслаиваются, иногда под действием собственного веса.

Поверхность кровли выработки, подрезающая массив пород, испытывает растягивающие усилия.

Устойчивость кровли резко снижается с увеличением ширины выработки в черне.

В тех случаях, когда в кровле выработки залегает разрывное нарушение с прилегающими к нему трещиноватыми породами, устойчивость ее резко падает. Под действием сил горного давления и собственного веса в определенных условиях происходят массовые обрушения пород с образованием куполов высотой до 10 м и более.

Поверхности боков выработки также испытывают растягивающие усилия вследствие концентрации опорного давления и стремятся к сдвигению в сторону образовавшегося в массиве пространства выработки.

Устойчивость бока выработки при наличии в нем сместителя разрыва, пласта угля или крутого контакта напластования снижается.

Почва выработки также испытывает растяжения и склонна к пучению в случае залегания в ней слабых пород, пластов или пропластков угля. При наличии сместителя в почве выработки также не исключается пучение пород, не отмечавшееся в нормальных условиях проведения выработки на данной глубине от поверхности.

В кровле выработки с увеличением угла падения слоев объемы пород, отделяемые контактами ослабления от массива, возрастают, увеличивая в несколько раз нагрузки на крепь выработок. Следовательно, возрастает опасность обрушения.

В боках выработок увеличение объемов неустойчивых пород, ограниченных ослабленными контактами и дизъюнктивами, происходит с уменьшением углов их падения. Под воздействием горного давления эти объемы пород в форме клиньев, призм сдвигаются в сторону выработки, оказывая интенсивное боковое давление [52].

Неустойчивые объемы пород, отделяемые от массива контактами ослабления, можно установить с помощью построения графоаналитической модели изучаемого объема массива, которая является математическим выражением пространственного размещения нарушений, выработок, слоев пород и пластов угля.

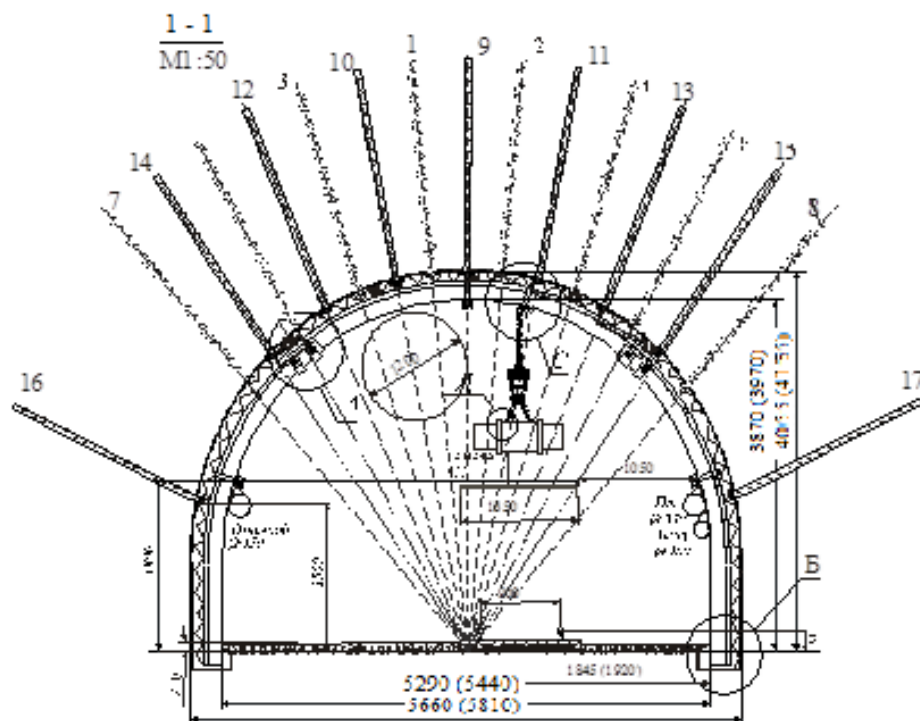
Ниже приводятся результаты аналитических исследований по определению нагрузок на крепь оценки контуров выработки, находящейся в ослабленной (нарушенной) зоне.

Механизм проявления горного давления в зонах дизъюнктивов.

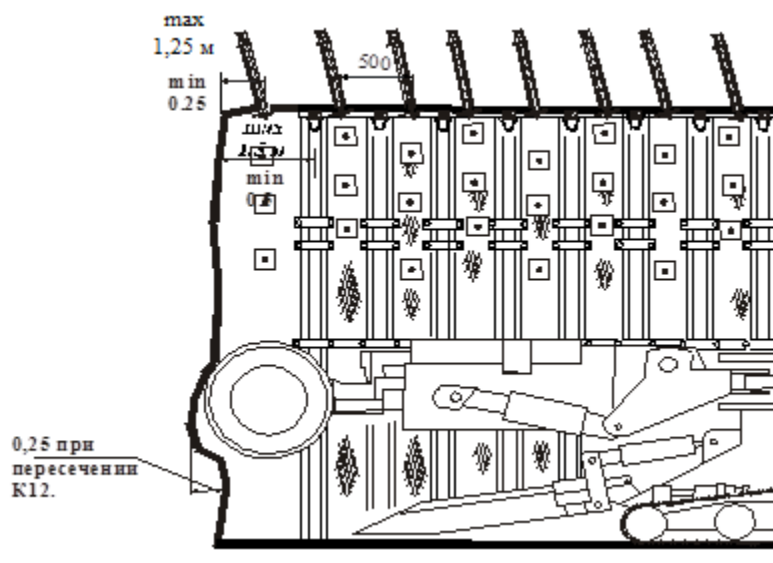
Проявление горного давления в зонах дизъюнктивов рассмотрены на примере шахты «Саранская» Карагандинского угольного бассейна. На рисунке 3.3(а) представлена ситуационная обстановка по 7 - му западному конвейерному квершлагу пласта K_{10} шахты «Саранская», а на рисунке 3.3(б) – стратиграфические колонки вмещающих пород пласта K_{10} .

На рисунке 3.4 представлен технологический паспорт крепления выработок по пласту K_{10} при пересечении неустойчивой зоны, вид:

Рисунок 3.3 – Ситуационная обстановка по 7 - му западному конвейерному квершлагу пласта К₁₀,



51



6

Рисунок 3.4 – Крепление выработки по пласту K_{10} в неустойчивой зоне: вид соответственно в поперечном и продольном сечениях (Лист 2)

Предусмотрены технологические мероприятия по безопасному ведению горных работ при проведении 7 - го западного конвейерного квершлага K_{10} в зоне неустойчивых пород (ПК43+5 – 53+5).

В опасной зоне забой обеспечивается неснижаемым запасом материалов: для возведения передовой крепи (анкера АМВ-22 длиной по 2,4 м в количестве 30 шт.); для упрочнения пород кровли и груди забоя (деревянные анкера-21 шт., ПУР (полиуретановые ампулы) патроны -70 шт.) [52].

При уходе груди забоя до 0,5 м за счет отслоения горной массы производится укрепление груди забоя на основе армирования с применением деревянных анкеров.

При неустойчивой кровле (образование куполов над крепью более 0,5м), устанавливаются дополнительные анкера (не менее 4 шт.) в призабойной части - наперед, с опережением проходки на 1м под профиль с применением передовой крепи.

При вывалах пород из кровли крепление выработки производится комбинированной (смешанной) крепью с применением двух рам КМП АЗ-17,2 м² и 17 сталеполимерных анкеров на 1 пог. м с постоянным опережающим монтажом анкеров.

В опасных зонах непрогнозируемых мелкоамплитудных геологических нарушений дополнительно для недопущения вывала пород кровли в забое, отставание крепи от забоя на всех технологических циклах не должно превышать 1,0 м. При необходимости увеличения технологического отхода до 1,0 м (при отслоениях груди забоя) выполняется химическое упрочнение на основе армирования. Роль арматуры выполняют шпуры, заполненные твердеющими составами с размещением в них деревянных анкеров длиной 3,0

м через каждые 2,0 м проходки для укрепления груди забоя.

Технологические мероприятия по безопасному ведению горных работ при проведении 7 западного конвейерного квершлага K_{10} (2 район) в опасной зоне геологического нарушения $H=1,5\text{ м}$ (ПК53+7) предусматривают: при пересечении сместителя геологического нарушения и удалении от сместителя 3,0 м по нормали - проходку выработки производить с укреплением кровли выработки химическим составом Беведол-Беведан. Упрочнение пород кровли производить через каждые 3 м проходки в шпуров длиной не менее 3,0 м, нагнетание скрепляющего смоляного состава производить после монтажа анкерной крепи через инъекционные анкера «ИРМА» насосной установкой ДП-40. Каждый цикл закачки производить не менее чем в три инъекционных анкера, размещенных на расстоянии 1,5 - 2,0 м друг от друга; в опасной зоне геологического нарушения - крепление выработки производить комбинированной крепью КМП-А3-17,2 с установкой 2 рам и 17 анкеров АМВ-22 длиной 2,4 м на 1 пог. м, все анкера монтировать с отклонением на забой $20 - 25^\circ$; при образовании куполов обуривать их анкерами АМВ-22 длиной по 2,4 м, монтировать рамы арочной крепи, после чего выкладывать клетки между верхняками рам и массивом с отставанием клеток от забоя - не более 2,0 м; при неустойчивой кровле бурить дополнительные анкера (не менее 5 шт.) в призабойной части наперед, с опережением проходки под прослой с применением передовой крепи. При необходимости (при увеличении технологического отхода до 0,5 м за счёт отслоения груди забоя) выполняется химическое упрочнение на основе армирования, роль арматуры выполняют шпуров, заполненные твердеющими составами с размещением в них деревянных анкеров длиной 3,0 м через каждые 2,0 м проходки с укреплением груди забоя деревянными анкерами. На рисунке 3.5 представлена технология химического укрепления кровли, выемка и крепление контуров на половину ширины проходческого цикла и на всю ширину соответственно. На рисунке 3.6 представлена технология химического укрепления кровли 7-го западного конвейерного квершлага на K_{10} [52].

Описанные производственные мероприятия достаточно материальнозатратны, трудоемки и снижают темпы проведения выработки.

Исследование деформационной картины при различных коэффициентах ослабления горного массива.

Для шахт Карагандинского угольного бассейна характерно применение технологических схем, которые обеспечивают в конкретных горногеологических условиях наименьшие затраты на проведение выработки, оптимальную скорость проходки и высокий уровень производительности труда проходчиков.

Для крепления горных выработок на шахтах используются металлорамная, комбинированная и анкерная крепи, обеспечивающие наименьшие затраты на проведение и поддержание выработки с учетом возможности повторного использования материалов.

Моделирование произведено с использованием программного комплекса ANSYS с построением расчетной модели массива пород вокруг горной

выработки, разбитой на конечные элементы (рисунок 3.7) [53]. В качестве объекта моделирования рассматривалась горная выработка 7 – го западного конвейерного квершлага пласта K_{10} шахты «Саранская».

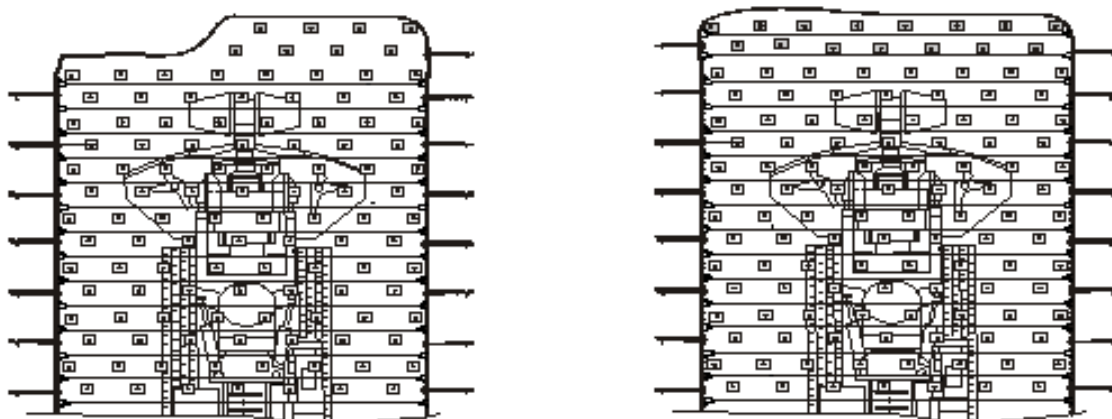


Рисунок 3.5 – Технологии химического укрепления кровли, а - выемка и крепление контуров на половину ширины проходческого цикла, б - на всю ширину проходческого цикла

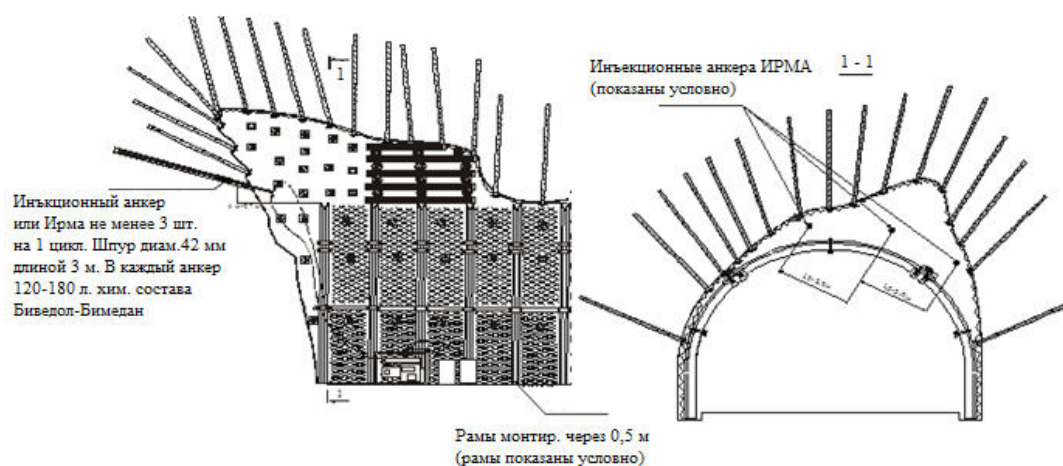


Рисунок 3.6 – Технология химического укрепления кровли 7 - го западного конвейерного квершлага на K_{10}

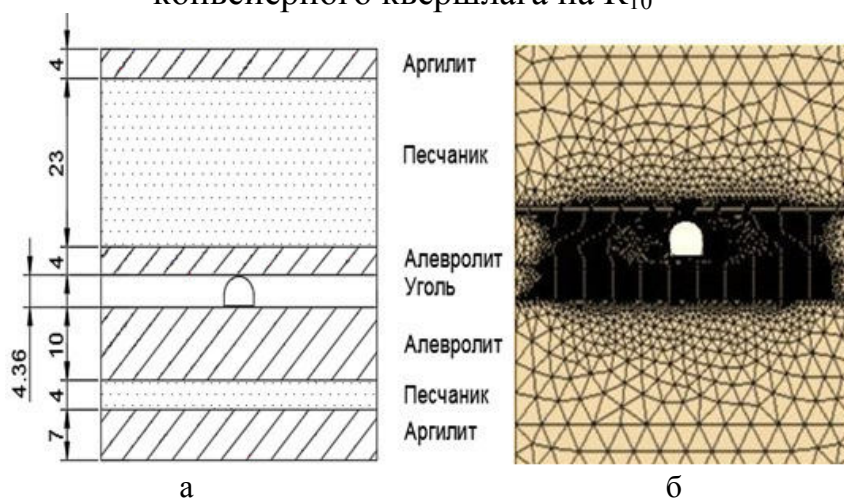


Рисунок 3.7 – Расчетная схема модели приконтурных пород вокруг горной выработки (а), разбитая на конечные элементы (б)

В связи с наличием трещиноватости, прочность массива горных пород обычно меньше, чем отдельного слагающего, этот массив куска (структурного блока). С увеличением степени трещиноватости, прочностные характеристики пород уменьшаются, а деформационные – увеличиваются. Для получения прочностных характеристик массива, через прочность образцов в расчеты введен коэффициент структурного ослабления K_c (отношение прочности породы в массиве к прочности в куске).

Когда известна интенсивность трещиноватости массива, то коэффициент K_c так же может быть определен по графику, представленному в таблице 1, где по оси абсцисс - интенсивность трещиноватости B/b , где B - линейный размер рассматриваемой области массива; b - средний размер структурного блока - куска; для $B/b > 14$ $K_c = 0,2$.

Значение K_c можно ориентировочно принимать в зависимости от степени трещиноватости [53]:

Таблица 3.1

Значение коэффициента K_c в зависимости от степени трещиноватости

Среднее расстояние между поверхностями ослабления пород, м	Коэффициент K_c
Более 1,5	0,9
От 1,5 до 1,0	0,8
От 1,0 до 0,5	0,6
От 0,5 до 0,1	0,4
Менее 0,1	0,2

Высота свода обрушения пород в кровле определяется по формуле при устойчивых породах боков выработки [54]:

$$\ell_{\text{с}} = \frac{a'}{fk_c}, \quad (3.5)$$

$$a' = a + h \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right), \quad (3.6)$$

где a – полупролет выработки по ее ширине, м;

f – коэффициент крепости по шкале проф. Протодяконова, принимается равным средневзвешенному значению и определяется по формуле (3.7):

$$f = \frac{f_1 m_1 + f_2 m_2 + \dots + f_n m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}, \quad (3.7)$$

где φ – угол внутреннего трения пород, принимается равным средневзвешенному значению и определяется аналогично формуле (3.8);

h – высота выработки, м.

С учетом коэффициента внутреннего трения:

$$\varphi = \arctg (0,1 R_{cp} \cdot \eta), \quad (3.8)$$

где R_{cp} - расчетное сопротивление пород на сжатие, МПа;

η - коэффициент структурного ослабления; принимается по таблице 3.2.

Таблица 3.2

Коэффициент структурного ослабления

Степень трещиноватости пород	η
Слаботрещиноватые	0,9 – 1,0
Среднетрещиноватые	0,7 - 0,89
Сильнотрещиноватые	0,5 – 0,69

$K_{вл}$ – коэффициент увеличения напряжений в боках выработок от других выработок, который при ширине целиков $\ell \geq 15$ м равен 1, а при $\ell < 15$ м определяется по формуле [54]:

$$K_{вл} = 2 - \frac{\ell}{15}, \quad (3.9)$$

Динамика роста перемещений по оси в вертикальной плоскости У при металлорамном, комбинированном и анкерном креплении выработки при различных коэффициентах ослабления горного массива (0,76; 0,54 и 0,35 – снижение прочности вмещающих пород), представлена на рисунке 7. Наиболее предпочтительной формой и видом крепи в зоне влияния изменения нормального залегания угольного пласта к нарушенному являются арочная или смешанная с боковыми анкерами (с анкерами первого – сталеполимерными и второго уровня – канатными), при которых возникают меньшие напряжения и перемещения во вмещающих породах. При росте глубины разработки (более 500 м) это является видимым, т.к. значительны напряжения и деформации почвы выработки, в кровле – они не значимы.

По рисунку 3.8, сравнивая между собой вертикальные напряжения и перемещения при различных видах крепи, можно сделать вывод, что вертикальные напряжения в рисунках 3.8 (а) значительно меньше представленных в рисунках 3.8 (б) и 3.8 (в) [55-56].

Динамика изменения вертикальных перемещений при металлорамном, комбинированном и анкерном креплении выработки при различных коэффициентах ослабления горного массива показывает целесообразность проведения выработок через нарушенные участки с использованием комбинированной схемы крепления. При чистоанкерном креплении при значительной нарушенности – выработка подвергается повышенным деформациям, которые можно снизить лишь при применении сочетания органических рамных и кустовых рядов арочных или стоек трения, реализованных.

По результатам проведенных исследований были разработаны технологические решения, прикладных паспортах проведения горных выработок, представленных на рисунках 3.9 и 3.10.

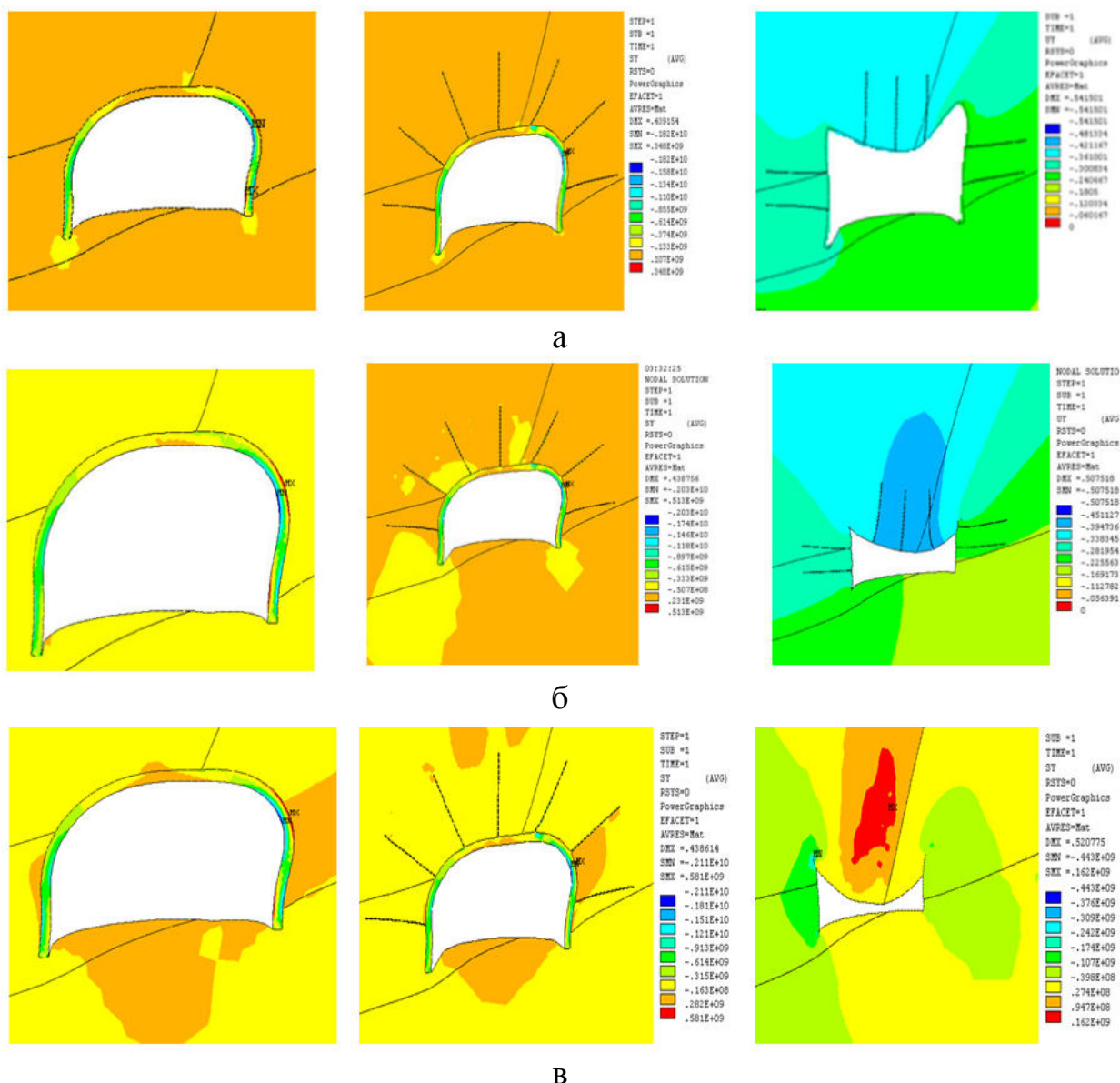


Рисунок 3.8 – Динамика изменения вертикальных перемещений (м) при металлорамном (1), комбинированном (2) и анкерном (3) креплении выработки при различной степени нарушенности горного массива; а, б, в – коэффициент ослабления горного массива, соответственно равный 0,76; 0,54 и 0,35

Установлены закономерности увеличения интенсивности действия геомеханических процессов в массиве горных пород в окрестности подготовительных выработок с учетом влияния геологических нарушений. Смещения пород контура кровли в зонах геологических нарушений в 2,1 - 2,5 раза превышают аналогичные параметры на участках без нарушений. Смещения боков выработки, находящейся в зоне геологических нарушений - в 2,4 - 2,9 раза превышает аналогичные параметры на базовых участках выработок. Отношение смещений пород кровли в зонах совместного влияния геологического нарушения и повышенного горного давления к аналогичным параметрам на базовых участках составляет 2,9 - 3,2, а отношение смещений

боковых пород к конвергенции боков выработок на базовых участках - 2,6 - 3,1 раза.

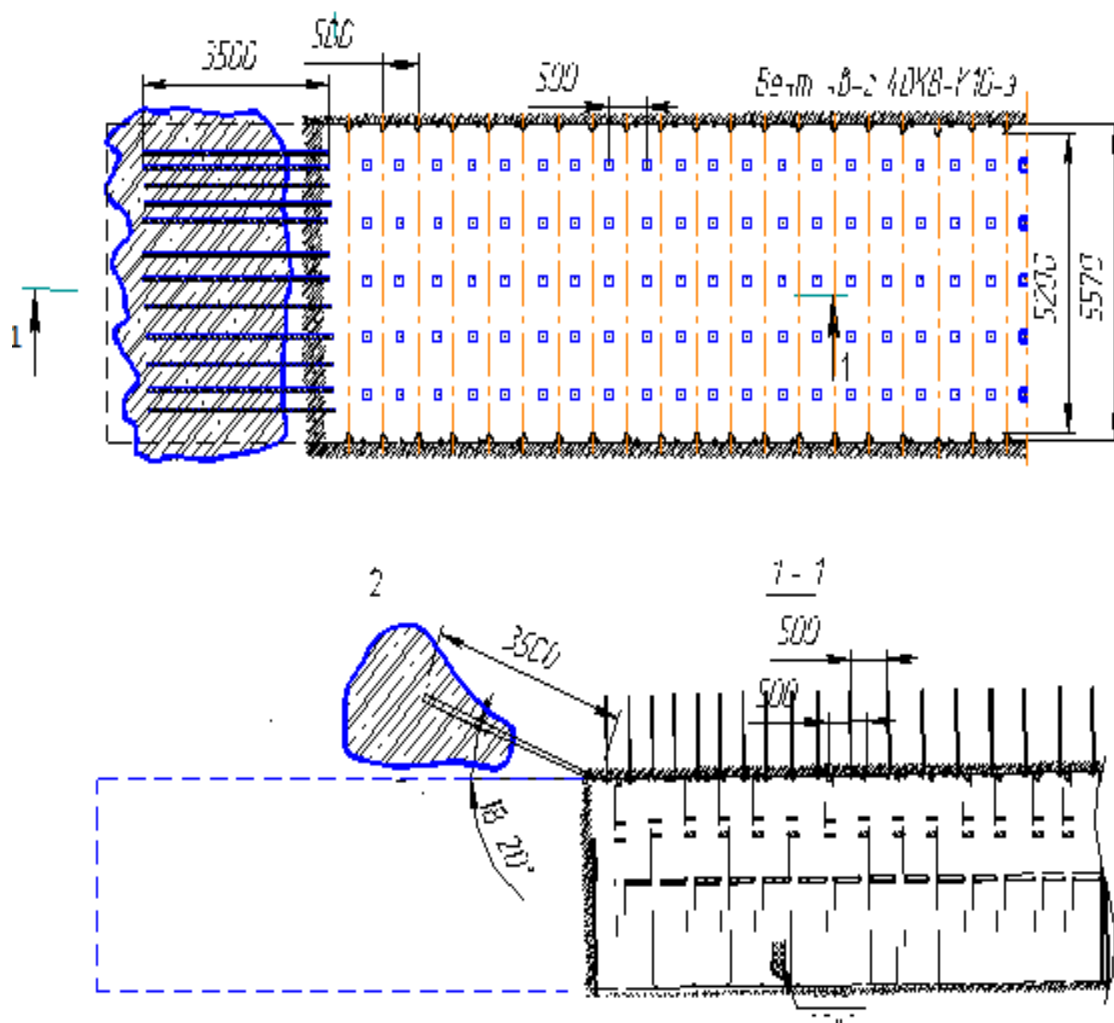


Рисунок 3.9 – Установка каркасных контурных анкеров в ослабленные зоны

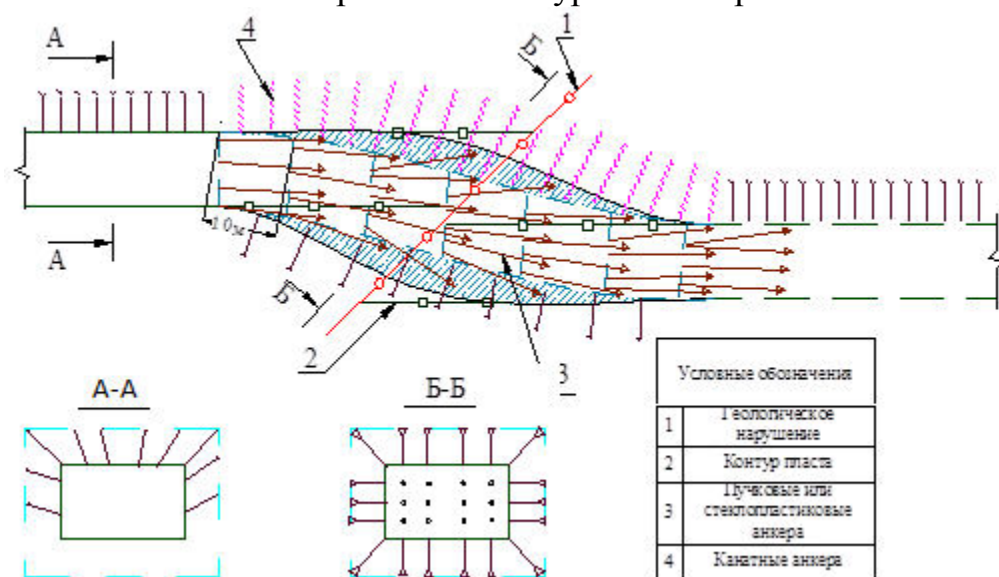


Рисунок 3.10 – Технология прохода выработки через дизъюнктивное (разрывное) нарушение (ослабленная зона)

Реализация предлагаемых способов проведения подготовительной горной

выработки по нарушенным пластам осуществляется следующим образом [49]:

- подготовительная горной выработка, проводимая по нарушенному пласту, крепится впереди фронта забоя контурными анкерами в кровлю вкрест предполагаемых линий разлома пород непосредственной кровли, сталеполимерными анкерами, устанавливаемыми в кровлю и бока выработки по всей длине зоны нарушения, что создаёт зоны усиленного крепления, (например, равные 20 м) придаёт выработке необходимую устойчивость;

- производится опережающее упрочнение ослабленной зоны горных пород, при пересечении зоны тектонического нарушения подготовительной выработкой (до входа в нарушение), для повышения устойчивости горных пород и снижения выбросоопасности.

Следуя вышесказанному можно сделать вывод, что при установке анкеров вкрест предполагаемых линий разлома пород непосредственной кровли обеспечивается «жесткая» схема, способствующая созданию единой монолитной плиты, работающая при ведении очистных работ как единая система «порода-крепь».

Основное влияние на характер формирования зон деформации пород оказывает крепость, мощность слоев кровли, контактирующих с крепью, а также тип применяемой крепи.

Динамика изменения вертикальных перемещений при металлорамном, комбинированном и анкерном креплении выработки при различной степени нарушенности горного массива показывает целесообразность проходки выработок через нарушенные участки с использованием комбинированной схемы крепления с усилением дополнительной опережающей крепью.

Опережающее упрочнение ослабленной зоны горных пород, при пересечении зоны тектонического нарушения подготовительной выработкой (в т.ч. до входа и на выходе из нарушения) обеспечивает повышение устойчивости горных пород и снижения выбросоопасности. Причем при угле встречи менее 90° , повышенные напряжения характерны при входе в нарушенную зону, а при углах встречи более 90° , при выходе из геологического нарушения.

3.3 Установление параметров установки опережающего крепления при пересечении тектонического нарушения забоем горной выработки

Для анализа геомеханических процессов используется математическое моделирование с использованием программного комплекса ANSYS.

Решение задачи определения напряженно-деформированного состояния (НДС) горной выработки при проведении ее в ослабленного или нарушенного горного массива включает определение напряжений (нормальных, продольных и касательных) определение реакций и внутренних усилий и перемещение и деформаций [57-58].

Исходными данными являются физико-механические свойства пересекаемых пород и технологические параметры проводимых выработок:

- условия проходки, охраны и поддержания;
- расчетная ширина (B , м), высота (h , м) выработок и сопряжений в проходке;
- расчетная глубина расположения от поверхности (H , м);
- тип строения пород кровли;
- класс устойчивости пород непосредственной кровли;
- сопротивление пород кровли на сжатие (R_c , МПа);
- расчетная (фактическая) несущая способность анкеров.

На рисунке 3.11 приведено распределение вертикальных напряжений σ_y в анкерах расположенных в кровле.

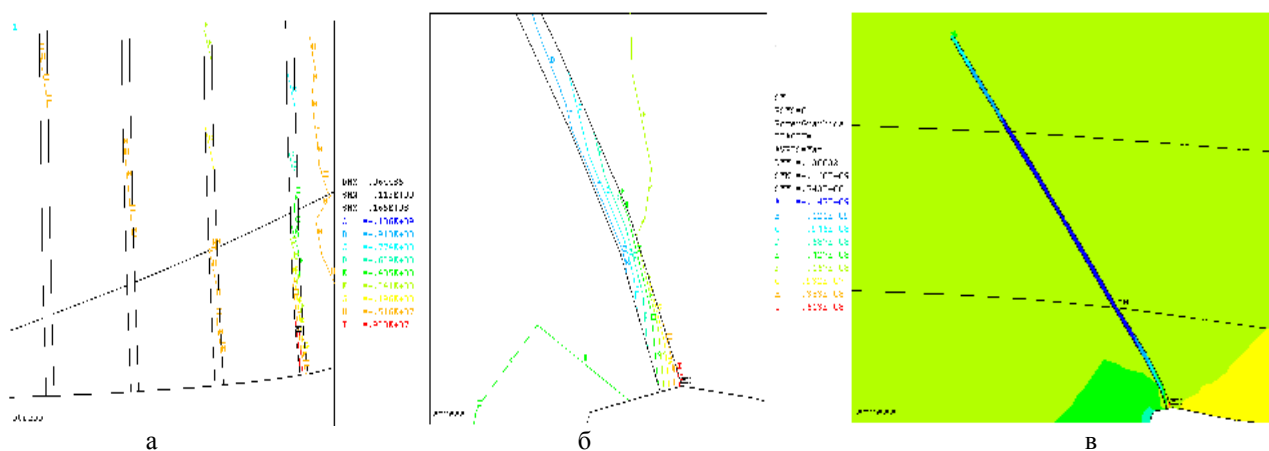


Рисунок 3.11 – Эпюры нормальных напряжений по длине анкеров при углах заложения: а, б – 85, 70 и в - 55°

Для определения параметров заложения опережающего крепления проведены геомеханические исследования по определению угла наклона анкерной крепи при различных условиях.

При изменении угла наклона, шага установки анкерной крепи и условий ослабленных (в геологическом нарушении) по прочности пород кровли были получены следующие зависимости для различных условий прочности пород кровли – для пород средней прочности - $R_c=25$ (рисунки 3.12 и 3.13) и $R_c=37$ МПа – рисунки 3.14 и 3.15. Угол наклона опережающих анкеров α варьировался от 35 до 85°. h – шаг установки анкеров (м) [59].

Шаг установки анкеров в неустойчивую непосредственную кровлю изменялся от 0,8 до 1,2 м.

Зависимости для ослабленных пород с прочностью на одноосное сжатие $R_c=25$ МПа:

$$\sigma_y(\alpha, h) = k_0(h) \cdot \alpha^3 + k_1(h) \cdot \alpha^2 + k_2(h) \cdot \alpha + k_3(h), \quad (3.10)$$

$$k_0(h) = 2,53 \cdot 10^{-3} \cdot h - 1,72 \cdot 10^{-3},$$

$$k_1(h) = -0,4 \cdot h + 0,16,$$

$$k_2(h) = 20,47 \cdot h - 5,69,$$

$$k_3(h) = -333,32 \cdot h + 89,94.$$

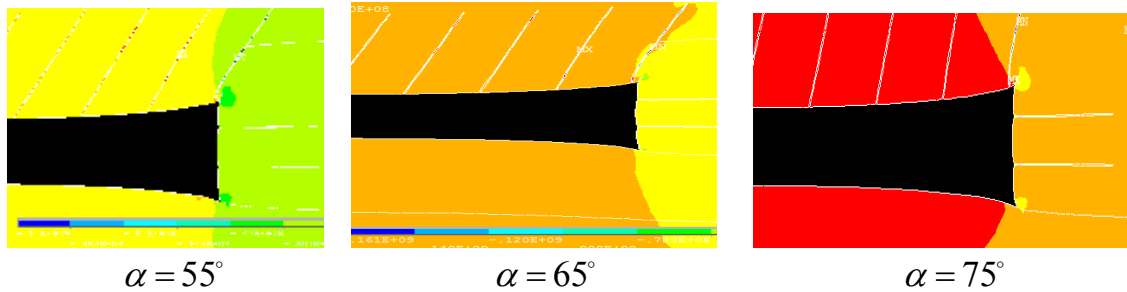


Рисунок 3.12 – Изменение напряженного состояния пород вокруг выработки при нарушенных породах кровли с прочностью на сжатие $R_c = 25 \text{ МПа}$

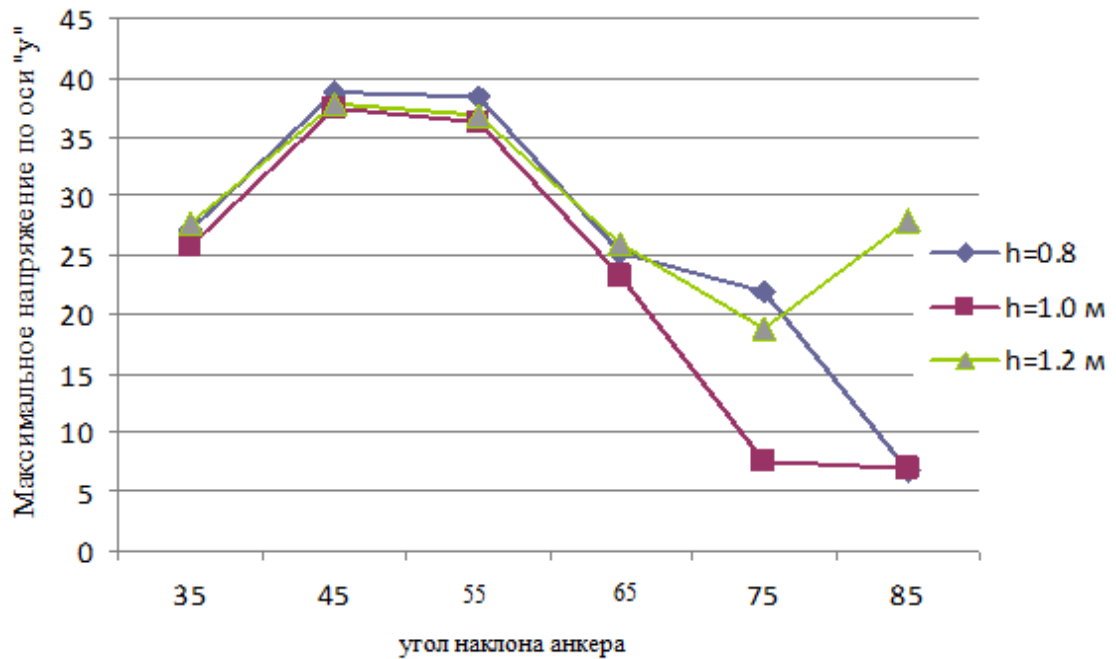


Рисунок 3.13 – Напряженное состояние пород вокруг выработки при слабых породах кровли с прочностью на сжатие $R_c = 25 \text{ МПа}$ в зависимости от шага установки анкеров

Зависимости для нарушенных пород кровли с прочностью на одноосное сжатие ($R_c = 37 \text{ МПа}$) [60]:

$$\sigma_y(\alpha, h) = k_0(h) \cdot \alpha^3 + k_1(h) \cdot \alpha^2 + k_2(h) \cdot \alpha + k_3(h), \quad (3.11)$$

$$k_0(h) = 3,86 \cdot 10^{-3} \cdot h - 3,43 \cdot 10^{-3},$$

$$k_1(h) = -0,62 \cdot h + 0,51,$$

$$k_2(h) = 30,45 \cdot h - 24,82,$$

$$k_3(h) = -496,79 \cdot h + 340,25.$$

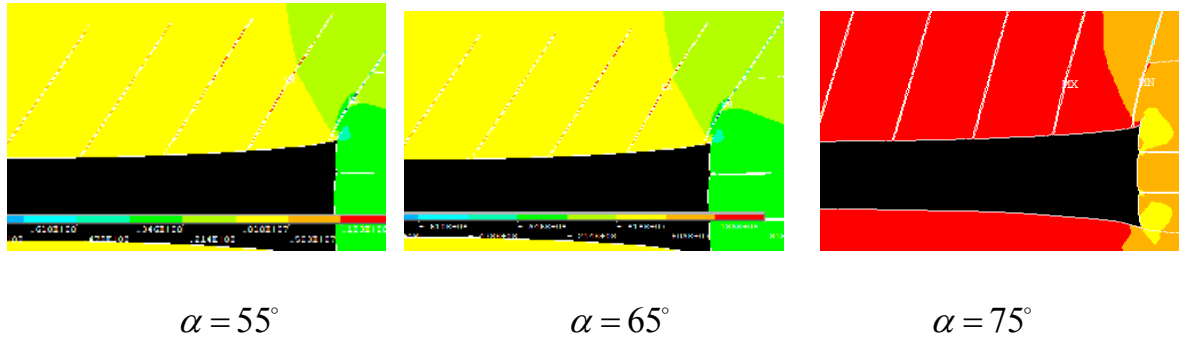


Рисунок 3.14 – Изменение напряженного состояния пород вокруг выработки при ослабленных породах кровли с прочностью на сжатие $R_c = 37$ МПа

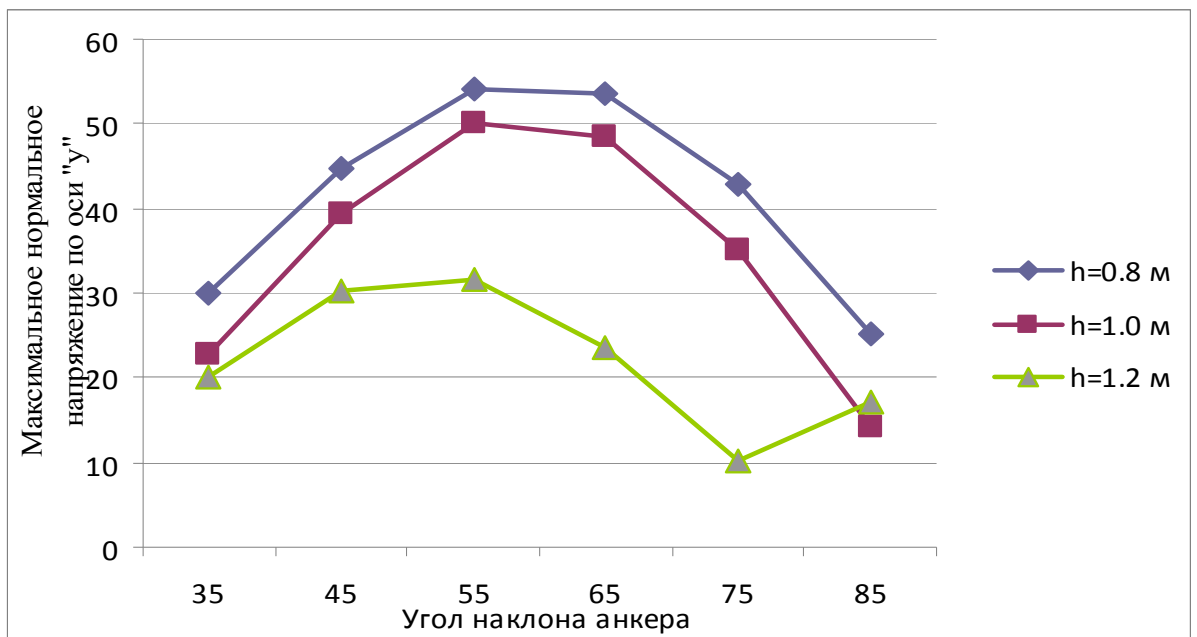


Рисунок 3.15 – Напряженное состояние пород вокруг выработки при слабых породах кровли с прочностью на сжатие $R_c = 37$ МПа в зависимости от шага установки анкеров

Установлены эмпирические зависимости максимальных вертикальных напряжений по оси «х» в зависимости от угла наклона анкера (рисунок 3.16) [61]:

$$\sigma_y^{\max}(\alpha) = 2,7 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^4 - 5,9 \cdot 10^{-3} \cdot \alpha^3 + 0,4 \cdot \alpha^2 - 13 \cdot \alpha + 153,5 \quad (3.12)$$

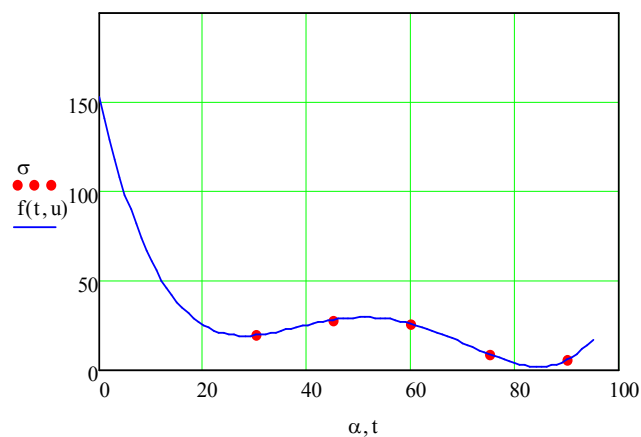


Рисунок 3.16 – Зависимость максимальных вертикальных напряжений по оси «х» в зависимости от угла наклона анкера ($\sigma(\alpha) = f(t, u)$)

Получены зависимости максимальных касательных напряжений в зависимости от угла наклона анкера (рисунок 3.17) [61]:

$$\tau_{\max}(\alpha) = 9,4 \cdot 10^{-3} \cdot \alpha^2 - 1,6 \cdot \alpha + 94,4 \quad (3.13)$$

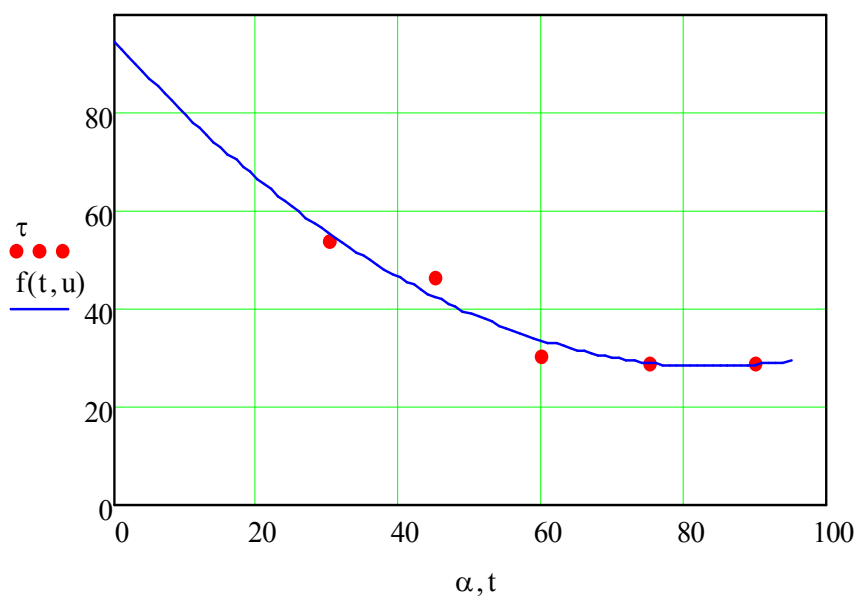


Рисунок 3.17 - Зависимость максимальных касательных напряжений в зависимости от угла наклона анкера ($\tau(\alpha) = f(t, u)$)

Из проведенного исследования следует, что наиболее приемлемый угол наклона опережающей анкерной крепи при различных условиях в нарушенной зоне изменяется от 60 до 70° от оси проведения выработки.

4 Создание эффективной конструкции систем многоцелевого заложения для крепления горных выработок в лавах с высокой сменной нагрузкой и в проходческих забоях с высокими темпами подвигания

4.1 Способ опережающего крепления пород кровли подземных горных выработок

Применяются технологические схемы крепления выработок с неустойчивыми контурами. Необходимость в таких схемах постоянно возникает из-за сложных горно-геологических условий, в которых проводятся горные выработки при наличии зон над- и подработки, опорного (впереди фронта очистных работ) и повышенного горного (от целиков, оставленных на вышележащих ранее отработанных пластах) давлений, влияние сближенных выработок, сохранение для повторного использования за линией очистного забоя. При неустойчивой кровле устанавливаются опережающие наклонные анкера – рисунок 4.1[70-71].

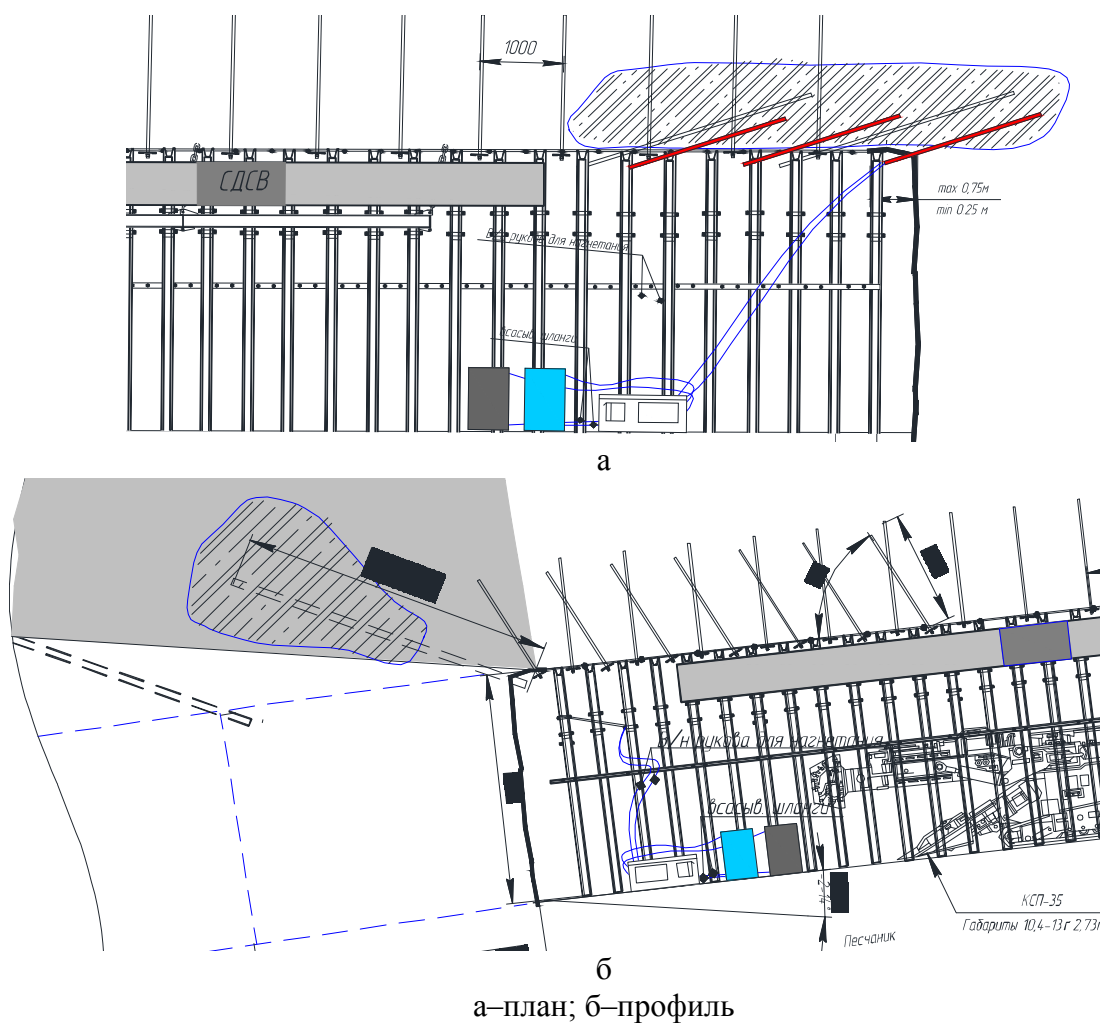


Рисунок 4.1 – Технология крепления при неустойчивой кровле устанавливаются опережающие наклонные анкера

При образовании вокруг выработки расслоений и свода ослабленных пород, превышающий длину одноуровневого крепления (более 2,4 м), устанавливается 2-й уровень из канатных (составных) или тросовых анкеров.

Проблема крепления горных выработок является одной из самых важных в общем комплексе вопросов строительства угледобывающих предприятий. Анкерная податливая крепь применяется в широком диапазоне горно-геологических условий и сечений выработок. Работоспособность, деформационно-силовые характеристики анкерных крепей и область их эффективного применения во многом зависят от принятой технологии крепления [72].

Известен способ крепления подготовительной выработки, включающий бурение шпуров по сечению выработки, установку в них сталехимических анкеров через отверстия продольных металлических прогонов, на концах которых приварены продольные прогоны из уголкового стали в которой на концы полки уголка приваривают соединяющие их поперечные полосы по обе стороны от отверстий, подтягиваемых гайками [Инновационный патент № 20334, KZ, МПК: E21D 11/00, 2008, бюл. № 11] [73-74].

Недостатком этого способа является сложность и хрупкость конструкции, большое количество сварных соединений, что в свою очередь так же увеличивает стоимость крепления, и, в данном способе, даже не рассматривается опережающее крепление пород кровли выработки. К недостаткам так же можно отнести снижение эффективности закрепления трещиноватых пород кровли впереди забоя без натяжения анкеров.

Изложенные недостатки известного способа обуславливают низкую эффективность крепления горных выработок.

Наиболее близким к технологическому решению по технической сущности и достигаемому результату является способ анкерного крепления вмещающих пород вблизи горной выработки, включающий бурение шпуров в кровлю перпендикулярно к плоскостям расслоения вмещающих пород, и бока выработки, установку в них анкерных стержней, опорных элементов и затяжки [Инновационный патент № 29039, KZ, МПК: E21D 11/00, 2014, бюл. № 10] [75].

Недостатком известного способа является то, что требуется высокая точность бурения шпуров перпендикулярно к плоскостям расслоения вмещающих пород. Так же в известных способах абсолютно не рассматривается опережающая анкерная крепь в кровле выработки, расположенная под углом по направлению продвижения забоя, препятствующая развитию (распространению) импульса напряжений в забойной части, и как следствие разрушения приконтурного массива горных пород кровли выработки. Способ недостаточно эффективен при креплении горных выработок, поскольку не решает вопрос опережающего укрепления горных пород кровли анкерами для выработок прямоугольной формы поперечного сечения с вмещающими породами кровли склонными к вывалообразованию.

Решаемая задача заключается в повышении эффективности крепления

горных выработок за счет обеспечения возможности надежного и качественного закрепления выработок, обусловленного образованием зоны укрепленных пород как по контуру выработки, так и в пределах границы зоны возможного обрушения пород и достигается тем, что в способе опережающего крепления пород кровли подземных горных выработок, преимущественно выработок прямоугольной формы поперечного сечения, включающий бурение в кровлю выработки в процессе ее проведения шпуров и установку в них анкеров, а также анкеров в бока выработки.

В призабойном пространстве проводимой выработки в кровлю выработки по направлению подвигания забоя под углом к контуру устанавливаются наклонные анкера, выполняющие роль контурного опережающего крепления, препятствующие развитию разрушения пород массива, которые определяются по формуле с учетом прогнозируемой глубины распространения куполообразования в горных породах [76]:

$$C = \left(\frac{K_{сж} \gamma_{HB}}{100 \sigma_{п}} \cos \frac{\alpha}{2} - 1 \right) \operatorname{htg} \frac{90^\circ - \varphi}{2} \quad (4.1)$$

где C —глубина куполообразования угля или пород в пластовых или породных выработках, м;

$K_{сж}$ —коэффициент концентрации сжимающих напряжений в пятах свода естественного равновесия, связанный с проведением выработки, принимается 1,2 (одиночные выработки)—1,4 (сопряжения);

γ —средняя плотность горных пород, залегающих над выработкой до поверхности, $2,7 \text{ т/м}^3$;

H —глубина заложения выработки от поверхности, м;

B —коэффициент влияния очистных работ, для пластовых и породных выработок, сооружаемых вне зоны влияния очистных работ, 1,5 (легкоуправляемые породы кровли)—1,7 (трудноуправляемые породы кровли);

φ —угол падения горных пород, град;

$\sigma_{п}$ —средняя прочность сжимаемой толщи пород мощностью h , подсеченных выработкой, МПа;

h —мощность сжимаемой толщи слоев пород, подсеченных выработкой, м.

Длина куполообразования с нарушением устойчивости горной выработки определяется по протяженности зоны неустойчивых пород [76]:

$$L_H = 25,8 e^{-0,035a} \quad (4.2)$$

где, a —угол встречи выработки с плоскостью нарушения, градус.

В призабойном пространстве проводимой выработки в кровлю выработки по направлению продвижения забоя под углом к контуру устанавливаются наклонные анкера, выполняющие роль контурного опережающего крепления, препятствующие развитию разрушения пород массива, с расчетной длиной контурных анкеров в кровле и боках (при необходимости) выработки $L_{ак}$, с нахлестом $0,3L_{ак}$ смежных партий буровой забойной крепи (БЗК) с установкой

спец профилей (СВП) одним концом на чашку БЗК, а вторым с опорой на основную крепь выработки и углом их наклона $10-15^\circ$ в случае обрушения пород кровли от оси плоскости проведения выработки [59-60]:

$$L_{ак} = L_y + L_y / f_n \cos \varphi, \text{ м}, \quad (4.3)$$

где L_y —глубина возможного ухода груди забоя по кровле (без ее крепления), м
 f —коэффициент крепости по шкале проф. Протодяконова;
 φ —угол внутреннего трения пород.

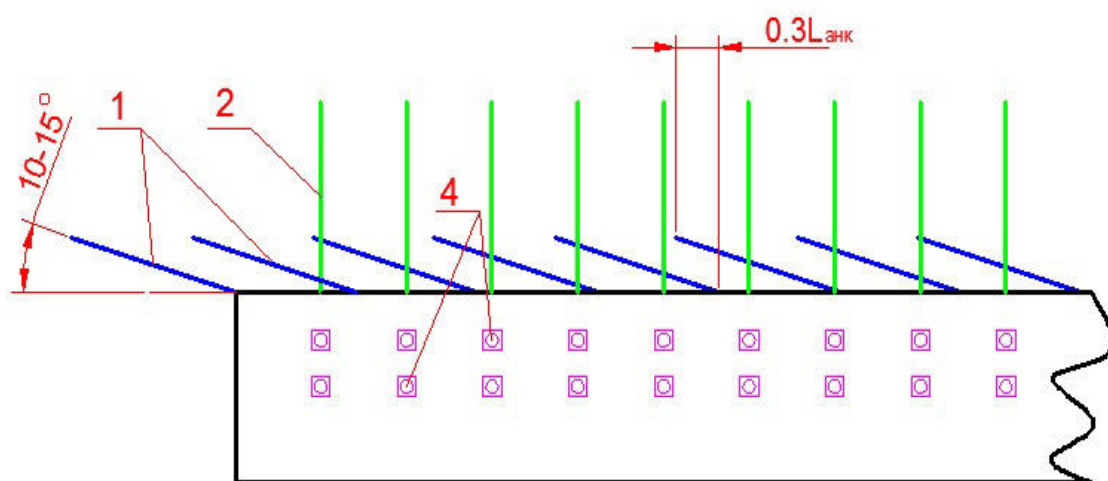
На рисунках 4.2,а,б представлены продольный и поперечный разрезы технологической схемы способа опережающего крепления пород кровли подземных горных выработок.

Для достижения поставленной задачи с заявляемым техническим результатом, необходимо: бурение в кровлю выработки наклонных шпуров под углом по направлению продвижения забоя и установку в них анкеров 1, для предотвращения развития импульса напряжений и вывалообразований в процессе ее проведения. После проведения проходческих работ бурятся шпуры и устанавливаются в них анкера перпендикулярно в кровлю 2, и одновременно бурят наклонные шпуры в кровлю выработки 3, а также анкера в бока выработки 4.

Наклонные анкера кровли выработки стоит применять как опережающую крепь в зонах геологических нарушениях вмещающие породы которых сложены из неустойчивых пород, склонных к вывалообразованию.

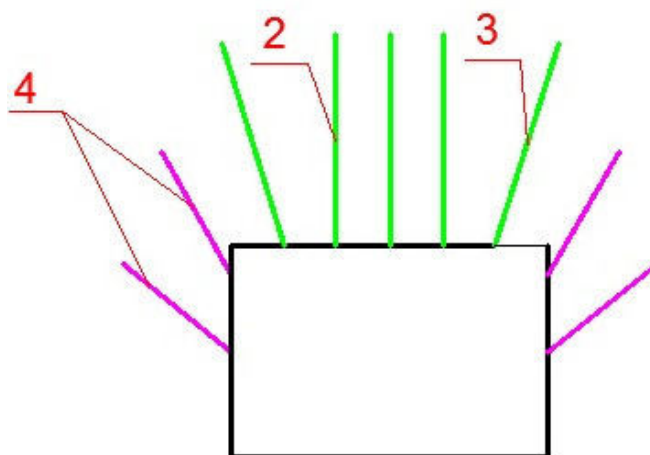
На основе полученных данных по куполообразованию определяются длина опережающих и кровельных анкеров с учетом характера проявлений горного давления, расчетной схемы анкерной крепи и глубины зоны возможного обрушения пород, плотность установки анкеров в кровле, расстояние и шаг установки анкеров.

Также определяются параметры установки боковых анкеров.



а

Лист 1



б

а, б—продольный и поперечный разрезы выработки

Рисунок 4.2 – Способ опережающего крепления пород кровли подземных горных выработок (Лист 2)

Технический результат, достижение которого обеспечивает решение поставленной задачи, выражается в технологии крепления кровли выработки, снижение напряжений в забойной части выработки с породами кровли склонными к вывалообразованию.

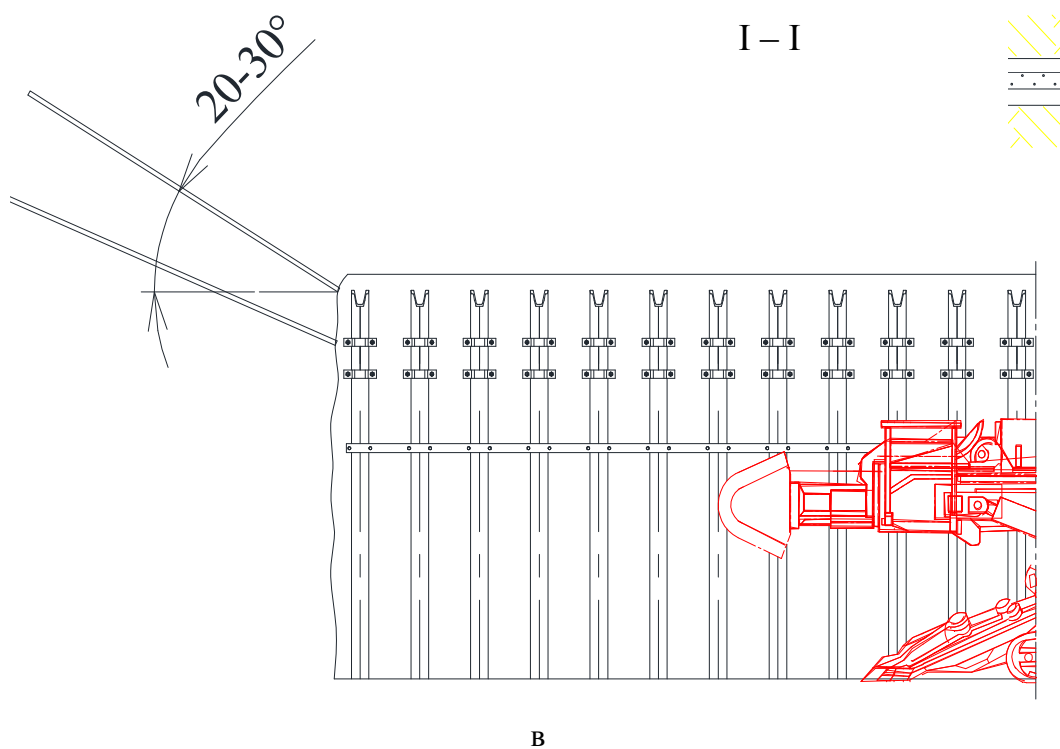
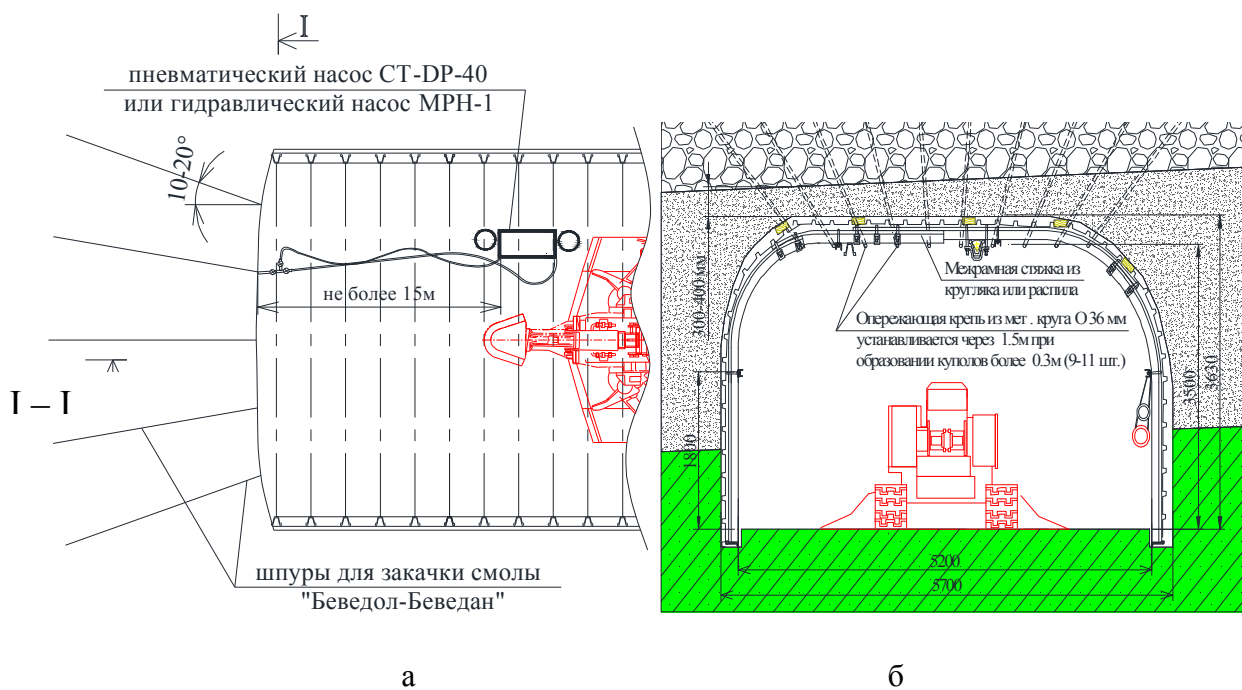
Задачей технологического решения является повышение устойчивости непосредственной кровли на неустойчивых участках горных выработок, повышение безопасности ведения работ на глубоких горизонтах посредством сшивания неустойчивых пород непосредственной кровли и последующим закреплением созданного искусственного контура [78 - 79].

Ниже представлена технология химического упрочнения пород кровли и боков выработки, реализованная при проведении монтажной камеры (паспорт проведения и крепления разрезной печи 4.01д₆-2с с пикета ПК19+7м по ПК 20+2м) в неустойчивых породах по пласту д₆, шахты им. Ленина – рисунок 4.3.

Для химического упрочнения в боках и кровле бурятся наклонные шпуров диаметром 42 мм, в которые вводится перфорированная трубка с подсоединенным смесителем запорной арматуры с подачей смолы до нарастания давления 100–150 бар.

При этом возможна технология применения опережающего (передового) анкерного крепления как в качестве временной, так и постоянной крепи - рисунок 4.4 [80].

При правильно обоснованных и выбранных параметрах анкерования, образующая породно-анкерная конструкция имеет более высокие прочностные характеристики, чем окружающий массив, что обеспечивает сохранение ее сплошности.



а–вид в плане; б–поперечный разрез; в–продольный разрез

Рисунок 4.3 – Технология химического упрочнения пород кровли и боков выработки при проведении и креплении разрезной печи 4.01Д_{6-2С} в неустойчивых породах по пласту д₆ шахты им. Ленина Карагандинского угольного бассейна

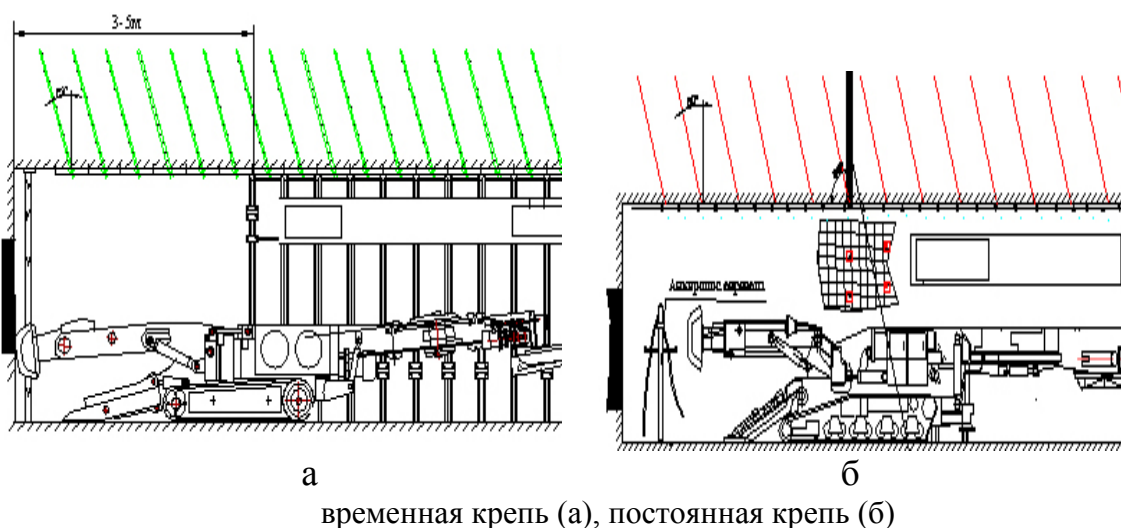


Рисунок 4.4 – Технология применения опережающего (передового) анкерного крепления

После формирования в окрестности выработки несущей породно-анкерной конструкции начинается расслоение пород за ее пределами. Породно-анкерная крепь не только воспринимает нагрузку от разрыхления пород в зоне разрушения, но и сдерживает развитие фронта разрушения в сторону выработки, а также препятствует распространению деформаций пород в пределах зоны неупругих деформаций, в направлении полости выработки. Таким образом, в массиве создается породно-анкерная конструкция ограждающе-удерживающей крепи выработки.

Прогиб сформированной анкерной балки рассчитывается по следующей формуле [81]:

$$w = \frac{12}{384} \cdot \frac{(\gamma \cdot H + (\ell_b + \ell_z) \gamma_k B) \cdot B^4}{E \cdot b \cdot (\ell_b + \ell_z)^3 \cdot k_{упр}} \quad (4.4)$$

где γ - объемный вес пород, принимается равным $2,5 \text{ кН/м}^3$;

E – модуль Юнга (средневзвешенный) пород кровли в пределах зоны расслоения пород, МПа; при вычислении необходимо принимать: 3000 МПа - для угля; 10500 МПа - для аргиллита; 20500 МПа - для алевролита; 30500 МПа - для песчаника.

b – ширина сформированной анкерной балки, м.

$k_{упр}$ - коэффициент упрочнения сформированной балки за счет анкерного крепления в зависимости от пород кровли:

$k_{упр} = 1,2$, если сопротивление пород кровли на сжатие $R_{ск} > 80 \text{ МПа}$;

$k_{упр} = 1,35$, если $35 \leq R_{ск} \leq 80 \text{ МПа}$;

$k_{упр} = 1,5$, если $R_{ск} < 35 \text{ МПа}$.

4.2 Технологическая схема крепления комбинированной крепью конвейерного штрека 43бк₁₂₋₁₃ шахты им. Костенко Карагандинского угольного бассейна

Глубина заложения выработки 600 м. Породы кровли пласта представлены аргиллитами мощностью 3,9 м и алевролитами мощностью 12,7 м (рисунок 4.5). Крепость аргиллитов – 2,8, алевролитов – 4,3 по шкале проф. Протодяконова. В таблице 4.1 представлена характеристика выработки.

Таблица 4.1

Характеристика выработки

Наименование выработки	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Площадь сечения, м ²	Тип крепления	Тип затяжки
Конвейерный штрек 43б к ₁₂₋₁₃	500	5,8/5,4	3,75/3,5	17,4/14,5	МАК 2р/пог.м	ММ

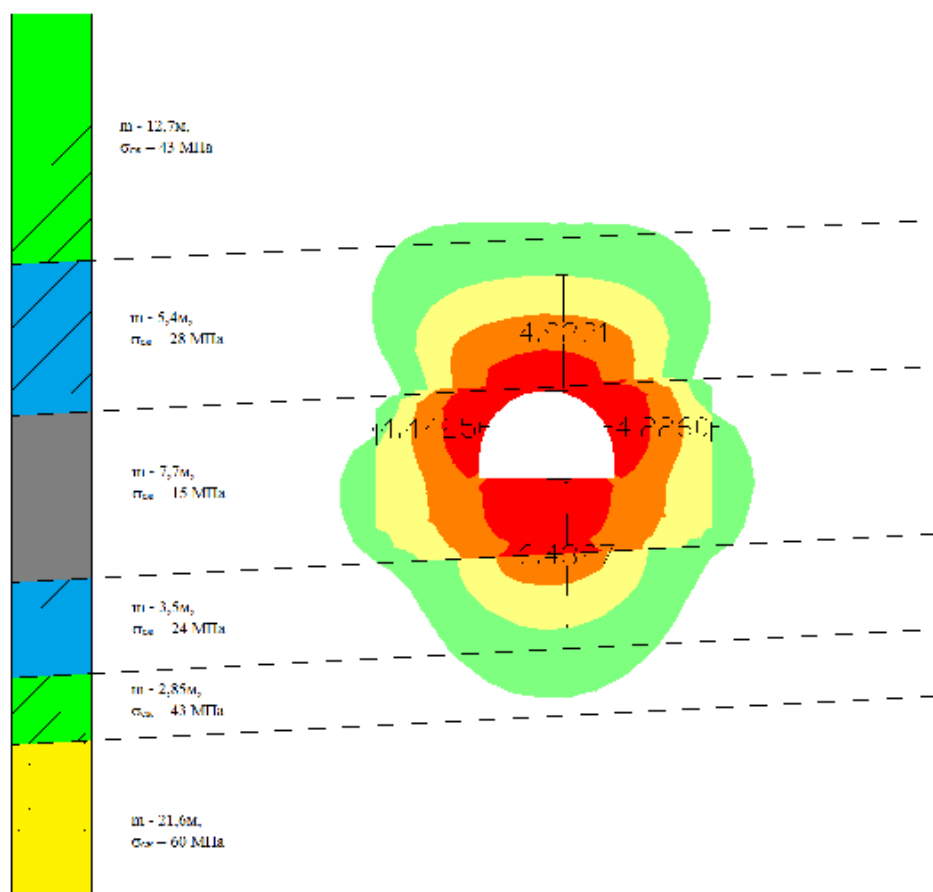


Рисунок 4.5 – Стратиграфический разрез и прочностные параметра горных пород вокруг выработки

$$R_{ск} = \frac{2,75 \cdot 28 \cdot 0,9}{2,75} = 25,2 \text{ МПа} < 35 \text{ МПа}$$

Определяется перемещение по номограмме $U_T=194\text{мм}$.

$$U_M = U_T \cdot K_\alpha \cdot K_{\text{ш}} \cdot K_B \cdot K_a = 194 \cdot 0,75 \cdot 0,25 \cdot 4,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 164 > 150 \text{ мм}$$

где $K_\alpha = 0,9$, так как $R_{\text{СК}} < 35\text{МПа}$, производится вычисление $R'_{\text{СК}}$ пород кровли после обнажения на расстоянии до $1,5B$, м

$$R'_{\text{СК}} = \frac{(5,4 \cdot 28 + 2,85 \cdot 43) \cdot 0,9}{8,25} = 29,9 < 35 \text{ МПа}$$

Если $R'_{\text{СК}} < 35\text{МПа}$, тогда применяется расчетная схема с комбинированной крепью.

Основные параметры крепи.

Высота свода обрушения пород в кровле определяется по формуле [82]:

$$a' = 2,75 + 3,5 \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{23^\circ}{2}\right) = 2,75 + 3,5 \cdot 0,66 = 5,1;$$

$$\ell'_B = \frac{5,1}{2,8 \cdot 0,9} = 2 \text{ м.}$$

Определяется длина анкера [82]:

$$\ell_a = 2,0 + 0,5 + 0,1 = 2,6 \text{ м,}$$

Прогиб сформированной анкерной балки рассчитывается по следующей формуле:

$$w = \frac{12}{384} \cdot \frac{(\gamma \cdot H + (\ell_B + \ell_3) \gamma_K B) \cdot B^4}{E \cdot b \cdot (\ell_B + \ell_3)^3 \cdot k_{\text{упр}}}$$

Так как расчетная длина анкера, превышает длину стандартного анкера (2,4 м) рассчитывается значения прогиба сформированной анкерной балки на высоту 2,3 м (длина стандартного стального анкера):

$$w = \frac{12}{384} \cdot \frac{(2,5 \cdot 500 + 2,3 \cdot 2,5 \cdot 6) \cdot 5,8^4}{10500 \cdot 1 \cdot 2,3^3 \cdot 1,5} = 250 > 150 \text{ мм.}$$

Исходные данные: $H=500$ м, $B=5,8$ м, так как в кровле аргиллит принимается $E=7500$ МПа, $R_{\text{СК}} < 35\text{МПа}$, то $k_{\text{упр}} = 1,5$.

Параметры рамной металлоарочной крепи определяются в соответствии с «Инструкцией по расчету параметров рамной металлоарочной крепи».

По значению ℓ'_B определяют плотность установки анкеров в кровле:

$$P_k = \frac{\ell_v \cdot \gamma_k \cdot n_{\Pi}}{P_a} = \frac{2,5 \cdot 25 \cdot 2,5}{100} = 1,6 \text{ анк./м}^2;$$

$$\gamma_k = 25,0 \text{ кН/м}^3,$$

где γ_k —средневзвешенный объемный вес в пределах зоны обрушения пород, кН/м³;

n_{Π} — коэффициент пригрузки, $n_{\Pi} = 2,5$, так как $R_c < 35 \text{ МПа}$;

P_a —расчетная несущая способность анкера, 100 кН.

Расстояние между анкерами:

$$a_a = \sqrt{\frac{1}{1,4}} = 0,8 \text{ м.}$$

Количество анкеров в ряду в кровле выработки:

$$n_k = \frac{5,5}{0,8} = 6,9 \text{ анк.}$$

Принимается к установке 7 анкеров.

Шаг установки анкерной крепи (расстояние между рядами анкеров):

$$C_k = \frac{7 \cdot 100}{5,5 \cdot 156,25} = 0,8 \text{ м.}$$

Принимается расстояние между рядами анкеров 0,8 м.

Поскольку анкерная крепь в данных условиях может применяться в сочетании с рамной, определяется плотность установки рамной крепи:

$$P_{\text{макс}} = \ell_v \cdot \gamma \cdot B = 2 \cdot 25 \cdot 5,5 = 275 \text{ кН/м,}$$

где ℓ_v —мощность пород заключенных в условной зоне неупругих деформаций, м;

γ —объемный вес пород, кН/м³;

B —ширина выработки, м.

Плотность установки рам металлической податливой крепи составляет:

$$n = \frac{P_{\text{max}}}{N} = \frac{275}{290} = 0,95 \text{ рам/м,}$$

где $N=290$ кН – сопротивление крепи КМП-А3 с планкой ЗПК.

Плотность установки рамной крепи при комбинированном виде (с учетом анкерной крепи) вычисляется по формуле:

$$N = 0,95 \cdot 0,61 = 0,58 \text{ рам/м.}$$

В случае вывала кровельных пород в забое, в куполах выкладываются клетки. При высоте купола более 1 метра производится увеличение плотности установки рам основной крепи с 2 до 3 рам на 1 пог.м или устанавливается передовая крепь – рисунок 4.6.

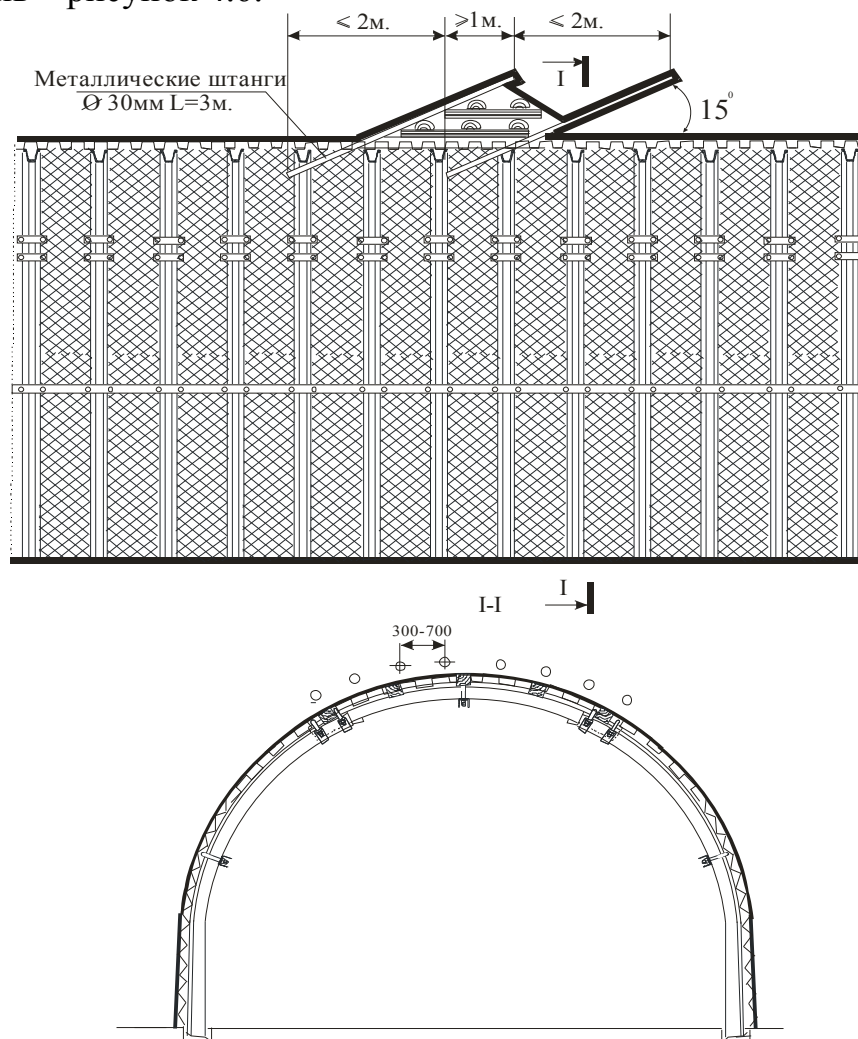


Рисунок 4.6 - Передовая крепь: профиль (вверху) и сечение (внизу)

При неустойчивой кровле (образование куполов над крепью более 0,5 м) в качестве передовой крепи применять металлические штанги (шилья), заводимые в шпур, пробуренные над верхняком последней (у забоя) рамы в нетронутый массив и образующие металлический каркас, под которым производится выемка горной массы и крепление выработки. плотность передовой крепи зависит от прочности пород кровли. Неснижаемое опережение передовой крепи не менее 1 метра.

4.3 Технология закачки закрепляющих смол в неустойчивый горный массив

Ниже представлены способы опережающего крепления неустойчивого

горного массива впереди фронта проведения горных выработок.

Способ крепления подготовительной горной выработки в неустойчивых породах.

Назначением данного способа является обеспечение производства работ по креплению в зоне с повышенными напряжениями в приконтурных породах, особенно в условиях проведения выработок по нарушенным пластам. Применение предлагаемого способа крепления подготовительной горной выработки позволит заблаговременно крепить породы в зоне повышенного напряженного состояния, чем предотвращаются деформации при их обнажении в процессе проведения горной выработки. Зона повышенного горного давления располагается в кровле и бокам контура выработки и примыкает непосредственно к подвижной плоскости проходческого забоя и ее волна выходит наперед фронта продвижения выработки [83-84].

При отбойке очередного цикла горной массы по фронту продвижения выработки в кровле и бока бурят шпуров и устанавливают соответственно анкера и наперед в зону повышенных напряжений, чем достигается «сшивки» боковых пород в этой зоне с установкой передовой крепи, представлено на рисунке 4.6.

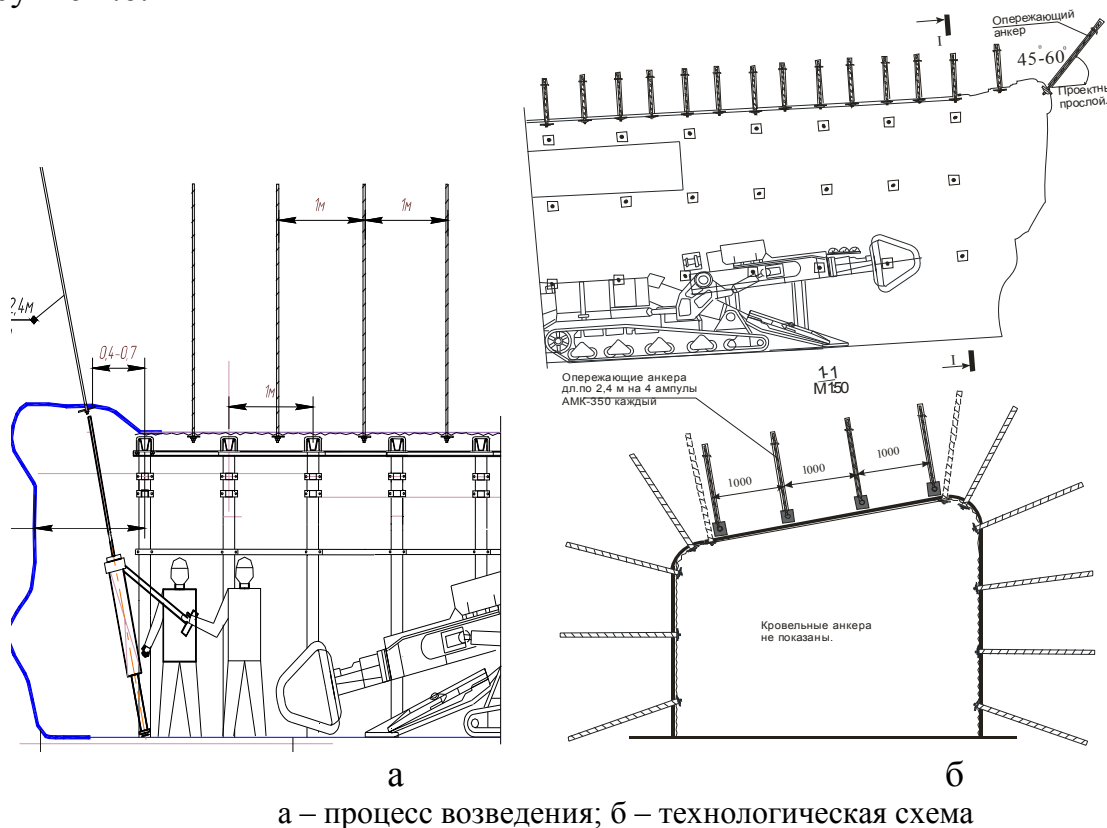
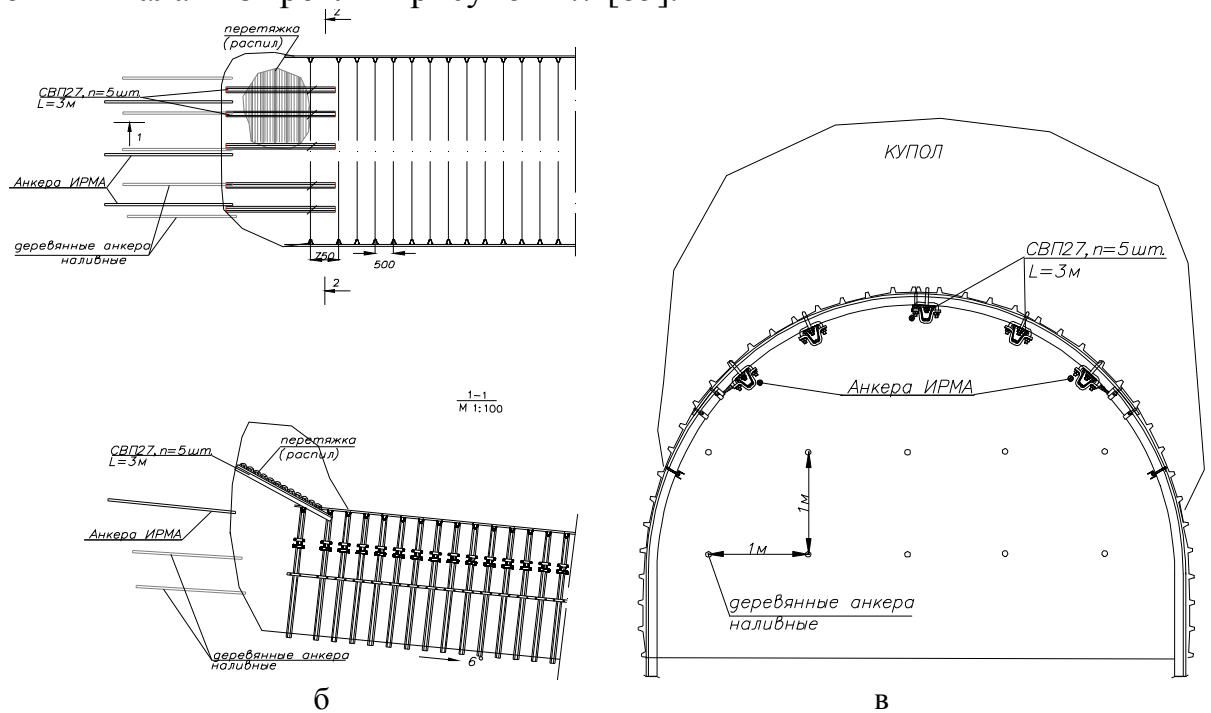


Рисунок 4.6 – Технология применение передовой крепи при неустойчивой кровле (шахта «Саранская» Карагандинского угольного бассейна)

При обрушении кровли, следствии нарушения устойчивости вмещающих пород при уходе груди забоя более 0,75 м – при анкерном и 1,25 м - при смешанном креплении производится установка наклонных сталеполимерных анкеров в кровлю выработки.

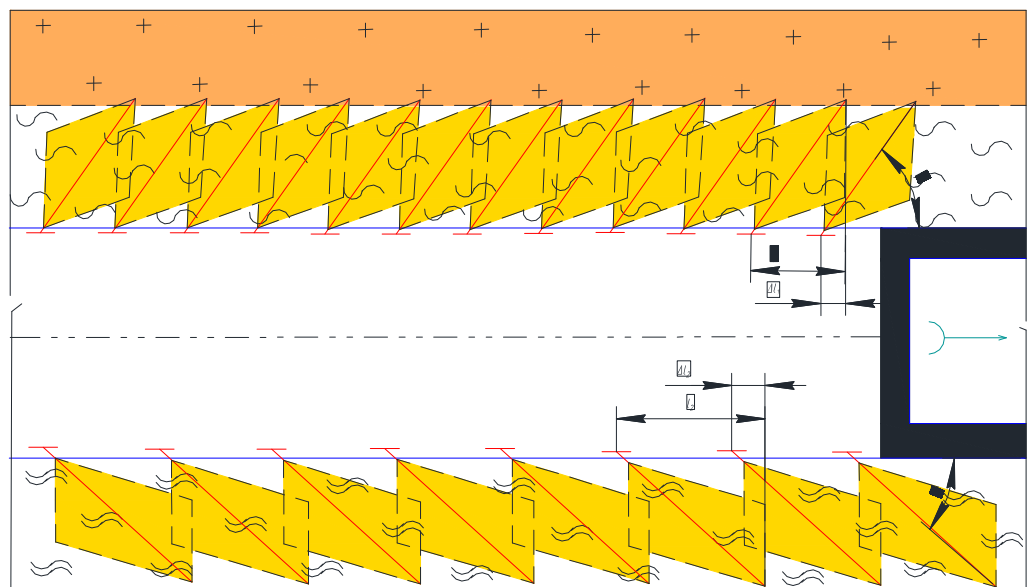
По этой же технологии производят крепление выработки при уходе груди забоя и вывалах из кровли – рисунок 4.7 [85].



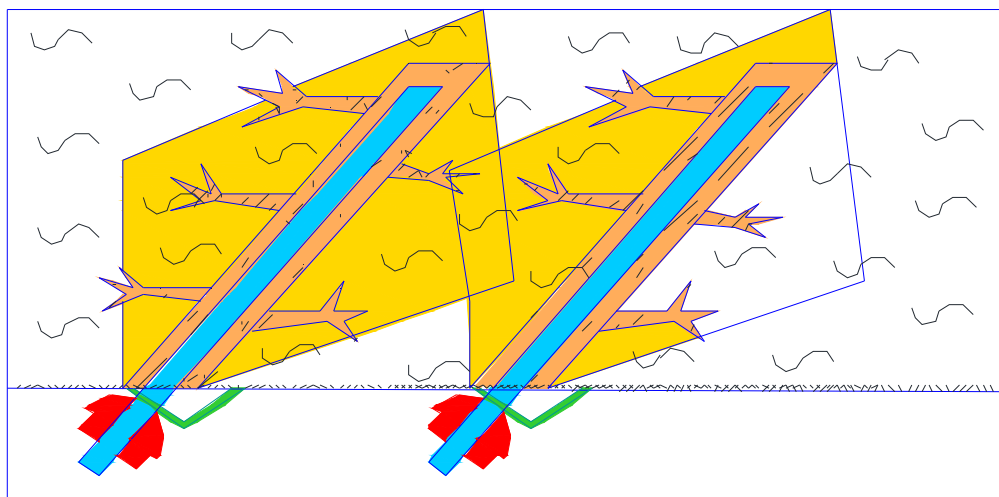
а – план; б – профиль; в – сечение

Рисунок 4.7 – Установка деревянных анкеров и анкеров «Ирма» в грудь забоя в местах куполообразования (конвейерный штрек 193Д₆-ю шахты «Тентекская»)

Технологическая схема крепления выработки в зонах нарушений – рисунок 4.8.



а
Лист 1

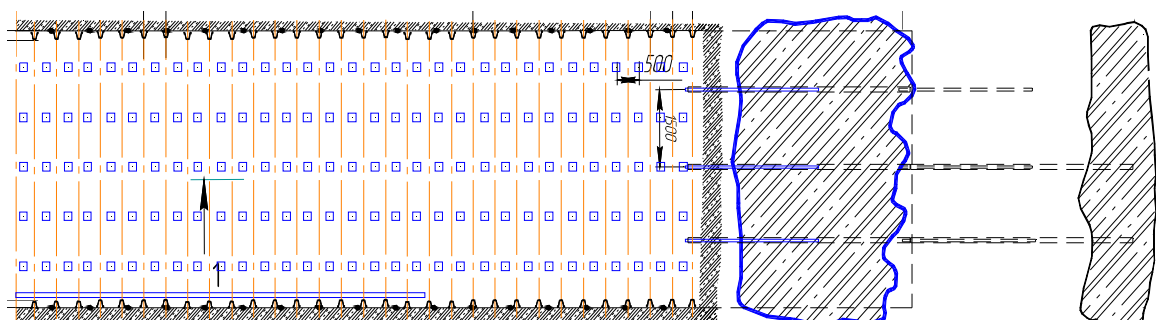


б

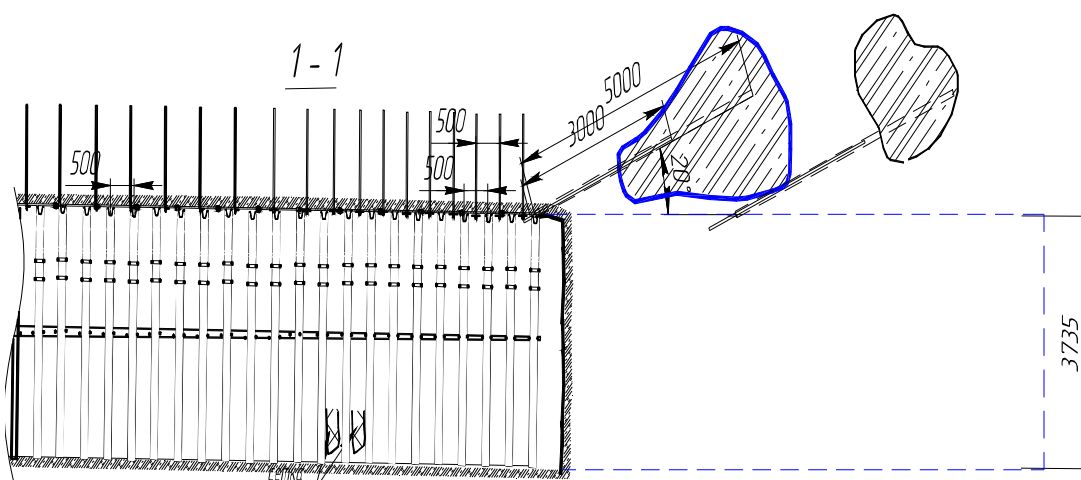
а – общая схема; б – схема установки соседних анкеров с нахлестом

Рисунок 4.8 – Технологическая схема крепления выработки в нарушении (Лист 2)

На рисунке 4.9 показана закачка закрепляющего химическим раствором зоны геологического нарушения через инъекционные шпуров по 50 – 60 л смолы «Беведол-Беведан» с шагом 5 м повторно [86].



а



б

а – план; б – профиль

Рисунок 4.9 – Закачка закрепляющего химического раствора в зоны геологического нарушения через инъекционные шпуров

На рисунке 4.10 показано химическое упрочнение неустойчивых пород впереди проводимого забоя при проведении выработки [87].

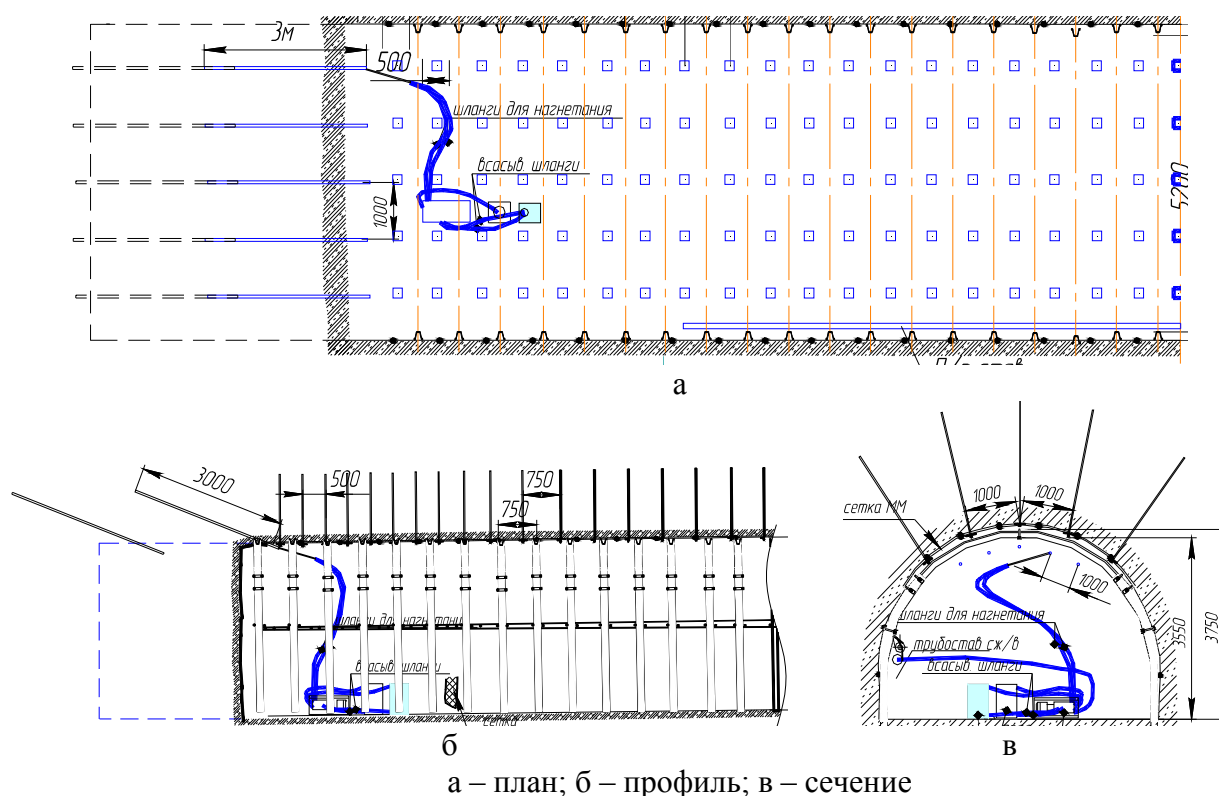


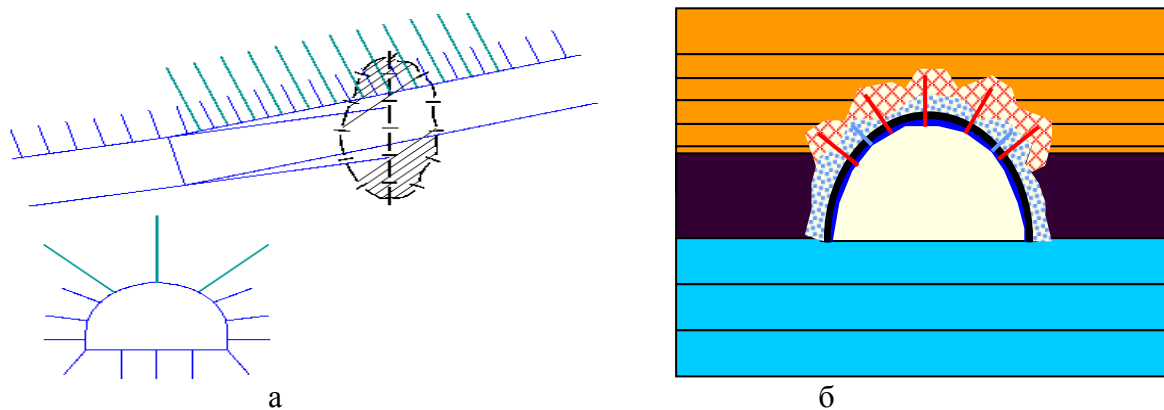
Рисунок 4.10 – Химическое упрочнение неустойчивых пород при проведении выработки

Способ проведения пластовых выработок по нарушенным зонам угольных пластов.

Способ проведения пластовых выработок по нарушенным зонам угольных пластов (рисунки 4.11 и 4.12), заключается в использовании канатных анкеров, сталеполимерных анкеров, устанавливаемых в кровлю, бока и почву выработки по всей её длине в ослабленной зоне и стеклопластиковых анкеров, пробуриваемых вдоль оси выработки, перед, непосредственно в ней самой и при выходе из зоны с дислокациями, что создаёт зоны усиленного крепления придаёт выработке устойчивость в области неустойчивых вмещающих пород и повышенного горного давления. Вокруг контура выработки создается заанкерированный прочный массив, передающий дополнительные нагрузки на прилегающие породы и снижающий конвергенцию горных пород [88-89].

Применение данного способа пластовой выработки в нарушенной зоне при помощи канатных, сталеполимерных и стеклопластиковых анкеров обеспечивает: вытеснение газа метана в полость выработки, снижается деформация выработки в нарушенной зоне.

Опережающее упрочнение ослабленной зоны горных пород, при пересечении зоны тектонического нарушения подготовительной выработкой, осуществляется инъекционными анкерами, представленными на рисунке 4.13.



а – схема входа выработки в нарушение; б крепление выработки в нарушении

Рисунок 4.11 – Способ проведения и крепления пластовых выработок в нарушенных зонах угольных пластов

На рисунке 4.14 представлена схема установки укрепляющих анкеров наперед забоя выработки в ослабленные породы.

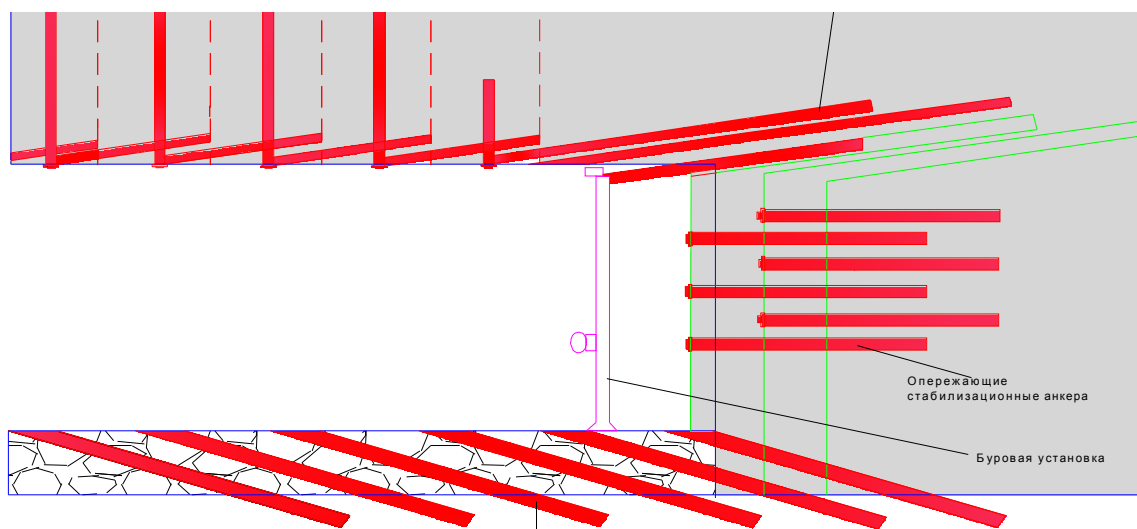
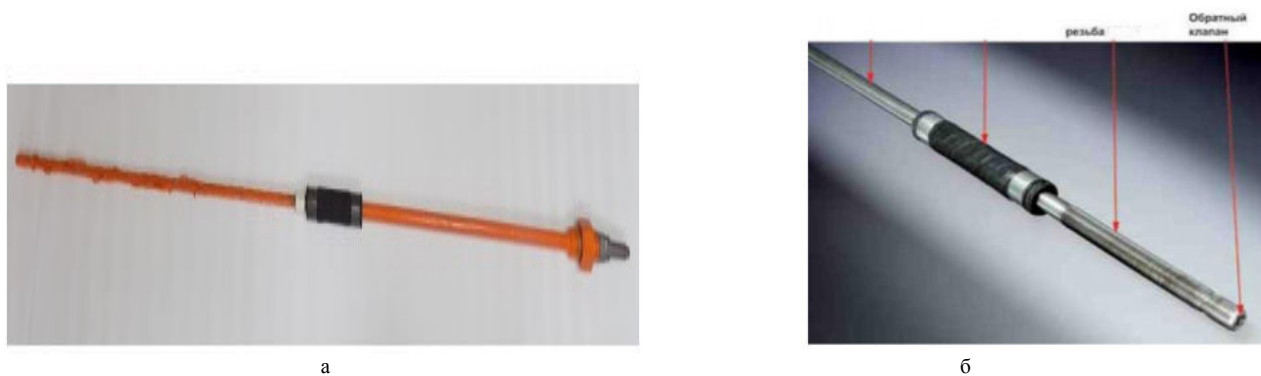


Рисунок 4.12 – Способ крепления подготовительной горной выработки в зоне нарушения



а – анкер канатный инъекционный АКИ; б – нагнетательная трубка с функцией анкера – ИРМА

Рисунок 4.13 – Опережающее упрочнение ослабленной зоны горных пород

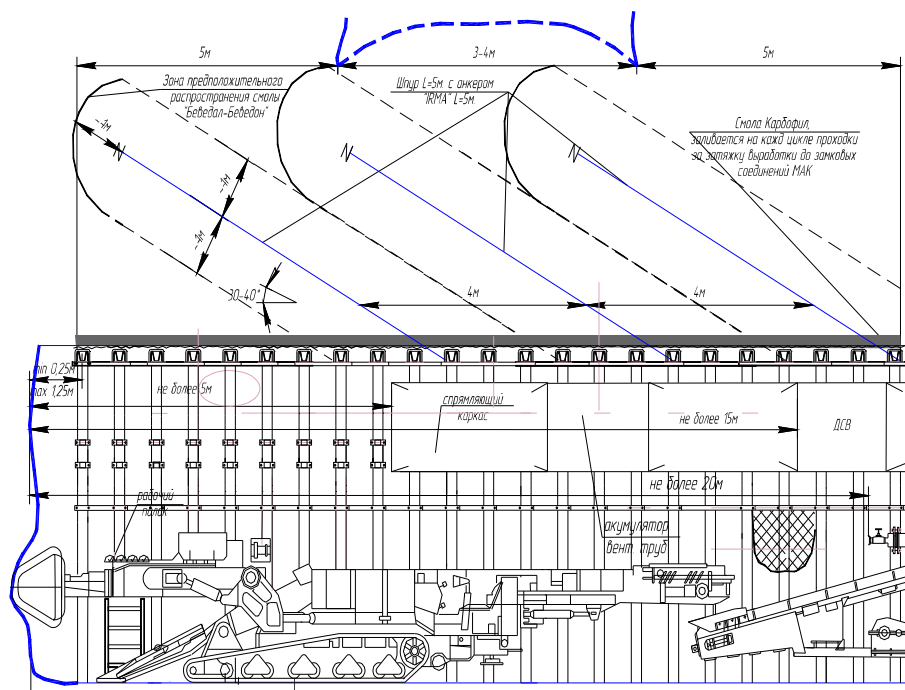
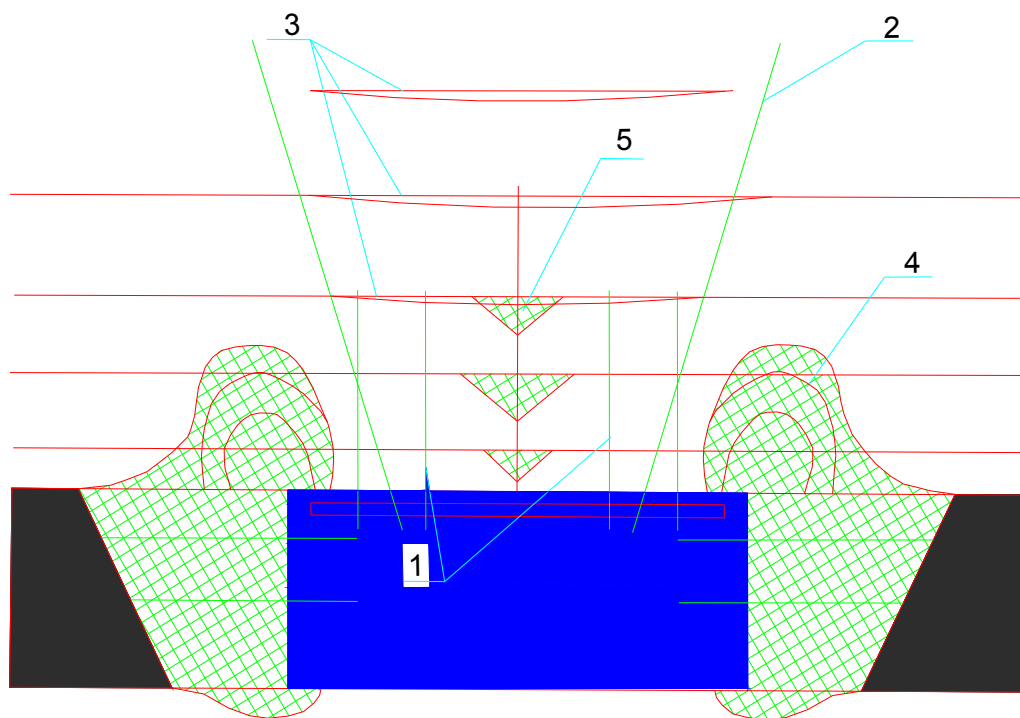


Рисунок 4.14 – Схема установки укрепляющих анкеров наперед забоя выработки в ослабленные породы

4.4 Технологические схемы превентивного воздействия на углепородный массив для снижения дефектности контуров выработки

При проведении горной выработки вокруг нее возникает деформированное состояние в приконтурном массиве – рисунок 4.15. Разработка технологических схем проведения подготовительных выработок должно предусматривать сочетание штанговых и тросовых анкерных крепей. Их силовые и деформационные параметры должны приниматься в соответствии с условиями взаимодействия с массивом пород кровли в режимах заданных величин и скоростей деформаций, заданных нагрузок, комбинированном или переходном, которое устанавливаются для каждой конкретной выработки на основании геологической разведки. Штанговые сталиполимерные крепи должны устанавливаться в непосредственную кровлю, а тросовые – в основную – см. рисунок 4.16 [90].

Устанавливается кровельная анкерная крепь и опережающее кровельное и боковое опережение упрочнением удлиненными наклонным анкерированием с нахлестом в нарушенной зоне по фронту выработки с превентивным креплением для обеспечения ее устойчивости выработки поверх металлической податливой крепи вокруг закрепленного контура горного массива [91 – 92].

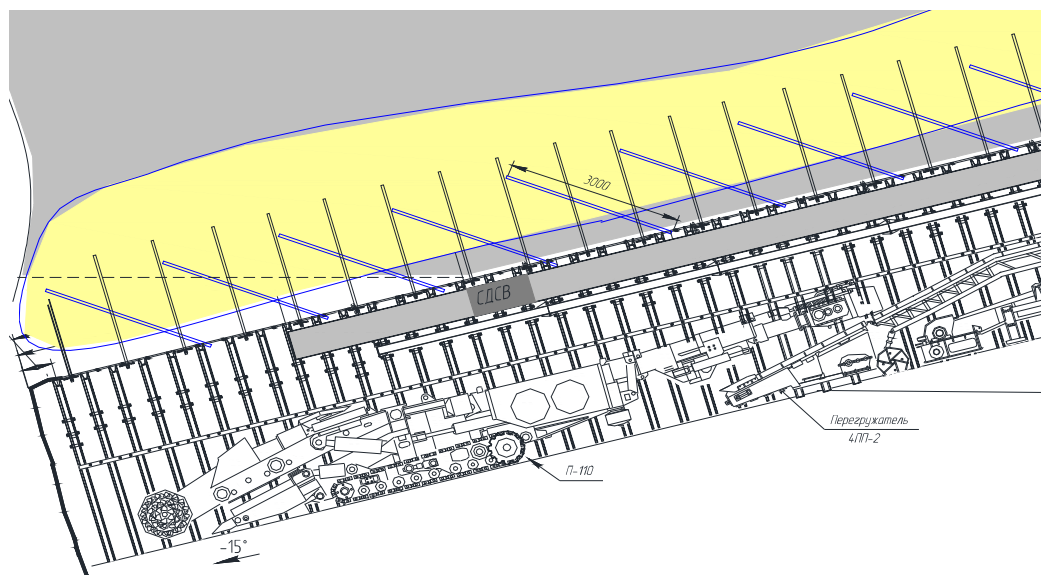


1 – сталеполимерные анкеры стандартной длины; 2 – анкеры глубокого заложения; 3 – трещины расслоения; 4 – область концентрации касательных напряжений и дезинтеграции пород кровли; 5 – пластический шарнир

Рисунок 4.15 – Схема деформированного состояния приконтурного массива подготовительной выработки

Технологическая схема закачки закрепляющих смол в неустойчивый горный массив.

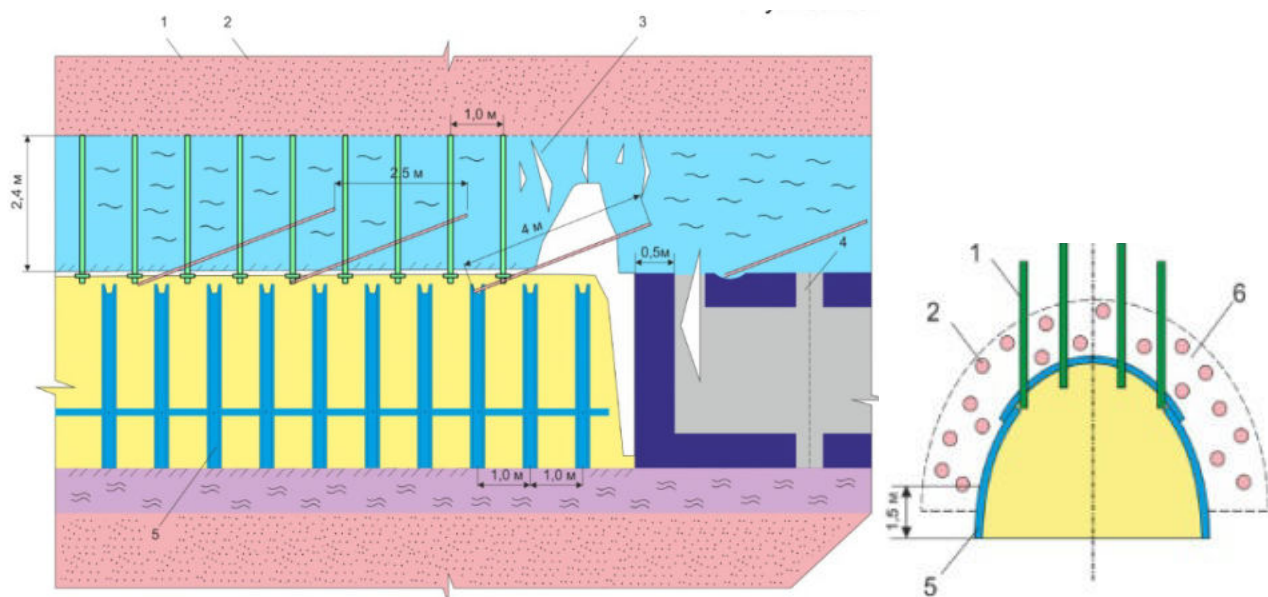
Ниже показана технология закачки закрепляющих смол в неустойчивый горный массив по длине нарушения. Закачка синтетических смол в приконтурные породы при пересечении участков со слабыми породами – рисунок 4.17 [92].



а

Лист 1

81



б

1 – кровельная анкерная крепь; 2 – опережающее кровельное и боковое опережение упрочнением удлиненными наклонным анкерированием с нахлестом; 3 – нарушенная зона; 4 – фронт выработки с превентивным креплением для обеспечения устойчивости выработки; 5 – металлическая податливая крепь; 6 – закрепленный контур горного массива

Рисунок 4.16 – Технологическая схема кровельным анкерированием (а) и опережающим кровельным и боковым упрочнением (б) в зоне геологического нарушения (Лист 2)

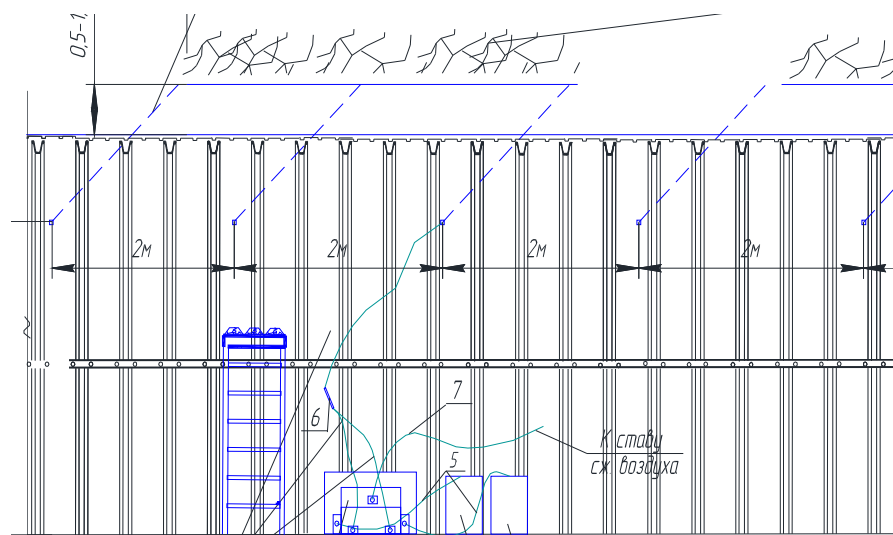


Рисунок 4.17 – Закачка синтетических смол в приконтурные породы при пересечении участков со слабыми породами

5 Реализация и опытно-промышленные испытания созданных технологических разработок

5.1 Проведение опытно-промышленных испытаний канатных и составных анкеров конструкции КарГТУ на шахте «Абайская» Карагандинского угольного бассейна

Для проверки и адаптации разработанных технологических решений по разрешению Технического управления Угольного департамента АО АрселорМиттал Темиртау» проведены на шахте «Абайская» опытно-промышленные испытания по установке канатных анкеров длиной 5 м (30 шт.) и диаметром каната 19 мм (рисунок 5.1,а); составных анкеров (рисунок 5.1,б) длиной 4,8 м (10шт.) конструкции КарГТУ в кровлю камеры конвейерного штрека 231к₁₈-с пласта к₁₈ – приложение А.

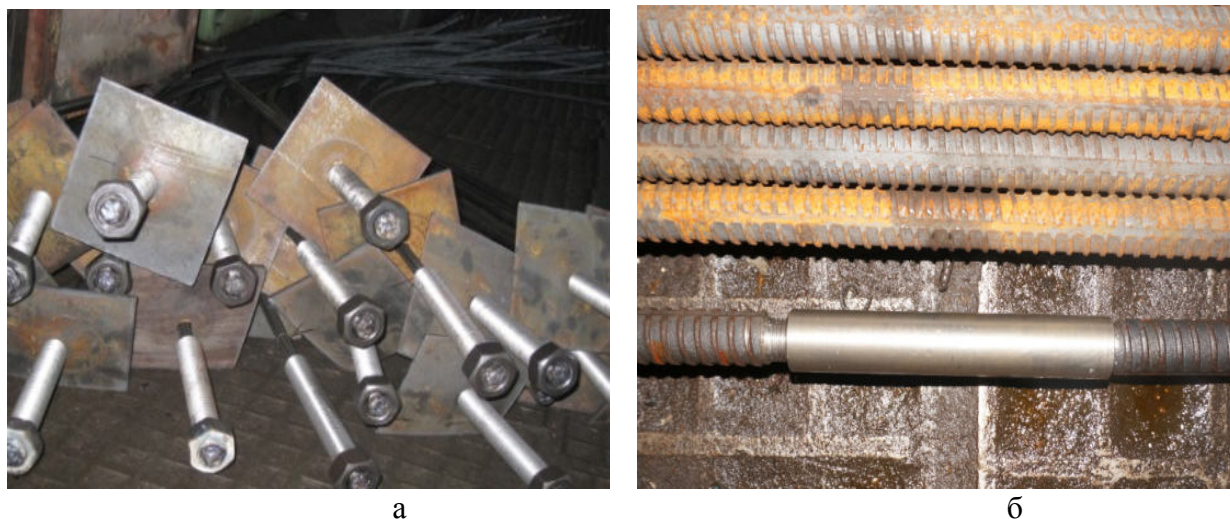


Рисунок 5.1 – Канатный (а) составной (б) анкер конструкции КарГТУ

Работы проводились для расширения конвейерного штрека с ПК75+5 по ПК77+5 с целью укрепления кровли камеры под электропоезд для беспрепятственного прохода по выработке при ее эксплуатации (рисунок 5.2) [93].

В пробуренный шпур (скважину) буровой установкой «Супер Турбо» (рисунок 5.3) диаметром 28 мм и длиной 4,9 м, из которых 3,1 м – заполнено скрепляющим химическим составом.



а



б

а—установлена верхняя часть; б— накручивается нижняя часть

Рисунок 5.4 – Установка составных анкеров при опытно-промышленных испытаниях

Также проведены опытно-промышленные испытания составных анкеров КарГТУ в условиях конвейерного штрека 232к₁₈-с (рисунок 5.5) пикет ПК120+6м в зоне повышенного горного давления и неустойчивых пород кровли проводимой горной выработки. На технологической схеме представлено расположение опережающих составных анкеров (см. рисунок 5.5, б), установленных в кровлю выработки наперед под углом 75°, что положительно повлияло на устойчивость контуров сечения [93].



г



д

а–сечение выработки, б–продольный разрез; в–вид в плане; г, д –соответственно бурение шпуров в кровлю и наперед груды забоя выработки

Рисунок 5.5 – Технология установки составных анкеров в условиях конвейерного штрека 232к₁₈-с (Лист 2)

5.2 Выбор основных параметров технологии укрепления нарушенного массива химическим анкерованием

Применительно к очистному забою упрочнению подлежат породы, которые теряют свою несущую способность до установки крепи. Породы кровли очистных забоев объединяются по двум квалификационным признакам [94]: обрушаемость массива над очистной выработкой; устойчивость пород нижнего слоя над очистной выработкой.

К настоящему времени для упрочнения кровли в очистных забоях с применением нагнетания смесей в шпуры наиболее широкое распространение получили составы на основе полиуретанов.

Эти смолы обладают следующими основными характеристиками: время старта 2 – 30 с; коэффициент расширения 4 – 5,5; класс горючести «Г» (трудно горючий); температура среды применения 2 – 35° [94,95].

Результаты упрочнения пород в значительной степени зависят от природных факторов и применяемых параметров нагнетания. В настоящее время нагнетание скрепляющих составов производится, как правило, в шпуры с инъекционными анкерами или через герметизатор. Бурят шпуры непосредственно в упрочняемом массиве или через угольный пласт. Обычно при упрочнении пород кровли в очистных забоях шпуры бурят в один ряд. Расположение шпуров выше пласта и их длина зависят от трещиноватости

пород. При наличии мощных обрушений шпуров могут располагаться в два и более рядов.

К основным параметрам нагнетания скрепляющего состава относятся длина и угол наклона шпура к плоскости напластования пород, расстояние между шпурами, глубина герметизация устья шпура, давление и темп нагнетания, расход скрепляющего на 1 шпур, количество нагнетания.

Указанные параметры зависят от физико-механических свойств упрочняемых пород, их трещиноватости, мощности, карбонатности и обводнённости, а также от применяемых средств крепления пород кровли и скорости подвигания очистного забоя. Параметры нагнетания определяются расчётным путём, а затем уточняются по фактическим результатам. Длина шпура должна на 0,5 м превышать величину подвигания очистного забоя.

Длина анкера, особенно глубина заделки в массиве, определяют прочностные характеристики анкерной крепи, её сопротивляемость различным нагрузкам и деформациям. Углы установки анкеров и расположение устьев шпуров под них характеризует ориентацию вводимых в породный массив средств укрепления.

Для уменьшения вертикального расслоения пород кровли анкера устанавливают под углом $40 - 60^\circ$, чем обеспечивается подшивка упрочняемого массива с более устойчивыми вышележащими породами. Для предотвращения сдвижения пород в горизонтальном направлении анкера устанавливаются под углом $0 - 10^\circ$. Более двух рядов по плоскости обнажения устанавливать нет необходимости. Шаг установки анкеров в ряду определяется степенью нарушенности массива и прочностью вмещающих пород. Шаг установки анкеров изменяется от 0,4 до 1,5 м в зависимости от горно-геологических условий – таблица 5.1[96].

Таблица 5.1

Технологические параметры химического анкерования

Характеристика упрочняемых пород	Длина шпура, м	Длина анкера, м	Шаг установки, м	Примечание
Слабые породы кровли, сложенные аргиллитами и алевролитами				
Блочное обрушение на высоту до 2 м	2,8–3,3	3,0–3,5	0,7–1,0	Инъекционные анкера устанавливаются в зоны ослабления
Блочное обрушение на высоту 2 м и более	2,8–3,3	3,0–3,5	0,7–1,0	Закачка фенольных смол
Обрушение кровли мелкой кусковатостью (размер кусков породы не менее 100 мм) на высоту до 2 м и более	2,8–3,3	3,0–3,5	0,3–0,4	Закачка полиуретановых смол
Нарушенный угольный пласт				
Отжим угля на глубину до 2 м	2,5–2,8	2,8–3,0	0,8–1,0	Деревянные анкера устанавливаются в 2 ряда в шахматном порядке

Продолжение таблицы 5.1

Характеристика укрепляемых пород	Длина шпура, м	Длина анкера, м	Шаг установки, м	Примечание
Нарушенный угольный пласт				
Отжим угля на глубину более 2 м	2,8–3,3	3,0–3,5	0,8–1,0	Необходимо применять заливку смолы в шпуры

5.3 Рекомендации по применению технологий упрочнения пород кровли быстротвердеющими составами

Упрочнения пород кровли производится нагнетанием полиуретановых составов и химическим анкерованием объёмным закреплением, что способствует увеличению прочности и более эффективному использованию. Производится выбор способа упрочнения пород кровли быстротвердеющими составами, при этом главным критерием, в соответствии с которым выбираются способ и параметры технологической схемы упрочнения пород кровли, является их средняя кусковатость при обрушениях.

К первой (I) группе относятся породы, у которых при обрушении преобладают куски с размерами менее 0,1 м, ко второй (II) – 0,1...0,3 м, к третьей (III) – 0,3...0,5 м и к четвертой (IV) – более 0,5 м. Условие, в которых применение каждого из способов упрочнения будет наиболее целесообразным, приведены в таблица 5.2[96].

Кроме того, пласт, на котором производится упрочнение пород кровли быстродействующими составами, не должен быть подработан нижележащим на расстоянии менее 12 м.

Таблица 5.2

Условия применения способов упрочнения пород кровли

Свойства укрепляемых пород	Целесообразные способы упрочнения	
	Нагнетание полиуретановых составов	Химическое анкерование
Мощность обрушающихся пород, $h_{обр}$, м	Более 0,8	Более 0,4
Группа пород по кусковатости	I и II	II, III и IV

Технология упрочнения пород нагнетанием полиуретановых составов состоит из процесса нагнетания скрепляющего полиуретанового состава включает в себя: подготовительные операции и непосредственно работы по нагнетанию и заключительные операции (демонтаж смесительно-запорной арматуры, уборка средств бурения, промывка нагнетальной установки, демонтаж линии связи и др.) [97].

Нагнетание полиуретановых составов проводится через шпуры диаметром 42...45 мм и длиной 4,0...4,5 м с герметизацией их осуществляется на глубине

1,2...1,5 м при номинальном давлении нагнетания – 2...5 Мпа с темпом нагнетания 7...9 л/мин.

Угол подъема шпуров для нагнетания, расстояние между ними и расход состава на один шпур выбираются в соответствии с данными таблицы 5.3.

Повторное выполнение работ по нагнетанию полиуретановых составов рекомендуется производить после подвигания лавы на 3,5...4,0 м, если при продвигании лавы на 2,0...2,5 м наблюдаются значительные обрушения пород, нагнетание следует повторить в шпуров в промежутках между первоначальными.

Таблица 5.3

Параметры способа упрочнения пород кровли нагнетанием полиуретановых составов

Свойства управляемых пород		Угол подъема шпуров, град	Расстояние между шпурами, м	Расход состава на шпур, кг
Мощность обрушающихся пород $h_{обр}$, м	Группа пород по кусковатости			
Менее 1,5 м	I	10...15	2,5...3,0	100...140
	II	10...15	3,5...4,0	160...180
Более 1,5 м	I	15...20	3,0...3,5	160...200
	II	15...20	4,0...5,0	200...250

Работы по упрочнению пород кровли рекомендуются выполнять в ремонтно-подготовительную смену. Площадь упрочняемой зоны может достигать 100...140 м² кровли в смену, протяженность упрочняемого участка неустойчивой кровли по длине лавы – 20...35 м, количество обрабатываемых в смену шпуров – 6...8.

Технология упрочнения пород кровли способом химического анкерования.

Сущность химического анкерования заключается в армировании массива пород стержнями (анкерами), закрепленными по всей длине шпура твердеющими химическими композициями, компоненты которых предварительно подаются в шпур в ампулах. После разрушения находящихся в шпуре ампул (путем вращения сверлом армирующего стержня), компоненты химической композиции смешиваются, заполняют пространство между поверхностью стержня и стенками шпура и вступают в реакцию полимеризации. В результате отверждения состава осуществляется не только армирование ослабленного породного массива жесткими стержнями, но и упрочнение его твердеющей химической композицией, проникающей в околошпуровые трещины.

Схемы химического анкерования неустойчивых пород кровли в очистных забоях в зависимости от места установки анкеров в породном массиве, а также от мощности обрушившихся пород и степени их нарушенности (группа по кусковатости) используются следующие модификации этих схем: однородная с механическими связями между стержнями по горизонтали; двухрядная с механическими связями между стержнями по вертикали; двухрядная с механическими связями между стержнями по вертикали и горизонтали;

однородная без механических связей между стержнями (профилактическое анкерование[98].

Анкерование по одной из первых трех схем осуществляется сразу же после обрушения пород кровли в лаве. Эти схемы можно назвать схемами первичного анкерования.

Профилактическое анкерование производится после первичного анкерования и подвигания лавы на расстояние, равное глубине первичного анкерования, при условии прекращения обрушения пород кровли. Под глубиной анкерования пород кровли в лаве подразумевается расстояние (в направлении подвигания лавы), на которое распространяется упрочнение от одного цикла анкерования.

Глубина первичного анкерования устанавливается экспериментальным путем и часто она равна ширине захвата комбайна или удвоенному шагу установки (передвижки) крепи при струговой выемки.

Глубина профилактического анкерования равна ширине захвата или шагу установки (передвижки) крепи при струговой выемки.

Армирующие стержни устанавливают из стального проката стеклопластика и древесины. Для укрепления массивов пород кровли в лавах применяются стальные стержни. Стержни их стеклопластика и древесины применяются для укрепления угольных забоев в лавах методом химического анкерования на пластах мощностью более 2,5...3,0 м.

Металлические армирующие стержни изготавливают из арматурной или гладкой стали диаметром 25 и 28 мм.

С целью гарантированного разрушения ампул и лучшего перемешивания химических компонентов концы металлических стержней выполняют в виде «ласточкиного хвоста» или срезают под углом 45° .

Ампулы с химическими композициями выпускают диаметром 36...38 мм (под шпуров диаметром 42...44 мм) и длиной 300...350 мм.

Ампулы представляют собой полиэтиленовую оболочку 1, заполненную полиэфиром 3, в которую помещается стеклянная пробирка 2, запечатанная пробкой.

Шаг установки анкеров (расстояние между анкерами) в ряду устанавливается по данным таблицы 5.4.

Таблица 5.4

Шаг установки анкеров в ряду

Технологическая схема химического анкерования	Шаг установки анкеров в группах обрушающихся пород по кусковатости		
	II	III	IV
Однорядная и двухрядная	0,5м	0,7м	0,9м
Однорядная профилактическое анкерование	0,7 м перед каждым из первых двух циклов по выемке угля (после удержания кровли анкерованием) и 0,9 м перед каждым из двух последующих циклов по выемке угля	0,9 м перед каждым из первых двух циклов по выемке угля (после удержания кровли анкерованием)	Профилактическое не производится

Приведенные в таблице 5.4 рекомендации распространяются на химическое анкерование пород кровли на сопряжениях лавы с подготовительными выработками.

Длины армирующих стержней определяются по формулам, приведенным в таблице 5.5.

Таблица 5.5

Формулы для определения длин армирующих стержней

Технологические схемы химического анкерования	Формулы для определения длин армирующих стержней	
Однорядная	$l = l_1 + \frac{L}{\cos\beta} + \Delta l$	
Двухрядная	Нижний ряд:	$l_{\text{н}} = l_1 + \frac{L}{\cos\beta_{\text{н}}} + \Delta l$
	Верхний ряд:	$l_{\text{в}} = l_1 + \frac{h_{\text{обр}}}{2\cos\beta_{\text{в}}} + \Delta l_{\text{в}}$
Однорядная профилактическое анкерование	$l_{\text{проф}} = l_1 + \frac{L_{\text{проф}}}{\cos\beta} + \Delta l_{\text{проф}}$	

В формулах таблицы 5.5 приняты следующие обозначения [98]:

l – длина армирующего стержня в однорядной схеме анкерования, м;

$l_{\text{в}}, l_{\text{н}}$ – длины армирующих стержней соответственно верхнего и нижнего рядов в двухрядных схемах анкерования, м;

$l_{\text{проф}}$ – длина армирующего стержня при профилактическом анкеровании, м;

$L_1 = 0,1 \dots 0,25$ – длина части армирующего стержня, выступающего из устья шпура и служащего для монтажа опорно-поддерживающих элементов, м;

L – глубина первичного анкерования, м; можно принимать $L = 2\gamma$, где γ – ширина захвата комбайна или шаг установки (передвижки) крепи при струговой выемке, м;

$h_{\text{обр}}$ – мощность обрушающихся пород кровли, м;

$L_{\text{проф}}$ – глубина профилактического анкерования, м; принимать $L_{\text{проф}} = \gamma$.

β – угол анкерования установки армирующих стержней в однорядных схемах (профилактическое), град;

$\beta_{\text{вн}}, \beta_{\text{в}}$ – углы установки армирующих стержней соответственно верхнего и нижнего рядов в двухрядных схемах, град;

$\Delta l = 0,3 \dots 0,5$ – величина закрепления армирующего стержня за пределами глубины анкерования при однорядной схеме анкерования, м;

$\Delta l_{\text{в}} = 0,3 \dots 0,5$ – величина закрепления армирующего стержня верхнего ряда в необрушающихся породах при двухрядных схемах анкерования, м;

$\Delta l_{\text{н}} = 0,3 \dots 0,5$ – величина закрепления армирующего стержня нижнего ряда в необрушающихся породах при двухрядных схемах анкерования, м;

$\Delta l_{\text{проф}} = 0,3 \dots 0,5$ – величина закрепления армирующего стержня за пределами глубины профилактического анкерования, м;

Значения длин армирующих стержней, полученные по приведенным в таблице 5.5 формулам, корректируются до ближайшей большей величины

типоразмерного ряда (1,6 м; 1,8 м; 2,0 м; 2,2 м; 2,5 м; 3,0 м; 3,5 м).

При укреплении пород кровли на сопряжениях лавы с подготовительными выработками длина стерней нижнего ряда l^I , принимается равной 2,5...3,5 м. длина стержней верхнего ряда l^I , (м) определяется по приведенной в таблице 5.5 формуле для двухрядных схем анкерования. Полученное значение l^I , корректируется до ближайшей большей величины приведенного выше типоразмерного ряда.

5.4 Реализация технологических решений с применением фенольной двухкомпонентной вспенивающейся смолы «БлокФИЛ»

Для проверки и адаптации разработанных технологических решений с использованием фенольной двухкомпонентной вспенивающейся смолы «БлокФИЛ» на шахте «Саранская» Карагандинского угольного бассейна обработано (пропенено) сопряжение вентиляционного штрека с лавой 62к₁₂-з. Работы для обеспечения стабилизации угле-породного контура – приложение Б.

Соотношение компонентов в фенольной смоле Блокфил – А (30кг в канистре) / Б (35кг в канистре) составляет 3:1 (или 4:1) [99].

Применение смолы целесообразно для: заполнения полостей вывалов и куполов в лавах; образующуюся в горных выработках пустот, вследствие обрушений; куполов с целью предотвращения скоплений газа метана; для возведение противопожарных перемычек при самовозгорании угля; противопожарной изоляции; герметизации перемычек; газоизоляция горных пространств; стабилизация разрушенного горного массива.

Преимуществами смолы являются: высокая скорость реакции вспенивания; не требует возведения герметичной опалубки при мгновенном вспенивании. Фактор вспенивания составляет 1:30 (40). Расход материала для образования пены на 1 м³ – 35–45 кг при температуре реакции менее 90°С при конечном вспененном эластичном состоянии смолы.

Оба компонента смолы «БлокФИЛ» подавались для смешивания при помощи специального двухкомпонентного насоса по высоконапорным шлангам к статическому смесителю, перемешиваются и нагнетаются по подающим трубкам на опалубку. Смешанные компоненты смолы вспенивались и заполняли имеющиеся пустоты и полости, обеспечивая полную их герметизацию.

В завале вентиляционного штрека устраивается перемычка из деревянных брусьев (чураковая перемычка), на которую нагнеталась смола. При погашении сечения вентиляционного штрека посредством извлечения боковых ножек металлоарочной крепи, нанесения смолы производится на завальные обрушенные породы кутка.

При нарушенном горном массиве из-за деформаций прилегающего к сечению вентиляционного штрека производилась полная обработка смолой всех внутренних контуров сечения сопряжения с лавой и примыкающих выработок для исключения прососа воздуха через разрушенные породы.

В случае прососа воздуха через нарушенный массив растет концентрация метана в кутке (до 2% и более) и на протяжении вентиляционного штрека (до 1% и более).

Расход смолы «Экофлест» (рисунок 5.6,в) составляет 150 кг в сутки с обработкой через 5 м подвигания лавы (обработка до 2-х раз сутки в 1-ую и 3-ю смены) и до 3 – 4 т в месяц на одну лаву (включая закачку смолы в полости куполообразования при их высоте более 0,4 м по лаве–при необходимости, в случае ухода груди забоя лавы для стабильной ее работы) [99].

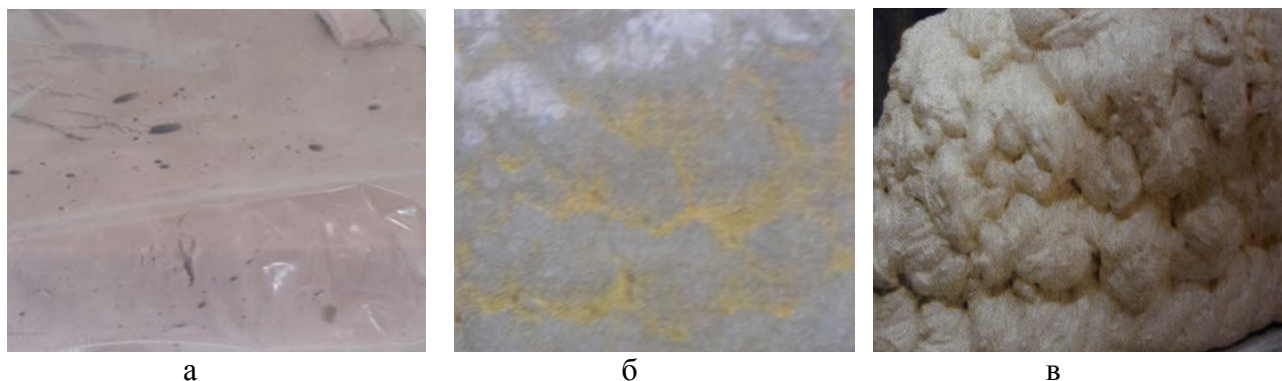


Рисунок 5.6 – Общий вид фенольных смол: «БлокФИЛ» (а) и «Карбофил» (б) «Экофлест» (в)

Смола применялась для возведения изолирующей перемычки (рисунок 5.8) для исключения прососа воздуха через завальную часть выработанного пространства на уровне погашенного вентиляционного штрека 62к₁₂-3 лавы (закрепленного металлоарочной трехзвенной крепью из спецпрофиля СВП27), пройденного вприсечку в вышележащему отработанному выемочному столбу (рисунок 5.7), а также – для обработки контуров сопряжения (рисунок 5.9).

Закачка смолы осуществлялась насосом PSP (стоимостью 1,5 млн. тенге) или шестиренчатым СК-90 в соотношении 4 (фенольная смола): 1 (кислота – отвердитель) при температуре шахтной атмосферы 20°С и температуре смолы 20°С.

Сравнительная оценка герметизирующих фенольных двухкомпонентных вспенивающихся смол на шахтах Карагандинского угольного бассейна «Экофлест» (поставки ТОО «Минова-Казахстан») и «БлокФИЛ» производства ООО «ДСИ Техно» (Россия, Кемерово) показала равноценную характеристику эффективности их применения. Фенольная двухкомпонентная вспенивающаяся смола «БлокФИЛ» соответствует предъявляемым техническим характеристикам и обладает хорошей адгезией.

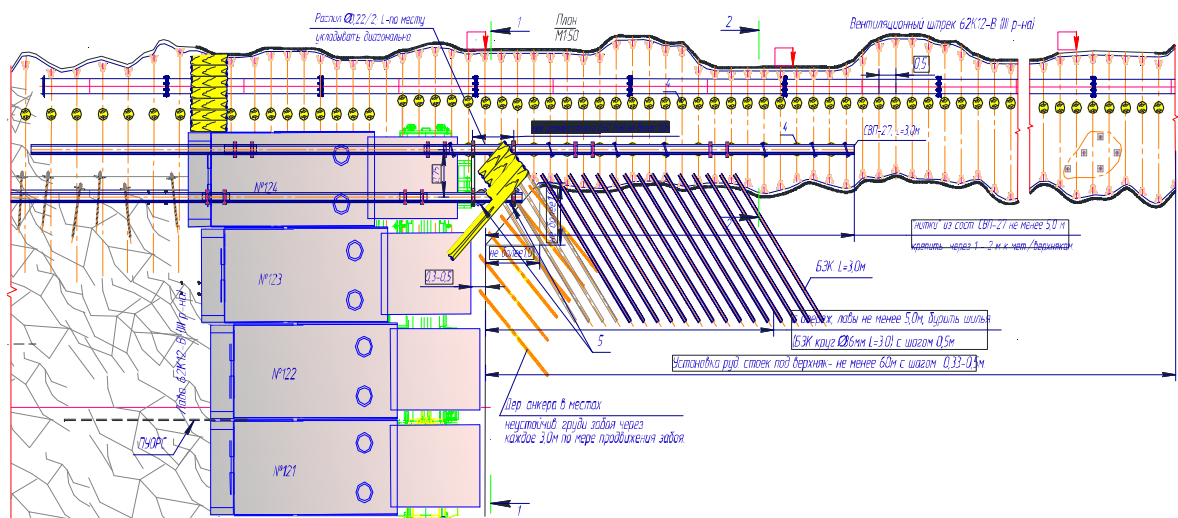


Рисунок 5.7 – Сопряжение лавы 62к₁₂₋₃ с вентиляционным штреком

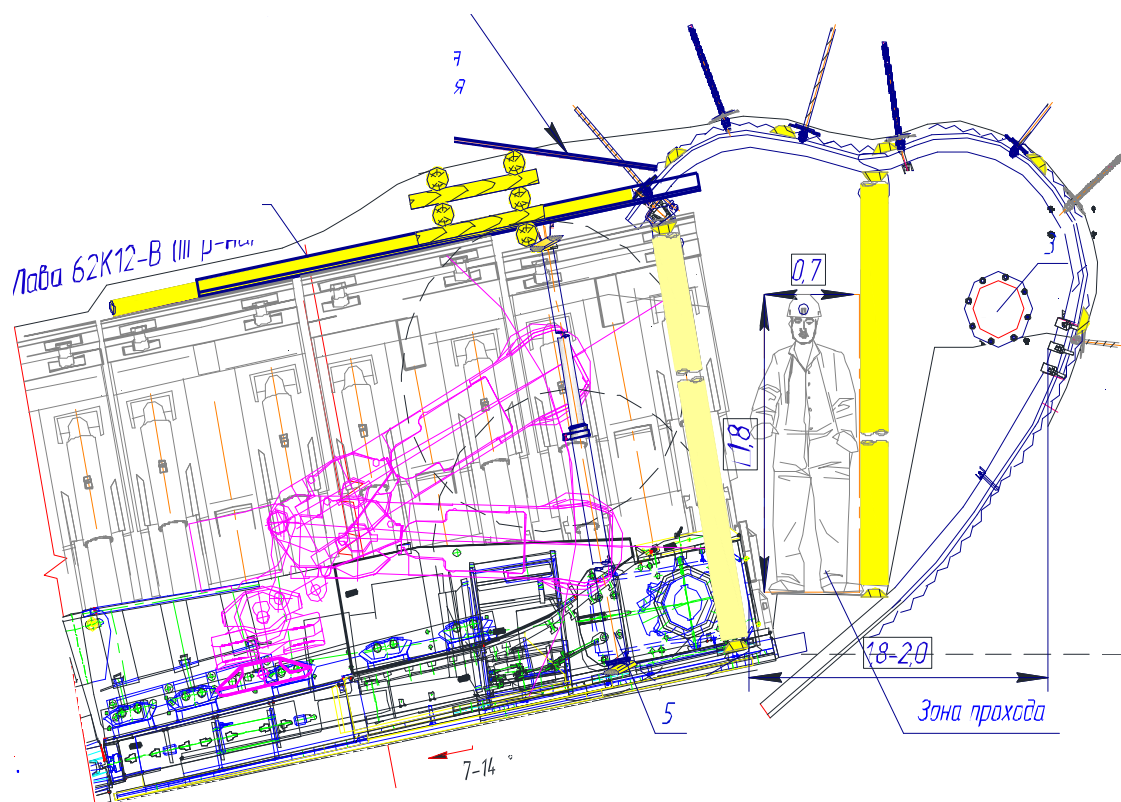


Рисунок 5.8 – Возведение герметизирующей перемычки из фенольной смолы «БлокФИЛ» в завале кутка вентиляционного штрека 62к₁₂₋₃ шахты «Саранская» Карагандинского угольного бассейна

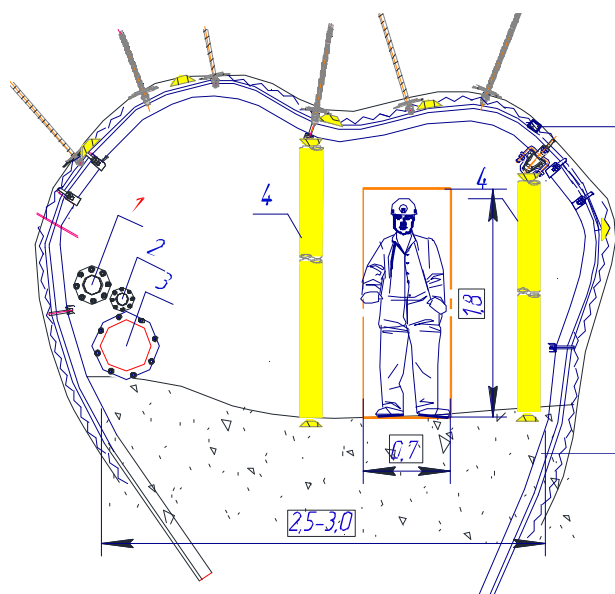


Рисунок 5.9 – Обработка фенольной смолой «БлокФИЛ» контуров сопряжения с лавой 62к₁₂₋₃

По результатам проведенных испытаний подготовлен «Акт о проведении опытно-промышленных испытаний фенольной двухкомпонентной вспенивающейся смолы «БлокФИЛ» на шахте «Саранская» Карагандинского угольного бассейна на сопряжении вентиляционного штрека с лавой 62к₁₂₋₃ (приложение Б).

Возможной схемой применения фенольной двухкомпонентной вспенивающейся смолы «БлокФИЛ» является также закачка смолы в купола в лаве для стабилизации неустойчивого горного массива – см. рисунок 5.10 [100].

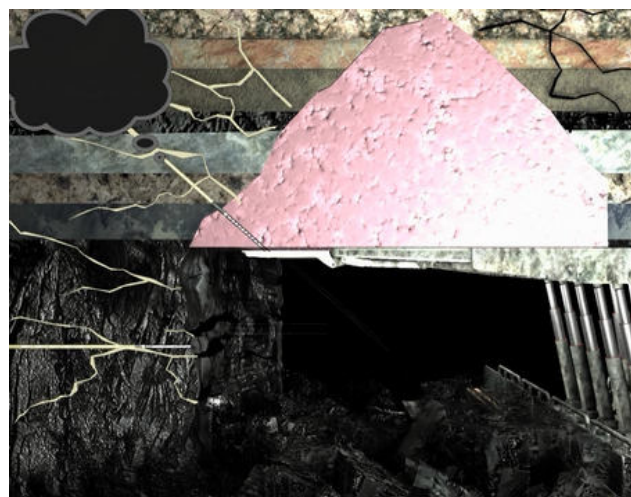


Рисунок 5.10 – Породные купола (а) в лаве и закачка (б) в них смолы

5.5 Ведение работ по химическому упрочнению горных выработок на угольных шахтах

Материалы для химического упрочнения горных выработок.

Полиуретановая смола Беведол – Беведан (рисунок 5.11) состоит из двух жидких компонентов, которые в объемном соотношении 1:1 при помощи насоса подаются отдельно по шлангам, перемешиваются в смесителе и через анкерную систему и герметизатор нагнетаются в массив.

При контакте с водой реакция вспенивания полимерной смеси протекает со значительным увеличением объема полимерного состава [100].



Рисунок 5.11 – Полиуретановая смола Беведол – Беведан

Область применения смол Беведол – Беведан: упрочнение пород кровли в очистных и подготовительных забоях и неустойчивых и нарушенных горных пород; тампонаж горного массива для уменьшения газопроницаемости; анкерование горных пород с упрочнением окружающего массива.

Фенольная смола Карбофил состоит из двух жидких компонентов (смола и катализатор), которые в объемном соотношении 4:1 при помощи специального насоса прокачиваются отдельно по шлангам, перемешиваются в смесителе и подаются в заполняемую пустоту. После выхода из смесителя компоненты немедленно реагируют с увеличением объема и создают пенную массу.

Область применения фенольной смолы Карбофил (или Экофлест): заполнение пустот и куполов и трещин в нарушенном массиве; упрочнение сильно нарушенных горных пород; заполнение и уплотнение вентиляционных перемычек.

Текбленд – порошок серого цвета, является цементным самозатвердевающим вяжущим.

После смешивания с водой образует лёгкий бетон.

Является не горючим, не взрывоопасным, не токсичным веществом (по воздействию на организм человека относится к веществам малоопасным).

Область применения: возведение взрывоустойчивых и водоупорных

изолирующих перемычек, и изолирующих полос у сохраняемых выработок; заполнение закрепного пространства и куполов в горных выработках; возведение тампонаж затрубного пространства и ликвидируемых скважин (в том числе в условиях водопритока).



Рисунок 5.12 – Фенольная смола Карбофил

Экономическое целесообразность применения синтетических смол на шахтах Карагандинского угольного бассейна.

Качественное эффективное химического упрочнение горных выработок.

Эффективность: улучшение условий труда и ТБ; мобильность выполнения работ, а также качественное и квалифицированное ведение работ; сокращение простоев по причине аварий, связанных с несвоевременным хим. Упрочнением; экономия денежных средств на оплату.

Годовые затраты на базовый подход к ведению работ по химическому упрочнению (таблица 5.1).

Цена услуг, закачка смол:

Текбленд – 30 тенге/л;
Беведан-Беведол – 12000 тенге/шпур;
Блокфил – 30 тенге/л.

Таблица 5.1

Годовые затраты на базовый подход к ведению работ по химическому упрочнению

Наименование работ	Годовой объем работ	Цена за единицу, закачку, тыс.тг	Годовые затраты, тыс.тг
Перемычка Текбленд (6 х 4 х 2 м)	10 перемычек	1260	12600
Беведан-Беведол	20 закачек/6 шпуров	72	1440
Карбофил	10 закачек/600 л	18	180
ИТОГО			14220

Годовые затраты по УД АрселорМитал Темиртау (8 шахт) – 113 760 000 тг.

Годовые затраты на предлагаемый подход к ведению работ по химическому упрочнению (таблица 5.2).

Таблица 5.2

Годовые затраты на предлагаемый подход к ведению работ по химическому упрочнению

Наименование затрат	Цена, оплата, тыс. тенге	Количество, шт.	Итого, тыс. тенге в год
Оборудование (насосы и комплектующие)	2000	3	6000
Предполагая амортизация оборудования	300	3	900
Заработная плата исполнителей	100	2 чел	2400
ИТОГО			9300

Годовые затраты по УД АрселорМитал Темиртау (8 шахт), тыс. тенге: первый год – 74400; последующие года – 26400.

Расчет срока окупаемости инвестиций.

Годовая сумма затрат на предлагаемый подход деленная на годовые затраты на базовый подход и умноженная на год [100]:

$$\text{Срок окупаемости} = \frac{Z_{об.} + Z_{з.п.} + Z_{амор.}}{Z_{б.п.}} \times 1 \text{ год}$$

где $Z_{об.}$ - затраты на приобретение оборудования;

$Z_{з.п.}$ - затраты на заработную плату исполнителям;

$Z_{амор.}$ - амортизация оборудования.

$Z_{б.п.}$ - затраты базового подхода к ведению работ по хим. упрочнению горных выработок

$$\text{Срок окупаемости} = \frac{6000000 + 2400000 + 900000}{14220000} \times 1 \text{ год} = 0,7 \text{ года} = 7 \text{ месяцев}$$

Экономическая эффективность предлагаемого подхода (таблица 5.3), расчетный срок сравнения - 5 лет.

Таблица 5.3

Экономическая эффективность предлагаемого подхода

Года	Базовый - оплата услуг, тыс.тенге	Предлагаемые затраты, тыс.тенге
1	14220	Оборудование 8000; ЗП исполнителей 2400; Амортизация обор 900.

Продолжение таблицы 5.3

Года	Базовый - оплата услуг, тыс.тенге	Предлагаемые затраты, тыс.тенге
2	14220	ЗП исполнителей 2400; Амортизация обор 900.
3	14220	ЗП исполнителей 2400; Амортизация обор 900.
4	14220	ЗП исполнителей 2400; Амортизация обор 900.
5	14220	ЗП исполнителей 2400; Амортизация обор 900.

5.6 Техничо – экономическая оценка применения опережающего контурного ограждающего крепления при проведении подготовительной в зоне нарушения, неустойчивых вмещающих пород вокруг выработки и повышенного давления впереди ее забоя

При отсутствии заблаговременного превентивного опережающего контурного ограждающего крепления в зоне нарушения, неустойчивых вмещающих пород вокруг выработки и повышенного давления впереди забоя проводимой горной выработки для обеспечения устойчивости контуров выработок, попавших в зоны влияния от сдвижения ослабленных по прочности пород возникают повышенные деформации контуров выработок. Это приводит к необходимости разборки кровли и боковых стенок и перестановки боковых ножек рамной податливой металлоарочной крепи (или боковых анкеров), установки рудничных стоек из леса и распорных гидростоек (стоек трения) для поддержания кровли выработок в этой зоне; подрывке пород почвы. Расчет производился через комплексную норму выработки и расценки по отдельным видам производимых работ (по-процессно) [101].

На выполнение вышеуказанных работ требуются трудовые и материальные затраты.

А. Разборка кровли и боковых стенок в зоне сдвижения пород отбойным: каждую смену с обеих сторон выработки производят звено из двух горнорабочих с зарплатой 20 тыс. тенге в смену:

Материальные затраты (по зарплате) за месяц (24 рабочих дня):

$$3 \text{ смены/сут.} \times 3 \text{ чел.} \times 20\,000 \text{ тенге} \times 24 \text{ сут.} = 4\,320\,000 \text{ тенге.}$$

Б. Затраты на зашиливание кровли и перестановку боковых ножек рамной податливой металлоарочной крепи (или боковых анкеров) выполняются этим же звеном рабочих:

Расход шильев в месяц: шилья (буровая забойная крепь - БЗК):

$$6 \text{ шильев/смену} \times 2\,000 \text{ тенге/БЗК} \times 3 \text{ смены} \times 24 \text{ сут.} = 864\,000 \text{ тенге.}$$

В. Затраты на установку:

- рудничных стоек из леса и распорных гидростоек (стоек трения) для поддержания кровли: выполняются этим же звеном рабочих - установят 12 ремонтин из расчета суточного подвигания проходческого забоя (6 м в сут. или 150 м в месяц);

- затраты на материалы в месяц:

стойки трения СТ-30 – 11 шт. $\times 30 = 330\,000$ тенге: также (амортизация – 25 %): 7 000 тенге в месяц;

- лесоматериалы на 1 пог. м проходки:

расход $0,31\text{ м}^3$ с учетом 50 % повторного использования: $0,31 \times 20\,000 = 6\,200$ тенге.

Г. Подрывка пород почвы (подвигание 6 м в сут.) - выполняются этим же звеном рабочих.

Темпы подвигания проходческого забоя снижаются на 30 %. Потеря (30 %) при себестоимости проведения горной выработки ведет не своевременной подготовке фронта очистных работ. Потеря добычи (10 %) при себестоимости 10 000 тенге/т при нагрузке 3 000 т /сут.: $300\text{ т /сут.} \times 24 = 7\,200 \times 10\,000\text{ тенге/т} = 72\,000\,000$ тенге в месяц.

Итого затраты в месяц: $4\,320\,000 + 864\,000 + 330\,000 + 7\,000 + 6\,200 = 5\,527\,200$ тенге.

Затраты на превентивное опережающее контурное ограждающего крепления в зоне нарушения, в месяц:

А. Производится установка 9 инъекционных анкеров на суточное подвигание проходческого забоя с нахлестом (из расчета 6 м в сутки):

9 инъекционных анкеров/сут. $\times 24\text{ сут.} \times 7\,000\text{ тенге/анкер} = 1\,512\,000$ тенге.

Б. Зарплата: 2 чел. $\times 1\text{ смена} \times 20\,000 \times 24 = 960\,000$ тенге.

В. Анкероустановщик: стоимость - 3 000 000 тенге: срок эксплуатации - 48 мес. (амортизация – 25 %): = 62 500 тенге в месяц.

Стоимость при расходе сжатого воздуха: $0,5\text{ тенге/м}^3 \times 100\text{ м}^3/\text{сут.} \times 24\text{ сут.} = 1\,200$ тенге.

Итого: $1\,512\,000 + 960\,000 + 62\,500 + 1\,200 = 2\,535\,700$ тенге.

Экономический эффект от превентивного двухуровневого крепления впереди зоны опорного давления составляет: $5\,527\,200\text{ тенге} - 2\,535\,700 = 2\,991\,500$ тенге в месяц или 35 898 000 тенге в год без учета потери добычи в очистном забое (если выработка проводится в неустойчивых породах).

Разработанный способ опережающего контурного ограждающего крепления в зоне нарушения, неустойчивых вмещающих пород вокруг выработки и повышенного давления впереди забоя проводимой горной выработки позволит управлять геомеханическими процессами для снижения интенсивности образования расслоения, трещинообразования и зон нарушения сплошности.

Заключение

В последние годы в Республике Казахстан, разработан и утвержден ряд программных документов, направленных на повышение эффективности работы угольной промышленности. Одним из приоритетных направлений работы является улучшение технико-экономических показателей деятельности шахт за счет внедрения новых технологий, в том числе с использованием анкерного крепления и смолоинъектирования в ослабленный массив вмещающих пород.

В настоящее время объемы крепления выработок анкерной крепью не превышают 70 %, протяженности поддерживаемых выработок, остальная часть выработок на шахтах закреплена металлическими рамными податливыми конструкциями крепи. Изучению особенностей и закономерностей деформирования массива, вмещающего выработки с рамными конструкциями крепи посвящены работы многих отечественных и зарубежных исследователей. Особенности и закономерности деформирования массива, вмещающего выработки с анкерным креплением изучены мало, особенно в сложных горнотехнических условиях.

Учитывая перспективы использования анкерных систем для крепления выработок различного назначения на шахтах Казахстана, как одного из приоритетных направлений интенсификации производства, проведение таких исследований, несомненно, является актуальным.

Задачей данных исследований являлось установление особенностей деформирования породного массива, вмещающего подготовительные выработки шахт с анкерным креплением при взаимодействии с ослабленным горными породами.

Основные научные результаты диссертационной работы заключается в следующем:

- ограждающая анкерная крепь, установленная в неустойчивую непосредственную кровлю с наклоном $60 - 70^\circ$ к оси забоя проводимой выработки с нахлестом 1,0–1,5 м для обеспечения смещений пород кровли до 150 мм, после установки основной анкерной крепи, создает несущий ограждающий слой закрепленных пород толщиной 1,7–2,0 м, воспринимающий нагрузки от вышележащих деформированных пород кровли, которые возникают в зоне нарушенных приконтурных пород;

- после формирования в окрестности выработки несущей породно-анкерной конструкции шириной 2,4 м, начинается расслоение пород за ее пределами на расстоянии действия неупругих деформаций до 3,6–4,0 м, при которой породно-анкерная система не только воспринимает нагрузку от разрыхления пород в зоне разрушения, но и сдерживает развитие разрушения в сторону выработки, а также препятствует смещению пород в пределах зоны неупругих деформаций, в направлении полости выработки, что создает в массиве породно-анкерную конструкцию ограждающе - удерживающей крепи выработки с перекрытием объемом зон действия установленных через 1,0–1,5 м инъекционных анкеров;

- разработаны технологические схемы установки разработанной крепи, обеспечивающей снижение затрат на поддержание выработок в нарушенном горном массиве, соизмеримом по амплитуде с вынимаемой мощностью пласта;

- результаты работы нашли применение при разработке паспортов крепления выработок проектными организациями и используются в учебном процессе, что отражено в акте и намерениях по внедрению в учебно-методические разработки по горному профилю.

Результаты научных исследований, полученные в диссертации, реализованы в горнотехнических условиях шахты «Абайская» Карагандинского угольного бассейна с проведением промышленного эксперимента в подземных условиях; проведены опытно-промышленные испытания фенольной смолы «Блокфил» на шахте «Саранская» Карагандинского угольного бассейна в условиях лавы 62к₁₀₋₃; внедрены в учебный процесс по профильным дисциплинам специальностей бакалавриата 6В07202 и магистратуры 6М07202 «Горное дело».

Основные положения и результаты исследований, выполненных в диссертационной работе, опубликованы в следующих трудах:

- В материалах международных конференций:

1. Халикова Э.Р. Жумабекова А.Е., Батырханова А.Т., Томилов А. Методика расчета необходимой длины анкерного стержня/ Материалы XIV международной научно-практической конференции «Найновите научни постижения - 2018». - Болгария, г.София: Изд-во ООД «Бял ГРАД-БГ». 2018. - № 4, - стр. 11-15;

2. Халикова Э.Р., Жумабекова А.Е., Томилов А.Н., Костельцев Ю.В. Исследование устойчивости анкерного штрека 35К7-3 шахты имени Т.Кузембаева/ Материалы научно-практической конференции «Science without borders», Англия, г. Шеффилд: Изд-во Science and education Ltd, 2018. - № 10, - С. 47-51;

3. Халикова Э.Р., Жумабекова А.Е., Батырханова А.Т., Поздняков И.И. Разработка методики расчета плотности установки анкерного крепления / Материалы XIV международной научно-практической конференции «Naukowa przestrzeń Europy - 2018». - Польша: Изд-во Nauka i studia, 2018. - № 10, - С. 37-39;

4. Халикова Э.Р., Жумабекова А.Е., Батырханова А.Т., Костельцев Ю.В. Крепление подземной горной выработки с учетом напряженно-деформированного состояния массива/ Материалы XVI международной научно-практической конференции «Ключови въпроси в съвременната наука – 2018», Болгария, г.София: Изд-во ООД «Бял ГРАД-БГ», 2018. - № 8, - С. 28-32;

5. Халикова Э.Р., Жумабекова А.Е., Сулейменов Б.С., Ярулин А.С. Анализ изобретений анкерного крепления. -М.: Научный журнал «Интернаука», 2017. - № 29 (33). - С.31-32;

6. Халикова Э.Р., Жумабекова А.Е., Немирович В.А., Ищенко А.Ю. Крепление и поддержание горных выработок/ Сборник статей по материалам VI международной научно-практической конференции Инновационные подходы в современной науке. – М: Изд-во Интернаука., 2017. - № 12 (12). - С.82-85;

7. Демин В.Ф., Халикова Э.Р. Способ проходки горных выработок в зонах с ослабленными горными породами/ Труды Международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №10). - Караганда: Изд-во КарГТУ, 2018. – С. 85 - 87;

8. Демин В. Ф., Жумабеков М. Н., Халикова Э. Р. Влияния тектонических нарушений на параметры крепления горных выработок с анкерным креплением/ Труды Международной научно-практической конференции: - Екатеринбург: Изд-во ФГБОУ «Уральский Государственный Горный Университет», 2019. - С 34-39;

- В изданиях из Перечня, утвержденного Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК:

1. Демин В.Ф. Технология управления геомеханическим состоянием приконтурного массива вокруг горных выработок/ Демин В.Ф., Халикова Э.Р., Иконописцева Е.О., Бурак Ю.С. – Алматы: Горный журнал Казахстана, 2017. - № 12.- С. 14-17;

2. Deomin V.F., Mussin R.A., Zhumabekova A.E., Khalikova E.R. Technology of controlling Geomechanical Processe for Increasing Stability of Coal-Rock Massive Around Working. –Караганда: изд-во КарГТУ, 2018, № 3, С. 64-67;

3. Демин В.Ф., Стефлюк Ю.М., Мусин Р.А., Халикова Э.Р. Исследование параметров применения анкерной крепи. Самара: Научный аспект, том 7, выпуск 4, Технические науки, 2018. – С. 836–841;

4. Демин В.Ф., Халикова Э.Р., Мусин Р.А., Иконописцева Е.О. Опыт применения податливых анкеров на шахтах Карагандинского угольного бассейна. – Алматы: Горный журнал Казахстана, 2018. - №11. - С. 29 - 33;

5. Демин В.Ф., Мусин Р.А., Халикова Э.Р., Позднякова И.Ю. Разработка модели применения технологии анкерного крепления в горных выработках – Алматы: Горный журнал Казахстана, 2019. - №1. - С. 28 - 33;

6. Demin V.F., Mussin R.A., Iconopisceva E.O., Khalikova E.R., Burak Yu.S. Organization for stage-by-stage anchoring of mine working. Алматы: «Комплексное использование минерального сырья», 2019. - № 1- С. 20-28.

- В международном научном издании, входящем в базу данных компании Scopus/Clarivate Analitics и Tomson Reuters:

1. V.F. Diomin, E.R. Khalikova, T.V. Diomina, V.V. Zhurov Studying coal seam bedding tectonic breach impact on supporting parameters of mine workings with roof bolting. - Dnepropetrovsk: Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 2019. - №5 – pp. 16–21;

- Монографии:

1. Демин В.Ф., Исабек Т.К., Халикова Э.Р. Исследование геомеханических процессов в породах при горных работах. - Караганда: Изд-во ТОО «Типография АРКО», 2018 г. -132 с.;

- Патенты:

1. Патент РК № 34091 Способ крепления горных выработок/ Исагулов А.З., Ибатов М.К., Демин В.Ф., Мусин Р.А., Халикова Э.Р. [и др.], опубл. 15.06.2018 в бюл. № 2018/0416.1. -2018;

2. Заявление о выдачи патента РК на изобретение. Демин В.Ф., Мусин Р.А., Демина Т.В., Халикова Э.Р. [и др.]. Способ опережающего крепления пород кровли подземных горных выработок // заявл. № 386/04-2, 14.03.2019 г.

Список использованных источников

- 1 Хейфиц С.Я., Балтайтис В.Я. Охрана труда и горноспасательное дело – М.: изд-во «Недра», 1971. – 472 с.
- 2 Краткий справочник горного инженера угольной шахты / Алябьев, Н.М. [и др.]; под общ. Ред. А.С. Бурчакова и Ф.Ф. Кюкова. 3-е изд., перераб. Доп.-М., Недра, 1982. - 454 с.
- 3 Патент РК № 24570. Способ двухуровневого крепления кровли выработки/Демин В. Ф.; Демин В. В.; Демина Т. В. [и др.]. опубл. 15.09.2011г., бюл. № 9.
- 4 Голик В.И., Залишвили В.Б., Бурдзиева О.Г. Природа наведенной сейсмичности при добыче руд./ Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). –М., ООО «Горная книга», 2013. № 4 (1). - С. 590-601
- 5 Зыков В. С. Факторы и свойства горного массива, определяющие опасность по геодинамическим явлениям/ Вестник Кузбасского государственного технического университета. –Кемерово: Изд-во «Вестник КузГТУ», 2014. – № 5. – С 9-18.
- 6 Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа/– М.: Дрофа, 2003. – 840 с.
- 7 Леонтович, М.А. Введение в термодинамику. Статистическая физика–М.: Физматгиз, 1983. – 416 с.
- 8 Садовский, М. А. Геофизика и физика взрыва: избр. труды. - М.: Наука, 2004. - 440 с.
- 9 Латышев, О. Г., Осипов И. С. Основные направления и перспективы развития исследований горных пород и массивов с фрактальных позиций - Екатеринбург: Изв. вузов. Горный журнал, 2010. - № 7. - С. 115–123.
- 10 Луганцев Б. Б. Обеспечение устойчивости подземных горных выработок в трещиноватом породном массиве: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 25.00.22. М., 2003. - 32 с.
- 11 Боликов В. Е., Балек А. Е. Обоснование применения на горнорудных предприятиях универсальных критериев устойчивости подземных выработок - Екатеринбург: Изв. вузов. Горный журнал, 2012. – № 2, С. 44–50.
- 12 Протодяконов, М.М. Трещиноватость и прочность горных пород в массиве -М.: Наука, 1964. - 69 с.
- 13 Гергарт Ю.А. Обзор методов диагностики прочностных свойств горных пород при проходке транспортных тоннелей-М: Научное обозрение, 2013. - №11. - С. 65-68.
- 14 Баклашов И.В. Геомеханика. Том 1 Основы геомеханики.- М.: МГГУ, 2004. - 208 с.
- 15 Прокопов А.Ю, Гергарт Ю. А. Апробация и оценка точности неразрушающего экспресс-метода определения прочностных свойств породного массива в условиях реконструкции Рокского тоннеля -Екатеринбург: Изв. вузов. Горный журнал, 2015. - № 4. - С. 101-107.
- 16 Гергарт Ю.А. Методика испытания горных пород на прочность неразрушающих методом при проходке транспортных тоннелей/ Инженерный

вестник Дона. 2013. № 4. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2118>

17 Морозов Г. Д. Обоснование и разработка методики и аппаратуры для исследования напряженного состояния горных пород в массиве: дис... канд. техн. наук. Л.: ВНИМИ, 1974. - 158 с.

18 Иванчин Е. А., Федюков А.А., Борисова Т.А. Оценка устойчивости горных выработок. -Екатеринбург: Изв. вузов. Горный журнал,-2014.-№5.-С.18-22. ISSN 0536-1028

19 Отраслевая инструкция по применению рамных и анкерных крепей в подготовительных выработках угольных и сланцевых шахт. - М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1985. - 64 с.

20 Шевяков Л.Д. О задачах изучения горного давления в связи с запросами промышленности – М.: Уголь. 1997.- № 1. - С. 34-37.

21 Карр Ф. Последние новшества в анкерном креплении пород на шахтах государственного угольного управления Великобритании / Доклады на симпозиуме по анкерному креплению. – Лондон. - 1984. - С. 268-281.

22 Ульрих Л. Проектные основы управления горным давлением комбинированной крепью в пластовых штреках . - М.: ООО «АльфаМонтан Глюкауф Майнинг Репорт», 2002. - С.16-20.

23 Шемякин И.И., Фомин Е.В., Федоров Е.В. Совершенствование технологии проведения и крепления горных выработок в ОАО шахта "Инстинская"-М: Уголь. 2001.- № 2. - С. 6-10.

24 Куласек М. Программа расчетов горного давления и конвергенций «Conversys». Коммерческое предложение (Германия). – Караганда, 2011. – 1 с.

25 Халикова Э.Р. Жумабекова А.Е., Батырханова А.Т., Томилов А. Методика расчета необходимой длины анкерного стержня/ Материалы XIV международной научно-практической конференции «Найновите научни постижения - 2018». - Болгария, г.София: Изд-во ООД «Бял ГРАД-БГ». 2018. - № 4, - С. 11-15.

26 Халикова Э.Р., Жумабекова А.Е., Томилов А.Н., Костельцев Ю.В. Исследование устойчивости анкерного штрека 35К7-3 шахты имени Т.Кузембаева/ Материалы научно-практической конференции «Science without borders», Англия, г. Шеффилд: Изд-во Science and education Ltd, 2018. - № 10, - С. 47-51.

27 Халикова Э.Р., Жумабекова А.Е., Батырханова А.Т., Поздняков И.И. Разработка методики расчета плотности установки анкерного крепления / Материалы XIV международной научно-практической конференции «Naukowa przestrzeń Europy - 2018».- Польша: Изд-во Nauka i studia, 2018. - № 10, - С. 37-39.

28 Цай Б.Н., Судариков А.Е. Механика подземных сооружений. – Караганда: КарГТУ, 2007. - 159 с.

29 Цай Б.Н. Малахов А.А., Бахтыбаев Н.Б. Обоснование параметров крепления выработок с учетом срока их службы /Алматы: Горный журнал Казахстана, 2007. - № 3. - С. 45-48.

30 Журов В.В. Совершенствование методики расчета параметров крепления выработок с учетом горнотехнологических факторов: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Караганда: КарГТУ, 2010. – 115 с.

31 Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на шахтах Карагандинского бассейна / Филиал Республиканского государственного предприятия «Национальный научно-исследовательский центр по проблемам промышленной безопасности». Угольный департамент АО «АрселорМиттал Темиртау». - Караганда, 2008. - 88 с.

32 Халикова Э.Р., Жумабекова А.Е., Батырханова А.Т., Костельцев Ю.В. Крепление подземной горной выработки с учетом напряженно-деформированного состояния массива/ Материалы XVI международной научно-практической конференции «Ключови въпроси в съвременната наука – 2018», Болгария, г.София: Изд-во ООД «Бял ГРАД-БГ», 2018. - № 8, - С. 37-42.

33 Халикова Э.Р., Жумабекова А.Е., Позднякова И.Ю., Гарт В.В. Обогащение руд флотацией.- М. : Научный журнал «Студенческий вестник», 2017. - № 20. - С. 9-11.

34 Халикова Э.Р., Жумабекова А.Е., Сулейменов Б.С., Ярулин А.С. Анализ изобретений анкерного крепления. -М.: Научный журнал «Интернаука», 2017. - № 29 (33). - С.31-32.

35 Задавин Г.Д. Установление параметров анкерной крепи при проведении подготовительных выработок в условиях шахт Карагандинского бассейна: дис. ... канд. техн. наук. - Караганда: КарГТУ, 2008. - 130 с.

36 Мустафин М. Г. Моделирование геомеханического состояния пород, вмещающих горную выработку. – СПб.: СПбГАСУ, 1999. – 135 с.

37 Оловянный А.Г. Некоторые задачи механики массивов горных пород. – СПб.: ФГУП «Межотраслевой научный центр» ВНИИМИ; ООО «Стресс», 2003. – 234 с.

38 Трушко В.Л., Протосеня А.Г., Матвеев П.Ф. и др. Геомеханика массивов и динамика выработок глубоких горизонтов. – СПб.: Санкт-Петербургский горный институт, 2000. – 396 с.

39 Донцул Н.Ф. Некоторые вопросы механики слоистой среды. – СПб.: ЗАО «Принт-Экспресс»; Санкт-Петербургский горный институт, 2009. – 379 с.

40 Алтонян П. Анкерное крепление на шахтах Карагандинского бассейна. Презентация-55 слайдов / АрселорМиттал. АС-R03, 2008. – 35 с.

41 Сидсмен Р. Обзор анкерного крепления на шахтах Караганды / АрселорМиттал, 2010. – 35 с.

42 Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах Кузбасса. – СПб.: ОАО «ВНИИМИ», 2011. – 150 с.

43 Губер О. Разработка и поставка инструментов цифрового моделирования. Коммерческое предложение. – Караганда, 2011. – 10 с.

44 Кацага Т.Я. Параметрическое моделирование. – Караганда: Санат, 2004. – 65 с.

45 Кацага Т.Я. Моделирование состояния выработок в проходке и в зоне влияния очистных работ FLAC 3D. Коммерческое предложение

(США). – Караганда, 2011. – 10 с.

46 Демин В.Ф. Исабек Т.К., Халикова Э.Р. Исследование геомеханических процессов в породах при горных работах. - Караганда: Изд-во ТОО «Типография АРКО», 2018 г. -132 с.

47 Забродин А.С. Об оценке нарушенности угольных пластов // В кн.: Геология угольных месторождений. – М.: Наука, - Т. 1, 1969. - С. 45–49.

48 Прокопьев А.В., Фридовский В.Ю., Гайдук В.В. Горная энциклопедия: учеб. пособие. Разломы. (Морфология, геометрия и кинематика) /Отв.ред. Л.М. Парфенов. - Якутск: ЯФ Изд-ва СО РАН, 2004. – С. 121–140.

49 Патент РК № 29863. Канатный анкер со стопорным устройством / Демин В.Ф., Каратаев А.Д., Демина Т.В. и др., опубл. 15.05.2015; Бюл. № 5. - 2015.

50 Патент РК № 29861. Активный анкер для крепления горных выработок / Демин В.Ф., Мусин Р.А., Демина Т.В. и др., опубл. 15.05.2015; Бюл. № 5. - 2015.

51 Патент РК № 29860. Податливый анкер для крепления горных выработок / Демин В.Ф., Мусин Р.А., Демина Т.В. и др., опубл. 15.05.2015; Бюл. № 5. - 2015.

52 Патент РК № 29862. Сталеполимерный анкер / Демин В.Ф., Стефлюк Ю.Ю., Демина Т.В. и др., опубл. 15.05.2015; Бюл. № 5. - 2015.

53 Патент РК № 29041. Герметизирующий анкер / Демин В.Ф., Серяков Н.И., опубл. 15.10.2014; Бюл. № 10.

54 V.F. Diomin, E.R. Khalikova, T.V.Diomina, V.V.Zhurov Studying coal seam bedding tectonic breach impact on supporting parameters of mine workings with roof bolting. - Dnepropetrovsk: Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 2019. - №5 – pp. 16–21.

55 Патент РК № 29430. Сетчатая затяжка / Демин В.Ф., Демина Т.В., Демин В.В., Искаков А.А., опубл. 25.12.2014; Бюл. № 12. - 2014.

56 Патент РК № 29431. Анкер для крепления горных выработок / Демин В.Ф., Мусин Р.А., Арыстан И.Д., опубл. 25.12.2014; Бюл. № 12. - 2014.

57 Патент РК № 29432. Анкер сталеполимерный / Демин В.Ф., Стефлюк Ю.Ю., Демина Т.В. и др., опубл. 25.12.2014; Бюл. № 12. - 2014.

58 Патент РК № 30136. Способ крепления монтажной камеры для механизированного комплекса / Демин В.Ф., Ахматнуров Д.Р., Демина Т.В., Стефлюк Ю.Ю. и др., опубл. 15.07.2015; Бюл. № 7. - 2015.

59 Патент РК № 29864. Способ борьбы с пучением горных пород / Квасов В.В., Демин В.Ф., Демина Т.В., Стефлюк Ю.Ю. и др., опубл. 15.05.2015 в бюл. № 5, 2015.

60 Демин В.Ф., Демина Т.В., Сон Д.В. и др. Свидетельство на объект интеллектуальной собственности № 2049/ Anker_S500 (программа для ЭВМ) от ИС № 000193. - 2014.

61 Демин В.Ф., Стефлюк Ю.Ю., Каратаев А.Д. и др. Свидетельство о государственной регистрации прав на объект интеллектуальной собственности. Программа для ЭВМ для моделирования напряженно-деформированного

состояния массива вблизи горных выработок «Mergel» (программа для ЭВМ). № ИС 002340. - 2015.

62 Бейсембаев К.М., Демин В.Ф., Малыбаев Н.С. и др. Автопроектирование горных машин в 3D: проектно-модельный подход: учебно-методическое пособие. – М: Международный журнал экспериментального образования, 2015. - № 3. - С. 221 – 222.

63 Халикова Э.Р., Жумабекова А.Е., Немирович В.А., Ищенко А.Ю. Крепление и поддержание горных выработок/ Сборник статей по материалам VI международной научно-практической конференции Инновационные подходы в современной науке. – М : Изд-во Интернаука., 2017. - № 12 (12). - С.82-85.

64 Демин В.Ф., Халикова Э.Р. Способ проходки горных выработок в зонах с ослабленными горными породами/ Труды Международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №10). - Караганда: Изд-во КарГТУ, 2018. – С. 85 - 87.

65 Демин В. Ф., Жумабеков М. Н., Халикова Э. Р. Влияния тектонических нарушений на параметры крепления горных выработок с анкерным креплением/ Труды Международной научно-практической конференции: - Екатеринбург: Изд-во ФГБОУ «Уральский Государственный Горный Университет», 2019. - С 34-39.

66 Демин В.Ф., Судариков А.Е., Демина Т.В., Стефлюк Ю.Ю. и др. Устойчивость породных обнажений в выработках при различных видах крепи: статья . – Караганда: Труды университета КарГТУ, 2015. - № 1. – С. 68-70.

67 Demin W., Demina T., Nemova N. Parameters determination of the sudden coal and gas outbursts preventing method. Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining / eds. Bondarenko, Kovalevs'ka & Ganushevych. - London, 2014. - P. 141-146.

68 Demin W., Demina, T. Demina, Steflyuk Y. Enhancement of coal seams and mined-out areas degassing productivity. Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining / eds. Bondarenko, Kovalevs'ka & Ganushevych. - London, 2014. - P. 209-215.

69 Демин В.Ф., Демина Т.В., Муртазин С.Д. Аналитическое моделирование деформаций приконтурных пород вблизи горных выработок.- М.: Журнал «Уголь», 2015. - № 2. - С. 72-73.

70 Демин В.Ф., Яворский В.В., Демина Т.В. Исследование напряженного состояния приконтурного массива вокруг выемочных выработок в зависимости от влияния горно-технологических факторов. –М.: Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2015. - № 7. – Ч. 2. – С. 196–200.

71 Демин В.Ф., Яворский В.В., Демина Т.В. Характер напряженно-деформированного состояния массива пород вокруг анкерных крепей. - М.: Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2015. – № 7. – Ч. 2. - С. 201–204.

72 Демин В.Ф., Яворский В.В., Демина Т.В. Исследование характера деформирования боковых пород вокруг горной выработки с анкерным креплением в зависимости от угла падения пласта и глубины анкерования приконтурного массива. - М.: Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2015. – № 7. – Ч. 2. - С. 205–212.

73 Демин В.Ф., Немова Н.А., Демина Т.В. Аналитическое моделирование геомеханических процессов в приконтурном массиве горных выработок. – Красноярск: Журнал Сибирского федерального университета, 2015. - № 8. – С. 74-97.

74 Демин В.Ф., Каратаев А.Д., Кушеков К.К., Демина Т.В., Стефлюк Ю.Ю. Разработка способов крепления выработок с активным управлением состоянием приконтурного массива горных пород. - М.: ООО «АльфаМонтан Глюкауф Майнинг Репорт», 2015. - № 1. – С. 10–15.

75 Патент РК № 34091 Способ крепления горных выработок/ Исагулов А.З., Ибатов М.К., Демин В.Ф., Мусин Р.А., Халикова Э.Р. [и др.], опубл. 15.06.2018 в бюл. № 2018/0416.1. -2018.

76 Демин В.Ф., Каратаев А.Д., Кушеков К.К., Портнов В.С., Демина Т.В., Стефлюк Ю.Ю. Исследование механизма деформирования вмещающих пород вблизи горной выработки с анкерным креплением в зависимости от влияющих факторов. - М.: ООО «АльфаМонтан Глюкауф Майнинг Репорт», 2015. - № 1. – С. 48–53.

77 Demin V.F., Demina T.V., Steflyuk Y.Y., Karataev A.D., Grachev I.A. Evaluation of the stress-strain state of the rock mass surrounding the underground working with rock bolting support setting: Reports of the xxiii international scientific symposium «Miner's week–2015». – М., 2015. - Р. 73–78.

78 Бейсембаев К.М., Демин В.Ф., Малыбаев Н.С., Жолдыбаева Г.С., Шманов М.Н. Автопроектирование горных машин в 3D: проектно-модельный подход: учебно-методическое пособие.- М.: Журнал экспериментального образования. Технические науки. Международный журнал экспериментального образования, 2015. - № 3. – Ч. 2. - С. 221–222.

79 Бейсембаев К.М., Демин В.Ф., Малыбаев Н.С., Жолдыбаева Г.С., Шманов М.Н. Автопроектирование горных машин в 3D: проектно-модельный подход: лучшее учебно-методическое пособие в отрасли. Диплом лауреата Всероссийской выставки / Российская академия естествознания. Золотой фонд отечественной науки. – Караганда: КарГТУ, 2015.

80 Бейсембаев К.М., Демин В.Ф., Малыбаев Н.С., Жолдыбаева Г.С., Шманов М.Н. Автопроектирование горных машин в 3D: проектно-модельный подход: сертификат участника Международной выставки-презентации учебно-методических изданий / Российская академия естествознания. Золотой фонд отечественной науки. – Караганда: КарГТУ, 2015.

81 Бейсембаев К.М., Демин В.Ф., Малыбаев Н.С., Жолдыбаева Г.С., Шманов М.Н. Автопроектирование горных машин в 3D: проектно-модельный подход. Сертификат, научная работа // Международная конференция «Современные проблемы науки и образования». – Караганда: изд-во КарГТУ, 2015.

82 Демин В.Ф., Немова Н.А., Язиков Е.Г. Технология двухуровневого крепления контуров горных выработок. – Днепропетровск, Вестник НГУ, 2015. - С. 45-55.

83 Демин В.Ф. Технология управления геомеханическим состоянием приконтурного массива вокруг горных выработок/ Демин В.Ф., Халикова Э.Р., Иконописцева Е.О., Бурак Ю.С. – Алматы: Горный журнал Казахстана, 2017. - № 12.- С. 14-18.

84 Deomin V.F., Mussin R.A., Zhumabekova A.E., Khalikova E.R. Technology of kontrolling Geomechanikal Processe for Increasing Stability of Coal-Rock Massive Around Working. –Краганда: изд-во КарГТУ, 2018, no. 3, pp. 48 - 51.

85 Демин В.Ф., Стефлюк Ю.М., Мусин Р.А., Халикова Э.Р. Исследование параметров применения анкерной крепи. Самара: Научный аспект, том 7, выпуск 4, Технические науки, 2018. – С. 836–841.

86 Демин В.Ф., Немова Н.А., Дмитриев А.Ю. Внедрение эффективного способа борьбы с пучением горных выработок.– Днепропетровск: Вестник НГУ, 2015. - С. 56-65.

87 Демин В.Ф., Немова Н.А., Минаев К.М. Управление геомеханическими процессами для повышения устойчивости угле-породного массива.– Днепропетровск: Вестник НГУ, 2015. - С. 66-75.

88 Демин В.Ф., Демина Т.В., Стефлюк Ю.Ю. Геомеханическое обоснование технологии и параметров средств анкерного крепления горных выработок при отработке угольных пластов: монография. – Караганда: изд-во «Арко», 2015. – 218 с.

89 Демин В.Ф., Демина Т.В., Каратаев А.Д. Технология крепления горных выработок на основе оценки напряженно-деформированного состояния породно-анкерной конструкции: монография. – Караганда: изд-во «Арко», 2015. – 200 с.

90 Демин В.Ф., Демина Т.В. Технология повышения устойчивости геомеханической системы «анкерная крепь-слоистый массив пород»: монография. – Караганда: изд-во «Арко», 2015. – 204 с.

91 Нугужинов Ж.С., Демин В.Ф. и др. «Подземные горные выработки». Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства строительные нормы РК. - Астана, 2014. – 39 с.

92 Нугужинов Ж.С., Демин В.Ф. и др. «Подземные горные выработки». Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства строительные нормы РК. - Астана, 2014. – 29 с.

93 Крупник Л.А., Шапошник Ю.Н., Демин В.Ф. и др. Обоснование рациональной технологии закладочных работ на месторождении Секисовское. Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2015. - № 3. - С. 72–81.

94 Демин В.Ф., Стефлюк Ю.Ю., Демина Т.В. и др. Выбор эффективных способов и средств крепления горных выработок. - Санкт-Петербург: Горная техника, 2015. - С. 52–57.

- 95 Демин В.Ф., Халикова Э.Р., Мусин Р.А., Иконописцева Е.О. Опыт применения податливых анкеров на шахтах Карагандинского угольного бассейна. – Алматы: Горный журнал Казахстана, №11, 2018. - С. 29 - 33.
- 96 Демин В.Ф., Мусин Р.А., Халикова Э.Р., Позднякова И.Ю. Разработка модели применения технологии анкерного крепления в горных выработках – Алматы: Горный журнал Казахстана, 2019. - №1. - С. 28 - 35.
- 97 Demin V.F., Mussin R.A., Iconopisceva E.O., Khalikova E.R., Burak Yu.S. Organization for stage-by-stage anchoring of mine working. Алматы: «Комплексное использование минерального сырья», 2019.- № 1- С. 20-28.
- 98 Демин В.Ф. Разработка прогрессивных технологических схем проведения подготовительных выработок с анкерным креплением. Инновационно-прикладная технологическая разработка. - Караганда, типография «Арко», 2015. – 60 с.
- 99 Демин В.Ф. Схемы и системы разноуровневого крепления горных выработок: монография. – Караганда: КарГТУ, 2015. – 259 с.
- 100 Демин В.Ф. Геомеханика при анкерном горных выработок: монография. – Караганда: изд-во КарГТУ, 2015. – 159 с.
- 101 Единые нормы выработки для угольных и сланцевых шахт, М., МУП СССР, 1974 – 98 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Акт

опытно-промышленных испытаний канатных и составных анкеров в камере под энергопоезд на конвейерном штреке шахты «Абайская» Карагандинского угольного бассейна



УТВЕРЖДАЮ:

Главный инженер шахты «Абайская»

УД АО АрселорМиттал Темиртау»

Демин Р.Б.

«9» июня 2019г.

АКТ

проведения опытно-промышленных испытаний канатных и составных анкеров конструкции КарГТУ в нише с ПК25+5 по ПК27+5 конвейерного штрека 311к₁₈-с шахты «Абайская»

По разрешению Руководителя Технического управления Угольного департамента АО «АрселорМиттал Темиртау» Белый А.А., комиссией в составе:

От шахты «Абайская»:

Ахматнуров Д.Р. – технолог технологической службы;

Котов Ю.В. – специалист по анкерному креплению технологической службы.

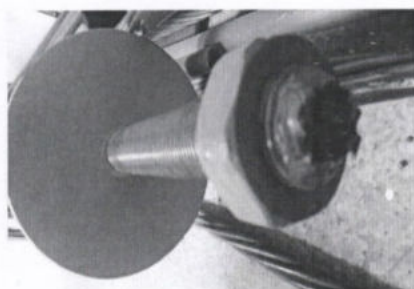
От КарГТУ:

Демин В.Ф. – профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых (РМПИ);

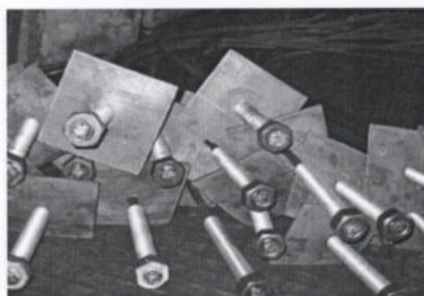
Мусин Р.А. – ст. преподаватель кафедры РМПИ;

Докторанты кафедры РМПИ: Халикова Э.Р.; Жумабекова А.Е.; Абеков У.Е.; Томилов А.Н.; Батырханова А.Т.; Кайназарова А.С.

Проведены опытно-промышленные испытания по установке канатных анкеров длиной 5м в количестве 20штук и диаметром каната 19мм (рисунок 1); конструкции КарГТУ в кровлю ниши конвейерного штрека 311к₁₈-с



а

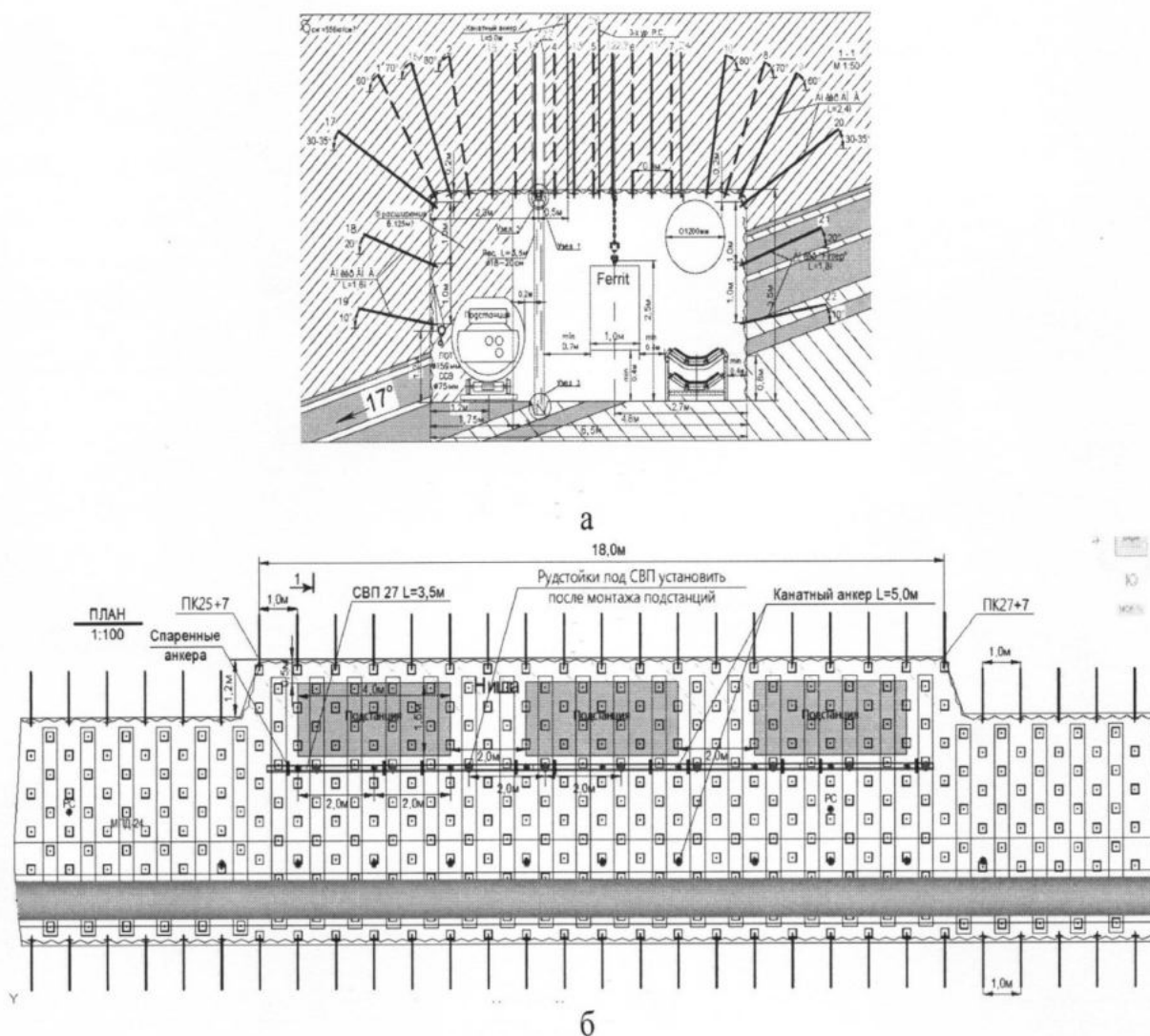


б

а–узел с муфтой; б–складированные анкера

Рисунок 1–Канатный анкер конструкции КарГТУ

Работы проводились в соответствии с паспортом на расширение конвейерного штрека с ПК25+5 по ПК27+5 с целью укрепления кровли камеры под энергопоезд для беспрепятственного прохода по выработке при ее эксплуатации (рисунок 2).



а–поперечное сечение; б–продольный профиль с расширением выработки под нишу
Рисунок 2–Технологический паспорт на расширение под нишу конвейерного штрека 311к₁₈-с

В пробуренный шпур (скважину) буровой установкой «Супер Турбо» (рисунок 3) диаметром 28мм и длиной 4,9м, из которых 3,1м – заполнено скрепляющим химическим составом (рисунок 4) устанавливались на две ампулы АМК 600 (длиной 600мм каждая с ампульным парашютом канатный анкер через 2,0м с перетяжкой кровли затянутой сеткой типа ММ.

- гидравлический насос пневматического привода PA6Dhydraulic; натяжитель каната 25 TON STRESSOJACK; гидравлические ножницы; обеспечивает прижатие опорной грузонесущей плитки к массиву через цанговую гайку (механизм) при ход штока 50-150мм, усилия прижатия до 100кН;

- прибор КДМ2 для постоянного контроля деформаций массива с визуальным электронным указателем;

Все испытанное оборудование показало свою работоспособность и целесообразность его использования при креплении выработок анкерной крепью.



От штаба «Абайская»:

Ахматнуров Д.Р.

Котов Ю. В.

От КартТУ:

Демин В.Ф.

Мусин Р.А.

Халикова Э.Р.

Жумабекова А.Е.

Абеков У.Е.

Томидов А.Н.

Батырханова А.Т.

Кайназарова А.С.



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Акт

проведения опытно-промышленных испытаний фенольной смолы
«Блокфил» на шахте «Саранская» Карагандинского угольного бассейна в
условиях лавы 62К₁₀₋₃



АКТ
проведения опытно-промышленных испытаний фенольной
смолы «БлокФил» на шахте «Саранская» в условиях лавы 62К₁₂₋₃

В соответствии с распоряжением Руководителя Технического управления УДАО
«АрселорМиттал Темиртау» №1968 от 27.08.18 г. комиссия в составе:

От шахты «Саранская»:

Зам. директора по производству
Начальник Участка №1

Дьямов Д. Б.
Куликовский В.Ю.

От УД

Главный технолог
Специалист по химупрочнению горного массива
Профессор КазГТУ
Докторант КазГТУ

Бамиллер М.С.
Квасов В.В.
Демин В.Ф.
Халимова З.Р.

В условиях лавы 62К₁₀₋₃ на шахте «Саранская» 10.09.18 г. проведены опытно-промышленные испытания фенольной смолы «БлокФил» предоставленной ООО «ДСН Техно», Россия, г. Кемерово.

Работы производились с целью обеспечения устойчивости горного массива на сопряжении лавы с вентиляционным штреком.

10.09.18 г. с вентиляционного штрека в кровлю выработки, с помощью насоса СК-90 было произведено нагнетание фенольной смолы «БлокФил» в количестве одного комплекта. Проблем при нагнетании составов с насосом СК-90 при температуре воздуха 20°C и температуре смолы 20°C не возникало.

Двухкомпонентная смола фенольная смола «БлокФил» соответствует предъявленным техническим характеристикам, обладает хорошей адгезией.

Зам. директора по
производству

Дьямов Д.Б.

Начальник участка №1

Куликовский В.Ю.

Главный технолог

Бамиллер М.С.

Специалист по химупрочнению горного массива

Квасов В.В.

Профессор КазГТУ

Демин В.Ф.

Докторант КазГТУ

Халимова З.Р.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Акт о внедрении результатов научно-исследовательской работы в учебный процесс

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
КАРАГАНДИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



АКТ о внедрении результатов научно-исследовательской работы в учебный процесс

В результате выполнения научного проекта «Разработка интеллектуальных информационных систем для расчета технологических параметров процессов горного производства» в 2019/2020 учебном году на кафедре «Разработка месторождений полезных ископаемых» внедрены результаты НИР № AP05135203 «Разработка интеллектуальных информационных систем для расчета технологических параметров процессов горного производства по договору грантового финансирования с КН МОН РК № 198 - 12 от 16.03.2018г.

(НИР/тема госбюджетного проекта)

1. Учебники, рекомендованные Министерством образования и науки Республики Казахстан:

1) Камаров Р.К., Исабек Т.К., Малыбаев Н.С. // Горно-транспортные машины и стационарные установки на подземных горных работах. Учебник. Караганда: Изд-во КарГТУ. – 2019. – 287 с.

2. Монографии:

1) Ermekov T.E., Issabek T.K., Kamarov R.K. Development of underground technology for the production of coal-based plastics with complex conditions of zangin. Development of scientific foundations of resource-saving technologies of mineral mining and processing. Multiauthored monograph. Sofia: Publishing House «St.Ivan: Rilski», 2018. P. 264 (pp. 52-82) ISBN 978-954-353-355-8.

2) Исабек Т.К. Разработка алгоритмов для расчета параметров горного производства/ Т.К. Исабек, В.Ф. Демин, А.Н. Томилов. Германия: изд. LAP LAMBERT Academic Publishing is a trademark of AV Akademikerverlag GmbH & Co. KG, 2018. – 110 с. ISBN 978-613-9-87745-4.

3) Исабек Т.К., Демин В.Ф., Шонтаев А.Ж. Разработка интеллектуальных информационных систем для расчета технологических параметров процессов горного производства. LAP Lambert Academic Publishing (группа издательств VDM Publishing, Саарбрюккен, Германия), 2019.–128с. ISBN: 978-620-0-26272-1.

4) Исабек Т.К. Исследование геомеханических процессов во вмещающих породах при горных работах/ Т.К. Исабек, В.Ф. Демин, Э.Р. Халикова. Германия: изд. LAP LAMBERT Academic Publishing is a trademark of AV Akademikerverlag GmbH & Co. KG, 2018. - 136с. ISBN 978-613-9-87745-4.

3. Учебные пособия, методические указания, ЭУР, рекомендованные Ученым советом университета:

1) Производство науки «Мероприятия по предотвращению выбросоопасности угольных пластов в зонах геологических нарушений»/Айтпаева А.Р., Нурбол Х., Исабек Т.К. СИС № 2352 от 19.03.2019 г.

2) Патент РК № 33721, 28.06.2019. Способ крепления горных выработок / Демин В.Ф., Мусин Р.А., Демина Т.В., Халикова Э.Р. [и др.]; заявл. 10.02.2017, № 2017/0110.1, Бюл. № 26.

3) Патент РК № 32879, 18.06.2018. Способ подготовки выбросоопасного высокогазобильного пласта/ Исагулов А.З., Демин В.Ф., Мусин Р.А., Демина Т.В. [и др.]; заявл. 18.06.2018, № 2016/1051.1, Бюл. № 22- с.2.

4) Программа для ЭВМ «Определение области применения способов крепления горных выработок»/ Исабек Т.К. [и др.]. СИС № 2530 от 02.08.2018г. ИС 3712.

5) Демин В.Ф., Исабек Т.К., Мусин Р.А. и др. Способ крепления кровли горной выработки. Патент № 34092. Номер заявки: 2018/0417.1. Дата подачи заявки 15.06.2018. Номер и дата бюллетеня № 52-27.12.2019.

6) Демин В.Ф., Исабек Т.К., Мусин Р.А. и др. Способ крепления горных выработок. Патент № 34091. Номер заявки: 2018/0416.1. Дата подачи заявки 15.06.2018. Номер и дата бюллетеня № 52-27.12.2019.

Данные учебники, монографии, учебные пособия используются в учебном процессе при изучении дисциплин магистратуры (бакалавриата) по специальности (инифр и название):

1) Дисциплина PGV 6202 «Поддержание горных выработок». Специальность 7M07203 – Горное дело.

2) Дисциплина VRMPGR 3327 «Вскрытие и подготовка месторождений на подземных горных работах». Специальность 6B07202 «Горное дело»

Директор ДНИИ

Директор ДАВ

Зав. кафедрой РМНИ

Научный руководитель НИР



Н. Хуанган

С. Ударцева

А. Имашев

Т. Исабек

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Протокол о намерениях внедрения в производство

УТВЕРЖДАЮ



Главный инженер шахты «Абайская»
УД АО «АрселорМиттал Темиртау»

Демин Р.Б.

«16» апреля 2020г.

ПРОТОКОЛ О НАМЕРЕНИЯХ

по применению технологии крепления горного массива при проведении и эксплуатации подготовительных выработок в горно-геологических и горнотехнических условиях шахты «Абайская» УД АО «АрселорМиттал Темиртау», разработанной в научном проекте КарГТУ на тему «Разработка интеллектуальных информационных систем для расчета технологических параметров процессов горного производства» по договору грантового финансирования № 198 - 12 от 16.03. 2018г., заключенного Комитетом науки МОН РК с Карагандинским государственным техническим университетом. Научный руководитель проекта Исабек Т.К.

В условиях шахты «Абайская» УД АО «АрселорМиттал Темиртау» проведены производственные испытания технологических разработок контурной технологии крепления горных выработок в рамках научно-исследовательской работы по теме «Разработка контурной технологии крепления выработок с управлением техногенным состоянием угле-породного горного массива вмещающих пород» по договору грантового финансирования № 198 - 13 от 16.03. 2018г., заключенного с Комитетом науки МОН РК с Карагандинским государственным техническим университетом.

Были установлены канатные анкера длиной 5 м в количестве 30 шт. и диаметром каната 19 мм конструкции КарГТУ в кровлю камеры конвейерного штрека 231к₁₃-с пласта к₁₃ конструкции КарГТУ на шахте «Абайская» Угольного департамента АО АрселорМиттал Темиртау». Испытанные конструкции канатных анкеров показали свою работоспособность и соответствие заявленным техническим характеристикам.

При проведении горных выработок и разработке угольных пластов вследствие нарушения равновесия горных пород и перераспределения естественных напряжений в шахтах возникают геомеханические процессы, реализующиеся в деформациях, разрушении, перемещении и сдвигении различных масс горного массива. На развитие горного давления, возникающего в результате взаимодействия углевмещающих пород с горными выработками, значительное влияние оказывают геологические, горнотехнические и технологические факторы.

Геомеханические условия поддержания выемочных выработок в бассейне на большой глубине отличаются повышенной сложностью из-за малой прочности вмещающих угольные пласты пород, особенно почв, которые уже при незначительной концентрации горного давления склонны к интенсивному пучению. Деформированное состояние массивов является следствием взаимодей-

ствия полей напряжений и свойств массива (физико-механических, прочностных и технологических характеристик).

В научном проекте КарГТУ на тему «Разработка интеллектуальных информационных систем для расчета технологических параметров процессов горного производства» предлагается к применению технология упрочняющего воздействия на горный массив при проведении и эксплуатации очистных и подготовительных выработок в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях.

Применение прогрессивных схем крепления горных выработок для сложных горно-геологических и горнотехнических условий при эксплуатации подземных месторождений позволит уменьшить стоимость проведения и поддержания с одновременным увеличением скорости их проведения.

Реализация геотехнологических методов активного упрочняющего воздействия на угленосный массив для предотвращения газодинамических явлений, потери устойчивости горного массива путем увеличения зон эффективного воздействия на нарушенные и выбросоопасные зоны угольных пластов повысит безопасность и эффективность ведения горных работ.

Шахта считает, что применение технологии упрочняющего воздействия на горный массив при проведении и эксплуатации выработок в горно-геологических и горнотехнических условиях шахте «Абайская» с использованием канатных анкеров, разработанных в рамках научного проекта КарГТУ на тему «Разработка интеллектуальных информационных систем для расчета технологических параметров процессов горного производства», является эффективным и может быть реализовано и внедрено в производство в практике ведения горных работ на шахте «Абайская» УД АО «АрселорМиттал Темиртау».

Технолог технологической службы шахты «Абайская»
УД АО «АрселорМиттал Темиртау»

Ахматнуров Д.Р.

Специалист по анкерному креплению
технологической службы шахты «Абайская»

Котов Ю.В.