

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии
Сибирского отделения Российской академии наук**

На правах рукописи

НИКОЛАЕВ Алексей Викторович

**ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ТРЕБОВАНИЙ К МЕХАНИЗИРОВАННОЙ КРЕПИ
ДЛЯ ВЫЕМКИ МОЩНЫХ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ
С УПРАВЛЯЕМЫМ ВЫПУСКОМ УГЛЯ**

*Специальность 25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая
и строительная)*

диссертация

на соискание ученой степени кандидата технических наук

**Научный руководитель -
д-р техн. наук, профессор,
чл.-корр. РАН
Владимир Иванович Клишин**

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЙ	9
1.1 Способы и средства разработки мощных пологих пластов угля	9
1.1.1 Анализ эффективности систем разработки короткими и длинными за- боями на полную мощность	10
1.1.2 Оценка эффективности средств механизации при отработке мощных пологих пластов на полную мощность	16
1.2 Оценка научно-технического уровня техники и технологии разработки мощных пологих пластов наклонными слоями	17
1.3 Анализ состояния техники и технологии разработки мощных пологих пластов с обрушением и выпуском вышележащей угольной толщи	21
1.4 Анализ зарубежного опыта разработки мощных пологих пластов	27
1.5 Современное состояние и перспективные направления научных иссле- дований по повышению эффективности разработки мощных пластов	31
Выводы	35
Цель и идея работы. Постановка задач исследований	37
ГЛАВА 2 ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ НА ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С УГЛЕПОРОДНЫМ МАССИВОМ	38
2.1 Анализ компоновочных схем и конструкций механизированных кре- пей	38
2.2 Факторы, влияющие на параметры и компоновочную схему механиз- ированной крепи	62
2.3 Идея механизированной крепи с перекрытием уступной формы	67
Выводы	75

ГЛАВА 3	ПРОГРАММА ИСЛЕДОВАНИЙ. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ	77
3.1	Разработка структуры и программы исследований	77
3.2	Моделирование процессов взаимодействия механизированных крепей с углепородным массивом	77
3.2.1	Физическое моделирование процессов выпуска угля подкровельной толщи при выемке мощного пологого пласта	77
3.2.2	Исследование закономерностей выпуска угля подкровельной толщи при одностадийной выемке мощного пологого пласта	80
3.2.3	Численное моделирование процессов выпуска угля	90
3.3	Создание параметрических 3D-моделей предлагаемой механизированной крепи с применением технологий цифровых прототипов	96
	Выводы	106
ГЛАВА 4	РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ВЫЕМКЕ МОЩНЫХ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ УГЛЯ В УСЛОВИЯХ ШАХТ ЮГА КУЗБАССА	108
4.1	Определение диапазона благоприятных горно-геологических условий для эффективного безальтернативного применения технологии с выпуском потолочины	108
4.2	Определение численных значений параметров проветривания выемочного участка с применением программы «Вентиляция»	110
4.3	Разработка технологических схем отработки мощных пологих пластов с применением предлагаемой крепи и вариантов выемочного цикла	118
4.4	Разработка и обоснование технологических и технических требований к механизированным крепям для двухстадийной отработки мощных пологих угольных пластов	136
	Выводы	140
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	141
	Литература	143

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Подземная разработка мощных пологих угольных пластов ведется во многих странах мира, таких как Китай, Россия, Казахстан, Австралия, Польша, Индия, объемы которой составляют около 350 млн.т. в год – ориентировочно 12% всей мировой добычи угля.

Большинство шахт в России, разрабатывающих мощные пологие пласты, имеют небольшую производственную мощность. Несмотря на богатейший производственный опыт и положительные результаты исследовательских работ проблема повышения эффективности и безопасности отработки мощных пологих пластов до сих пор остается актуальной.

Широкое распространение получили технологии, предложенные в бывшем Советском Союзе и Франции, использующие эффект разрушения угля из подкровельной толщи энергией горного давления с последующим выпуском его на забойный или завальный конвейер. Это позволяет снизить удельный объем проведения подготовительных выработок и затраты на оборудование очистных забоев. При этом механизированные комплексы получили дополнительные функции, связанные с управлением и выпуском вышележащего угля.

Реализация этой технологии сдерживается и во многом определяется требованиями полноты выпуска и механизации работ, а также обеспечению безопасности и эффективности работы очистного забоя. Потери угля в обрушенном пространстве лавы приводят к его самовозгоранию, а при выпуске происходит перемешивание угля с обрушенными породами кровли и повышение его зольности.

Развитие этого перспективного направления геотехнологии зависит от правильного обоснования технологических требований для создания специальных типов машин и оборудования, обеспечивающих эффективную и безопасную отработку мощных пластов с выпуском угля подкровельной толщи.

В этой связи актуальным является разработка и научное обоснование технологических схем и требований к механизированным крепям для выемки

мощных пологих пластов с выпуском угля подкровельной толщи, обеспечивающих снижение потерь угля в недрах и повышение уровня промышленной безопасности.

Диссертационная работа выполнена в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» по теме «Разработка технологии эффективного освоения угольных месторождений роботизированным комплексом с управляемым выпуском подкровельной толщи» (Соглашение №14.604.21.0173 от 26.09.2017г.).

Целью работы являлось уточнение закономерностей выемки мощных пологих пластов с управляемым выпуском угля для обоснования и разработки геотехнологических требований к механизированным крепям очистных механизированных комплексов для отработки мощных угольных пластов.

Идея работы заключается в том, что рациональные геотехнологические требования к механизированным крепям очистных механизированных комплексов для отработки мощных пологих угольных пластов, обеспечивающие снижение потерь и зольности угля, основываются на закономерностях выпуска угля подкровельной толщи при двухстадийной выемке мощного пологого пласта.

Основные научные положения, защищаемые автором, сформулированы следующим образом:

1. Геотехнологически рациональная уступная форма перекрытия обеспечивает изменение границ и размеров зоны обрушения подкровельной толщи угля, а кинематическая схема крепи должна реализовывать двухстадийный режим выпуска угля: предварительный выпуск потолочины через люк в перекрытии; окончательный выпуск за ограждением крепи на завальный конвейер.

2. Величина потерь угля в различных циклах удовлетворительной описывается полиномиальной зависимостью. При этом снижение потерь угля до минимального среднего значения 3,1% в двухстадийном выпуске достигается при

4 – 5 выемочных циклах от начала выпуска и в равных соотношениях объемов выпускаемого угля через люк и через шибер подвижного ограждения.

3. Технологически механизированная крепь обеспечивает последовательность и площадность двухэтапного выпуска угля за счет уступной формы перекрытия, жестко связанных между собой передней и задней частей, наличия двух и более точек одновременного выпуска.

Новизна основных научных и практических результатов заключается в следующем:

1. Обоснованы функциональные узлы разгрузочно-выпускной системы крепи, формирующие зону обрушения пород над крепью и за крепью и обеспечивающие последовательность и полноту выпуска угля, а также позволяющие минимизировать риск самовозгорания угля в выработанном пространстве.

2. Обосновано рациональное соотношение предварительного и окончательного выпуска, соответственно, через люк и шибер ограждения близкого к отношению 1:1.

3. Сформулированы геотехнологические требования к кинематической схеме и параметрам механизированной крепи с перекрытием уступной формы, обеспечивающие предварительный выпуск потолочины через люк в перекрытии и окончательный выпуск за ограждением крепи на завальный конвейер.

Практическая значимость работы заключается в том, что полученные научные результаты целесообразно использовать при разработке конструкторской документации по механизированным крепям для разработки мощных пологих угольных пластов с выпуском угля в забой подсечного слоя и проектной документации по подготовке и отработке выемочных столбов с применением механизированной крепи с перекрытием уступной формы. Полученные закономерности представляют практический интерес для инвестиционных проектов по отработке запасов мощных пологих пластов, в том числе без постоянного присутствия людей в забоях и с элементами цифровой роботизированной шахты.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается:

корректной постановкой задач исследований и квалифицированным применением классических методов математической статистики и теории вероятностей, и современных достижений вычислительной техники;

удовлетворительной сходимостью теоретических результатов с фактическими данными и большим объемом вычислительных экспериментов;

результатами лабораторных исследований на 6 физических моделях из эквивалентных материалов и большим объемом исследований на математических моделях с применением современных программных комплексов и технологий создания цифровых прототипов.

Внедрение результатов исследований. Основные научные и практические результаты диссертационной работы, использованы при выполнении специалистами СФ АО «ВНИМИ» «Заключения №211 от 26.07.2011г с рекомендациями по обоснованию и выбору оптимальных технологических параметров подготовки и отработки мощных самовозгорающихся пластов III и IV-V с учетом современных требований по безопасному ведению горных работ в условиях шахты «Томская-Глубокая» ОАО «ОУК «Южкузбассуголь», а также обсуждались на технических совещаниях в АО «ОУК «Южкузбассуголь». Исследования приняты Институтом угля ФИЦ УУХ СО РАН и включены в отчет выполнения государственного контракта №14.604.21.0173 от 26.09.2017г. Теоретические положения и практические рекомендации геотехнологических требований к механизированной крепи для выемки мощных пологих пластов с управляемым выпуском угля рекомендованы для использования в учебном процессе для студентов ТулГУ, обучающихся по специальности «Горное дело».

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались: на научных семинарах кафедры геотехнологий и строительства подземных сооружений ТулГУ (г. Тула, 2018-2020 гг.); ежегодных научно – практических конференциях профессорско-преподавательского состава ТулГУ (г. Тула, 2018-2020 гг.); на XVI, XVII, XVIII Международных

научно-практических конференциях «Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов» (Новокузнецк, 2009, 2010, 2011 гг.); Научно-технической конференции молодых специалистов АО «ОУК «Южкузбассуголь» (г. Новокузнецк, 2011 г.); Международной научной конференции молодых специалистов предприятий ЕвразХолдинга (г. Новокузнецк, 2011, 2012); на научных семинарах Института угля ФИЦ УУХ СО РАН (г. Кемерово 2012-2019 гг.) . Технология отработки мощного пологого пласта с применением механизированной крепи нового типа представлялась на конкурс «Лучший экспонат», в рамках XXVI международной специализированной выставки технологий горных разработок «Уголь России и Майнинг» в 2019 г. и была удостоена диплома и бронзовой медали.

Личный вклад заключается: в разработке физических моделей процессов выпуска угля в различных горно-геологических и горнотехнических условиях и выявлении закономерностей изменения потерь при выпуске угля; в обосновании технологических и технических решений по подготовке и отработке мощных пологих угольных пластов, в том числе вариантов схем циклов по выемке и выпуску угля в забое подсечного слоя, схем монтажа и демонтажа крепи, схемы площадного выпуска; в разработке конструктивных решений и требований к крепям, обеспечивающих безопасность и эффективность отработки мощных пологих пластов с выпуском угля в забой подсечного слоя.

Публикации. Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 10 статей, в том числе 5 статей в изданиях, входящих в Перечень ВАК РФ; 1 в изданиях, включенных в Международную реферативную базу данных Scopus; 3 статьи опубликованы в научных сборниках и в материалах международных конференций; 1 статья в РИНЦ; получены 2 патента на изобретения.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения, списка литературы из 108 наименований, изложена на 154 страницах машинописного текста, содержит 68 рисунков и 14 таблиц.

ГЛАВА 1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1 Способы и средства разработки мощных пологих пластов угля

Подземная разработка мощных пологих угольных пластов ведется во многих странах мира, таких как Китай, Россия, Казахстан, Румыния, Польша и другие [1 - 6]. Большинство шахт в России, разрабатывающих мощные пологие пласты, имеют небольшую производственную мощность, которую приходится ограничивать из-за совокупного влияния множества факторов, в том числе недостаточной изученности отдельных процессов и операций технологического цикла.

Несмотря на богатейший производственный опыт и положительные результаты исследовательских работ, решение проблемы повышения эффективности и безопасности технологии отработки мощных пологих пластов до сих пор является актуальным. В настоящее время недостаточно обобщены и систематизированы знания, данные опыта и результаты исследований по управлению горным давлением и обоснованию параметров элементов систем разработки для мощных пологих и наклонных пластов. Также нет достаточно точных и устоявшихся методов разработки параметров разупрочнения труднообрушаемых пород кровли, подкровельной и межслоевой угольных толщ, а также рациональных параметров выпуска угля и обеспечения пожарной безопасности при отработке газоносных угольных пластов, склонных к самовозгоранию.

В данной главе приведен анализ состояния уровня техники (средств механизации) и технологии разработки мощных пологих пластов, перспективные направления развития. Систематизированы закономерности проявления горного давления при слоевой отработке мощных пологих пластов. Отмечено, что в настоящее время отсутствуют эффективные способы и средства управления процессами разрушения и выпуска угольной потолочины. Обоснованы сформулированы цель и задачи исследований.

1.1.1 Анализ эффективности систем разработки короткими и длинными забоями на полную мощность

В начальный период развития подземной добычи угля пласты разной мощности обрабатывались короткими забоями с управлением кровлей целиками. Сформировавшиеся при этом камерные и камерно-столбовые системы разработки (рисунок 1.1) характеризовались сравнительно высокими технико-экономическими показателями из-за минимума затрат на крепление и управление кровлей.

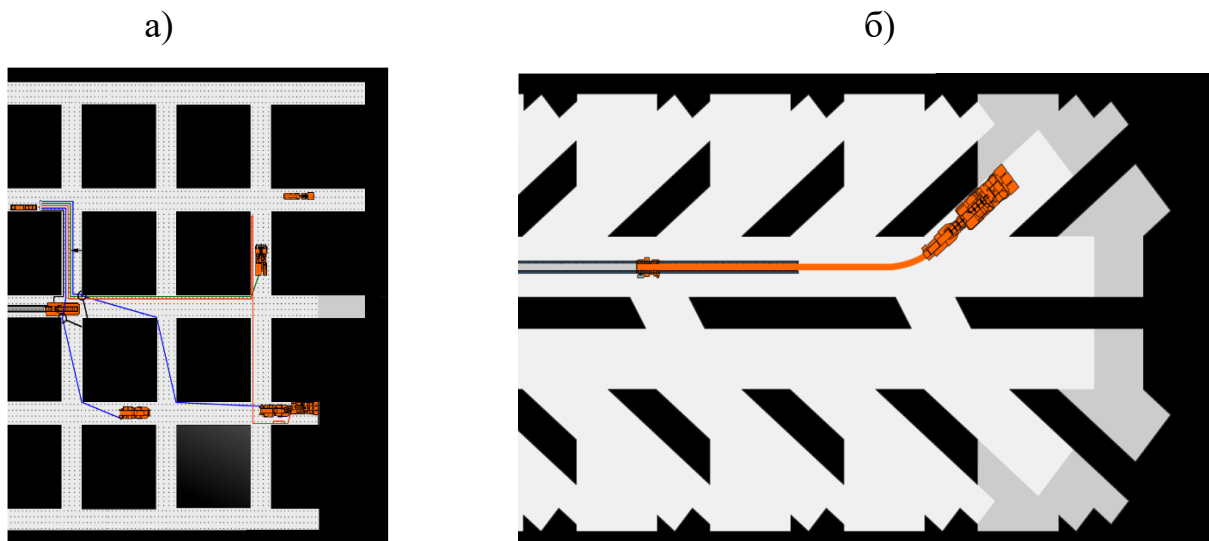


Рисунок 1.1 – Общий вид короткозабойных систем разработки с комплектом оборудования JOY: а – камерно-столбовая; б – камерная

Преимущества, присущие системам разработки с короткими забоями, используют и в настоящее время, например, при погашении целиков с выемкой пласта на полную мощность без разделения на слои и без выпуска вышележащей толщи. Подтверждена высокая эффективность камерно-столбовой системы разработки с гидроотбойкой угля [1].

Гидравлическая технология обработки угольных пластов применяется в Кузбассе при выемке как крутых, так и пологих пластов. Характерной особенностью данной технологии является малооперационность и поточность. Ее основные недостатки: значительные потери угля в недрах и объем нарезных ра-

бот, высокая энергоемкость процессов, сложность процессов обезвоживания угля.

Производительность труда рабочего по гидро шахтам производственного объединения «Гидроуголь» за 1977г. составила 153т/мес., а по гидро шахте №2 шахты «Юбилейная» достигала 287т/мес. В период 1990-1994гг. с использованием этой технологии на шахтах Кузбасса было добыто 24,6 млн.т. угля. Среднемесячная производительность труда рабочего по добыче при разработке пологих пластов колебалась в пределах 23-134 т/мес.

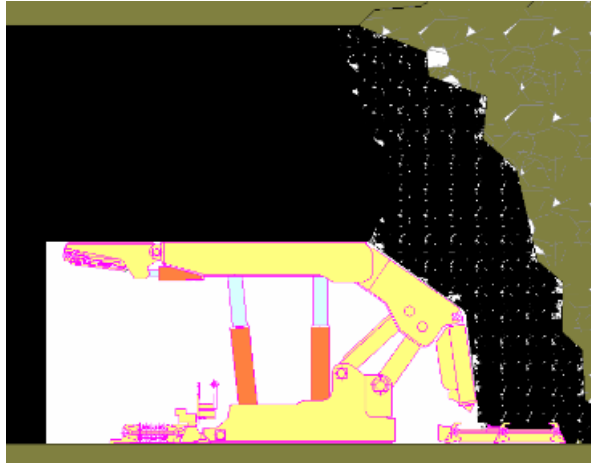
Также заслуживают внимания камерно-столбовые системы разработки с закладкой выработанного пространства. Такие системы разработки применяются с расположением камер по восстанию или по простиранию и отработкой их в порядке очередности по восстанию пласта. При этом выемка угля сопровождается полной гидравлической закладкой выработанного пространства. По условиям удобств и безопасности ведения работ в забое и управления кровлей камеры по простиранию располагаются при углах падения более 25°.

Камерные и камерно-столбовые системы имеют также и свои недостатки: большие потери угля, сложность проветривания горных выработок, ограниченность области применения по фактору опасности по внезапным выбросам угля и газа, а также по горным ударам. Короткозабойная выемка предполагает управление кровлей податливыми угольными целиками. При проектировании выемки пласта короткими забоями следует учитывать уровень потерь угля, размеры камер, заходок, а также размеры целиков и их устойчивость.

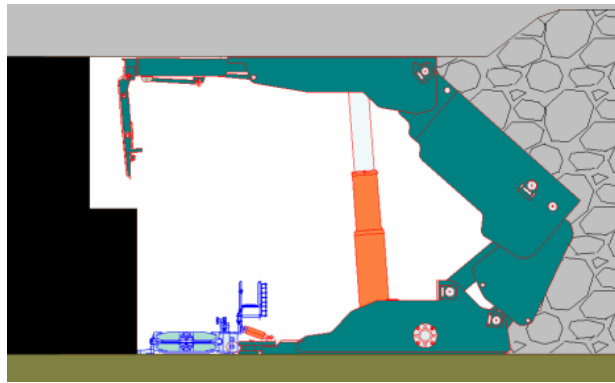
Также известны случаи разработки мощного пласта камерной системой с погашением подкровельной толщи [1, 7, 8].

Совершенствование систем разработки длинными забоями на полную мощность ведется по двум направлениям, первое из которых предусматривает прямолинейную (вертикальную или наклонную), а второе – уступную форму очистного забоя по мощности пласта. Системы выемки пластов на полную мощность представлены на (рисунок 1.2). С прямолинейной формой забоя выемка ведется за один прием с обрушением кровли.

а



б



в

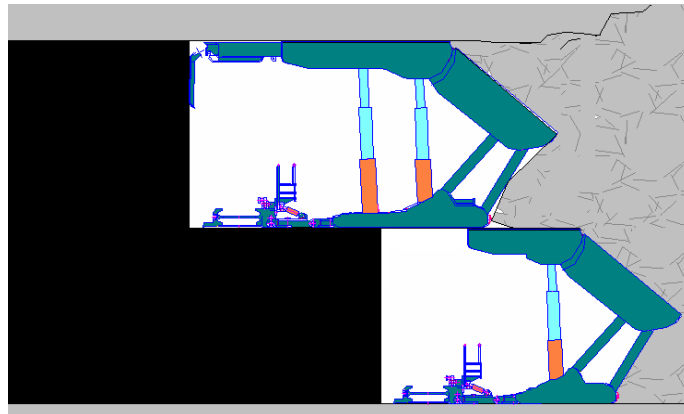


Рисунок 1.2 – Системы выемки мощных пластов без разделения на слои:

а – прямолинейная форма забоя; б – почвоуступная форма забоя;

в – потолкоуступная форма забоя

При этом столб подготавливается выработками, проводимыми у почвы и у кровли пласта. Применение таких щитов не дало положительных результатов [9, 10].

Второе направление предусматривает уступную форму забоя. При выемке пласта на полную мощность с почвоуступной формой очистного забоя, по сравнению со слоевой выемкой, исключаются потери по мощности пласта, уменьшается опасность возникновения эндогенных пожаров, сокращается объем проведения подготовительных выработок, увеличивается концентрация горных работ. Выемку угля с почвоуступной формой очистного забоя предполагалось вести с одним комбайном в каждом уступе.

На шахтах потолкоуступный забой получил применение только при системах разработки с обрушением и выпуском угля из подкровельной толщи. Предельная мощность пологого угольного пласта при отработке его в один слой во многом определяется физико-механическими свойствами угольного пласта и вмещающих пород.

Приоритет создания механизированных комплексов для выемки мощных пологих и наклонных угольных пластов без деления на слои принадлежит отечественной угольной промышленности. Еще в 1964г. в ИГД им. А.А. Скочинского обоснована технико-экономическую целесообразность одноразовой выемки пластов мощностью 3,5...5м механизированным комплексом. Институт Гипроуглемаш спроектировал, а Малаховский экспериментальный завод в 1969 г. изготовил экспериментальный образец комплекса КМ-120. Его испытания проводились в 1970-1971гг и в 1973г на шахтах им. Ярославского и «Распадская» в Кузбассе. Продолжительный период и общая положительная результативность разработки, конструктивные совершенствования и неоднократные испытания комплекса КМ-120 положили начало целого класса механизированных комплексов с высотой крепи до 4,5...5 м. Несмотря на неблагоприятные проявления отжима угля, средняя нагрузка на очистной забой (по данным исследований 1989-1993 гг) на мощных пластах намного (в 1,4...2,0 раза и более) превышала соответствующий показатель по очистным забоям на пластах средней мощности (таблица 1.1, м.б. 1.2). Освоение нагрузки на мощных пластах достигло уровня 90 %, в то время как на пластах средней мощности лишь 63 %. Это, безусловно, подтверждает более высокую эффективность такой разработ-

ки.

Таблица 1.1 – Показатели работы очистных забоев

Тип механизированного комплекса	Нагрузка на забой, т/сут						Освоение нагрузки, %
	1989 г.	1990 г.	1991 г.	1992 г.	1993 г.	максимальная по ТЗ	
Вынимаемая мощность пластов 4,0-5,0м							
КМ-142	3301	4048	–	2513	2280	4500	51...90
УКП	1569	1643	1497	1459	1375	2790	55...59
Вынимаемая мощность пластов 2,0-3,5м							
ОКП-70	1095	1055	962	1001	958	2530	43...50
КМ-130	1183	1293	1064	1098	1054	2160	48...60
GLINIK	1321	1327	827	1038	994	2100	55...63

Таблица 1.2 - Техничко-экономические показатели систем разработки мощных пологих пластов

Показатели	Система разработки пластов		
	на полную мощность	с выпуском угля подкровельной толщи	наклонными слоями
Вынимаемая мощность пласта (слоя), м	4,2...4,6	5,5...6,0	2,6...3,2
Число сравниваемых очистных забоев	8	6	15
Длина лавы, м	130	120	155
Нагрузка на забой, т/сут	3300	3200	2260
Производительность труда ГРОЗ, т/вых	43,0	38,0	32,0
Эксплуатационные потери угля, %	5...7	20	3...5

Основными факторами, сдерживающими работу комплексов, являются: большие затраты времени и труда на вспомогательные операции на концевых участках лав и на усиление крепи сопряжений выемочных выработок и очист-

ного забоя в зоне опорного давления, ограничение добычи угля по газовому фактору, отказы средств транспорта и другие причины.

Эффективная методика обоснования оптимальной мощности вынимаемых пластов в настоящее время не разработана. Еще в 1975г. по результатам экономико-математического моделирования в КНИУИ, установлено, что рациональная вынимаемая мощность пласта составляет 3,5...4,5м, так как этой мощности соответствовали наименьшие приведенные затраты. В работе последующих лет последнее число было скорректировано до 4 м с учетом вероятного уровня производственного травматизма. По исследованиям КузНИУИ в условиях труднообрушающейся кровли вынимаемую мощность пласта более 5 м и скорость подвигания лав 4м/сут. принимать не рекомендуется в связи с интенсификацией геомеханических процессов в призабойном массиве [10].

В зарубежной практике дается обоснование вынимаемой мощности 4,2 м при отработке пластов на полную мощность. Обоснование основано на том, что данной мощности соответствуют оптимальные трудовые затраты и стоимость оборудования.

С переходом на одностадийную выемку мощного пласта уменьшаются объемы подготовительных выработок, снижаются потери угля по мощности пласта, уменьшается эндогенная пожароопасность. Вместе с тем при увеличении высоты механизированной крепи увеличиваются затраты на изготовление и монтаж-демонтаж механизированного комплекса. Также увеличивается отжим угля в лаве, влияющий на безопасность работ.

Практика и результаты исследования показывают, что при прочих равных условиях с увеличением мощности вынимаемого пласта (слоя) в характере поведения подработанных пород происходят качественно новые явления. Эти изменения приводят к более резким, чем на пластах средней мощности, проявлениям процессов сдвижения и давления горных пород. При большой вынимаемой мощности пласта необходимо обеспечивать устойчивость забоя и сопряжений лавы с подготовительными выработками. Поэтому при создании механизированных крепей для этих условий нужно обеспечивать продольную и по-

перечную устойчивость высоких секций и перекрытие межсекционных зазоров не только по кровле, но и со стороны выработанного пространства.

1.1.2 Оценка эффективности средств механизации при отработке мощных пологих пластов на полную мощность

Механизация при выемке короткими забоями принципиально определяется комплектами горнопроходческого забойного оборудования и средствами доставки материалов и транспортировки отбитой горной массы. При гидровыемке возможно применение гидротранспорта угольной пульпы из забоя, что весьма положительно сказывается на себестоимости по данному элементу. Применение камерной системы разработки с закладкой выработанного пространства предполагает наличие закладочного комплекса, требующего определенного обслуживания и капитальных затрат. Короткозабойные системы разработки угольных пластов изначально ориентированы на низкий коэффициент извлечения, за счет оставления целиков заданной податливости, что в свою очередь составляет большие потери полезного ископаемого. Потери при данных системах разработки являются одним из важнейших недостатков.

Проблема оставления большого количества запасов менее остра при столбовой системе разработки с КМЗ, при которой потери составляют межстолбовые целики и в случае слоевой выемки мощных пологих пластов межслоевые угольные пачки. Комплексная механизация очистных работ позволилакратно увеличить объем добычи угля и повысить уровень безопасности работ в очистных забоях. В 60-х годах XX века при длиннозабойных системах на мощных пологих и наклонных пластах началось опытное использование, а в дальнейшем и широкое применение серийных комплексов оборудования с передвижными механизированными крепями. В последующие годы наметилась тенденция к увеличению вынимаемой мощности пласта (слоя). Были проведены испытания экспериментальных механизированных крепей (М130, 2УКП, М120, М136, КМП, ОМКТМ, КМ81Э, и других) для пластов мощностью более 3,5 м. К вышеуказанному списку следует отнести разного рода передвижные огради-

тельные и оградительно-поддерживающие щиты типов ПОЩ и ППОЩ, располагающихся по всей мощности пласта (до 8м) [11,12]. С появлением комплексов типа КМ120, КМ130, 2УКП5, «Пиома» и других стали отрабатывать пласты мощностью до 5 м в один слой [13-15].

Также разработаны, испытаны и внедрены в производство механизированные комплексы нового уровня (КМ138, КМ142, КМ144, КМ145, КМ147, КМ171, КМ172 и другие), предназначенные для выемки пластов (слоев) мощностью до 6м [14]. Каждое последующее поколение механизированных крепей отличалось от предыдущего большей надежностью металлоконструкций и гидросистем, улучшением силовых характеристик, параметров безопасности и эргономичности. Также возросла энерговооруженность механизированных комплексов, что является предпосылкой к увеличению ресурса и производительности. Однако в случае слоевой выемки мощных пологих пластов потери увеличиваются за счет межслоевых угольных пачек. В связи с вышеизложенным актуальной представляется задача разработки и обоснования требований к механизированным крепям и параметрам выемки мощного пологого пласта.

1.2 Оценка научно-технического уровня техники и технологии разработки мощных пологих пластов наклонными слоями

Слоевые системы разработки с индивидуальной стоечной крепью в очистных забоях характеризовались низкими технико-экономическими показателями по сравнению с механизированной крепью.

При управлении кровлей обрушением отработку слоев обычно производили в нисходящем порядке. Однако, в зарубежной и отечественной практике известны случаи отработки слоев в восходящем порядке.

Очередной этап развития способов разработки мощных пологих пластов связан с применением механизированных комплексов, созданных для отработки пластов средней мощности. Их внедрение позволило повысить эффективность слоевой выемки мощных пологих и наклонных пластов, а также увели-

чить нагрузку на очистной забой. Сейчас в нашей стране на долю разработки мощных пологих пластов наклонными слоями приходится около $3/5$ всей подземной добычи угля из рассматриваемых пластов.

Система разработки наклонными слоями включает несколько схем отработки нижних слоев. Отработка верхнего слоя ведется во всех случаях практически одинаково, за исключением случая с настилкой (монтаж) гибкого металлического перекрытия.

Надежная работа очистных механизированных комплексов в нижних слоях может быть обеспечена за счет устойчивости искусственной кровли, использования в качестве кровли межслоевого породного прослойка или предохранительной угольной пачки, а также при настилке гибкого металлического перекрытия в верхнем слое. Удаление от забоя в сторону выработанного пространства определяется по оси абсцисс, а несущая способность кровли – по оси ординат. При монолитной (естественной) кровле ее несущая способность у забоя имеет максимальное значение и с параболической зависимостью снижается с удалением в сторону выработанного пространства. Аналогичная, но с пониженным значением, зависимость несущей способности кровли прослеживается в забоях нижнего слоя при оставлении предохранительной межслоевой пачки или породного прослойка. Несущая способность искусственной кровли в забоях нижнего слоя при слабослеживаемых обрушенных породах или использовании гибкого перекрытия минимальна у забоя в зоне обнажения кровли [9, 14, 17, 18]. Таким образом, возникает потребность в адаптации существующих или разработке новых технологических схем по отработке запасов угля мощных пологих пластов с параметрами выемки, удовлетворяющими требованиям рационального использования недр и предотвращения эндогенных пожаров.

Существует два варианта системы разработки наклонными слоями: с последовательной выемкой слоев в пределах выемочного поля, крыла и с одновременной выемкой разных слоев в пределах этажа.

С разделением на слои в наши дни отрабатываются пласты мощностью не менее 5...6м. Для механизации работ по слоевой выемке угля испытывались

практически все типы механизированных комплексов, созданных для разработки пластов средней мощности. Наибольшее распространение в ранние периоды получили ОМКТМ (ОКП) и КМ-81. В 90-х годах их заменили комплексы типов КМ-130, КМ-142, КМ-144, КМ-138, КМ-171, КМ-174, хотя комплексы типов УКП и ОКП до сих пор находят свое применение [11].

Развитие средств механизации работ по управлению кровлей в слоях идет по пути использования и приспособления существующих комплексов, в том числе импортных. Отработка слоев ведется с оставлением межслоевых пачек угля толщиной 0,6...0,8 м и более, так как обрушенные породы кровли после отработки верхнего (первого) слоя плохо или вовсе не слеживаются. Кровля нижележащих слоев оценивается как неустойчивая. Оставление межслоевых угольных пачек приводит к потерям подготовленных к выемке запасов. Поддержание подготовительных выработок при высоких нагрузках на очистной забой, особенно в нижележащих слоях, связано с определенными трудностями. Поэтому наиболее важными задачами при разработке пластов наклонными слоями являются: обеспечение устойчивости кровли в нижележащих слоях, правильный подбор типов механизированных крепей и их параметров, выбор способов подготовки выемочных полей и охраны подготовительных выработок, а также увязка горных работ в слоях во времени.

Условия работы крепей в разных слоях различны. Отработка верхнего слоя аналогична выемке пласта средней мощности. Исключение составляет случай с возведением искусственного перекрытия между смежными слоями. Ограничения по фактору отжима угля из забоя, а также давления крепи на почву незначительны. Таким образом, выбор типа крепи при отработке верхнего слоя основывается на обрушаемости и устойчивости пород кровли и забоя, а также применимости по условиям залегания пласта.

На шахтах Ольжерасского месторождения Кузбасса до недавнего времени и в настоящее время применяются крепи типов 2УКП5, М130, М142, М145, МКЮ для слоевой выемки. Кровли пластов III, IV-V и VI данного месторождения представлены породами от средней устойчивости (алевролит) до устойчи-

вых и весьма устойчивых (песчаник, гравелит и конгломерат). Для слоевой выемки наиболее подходящими для применения в этой области по техническим характеристикам, по типу кровель являются механизированные крепи типов 2УКП и М142, с удельным сопротивлением до 1300-1400 кН/м² и вынимаемой мощностью слоя от 2,7 м [11].

Однако, не смотря на удовлетворительные силовые характеристики указанных выше крепей, на пластах Ольжерасского месторождения имели место следующие аварийные случаи с данными крепями.

Выход из строя элементов крепи (гидродомкратов передвижки, основания, соединительных пальцев). Причиной данного происшествия послужил резкий динамический удар крупного породного блока по поддерживающему и ограждающему элементам крепи. В результате этого произошло повреждение и полный выход из строя оснований и гидродомкратов передвижки секций. Выходом из сложившейся ситуации может быть полная замена вышедших из строя элементов механизированной крепи, если существует дальнейшая экономическая целесообразность доработки выемочного столба.

Провал секции крепи в выработку нижнего слоя. При отработке верхнего слоя линия очистного забоя проходила над диагональной выработкой в массиве выемочного столба нижнего слоя. Чрезмерный распор секции явился причиной ее провала в данную выработку. Вывод провалившейся секции крепи на почву слоя возможен при принятии мер по усилению крепления нижерасположенной выработки, заполнению пространства между основанием секции крепи и обрушенной межслоевой пачкой угля, а также применению дополнительных средств и механизмов.

Обрушение пород кровли в призабойное пространство. При отработке верхнего слоя возможно развитие отжима угля из забоя в результате повышенного опорного давления. При слабых и сильно трещиноватых породах кровли происходят ее обрушения с образованием завалов призабойного пространства и куполов в кровле. Разбор подобных завалов возможен с применением забойных машин механизмов (забойного конвейера, комбайна).

1.3 Анализ состояния техники и технологии разработки мощных пологих пластов с обрушением и выпуском вышележащей угольной толщи

В связи с тем, что слоевые системы разработки имеют характерные недостатки (большой объем подготовительных работ, потери подготовленного к выемке угля в межслоевых пачках, сложность проветривания и поддержания слоевых подготовительных выработок и т.д.) в части подготовки каждого слоя к выемке, стали применять системы разработки мощных пологих пластов с выпуском угля. Эти системы, как с применением гибкого перекрытия, так и без его применения в 1950-1960 гг. испытывались в Кузнецком и Карагандинском бассейнах [9, 11, 14, 17].

При этом было создано и испытано множество уникальных конструкций крепей и межслоевых перекрытий. Завершением данного этапа явилось создание комбинированной системы разработки с гибким перекрытием и механизированным комплексом КТУ2МКЭ, которая была наиболее удачной из всех систем, применяемых в тот период в нашей стране. Наибольшее распространение эта система получила на шахтах Томусинского района, а также на других месторождениях Кузбасса (Кондомском, Кемеровском), в Забайкалье (Букачача) и в Средней Азии (Шураб). С 1957г. на протяжении более десятка лет эта система считалась очень перспективной при разработке пластов мощностью более 7м. С внедрением этой системы разработки повысилась эффективность отработки мощных пологих пластов на данных месторождениях по сравнению со слоевой выемкой с индивидуальной крепью.

Комплекс оборудования КТУ2МКЭ предназначен для механизации очистных работ на пластах мощностью 6...12 м, с углом падения до 30°, сопротивляемостью угля резанию до 300 кгс/см д.б. система СИ, при незначительной обводненности, почвами с сопротивлением вдавливанию крепи не менее 1,5 МПа, при управлении кровлей полным обрушением и отработки шахтного поля длинными столбами по падению пласта. Механизированная крепь КТУ2М

оградительного типа, агрегатная, предназначена для защиты призабойного пространства и выпуска угля из межслоевой толщи и состоит из линейных секций, одной концевой и одной секции привода [11].

Агрегат АМС предназначен для выемки угля и укладки гибкого металлического перекрытия в очистных забоях монтажного слоя толщиной 2,2...3,0 м при разработке пологих пластов с углом падения до 25° мощностью 6м и более, с сопротивляемостью углей резанию до 300 кгс/см, управлением кровли полным обрушением. Гибкое перекрытие, уложенное агрегатом АМС, дает возможность вести выемку нижних слоев комплексом типа КТУ2М. [11]

При применении комплекса КТУ2М угольный пласт разделяется на три слоя. Верхний, монтажный слой 2...3м обрабатывается в лаве с обычной технологией и механизацией или с помощью агрегата АМС. На почву этого слоя укладывается гибкое перекрытие из металлической сетки. Комплексом КТУ2М вынимается нижний слой пласта мощностью 2,5...2,7м, а в межслоевой пачке (мощностью 6...8м) уголь разрушается буровзрывным способом и выпускается на призабойный конвейер типа СКТ4. Схема выемки пласта представлена на рисунке 1.3.

При постоянном повышении требований к промышленной безопасности и показателям очистного процесса (а именно отсутствие развитого поддерживающего элемента крепи, отсутствие безопасного прохода для людей в очистной выработке, наличие БВР, трудоемкость процессов отбойки, дробления и выпуска горной массы и др.) крепь КТУ перестала использоваться в очистных забоях угольных шахт.

Удовлетворительные результаты показали в 1975-1977гг. испытания экспериментального комплекса ОКПВ70, проводимые в лаве 35К₁₂-3 шахты им. Т. Кузембаева при выемке ранее оставленного околоштрекового целика по пласту К₁₂ мощностью 4,5...7,2 м. Кровля пласта: непосредственная – аргиллиты мощностью до 2,2 м, основная – песчаники с аргиллитом общей мощностью до 13 м. Сопротивление пород почвы вдавливаю 5 МПа.

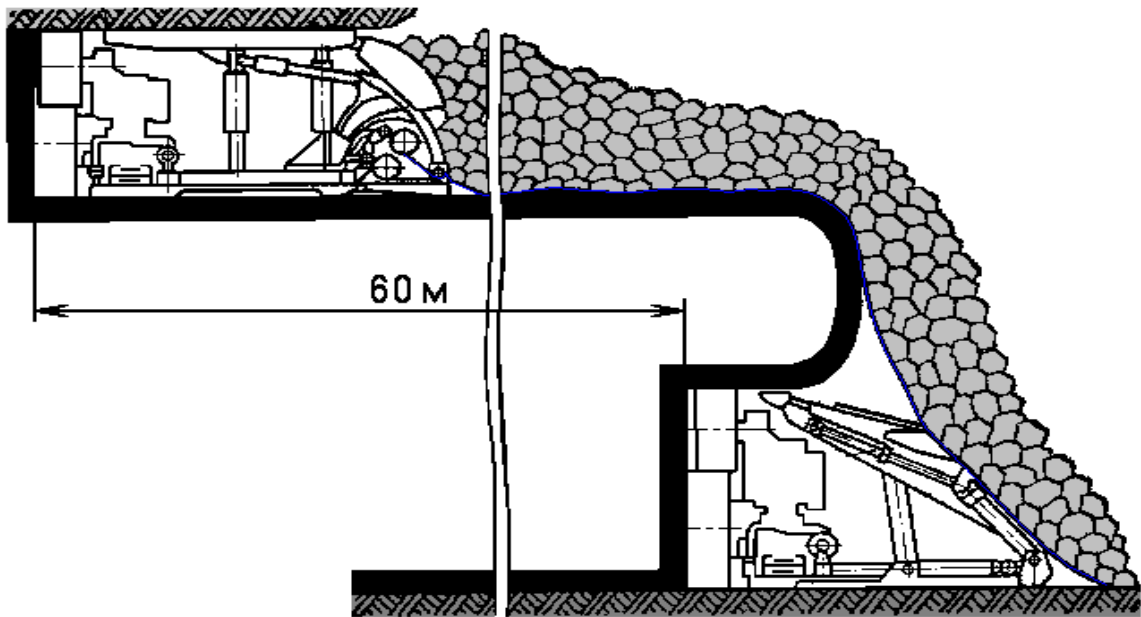


Рисунок 1.3 – Схема выемки мощного пласта с помощью комплекса КТУ2МКЭ и агрегата АМС

Вынимаемая мощность подсечного слоя – 3,0...3,2 м, мощность выпускаемой угольной толщи – 1,8...3,15 м. При этом были достигнуты следующие показатели: максимальная суточная нагрузка на очистной забой – 1765 т при двухсменной работе, производительность труда рабочего по участку – 11,9...17,9 т/выход, потери по мощности пласта – 7,9...12,5 %.

Также пологие и наклонные пласты мощностью 9 м и более обрабатывались двумя наклонными слоями комплексами КНКМ с настилкой гибкого перекрытия из-под завальных ограждений секций крепи в верхнем (монтажном) слое. Второй (нижний) слой обрабатывался с выпуском межслоевой угольной пачки на забойный конвейер через окно в ограждении секции.

При этом гибкое перекрытие ограждало обрушенные породы кровли от выпускаемого угля в забой нижнего слоя, исключая разубоживание выпускаемой горной массы (угля).

На ВГК в Софии в 1994 г. специалистами Словении была освещена практика обработки весьма мощного пласта с выпуском подкровельной толщи угля. Применялась механизированная крепь 2S-3200 ограждительно-поддерживающего типа с выпускным окном в ограждении, выдвигаемым и от-

кидным козырьком. Применяются две технологические схемы отработки пласта. При первой изменением распора секций крепи разрушают уголь и выпускают его на забойный конвейер. Вторая предполагает разрушение угля с помощью буровзрывных работ. Мощность вынимаемого слоя достигает 15 м. Работа в лаве длиной 100м обеспечивает суточную нагрузку на забой 3...6 тыс.т.

Однако с появлением более совершенных средств механизации очистных работ применение системы разработки с выпуском угля из-под защиты металлического перекрытия постепенно сокращалось из-за большой трудоемкости работ по возведению гибкого перекрытия и отсутствия эффективных способов и средств дробления, и выпуска мощной межслоевой угольной толщи.

В недалеком прошлом проводились работы по созданию очистного оборудования для механизации работ по выемке угля и его выпуску из вышележащих толщ. ЗАО «Каргормаш-ИТЭКС» разработана крепь огражденно-поддерживающего типа 2ОКПВ70КМ, которая предназначена для механизации очистных работ в лавах с полным обрушением кровли, с выемкой подкровельной пачки угля, работающая с двумя конвейерами в лаве. Данная механизированная крепь применяется на пластах мощностью до 8 м с углом падения до 25°.

Особенностью крепи является способность удержания забоя от вывалов угля, а также выпуск угля подкровельной пачки на завальный конвейер прокачиванием активного щита и периодическим выдвиганием телескопического щита. Наличие выдвижного борта крепи обеспечивает высокую степень затяжки кровли. Наличие двух гидроцилиндров передвижки позволяет корректировать положение секции. К преимуществам крепи 2ОКПВ70КМ относится ее малый вес и высокая маневренность при работе [28].

Также на базе существующей крепи М130 была произведена и опробована механизированная крепь МВ130.

Юргинским машиностроительным заводом произведена механизированная крепь МКЮ.4В-17/30, предназначенная для механизированного крепления призабойного пространства, поддержания толщи угля над крепью, управления

ее обрушением с направлением ее на завальный конвейер, передвижки забойного и завального конвейеров при ведении очистных работ на пластах мощностью до 10 м.

Отличительной особенностью крепи МКЮ.4В-17/30 является: увеличенный шаг передвижки секции – 0,8 м, что дает возможность применения комбайнов с большим захватом, удельное сопротивление крепи – не менее 1000кН/м², достаточно высокая маневренность при массе секции – 18,5 т [29].

Механизированная крепь М138ВПТ обладает большим на 20 % удельным сопротивлением в сравнении с крепью МКЮ.4В-17/30.

Технологии с выпуском подкровельных и межслоевых толщ и соответствующие средства механизации призваны способствовать снижению потерь подготовленных к выемке запасов угля. Однако серийные механизированные крепи с выпуском способны обеспечить эффективность выемки мощных пластов лишь в относительно благоприятных условиях (слабые угли, легкоуправляемая кровля и т.д.). В условиях труднообрушаемых кровель и крепких (с большей степенью метаморфизма) углей эффективность выемки мощного пласта с выпуском может быть реализована путем:

- локального разупрочнения и дезинтеграции массива угольной потолочины и пород кровли в пределах выемочного участка;
- изменения технологической части механизированной крепи с отнесением выпускного окна до максимума в сторону выработанного пространства.

Разупрочнение угольного массива и приведение его в состояние готовности к свободному выпуску требует существенных затрат как на изучение его состояния, так и на выбор соответствующих средств и способов реализации [20, 21]. Изменение конструкции механизированной крепи с изменением ее технологической части также является мерой, требующей единовременных затрат. Тем не менее, она может позволить, в условиях, например, невыдержанного пласта по мощности и структуре, изменить режим работы очистного забоя, не меняя принципиальной технологической схемы подготовки и отработки выемочных участков.

Однако технологии разработки мощных пологих пластов, наряду с присущими им достоинствами, обладают рядом специфических недостатков. В частности, при разработке мощных пологих пластов с выпуском угольной потолочины имеет место ограниченность размера потока выпускаемого угля. Это увеличивает потери и зольность, особенно при крепких углях, толща которых характеризуется крупноблочным обрушением. Оптимизация потока угля при выпуске подкровельной толщи может быть реализована:

- созданием над крепью зоны обрушения и дробления угольных негабаритов;
- увеличением размеров и количества выпускных окон;
- созданием условий беспрепятственного прохождения потока угольной массы через выпускные окна;
- наличием дополнительных средств механизации процесса дробления угля подкровельной толщи и кровли [24].

Вышеуказанные условия эффективности выемки и оптимизации потока выпускаемого угля предлагается реализовать при двухстадийной выемке мощного пологого пласта с помощью сдвоенной уступной крепи:

- исключаются случаи потери устойчивости почвы при отработке первого (верхнего) слоя.
- исключаются случаи попадания породы в призабойное пространство подсечного слоя.

В целом данная система разработки с выпуском угольной потолочины заслуживает большого внимания и дальнейших усовершенствований.

Перспективность этой технологии (с выпуском) определяется ее преимуществами:

- высокая концентрация горных работ;
- уменьшение потерь и снижение рисков, связанных с эндогенной пожароопасностью;
- снижение числа подготовительных выработок;
- снижение энергозатрат на добычу;

- снижение затрат на оборудование и монтаж;
- снижение себестоимости и персонала;
- увеличение нагрузки на забой [22].

Кроме того, применение сдвоенной крепи с уступным перекрытием предполагает повышение степени влияния:

- на взаимосвязь работ по выпуску и комбайновой выемке угля;
- на управляемость процесса выпуска;
- на качество горной массы, как продукта.

Управление горным давлением при выемке с выпуском угля должно предусматривать выбор параметров и средств управления породами кровли, а также предусматривать возможность управляемого разрушения и погашения угольной толщи и рациональные параметры ее выпуска для более полного извлечения угля. Одним из следствий большой вынимаемой мощности является увеличение высоты зоны обрушения кровли. Это может привести к сильным динамическим воздействиям на крепь в подсечном слое. Таким образом, разработка с выпуском угля требует дополнительных мер по снижению опорного давления и уменьшению влияния обрушающихся пород на крепь и забой в подсечном слое.

1.4 Анализ зарубежного опыта разработки мощных пологих пластов

В зарубежной горной практике принято считать пласт мощным, если его разработка в один слой затруднительна по каким-либо причинам. Понятие мощного пласта в отдельных странах различное; так в Великобритании мощным считается пласт мощностью от 1,83м, в Японии – от 2,25м, во Франции – от 4м, в Индии – 4,5м, в России свыше 3,5м. Область применения длинных очистных забоев обычно ограничивают углом падения до 20°. Большая часть механизированных крепей предназначена для выемки с управлением кровлей обрушением и пневматической или гидравлической закладкой. Закладка выработанного пространства за рубежом широко распространена из-за малой пло-

щади свободных земель. С помощью закладки обеспечивается сохранность земной поверхности. К примеру, в Японии с помощью закладки обеспечивается возможность разработки угольных пластов под морским дном.

Совершенствование систем разработки мощных пологих пластов за рубежом проходило в той или иной степени аналогичным образом, что и в нашей стране. В середине 80-х годов за рубежом стали все больше применять механизированные крепи, особенно при выемке пластов длинными забоями на полную мощность, а также с выпуском угля из вышележащей толщи.

Многие страны (Россия, Польша, Китай, Германия, Великобритания и др.) интенсивно работают над созданием крепей и комплексов для выемки пластов мощностью до 6 м и более. При этом предпочтение отдается крепям щитового типа [11, 19, 25, 26, 27].

Лидерами в проектировании и производстве механизированных крепей большой высоты на сегодняшний день являются европейские и китайские производители.

Для слоевой выемки мощных пологих пластов с механизированным возведением сетчатого перекрытия выпускались крепи в Китае. Четырехстоечные крепи PLZ-400-17/35 и PLZ-600-19,5/31 позволяют производить выемку слоев у кровли пласта мощностью до 3,5 м и настилку гибкого сетчатого перекрытия для защиты призабойного пространства и повышения качества выпускаемого угля в нижнем слое.

Позже подобные крепи стали выпускаться фирмами «Хемшайдт» и «Бекорит» (Германия), «Даути» и «Галлик» (Великобритания), а также фирмой «Глиник» (Польша).

Уникальную конструкцию имеет современная механизированная крепь типа BUCYRUS 1900-3500 2×ST2 (рисунок 1.4). Уникальность данной крепи заключается в том, что она может быть использована как в обычном варианте системы разработки длинными столбами по простиранию и падению (восстанию) с обрушением кровли, так и с выпуском подкровельной или межслоевой толщи при слоевой системе. Задняя часть ограждения и завальный конвейер

при работе без выпуска могут быть демонтированы. Производителем заявлен ряд подобных крепей с выпуском с широким диапазоном раздвижности. [23].

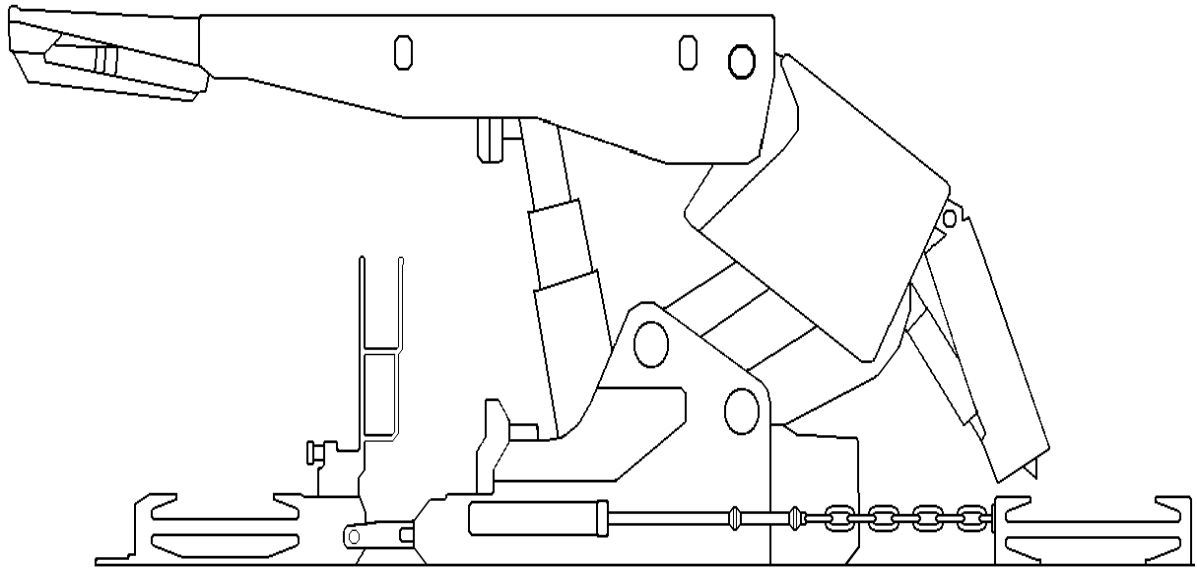


Рисунок 1.4 – Линейная секция крепи BUCYRUS 1900-3500 2×ST2

Принципиальных различий между конструкциями крепей иностранных и отечественных производителей нет. Были созданы крепи, продолжившие направление работ по выпуску угля по схеме КТУ – на забойный конвейер [30,31]. Крепь состояла из четырехстоечных секций, имевших выпускную часть ограждения, которая образовывала желоб для спуска угля на забойный конвейер. Испытания этой крепи в 1983г на шахте «Армин» показали положительные результаты: среднесуточная нагрузка на забой составила 1400т; производительность труда рабочего 26,3т/выход; потери угля по мощности пласта – не более 9 %.

С 1983г в КНР началось применение технологии выемки мощных угольных пластов с выпуском подкровельной толщи. В настоящее время, такая технология уже применяется в большинстве случаев для выемки мощных угольных пластов от 5,0 до 14,0 м. По статистическим данным о применении технологии выпуска подкровельной толщи, средняя годовая производительность лавы достигла до 700 тыс. т, в КНР имеются более 60 лав, в которых добывают

свыше 1 млн тонн угля за год, в том числе, годовая производительность выше 2 млн тонн - 15 забоев, выше 3 млн тонн - 6 забоев, выше 5 млн тонн - 2 забоя, максимальная годовая производительность лавы достигла до 6 млн тонн. В настоящее время технология выемки угольных пластов с выпуском подкровельной толщи уже стала основной технологией для выемки мощных угольных пластов в КНР.

При применении технологии выпуска подкровельной толщи, средний коэффициент извлечения в забое: 80...85 %, средний коэффициент извлечения на участке: 70...75 %, себестоимость угледобычи снизилась на 30 % по сравнению с применением других технологий угледобывающих комплексов.

В Австралии, к примеру, запасы угля в пластах мощностью 6...9 м оцениваются в 3310 млн т (51,2 % от общих), что способствует широкому применению систем разработки с выпуском угольных толщ. На шахтах Аустар и Наррабри (Австралия) при мощности разрабатываемых пластов соответственно 4,8...6,5 м и 4,6...10, 5 м применяется система разработки ДСО с выпуском подкровельной пачки угля на завальный конвейер. Шахта Наррабри имеет производственную мощность 700 тыс.т/г на первоначальном этапе строительства и 6000 тыс.т/г – в последующих [32, 33].

Механизированные крепи с выпуском угля на завальный конвейер нашли широкое применение на шахтах Китая, а также Австралии.

Мировым лидером по производству секций крепи с выпуском угля на завальный конвейер является Чженчжоуская группа ГШО [34]. В 2007 году из 8653 секций крепи, изготовленных на заводе, 3640 (42 %) секций крепи составляют секции крепи с выпуском угля на завальный конвейер.

Основными потребителями секций крепи с выпуском на завальный конвейер являются крупнейшие корпорации по добыче угля, такие как «Шаньхуа» и «Шаньдун». На шахтах этих корпораций достигнуты рекордные показатели по добыче угля с использованием секций крепи с выпуском угля на завальный конвейер. Из лав, оснащенных такого типа секциями, годовая добыча составляет от 8 до 13 млн тонн угля в год.

1.5 Современное состояние и перспективные направления научных исследований по повышению эффективности разработки мощных пластов

В настоящее время ведется разработка:

-специальных механизированных крепей и комплексов для разработки мощных пологих пластов на полную мощность или слоями [25-27,35];

-алгоритмов и методов обоснования рациональных параметров слоевой выемки без оставления угольных пачек с применением межслоевых перекрытий или путем упрочнения обрушенных пород [36];

-способов выемки с обрушением и выпуском угля, технологии и процессов выпуска угля и средств механизации работ [37-44].

В России преобладающей системой разработки мощных пологих пластов является система разработки наклонными слоями длинными столбами по простиранию, падению или с диагональным расположением. Существенный объем добычи угля приходится и на систему разработки мощных пологих пластов на полную мощность.

В ближайшем обозримом будущем для отработки пластов мощностью до 4 м коренных изменений в конструктивных особенностях очистного оборудования не просматривается, однако следует ожидать значительного повышения надежности и ресурса работы средств комплексной механизации, в том числе по высокопроизводительным забойным конвейерам и перегружателям, за счет перехода на регулируемый привод, а также применение роботизированных технологий выемки угля без постоянного присутствия человека в очистном забое.

Для отработки пластов мощностью 3,5...6,0 м предусматривается замена скребковых конвейеров ленточными с шириной ленточного полотна 1200-1400 мм, а шнековых комбайнов – роторными с центральной погрузкой угля на конвейер.

Основным принципом, требующим новых подходов к созданию и освоению производства высокоэффективного горно-шахтного оборудования, является

ся переход от массового изготовления техники к индивидуальному, ориентированному на конкретные горно-геологические условия ее эксплуатации.

На сегодняшний день угольная промышленность и машиностроительный комплекс нашей страны располагают необходимыми возможностями как для модернизации пользующегося спросом у потребителей оборудования, так и для создания и освоения производства современной горной техники. Взамен применяемых механизированных крепей типов М-138, М-144, М-142, КМ-700/800, КБП, МК85 и других предлагаются крепи М-147, М-144, М-174, обеспечивающие высокопроизводительную отработку пластов мощностью до 5,5 м с углом падения до 30°.

В настоящее время как у нас в стране, так и за рубежом идет тенденция к увеличению геометрических параметров (высоты и ширины) производимых механизированных крепей для разработки мощных пологих пластов.

На рисунке 1.5 схематично и цветом (для идентификации крепей по периодам их производства и испытаний) показаны фронтальные проекции контуров секций, существующих и проектируемых механизированных крепей для выемки мощных пологих пластов, как на полную мощность, так и с выпуском угольной потолочины.

Характерным является тот факт, что крепи для выемки мощных пологих пластов на полную мощность более поздних поколений имеют тенденцию к увеличению, как высоты, так и шага установки секций, что благоприятно сказывается на устойчивости крепи и ее металлоемкости, отнесенной к единице объема поддерживаемого очистного пространства. Для крепей, предназначенных для отработки пластов с выпуском угольной потолочины, подобных тенденций не наблюдается.

Однако в данном случае, очевидно, что каждая крепь производится с учетом производственного опыта для конкретных условий заказчика (например, ВUCYRUS 2250-4700, ZF 15000/29/52) или на базе уже существующих (например, М81В). Кроме того, применение крепи с выпуском с высотой 5 м и более нерационально с позиции безопасности, отжима угля из забоя, неустойчивости

кровли, металлоемкости и т.д.

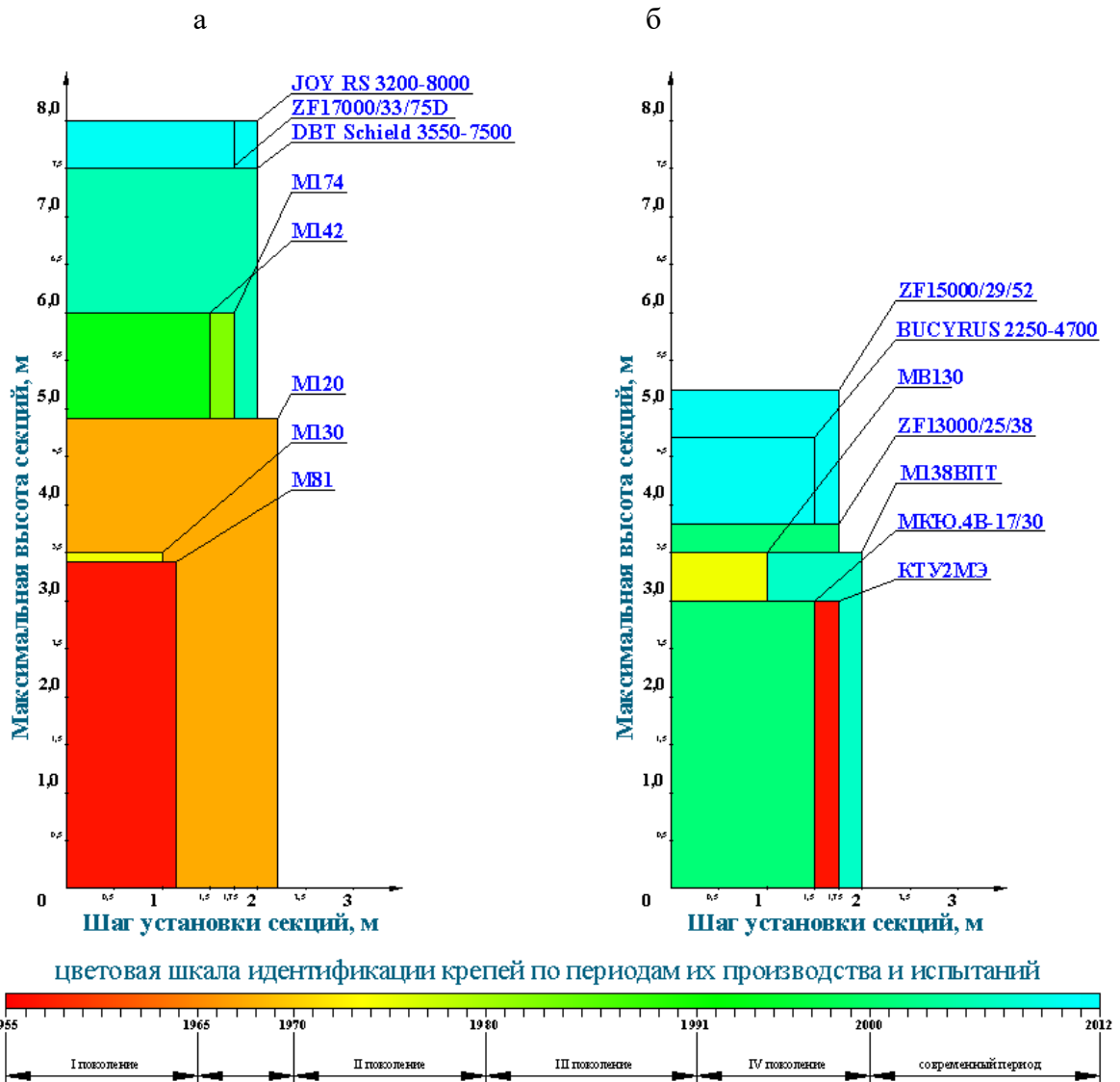


Рисунок 1.5 – Тенденции изменения габаритов механизированных крепей: а - для выемки мощных пологих пластов на полную мощность; б - для выемки мощных пологих пластов с выпуском угольной потолочины

Показательными примерами увеличения габаритов (размеров) крепи является крепь M142 отечественного производства, а также крепи M172 и M174 с высотой секции до 6,0 м и шагом установки 1,5 м и 1,75 м соответственно. Крепь M151 при максимальной высоте 2,3 м имеет три исполнения: с шагом установки 1,0 м, 2,0 м и 3,0 м.

Примерами крепей зарубежных производителей являются: крепь U550-

15/60 высотой 6,0 м и шагом установки 1,5 м и крепь DBT Schild 3550-7500 высотой 7,5 м и шагом установки 2,0 м (Германия); крепь JOY RS 3500/8000 с высотой до 8,0 м и шагом установки 2,0 м (Англия); крепь ZY17000/33/75D высотой 7,5 м и шагом установки 1,75 м (Китай); крепь GLINIK-22/47POz высотой 4,7 м и шагом установки 1,75 м (Польша); крепи OSTROJ-17/37HD с высотой 3,7 м и шагом установки 1,75 м, OSTROJ-26/56 с высотой 5,6 м и шагом установки 1,5 м (Чехия) и другие.

Кроме увеличения размеров секций механизированных крепей на сегодняшний день многие машиностроители перешли на производство однорядных двухстоечных секций механизированной крепи. Это связано с тем, что по новым нормативам и расчетам в Европе, например, несущая способность четырехстоечной крепи такая же, как несущая способность заднего ряда стоек, т.е. четыре стойки не несут нагрузку все одновременно. Кроме того, уменьшение количества гидростоек способствует снижению металлоемкости и стоимости крепи.

Также проводится активная работа по переходу на фронтальную передвижку конвейера, что является важным фактором снижения занятости ГРОЗ и повышения безопасности труда в очистном забое. Данная инновация также позволит увеличить ресурс элементов конвейера. [27]

Тенденции в совершенствовании систем разработки мощных пологих пластов в ряде случаев связаны с обоснованием целесообразности увеличения вынимаемой мощности до 8 м, а также с попытками применения одностадийной отработки пластов подсечным слоем с выпуском угольной потолочины из-за снижения затрат на проведение и поддержание слоевых выработок, снижения уровня потерь подготовленных к выемке запасов угля и рисков эндогенной пожароопасности.

Что касается разработки мощных пологих угольных пластов угля с обрушением и управляемым выпуском угля межслоевой и подкровельной толщ, следует отметить следующее.

В мире весьма распространена данная система разработки в таких странах

как Китай, Австралия, Индия и др. В России в настоящее время технология с выпуском угля применяется на ОАО «Шахта «Ольжерасская-Новая» при отработке пласта 21 Ильинской свиты с помощью механизированного комплекса с крепью типа ZF8000/22/35 китайского производства и с завальным конвейером [45-48].

Высокая эффективность данной технологии с применением указанной крепи доказана при отработке лавы 21-1-5. Потери угля составили – 10...12 %, месячная добыча – 246 тыс. т. [49]

Также в перспективе предполагается отработка пласта III усятской подсвиты балахонской серии на участке подземных горных работ ОАО «Разрез «Сибиргинский» по технологии с выпуском межслоевой угольной толщи. Проектной документацией принимается следующий порядок отработки пласта III:

- верхний слой мощностью 3,5 м отрабатывается механизированным комплексом 2КМК-800У системой разработки длинные столбы по простиранию с полным обрушение кровли в нисходящем порядке;

- нижний слой предусматривается отрабатывать после полной отработки верхнего слоя механизированным комплексом МКЮ.4В-17/30 с выпуском угля из межслоевой толщи в восходящем порядке.

На сегодняшний день технология с выпуском межслоевых и подкровельных угольных толщ совершенствуется и определенно представляет альтернативу слоевым системам разработки мощных пологих пластов.

Выводы

1. Механизированные крепи различного технического уровня (поколений), рассмотренные в данной главе, дают представление об ограниченности области их применения.

2. Непосредственно механизированные крепи для отработки запасов угля с выпуском потолочины также имеют весьма ограниченную область применения. Таким образом, важной является задача разработки технологических тре-

бований к кинематической схеме и параметрам механизированной крепи с перекрытием уступной формы для гравитационного выпуска подкровельной толщи при отработке мощных пологих пластов.

3. Технология отработки мощных пологих пластов угля реализуется в настоящее время в различных горно-геологических и горнотехнических условиях. Таким образом, накоплен богатейший опыт по ведению горных работ по выемке и выпуску угля, однако систематизированных знаний по параметрам и закономерностям выпуска горной массы недостаточно. В этой связи другой важной задачей является выявление по результатам физического и математического моделирования закономерности гравитационного выпуска угля подкровельной толщи при отработке мощных пластов в широком диапазоне горно-геологических условий.

4. В условиях труднообрушаемых кровель и крепких углей эффективность выемки мощного пласта с выпуском может быть реализована путем: локального разупрочнения и дезинтеграции массива угольной потолочины и пород кровли в пределах выемочного участка; изменения технологической части механизированной крепи с максимальным отнесением выпускного окна в сторону выработанного пространства.

5. Оптимизация потока угля при выпуске подкровельной толщи может быть осуществлена созданием над крепью зоны обрушения и дробления угольных негабаритов; увеличением размеров и количества выпускных окон; созданием условий беспрепятственного прохождения потока угольной массы через выпускные окна; наличием дополнительных средств механизации процесса дробления угля подкровельной толщи и кровли. В связи с этим актуальной задачей является разработка кинематической схемы и параметрической модели механизированной крепи с перекрытием уступной формы, обеспечивающую последовательность и полноту выпуска угля.

6. Несмотря на богатейший производственный опыт и положительные результаты исследовательских работ проблема повышения эффективности и безопасности отработки мощных пологих пластов до сих пор остается актуальной.

Цель и идея работы. Постановка задач исследований

По результатам аналитического обзора состояния средств механизации и развития технологии выемки мощных пологих угольных пластов сформулированы цель и идея работы.

Целью работы являлось уточнение закономерностей выемки мощных пологих пластов с управляемым выпуском угля для обоснования и разработки геотехнологических требований к механизированным крепям очистных механизированных комплексов для отработки мощных угольных пластов.

Идея работы заключается в том, что рациональные геотехнологические требования к механизированным крепям очистных механизированных комплексов для отработки мощных пологих угольных пластов, обеспечивающие снижение потерь и зольности угля, основываются на закономерностях выпуска угля подкровельной толщи при двухстадийной выемке мощного пологого пласта.

Современное состояние знаний по рассматриваемой проблеме, цель и идея работы обусловили необходимость постановки и решения следующих задач:

- разработать кинематическую схему и параметрическую модель механизированной крепи с перекрытием уступной формы, обеспечивающую систему механизированного крепления с заданной последовательностью и полноту выпуска;
- провести физическое и математическое моделирование и установить закономерности гравитационного выпуска угля подкровельной толщи при отработке мощных пластов в широком диапазоне горно-геологических условий;
- разработать технологические требования к кинематической схеме и параметрам механизированной крепи с перекрытием уступной формы для гравитационного управляемого выпуска подкровельной толщи при отработке мощных пологих пластов.

ГЛАВА 2 ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ НА ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С УГЛЕПОРОДНЫМ МАССИВОМ

2.1 Анализ компоновочных схем и конструкций механизированных крепей

Основное назначение металлоконструкций крепи – ограждать рабочее пространство в призабойной зоне очистного забоя от обрушающихся пород кровли, при обеспечении передвижки, как секций механизированной крепи, так и става забойного конвейера.

Применяемые ранее и в настоящее время типы механизированных крепей поддерживающие (П), поддерживающе-оградительные (П-О), оградительно-поддерживающие (О-П) имеют различные характеристики при взаимодействии с боковыми породами.

Конструкция секций механизированных крепей, как правило, состоит из следующих основных элементов: основания, перекрытия, ограждения, гидростоек и силовых связей.

Конструкции оснований выбираются, как правило, в зависимости от прочностных характеристик пород почвы, гипсометрии и мощности пласта. Площадь основания должна соответствовать пределу прочности пород почвы на сжатие (рисунок 2.1, 2.2).

Наибольшее давление на почву оказывают крепи с коротким жестким основанием. Удлиненное упругое основание оказывает более равномерное давление на почву (с отнесением максимума эпюры давления в сторону выработанного пространства) (рисунок 2.3). При слабых почвах крайне необходимо обеспечить минимальное давление у носка основания [11, 19].

Достоинства цельных оснований заключаются в большей площади нижней поверхности и как следствие меньшем давлении на почву. Достоинством основания «катамаранного» типа является возможность установки устройства для корректировки положения основания при передвижке секции. Однако на

основании катамаранного типа нет возможности расположить два гидродомкрата передвигжки, как на цельном основании.

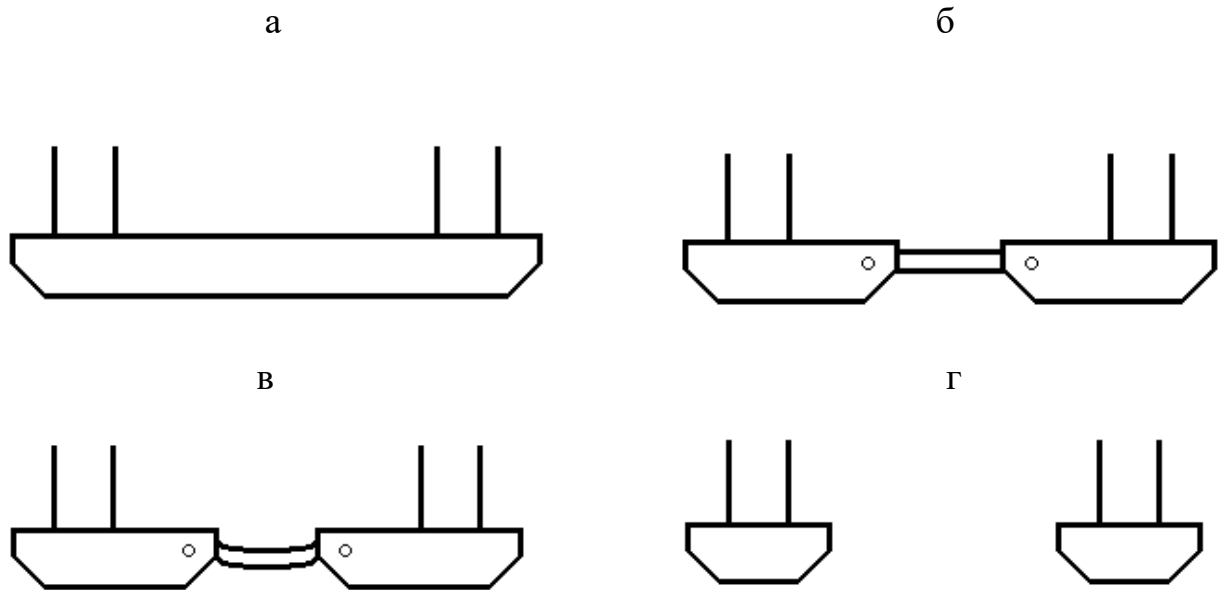


Рисунок 2.1 – Конструктивные схемы оснований: а - жесткое сплошное; б - жесткое двухшарнирное с тягой; в - жесткое двухшарнирное с гибкой связью; г - обособленные башмаки для каждой гидростойки

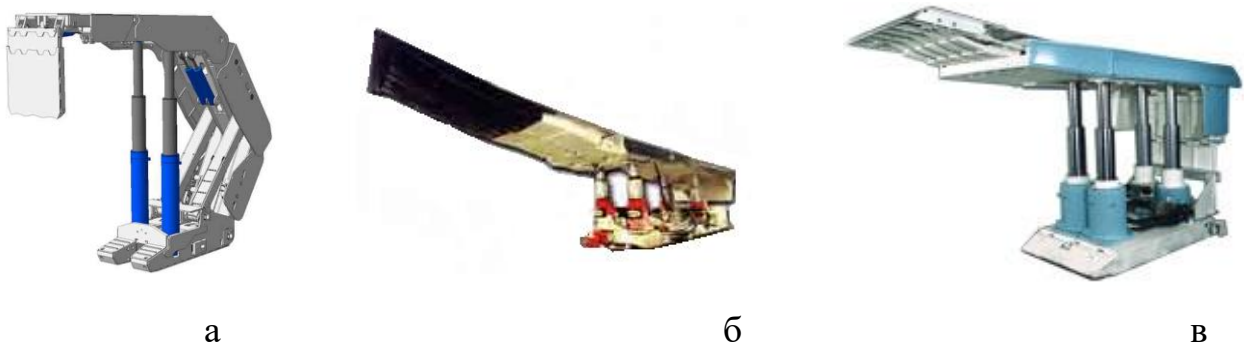


Рисунок 2.2 – Типы оснований секций крепи: а - составное из двух продольных частей; б - составное из двух поперечных частей; в - цельное

В предлагаемой крепи основание является составным с конструкцией поперечного шарнира. Таким образом, можно предположить, что минимум давления на почву будет приходиться в район носка основания секции, а максимум – в район шарнира (т.е. заднего края основания поддерживающей части секции).

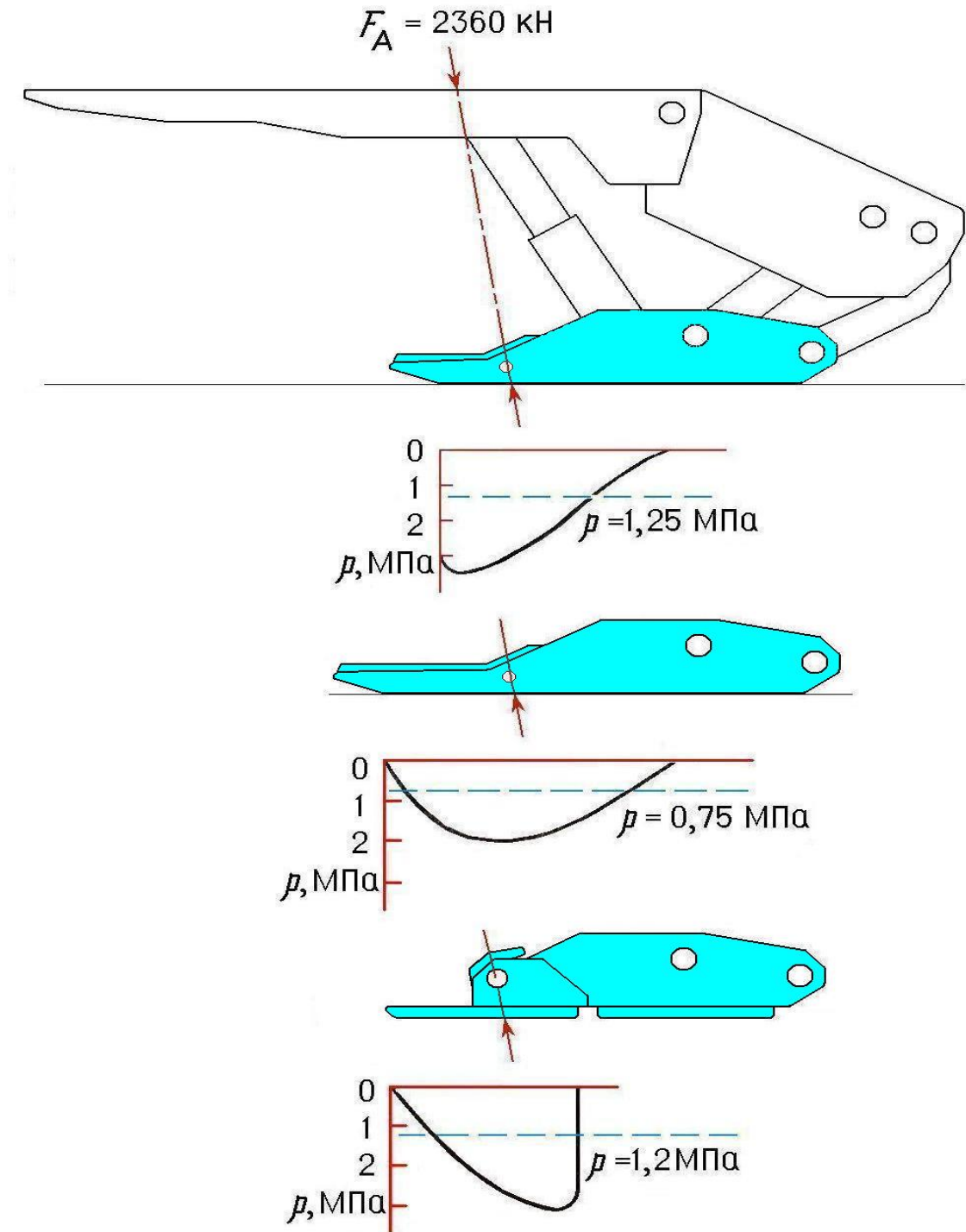


Рисунок 2.3 – Зависимость характера давления крепи на почву от типа и конструкции оснований секций

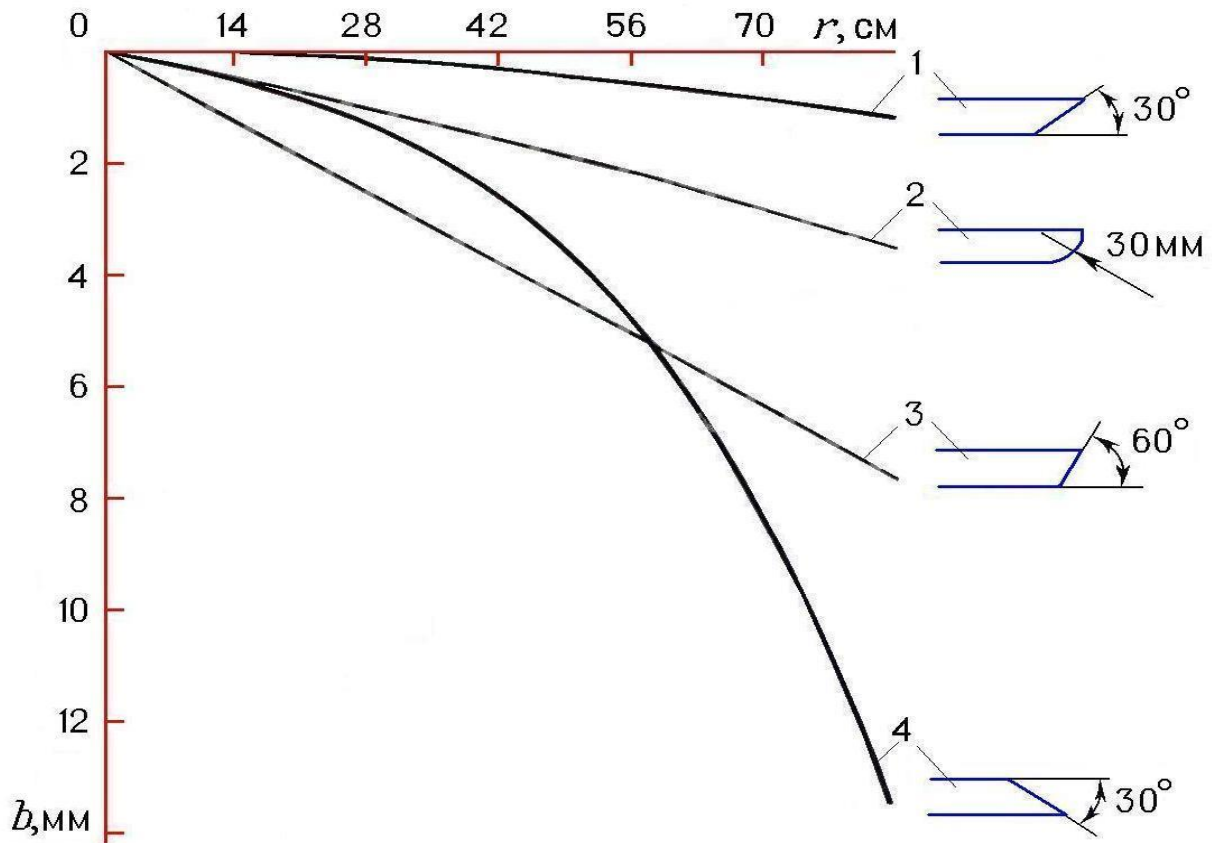


Рисунок 2.4 – Зависимость величины вдавливания носка основания секции крепи от его формы и параметров

В настоящее время различают следующие основные схемы конструкций перекрытий:

- поддерживающего типа: жесткое, опирающееся на стойки с усилием P ; жесткое из двух частей, шарнирно соединенных между собой и опирающееся на стойки с усилием P ;

- оградительно-поддерживающего типа: жесткое, шарнирно связанное с ограждением, опирающимся на стойки (одну стойку) с усилием P ;

- поддерживающе-оградительного типа: жесткое, опирающееся на стойки с усилием P и шарнирно связанное с ограждением в задней части. Шарнир в силовом отношении заперт гидродомкратом с усилием T .

Жесткое перекрытие получило большее распространение в креях поддерживающего типа. Основной недостаток – трудоемкость обеспечения кон-

такта по всей длине перекрытия с породами кровли и недостаточно надежное их поддержание в призабойной зоне.

Шарнирно соединенное жесткое перекрытие применяют в ограниченных случаях, когда трудно обеспечить прочные размеры цельного перекрытия. Недостаток такого перекрытия – возможность его «шалашения» (изгиба в точке соединения) в случае вывалов или разрушения пород кровли.

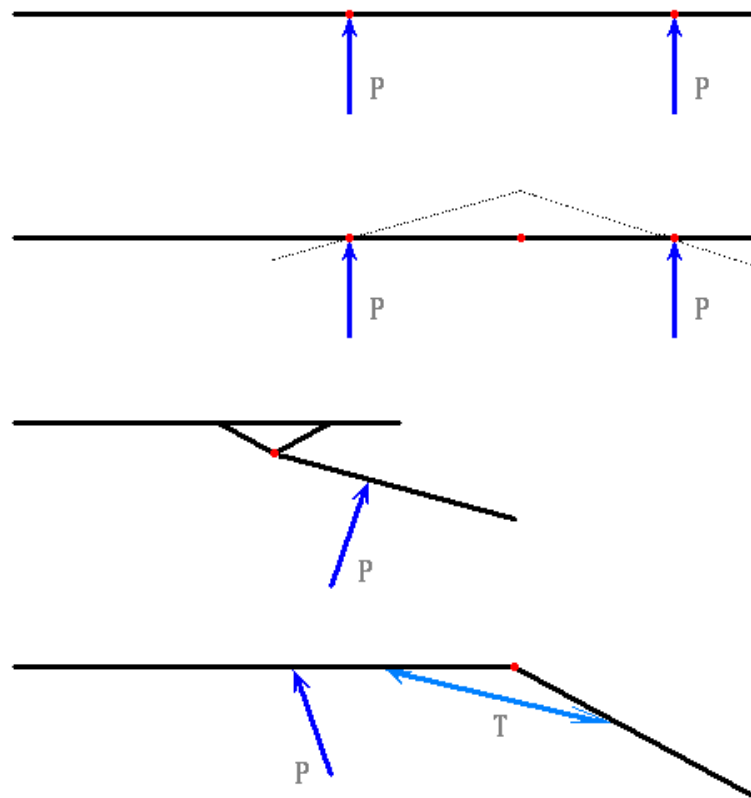


Рисунок 2.5 – Схемы конструкций перекрытий механизированных крепей

Жесткое перекрытие, шарнирно соединенное в своей средней части с ограждением, является наиболее рациональным с точки зрения поддержания пород кровли в призабойном пространстве. Однако существенным недостатком такого перекрытия является возможность попадания кусков породы в пространство между ограждением и задней частью перекрытия. В этом случае возможны перекосы перекрытия и ограничения подвижности шарниров.

Схема жесткого перекрытия, шарнирно связанное в своей завальной части с ограждением, получила широкое распространение у большинства крепей щитового типа.

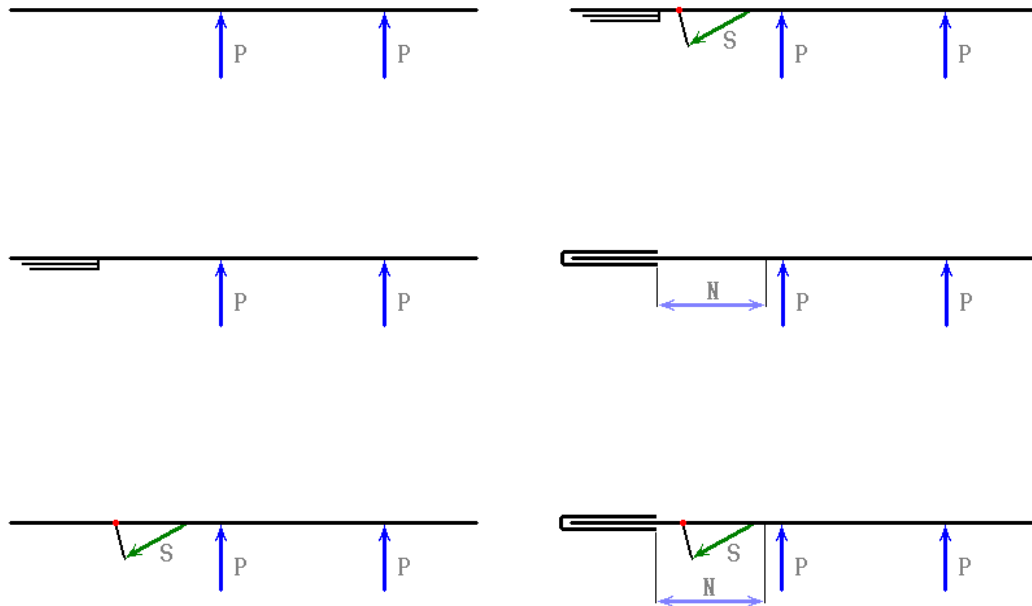


Рисунок 2.6 – Схемы конструкций консолей жестких перекрытий

Каждое, рассмотренное перекрытие независимо от схемы имеет консольную часть, которая может иметь различное исполнение независимо от типа самого перекрытия:

- жесткая консоль, являющаяся продолжением перекрытия. Основной недостаток – плохое поддержание кровли в призабойном пространстве и приспособляемость к неровностям кровли;

- упругая рессорная консоль обычно состоит из пакетов плоских рессор. Преимущество – простота и дешевизна конструкции. Недостаток – плохая надежность упругих элементов и поддержания кровли в призабойном пространстве;

- жесткая шарнирная поджимаемая консоль усилием S гидродомкрата. Опыт показал, что пока это лучшее решение консольной части перекрытия. Недостатки – усложнение и удорожание конструкции;

- жестко-упругая шарнирная поджимаемая консоль усилием S гидродомкрата. Применяется в условиях весьма тонких пластов, когда сложно обеспечить прочные размеры жесткой шарнирно закрепленной консоли;

- жесткая консоль с выдвижным верхняком применяется в тех случаях, когда необходимо оперативно закрепить вновь образуемое рабочее пространство не передвигая секции крепи. Выдвижной верхняк выдвигается с усилием N специального гидродомкрата;

- жесткая шарнирная поджимаемая консоль с выдвижным верхняком. Такое исполнение консоли, несмотря на его сложность, наиболее рационально для крепей щитового типа, работающих в условиях пластов (слоев) мощностью более 3м, когда возможны опережающие обрушения верхней пачки угля с образованием больших обнажений пород кровли [11,19, 50].

Применяемые в механизированных крепях гидравлические цилиндры, предназначенные для поддержания пород кровли в рабочем пространстве, называют гидростойками. Все гидравлические стойки механизированных крепей делятся на три группы по способу и характеру раздвижности: с одинарной гидравлической раздвижностью; с одинарной гидравлической и дополнительной винтовой или ступенчатой раздвижностью; с двойной или тройной (кратной) раздвижностью.

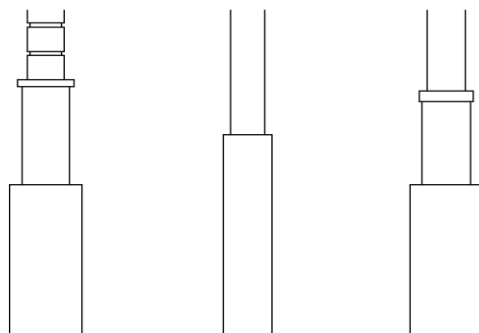


Рисунок 2.7 – Схемы гидростоек разных типов

Гидростойки с одинарной гидравлической раздвижностью применяются для крепей, работающих в условиях пластов средней мощности и мощных. Остальные два типа гидростоек применяются для крепей, работающих в условиях тонких и средней мощности пластов.

Гидростойки с одинарной раздвижностью конструктивно несколько проще и дешевле в изготовлении, чем стойки с двойной и тройной раздвижностью. Тем не менее, в последнее время имеется тенденция перехода на стойки с кратной раздвижностью из-за лучшей приспособляемости к возможным изменениям мощности пласта (слоя).

Оградительные части перекрытий (ограждения) выполняются обычно двух типов: активно передающее усилие от стоек к перекрытию и пассивно ограждающее рабочее пространство со стороны обрушенных пород. Ограждения обоих типов – жесткие. Ограждение, пассивно ограждающее рабочее пространство, может быть, как цельным, так и телескопическим для приспособления к изменениям мощности пласта (слоя) и выполняется сварным.

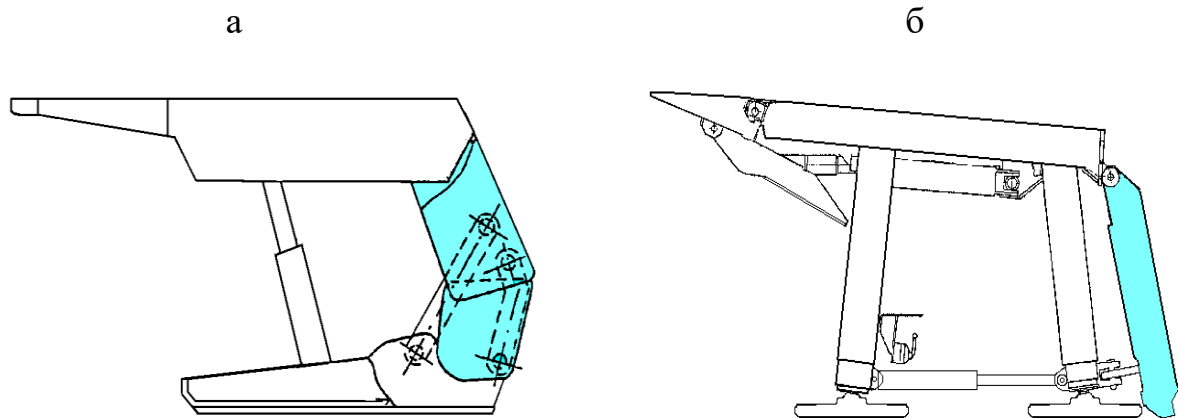
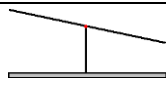
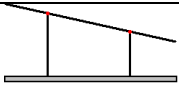
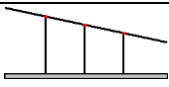



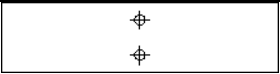





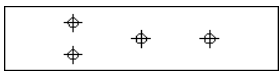

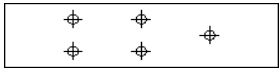
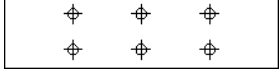


Рисунок 2.8 – Схемы конструкций ограждений: а - активное; б - пассивное

В настоящее время основным типом механизированных крепей являются агрегатированные крепи. Новых комплектных крепей практически не разрабатывается, а ведется лишь дальнейшее совершенствование уже существующих конструкций.

Таблица 2.1 – «Конструктивные схемы секций крепи»

Конструктивная схема секции	Тип секции		
	однорядная	двухрядная	трехрядная
			
одностоечная		---	---
рамная	---		
кустовая			
			
			
			
			
			

Основными недостатками секций с рамным расположением стоек являются: недостаточная устойчивость и передача поперечных усилий, изгибающих гидростойки при передвижке секции без потери контакта перекрытия с породами кровли. В силу указанных недостатков рамные секции крепей не выпускаются. Из секций крепей с кустовым расположением стоек наиболее распространены двух-, четырех- и частично шестистоечные. Последние из-за сложности конструкции с производства сняты, а наиболее распространенными являются четырехстоечные двухрядные секции, обеспечивающие достаточную устойчивость, как перекрытия, так и секции в целом. Для условий легких кровель выпускаются двухстоечные однорядные секции.

По наличию силовых связей перекрытия и ограждения с основанием все секции делятся на два типа:

- с использованием в качестве силовой связи основания с перекрытием и ограждением гидравлических стоек;

- с наличием специальной силовой связи перекрытия и ограждения с основанием, разгружающей гидростойки от поперечных изгибающих нагрузок (траверсы).

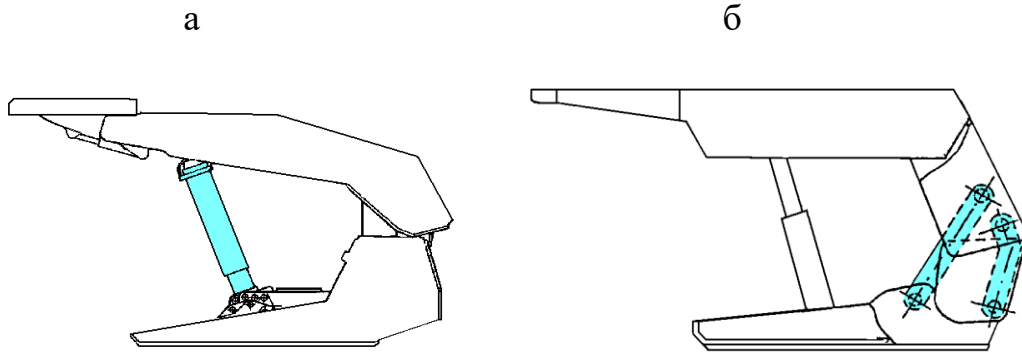


Рисунок 2.9 - Силовые связи: а - гидростойки; б - траверсы

Как видно из декомпозиции (таблица 2.2), основания и перекрытия механизированных крепей конструктивно более сложны, чем гидростойки и ограждения. Однако некоторые элементы механизированных крепей, предназначенных для отработки мощных пологих пластов с выпуском угля из подкровельной толщи, имеют еще более сложную конструкцию. Это обусловлено характером условий, в которых работают данные крепи.

Отличительной особенностью механизированной крепи типа МКЮ.4В-17/30 (рисунок 2.10) является наличие: уступа между перекрытием и ограждением; ребер жесткости на подвижной части ограждения; скальвающих элементов на подвижной части ограждения;

Крепь ОКПВ70 (рисунок 2.11) отличается наличием на ограждении подвижного оградительного щитка, под которым располагается завальный конвейер. В отличие от крепи ОКП70 крепь ОКПВ70 имеет управляемое перекрытие. Высокая маневренность крепи обусловлена наличием двух домкратов передвижки и относительно малой массой.

Таблица 2.2 – Декомпозиция по структуре конструкции традиционных секций механизированной крепи

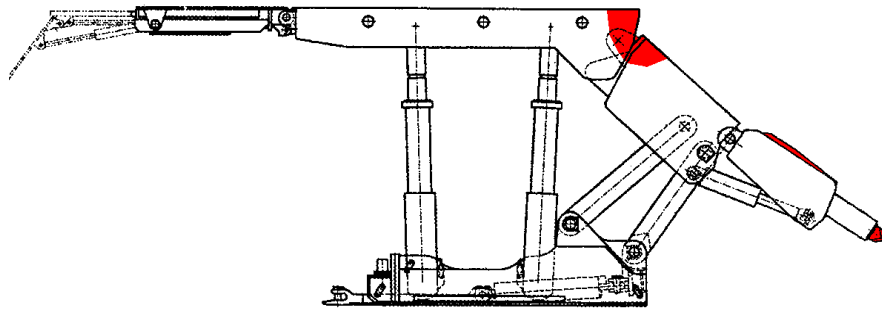
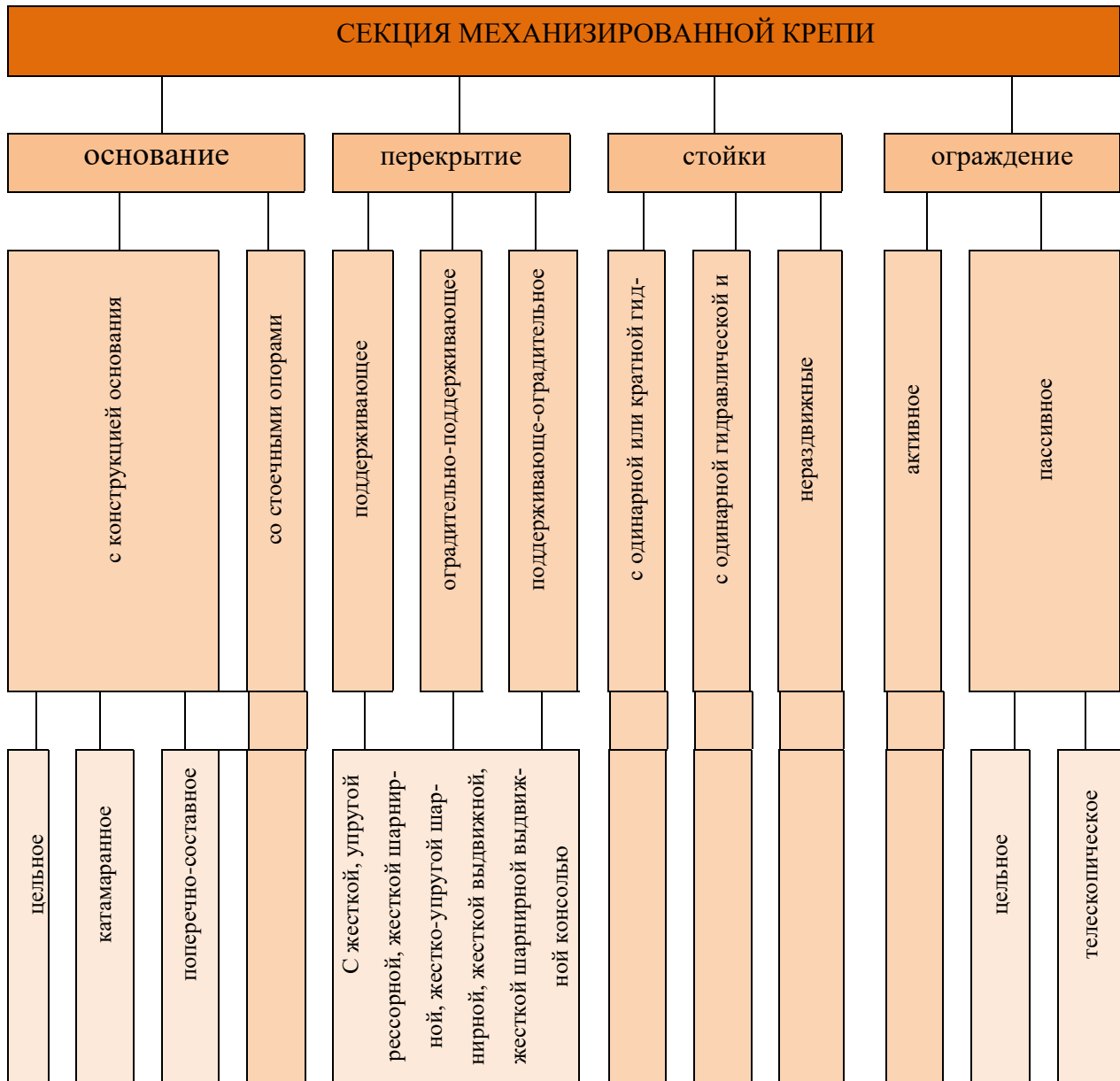


Рисунок 2.10 – Механизированная крепь МКЮ.4В-17/30

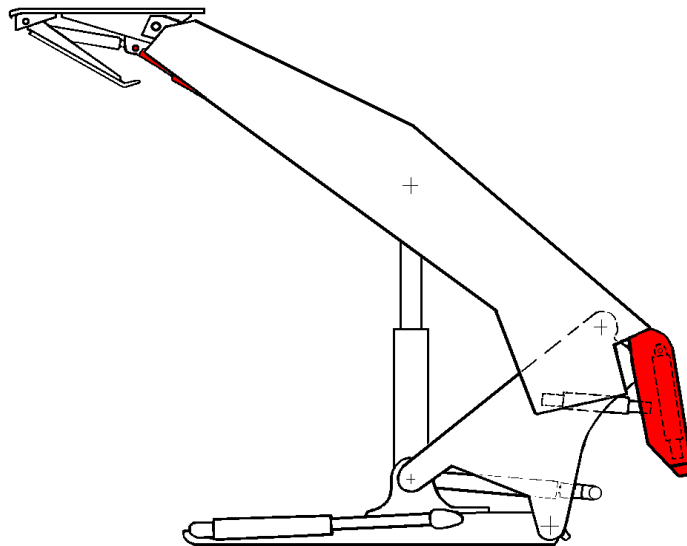


Рисунок 2.11 – Механизированная крепь ОКПВ70

Крепь FB-21-30S отличается тем, что завальный конвейер расположен в самой секции под ограждением, в котором имеется люк для выпуска угольной толщи. Завальный конвейер снабжен оградительным щитком и устройством погрузки угля из секции. Также весьма рационально то, что крепь передвигается поршневой полостью домкрата передвижки посредством специальной тяги, соединенной с забойным конвейером. Кроме того, разрыхляющий элемент в ограждении секции весьма важен для повышения полноты выпуска угля.

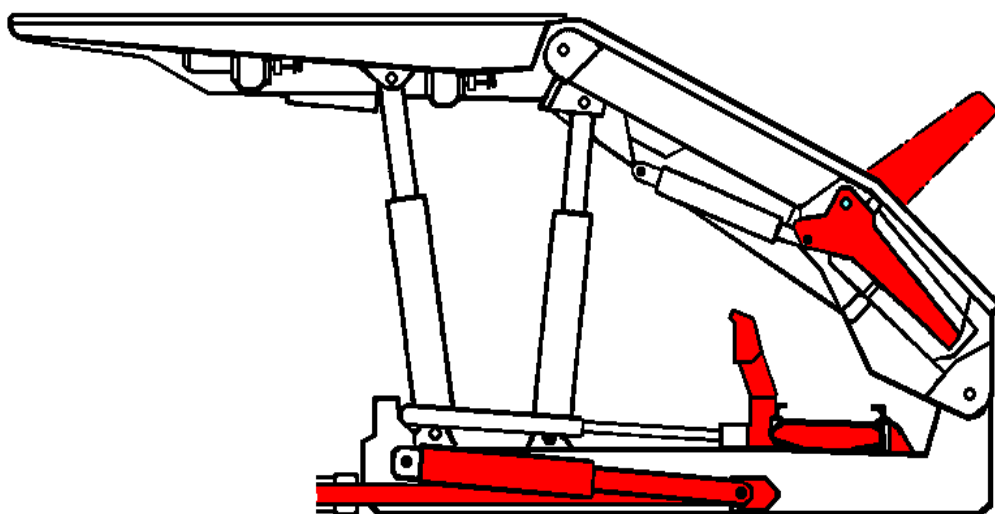


Рисунок 2.12 – Механизированная крепь FB-21-30S

Новинкой в крепи GLINIK 18-32Pp является применение домкрата передвижки завального конвейера с ходом в два раза большим хода домкрата передвижки забойного конвейера. Благодаря этому в одном выемочном цикле загрузка забойного конвейера не зависит от выпуска угля на зальный конвейер.

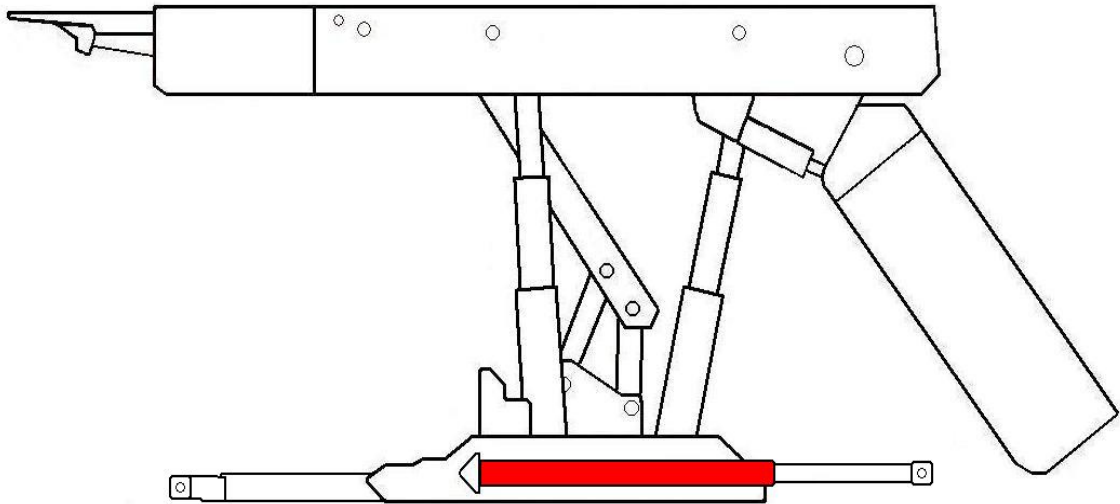


Рисунок 2.13 - Механизированная крепь GLINIK 18-32Pp

Крепь BUCYRUS 1900-3500 имеет съемное заднее подвижное ограждение и задний конвейер. Таким образом, крепь может работать по системе ДСО без выпуска в верхних слоях или на пластах средней мощности, а также с выпуском вышележащей толщи.

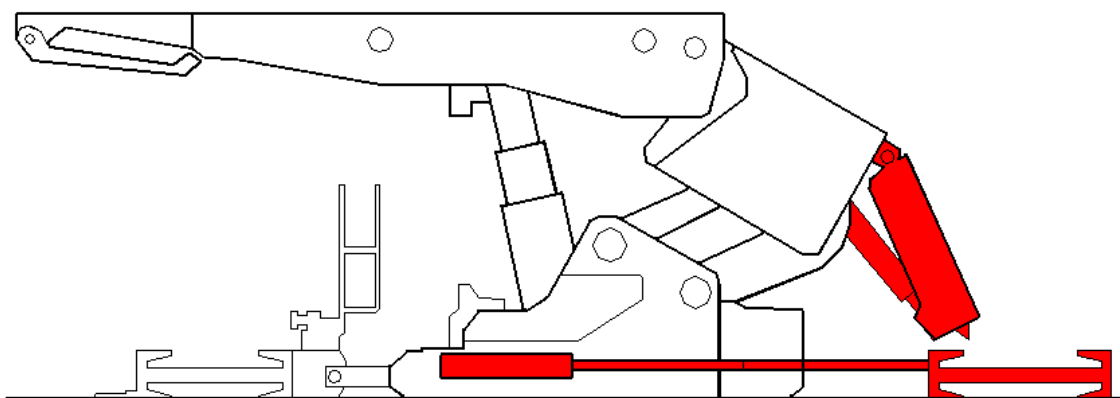


Рисунок 2.14 – Механизированная крепь BUCYRUS 1900-3500

В значительной степени от геометрических параметров механизированной крепи зависит способность угольной потолочины самообрушаться. Местоположение выпускных окон может быть различным в зависимости от типа механизированной крепи. Выпуск угля может производиться по схемам, соответствующим принятым параметрам выпуска, а также горно-геологическим и горнотехническим условиям отработки. Выпуск угольной потолочины может производиться на забойный и завальный конвейеры опусканием поддерживающего элемента (рисунок 2.15), опусканием выпускного лотка (рисунки 2.15, 2.16) в крепях оградительно-поддерживающего типа, поднятием заднего выпускного щита (рис. 2.15, 2.16) в крепях оградительно-поддерживающего, поддерживающего и поддерживающе-оградительного типов [51].

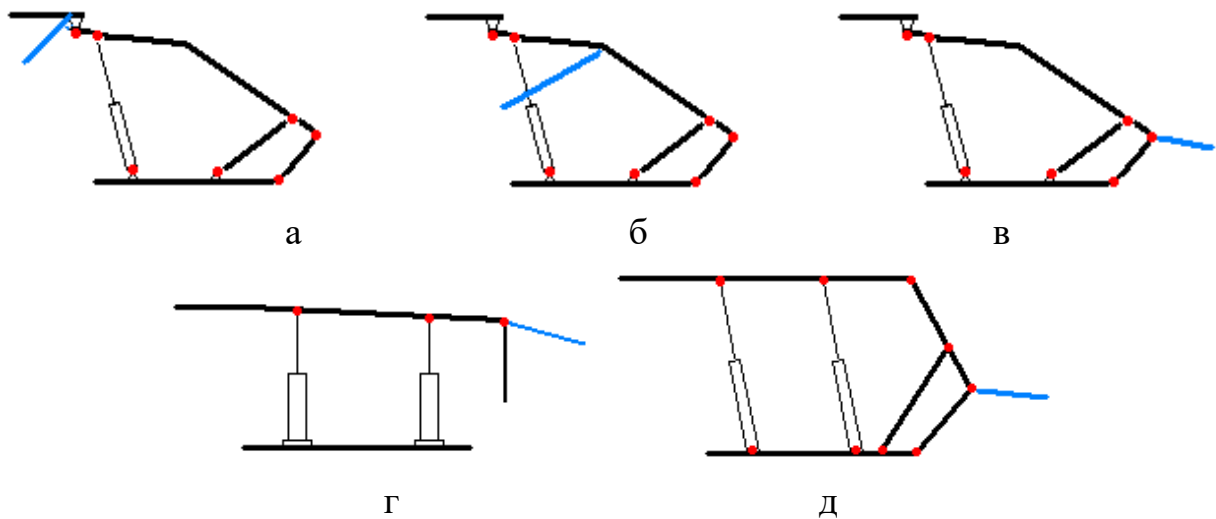


Рисунок 2.15 - Схемы расположения выпускных окон (люков)



Рисунок 2.16 - Схемы расположения выпускных окон (люков)

Анализ конструкций механизированных крепей, геометрические параметры и местоположение выпускных окон представлены в (таблице 2.5).

С позиции качественного разрушения потолочины и полноты ее выпуска наиболее эффективными представляются крепи УКП5В и предлагаемая крепь, т.к. выпуск производится в два этапа [22, 43, 44, 52] с образованием пустот в пространстве над ограждением (перекрытием) крепи, что способствует обрушению верхних пачек угля на контакте «уголь-порода».

Крепь УКП5В характерна значительной простотой компоновочной схемы, однако предлагаемая - имеет преимущество в части независимости процессов комбайновой выемки и управляемого выпуска угля.

В сводной таблице 2.3 приведены сведения по типам механизированных крепей и их составных элементах [53]. Цветом выделены элементы с предпочтительными характеристиками.

В таблице 2.4 представлена сравнительная характеристика механизированных крепей различных компоновочных схем и направления дальнейшего совершенствования.


В таблице 2.5 представлены технологические и конструктивные характеристики крепей с выпуском.

Таблица 2.3 – Сводная таблица типов механизированных крепей по классификационным признакам

Тип мех. крепи	Система разработки	СЕРИЙНЫЕ МЕХ. КРЕПИ			ТИПЫ СОСТАВЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ				ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ			
		Типы		Страна производитель	основание	перекрытие / консоль	ограждение	стойки	угол падения пласта, град	мощность пласта (раздвижность), м	Вмещающие породы	
		I и II поколения	III и IV поколения								предел почвы на сжатие, МПа	тип кровли
Поддерживающие	ДСО	М-81		СССР	стоечные опоры	поджимаемая	пассивное	одинарной с винтовой приставкой	15	2,0-3,2	2,5	легкая
		М-130		СССР	стоечные опоры	поджимаемая	пассивное	одинарной раздвижности	35	2,5-3,5	2,5	легкая
		МТ		СССР	цельное	поджимаемая	пассивное	двойной раздвижности	20	1,1-2,0	2,5	тяжелая
		М-100		СССР	цельное	жесткая	—	одинарной раздвижности	10	0,95-1,6	0,8	легкая
		М-103		СССР	поперечно-составное	упругая рессорная	пассивное	двойной раздвижности	35	0,7-1,3	3,5	средняя
		«Донбасс»		СССР	поперечно-составное	шарнирное/выдвижная поджимаемая	пассивное	двойной раздвижности	35	0,7-1,2	2,0	средняя
			М-145	Россия	стоечные опоры	поджимаемая	пассивное	одинарной раздвижности	30	3,0-5,2	3,5	тяжелая
			ABLS	Польша	цельное на ходовой части	жесткая	пассивное из цепной сетки	двойной раздвижности		0,8-1,7		
			SOH-1	Польша	цельное на ходовой части	жесткая	пассивное из цепной сетки	двойной раздвижности		1,5-3,1		
	ДСО(в)	М-81В		СССР	стоечные опоры	поджимаемая	пассивное управляемое	одинарной с винтовой приставкой	15	2,0-3,4	2,9	легкая
		МВ130		СССР	стоечные опоры	поджимаемая	пассивное управляемое	одинарной раздвижности	35	2,5-3,5	2,5	легкая
			ДТ-1	Россия	стоечные опоры	поджимаемая	пассивное управляемое	одинарной раздвижности	0'	1,7-2,7	4,2	
			GLINIK 18/32-Рр	Польша	катамаранное	поджимаемая	пассивное управляемое	двойной раздвижности	10	1,8-3,2	1,9	
			FAZOS 23/36-Рр	Польша	цельное	поджимаемая	пассивное управляемое	одинарной раздвижности	6	2,3-3,6		

		DF18-28		Франция	цельное	поджимаемая выдвигаемая	пассивное управляемое	одинарной раздвижности		1,8-2,8		
Поддерживающе-оградительные	ДСО	МК-75		СССР	цельное	поджимаемая	активное	одинарной раздвижности	15	1,7-2,2	0,8	тяжелая
			M-142	Россия	катамаранное	поджимаемая выдвигаемая	активное	двойной ступенчатой раздвижности	35	2,0-6,0	3,0	тяжелая
			M-138	Россия	катамаранное	поджимаемая или жесткая	активное	двойной раздвижности	30	1,4-3,5	1,9	тяжелая
			U550-22/60	ФРГ	катамаранное	поджимаемая выдвигаемая	активное	тройной раздвижности		2,5-6,0		
			DBT Schild 3550-7500 2×ST2-7974	Германия	катамаранное	жесткая	активное	двойной раздвижности	15	3,5-7,5	2,9	
			JOY RS 3500/8000	Англия	катамаранное	жесткая	активное	двойной раздвижности		3,5-8,0	6,0 ²	
	ДСО(в)		МКЮ.4В-17/30	Россия	катамаранное	поджимаемая выдвигаемая	активное с шиббером	одинарной ступенчатой раздвижности	30	1,7-3,0	2,0	тяжелая
			M-138ВПТ	Россия	катамаранное	поджимаемая выдвигаемая	активное с шиббером	одинарной раздвижности	18	2,3-3,5	3,6	тяжелая
			Bucyrus 1900-3500 2×ST2-5104	Германия	катамаранное	жесткая	активное с шиббером	двойной раздвижности	15	1,9-3,5	9,0 ²	
			KMB	Россия	цельное	шарнирная поджимаемая	активное телескопическое	одинарной раздвижности		1,7-3,0		
			ZF 13000/25/38	Китай	катамаранное	поджимаемая	активное с шиббером	одинарной раздвижности		2,5-3,8	2,64	
			ZF 8000/22/35	Китай	катамаранное	поджимаемая	активное с шиббером	одинарной раздвижности	20	2,2-3,5	0,69	
			FB-21-30S	Франция	цельное	жесткая	активное с люком	одинарной раздвижности				
		Оградительно-поддерживающие	ДСО	M-120		СССР	цельное	поджимаемая выдвигаемая	активное	одинарной раздвижности	25	3,5-5,0
	УКП5			СССР	цельное	поджимаемая выдвигаемая	активное	одинарной раздвижности	35	2,7-5,1	2,1	тяжелая
	КПМ9 (КПМ15)			СССР	цельное	поджимаемая выдвигаемая	активное	двойной раздвижности	35	2,5-5,0	2(3)	тяжелая
	ОКП-70			СССР	цельное	жесткая неуправляемая	активное	одинарной раздвижности	20	1,7-3,5	1,2	легкая

		ОКП-90		СССР	цельное	жесткая поджимаемая	активное	двойной раздвижности	35	1,9-4,3	1,5	легкая
	ДСО(в)	2ОКПВ70 КМ		СССР	цельное	жесткая поджимаемая	активное с шибером	одинарной раздвижности	25	3,6-3,8	1,2	легкие
		КНКМ		СССР	цельное	поджимаемая выдвигаемая	активное с люком	одинарной раздвижности	35	2,5-4,2		легкая
		УКП5В		Россия	цельное	поджимаемая выдвигаемая	активное с люком и шибером	одинарной раздвижности		2,7-4,0		
		MHW-Abzugschild 320-24/32		Германия	цельное	поджимаемая выдвигаемая	активное с люком	одинарной раздвижности	25	2,4-3,2		
		BMV-1Mi		Словакия	цельное	поджимаемая выдвигаемая	активное с люком	одинарной раздвижности		2,1-3,2	1,42	
		ZYD 3600/18/32		Китай	катамаранное	поджимаемая выдвигаемая	активное с люком	двойной раздвижности		1,8-3,2		
		MVPN 3200		Чехия	цельное	поджимаемая выдвигаемая	активное с люком	одинарной раздвижности	25	2,0-3,2	0,8	
Оградительные	ДСО(в)	КТУ-2МЭ		СССР	цельное	————	активное с люком	нераздвижные	30	————	0,3	средняя

 – предпочтительные параметры ДСО(в)

– система разработки длинными столбами с полным обрушением кровли с выпуском угля подкровельной толщи

Таблица 2.4 – Сравнительная характеристика механизированных крепей различных компоновочных схем (красным цветом отмечены недостатки, желтым – удовлетворительные качества, зеленым – достоинства крепей)

КРЕПИ С ВЫПУСКОМ НА ЗАБОЙНЫЙ КОНВЕЙЕР	КРЕПИ С ВЫПУСКОМ НА ЗАВАЛЬНЫЙ КОНВЕЙЕР	Направления дальнейшего усовершенствования
Факторы конструкции		
Наличие одного конвейера	Наличие двух конвейеров	
Малая масса и габариты крепи, лучшая маневренность	Увеличение массы и габаритов крепи, удовлетворительная маневренность	Большая масса и габариты крепи, ухудшение маневренности
Малое количество гидроэлементов	Увеличение количества гидроэлементов	Большее количество гидроэлементов
Небольшое удаление выпускного окна от линии забоя	Большее удаление выпускного окна от линии забоя	Большое удаление выпускного окна от ли- нии забоя
Факторы технологии		
Процесс выпуска в один этап		Этапность выпуска
Небольшое давление на почву	Относительно небольшое давление на почву	Предположительно небольшое дав- ление на почву
Взаимозависимость процессов комбайновой выемки и выпуска угля		Независимость процессов комбайновой выемки и управляемого выпуска угля
Площадность выпуска обеспечивается только за счет одновременного выпуска		Площадность выпуска обеспечивается компоновочной схемой
Крепи работают только по системе ДСО с выпуском		Крепь может работать по системе ДСО с выпуском и без выпуска
Простота монтажей и демонтажей	Незначительное усложнение процессов монтажей и демонтажей	Усложнение процессов монтажей и демонтажей
Факторы безопасности		
Малая площадь сечения для прохода вентиляционной струи	Увеличение площади сечения для прохода вентиляционной струи	Большая площадь сечения для прохода вентиляционной струи
Отсутствует или значительно ограничен проход для людей	Нет ограничения прохода людей во время выпуска	

Таблица 2.5 – Технологические и конструктивные характеристики крепей с выпуском

Тип крепи	Схема	Наименование крепи	Местоположение выпускного окна	Количество конвейеров	Технологические и конструктивные характеристики
Оградительный		КТУ	в ограждении	1	Простота конструкции крепи. Однако вследствие малых размеров и удаленности окна от забоя выпуск угля малоэффективен.
Оградительно-поддерживающий		BMV-1	в перекрытии	1	Простота конструкции крепи. Однако вследствие неустойчивого массива над крепью определяет негативное взаимодействие крепи и пород кровли.
		КНКМ	в ограждении	1	Выпуск угля производится после его ослабления за поддерживающим элементом крепи. Эффективность выпуска невысока, т.к. удаление выпускного окна от забоя мало.
		FB-21-30S	в ограждении	2	То же. Усложнение лавокомплекта вторым конвейером.
		ОКПВ-70	позади секции	2	Выпуск угля производится после его ослабления за поддерживающим и оградительным элементами крепи. Удаление выпускного окна от забоя определяет повышение степени эффективности выпуска.
		УКП5В	в ограждении, позади секции	2	Предварительный выпуск производится за поддерживающим элементом, а окончательный – за ограждением крепи. Удаление окна от забоя и этапность выпуска значительно повышают его эффективность. Конструкция крепи усложняется.
Поддерживающий		МВ-130	позади секции	2	Удаление выпускного окна положительно влияет на выпуск угля.
Поддерживающе-оградительный		МКЮ.4-17/30	позади секции	2	Выпуск угля производится после его ослабления за поддерживающим и оградительным элементами крепи
		ДВТ 1900-3500	позади секции	2	Выпуск угля производится после его ослабления за поддерживающим и оградительным элементами крепи. Возможность использования крепи без заднего конвейера.
		<i>предлагаемая</i>	в перекрытии задней секции, позади секции	2	Этапность выпуска. Независимость процессов комбайновой выемки и управляемого выпуска угля. Возможность отработки пластов средней мощности. Конструкция крепи значительно усложняется.

В таблице 2.6 приведены сравнительные характеристики расположения и размеров выпускных окон крепей с выпуском.

Таблица 2.6 – Сравнительные характеристики расположения и размеров выпускных окон крепей с выпуском

Тип механизированной крепи	Местоположение выпускного окна	Удаление окна от забоя, м	Площадь выпускного окна, м²
КТУ	В ограждении	1,4(1,9)	0,5...0,64
КТУ-2М	В ограждении	1,4	
КТУ-3М	В ограждении	1,1	0,5
ОКПВ-70	Позади секции	4,0	
КНKM	В ограждении	1,9	
М-81Э	Позади секции	5,0	
МВ-130	Позади секции	4,0	
ZF8000/22/35	Позади секции	5,3	
ZYD3600/18/32	В ограждении		
VHR-731	----	2,5	1,5
RHBS-26/29	----	2,5	1,5
МКЮ.4В-17/30	Позади секции	6,0	
BMV-1Mi	В ограждении		1,02
MHW-Abzugschild 320-24/32	В ограждении	2,3	1,27
Предлагаемая (шаг 2 м)	В перекрытии секции	6,1	1,35
	Позади секции	8,7...9,0	2,5...2,9

Уникальную конструкцию имеют самоходные механизированные гидрофицированные крепи, передвижка которых осуществляется с помощью гидродвигателей и ходовой части на гусеничном ходу. Область применения данных крепей ограничивается камерными и камерно-столбовыми системами разработки, а также в качестве пилотных секций при демонтаже механизированных комплексов [54, 55].

Самоходные секции механизированной крепи (MRS – mobile roof supports) также имеют ряд отличительных элементов конструкций.

Передвижка данных секций производится посредством гусеничного привода на основаниях секции. Наличие двух гусениц на каждой секции обеспечивает относительно высокую маневренность секций. Уникальность конструкции

основания позволит значительно облегчить и обезопасить работы по монтажу и демонтажу данных секций.

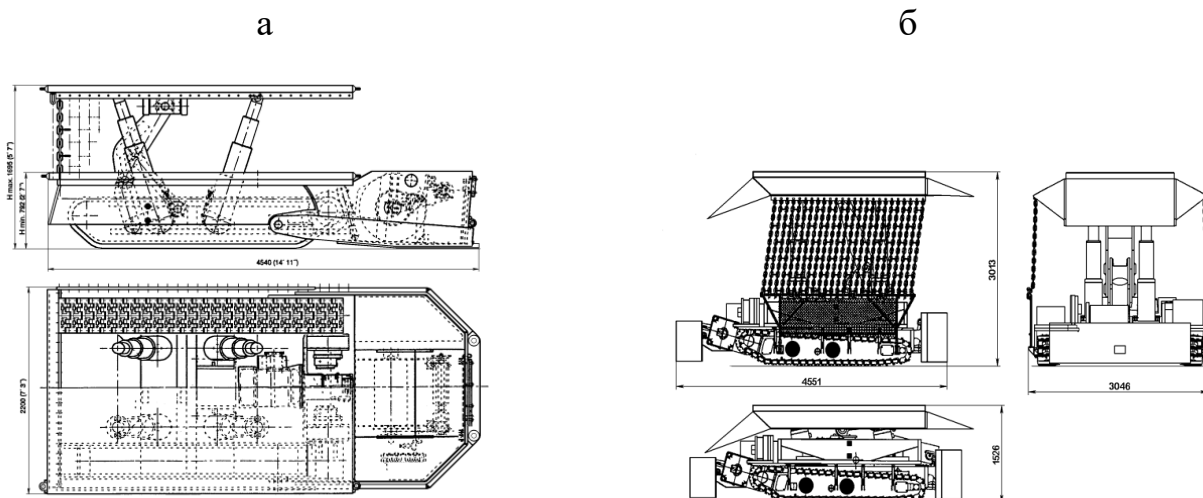


Рисунок 2.17 – Секции самоходных механизированных крепей:

а - ABLС; б - SOH-1

Однако мобильные (самоходные) механизированные крепи не предназначены изначально для выемки длинными забоями.

Их назначение – поддержание кровли при неустойчивых породах при короткозабойной выемке по схеме КСО [55] (рисунок 2.18), а также в качестве пилотов при демонтаже секций механизированной крепи [54] (рисунок 2.19). Наличие гусеничного привода не гарантирует удовлетворительную работу в условиях обводненности.

Сложность конструкции основания требует более квалифицированного обслуживания.

Отсутствие щитов перекрытия межсекционных зазоров в поддерживающих элементах способствует просыпанию породной мелочи под основание секции, а также лишает возможности корректировку положения секции относительно соседних.



Рисунок 2.18 – Мобильные (самоходные) механизированные крепи (MRS)

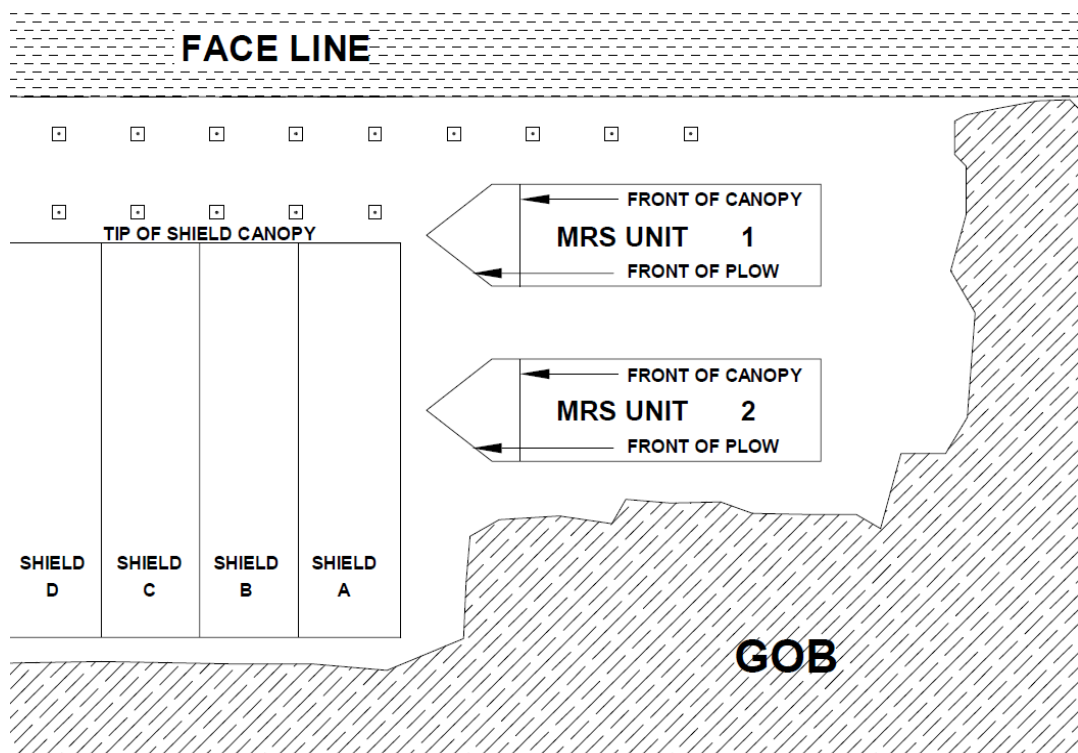


Рисунок 2.19 – Схема демонтажа секций механизированной крепи с использованием MRS

2.2 Факторы, влияющие на параметры и компоновочную схему механизированной крепи

На выбор параметров механизированных крепей оказывают влияние горно-геологические условия, а также горнотехнические факторы: геометрические параметры выемочного столба, схема расположения очистного забоя в пространстве, тип и схема работы выемочной машины, величина ее захвата, режим работы очистного забоя.

Длина очистного забоя обычно принимается в пределах 120...250 м, однако имеется положительный опыт работы очистных забоев длиной до 350 м.

В целом увеличение длины очистного забоя выгодно по следующим соображениям: уменьшается удельный объем подготовительных работ; уменьшаются относительные затраты на монтажно-демонтажные работы; улучшается взаимодействие механизированной крепи с породами кровли (полностью используется рабочее сопротивление крепи); относительно снижается удельное количество трудовых затрат на концевые операции в очистном забое.

Однако с увеличением длины очистного забоя возрастает стоимость забойного оборудования, а именно крепи и конвейера. Снижается их надежность из-за увеличения числа составляющих элементов.

Вместе с тем на шахтах Германии была достигнута длина очистного забоя 430 м, в США – 380 м, в Австралии – 320 м (рисунок 2.20). В последующие годы в США на шахте Bailey компании Consol Energy длина лавы достигла 440 м.

В нашей стране в 1970гг. длина очистного забоя составляла 70...120 м, в настоящее время длина очистных забоев варьируется в пределах 150...350 м.

Длина очистного забоя отражается в первую очередь на работе системы гидропривода крепи и работе забойного конвейера. В связи с увеличением протяженности гидрокommunikаций увеличиваются гидравлические потери, а с увеличением длины конвейера возрастает усилие на его рабочем органе, а также энерговооруженность. В случае разработки с выпуском угля из подкровельной толщи на завальный конвейер эти два фактора становятся более значимы-

ми, так как увеличивается протяженность гидрокоммуникаций (из-за усложнения конструкции крепи) и кратно возрастает число элементов конвейера (из-за наличия завального конвейера).

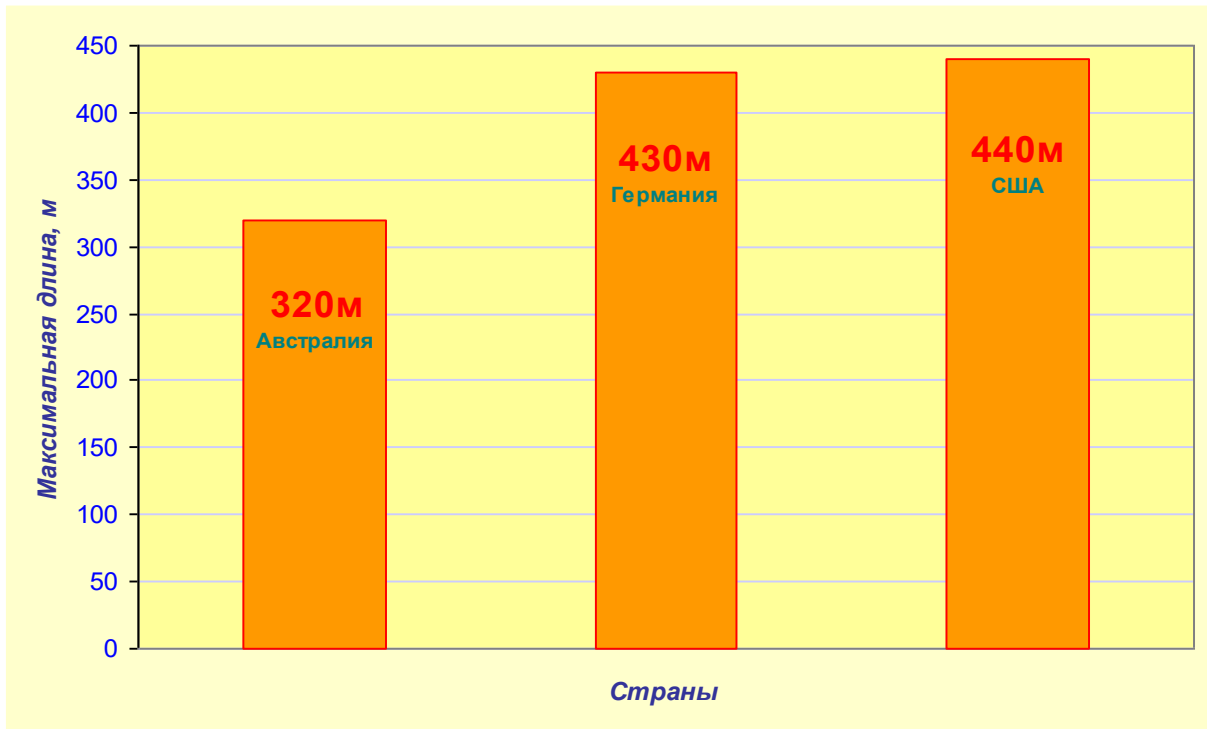


Рисунок 2.20 – Максимальные длины очистных забоев в разных странах мира

Однако сегодня ни система гидропривода, ни скребковый конвейер при соответствующем их конструктивном исполнении не ограничивают длину очистного забоя в пределах 350 м.

За тридцатилетний период времени (70гг. - начало этого века) увеличилась и длина выемочных столбов с 600 м до более чем 3000 м. При этом стали подготавливаться большие запасы в выемочных столбах с 350 тыс.т. до 3000 тыс.т. и более.

Длина выемочного столба в сочетании со скоростью подвигания очистного забоя определяет периодичность монтажно-демонтажных работ. Расчеты показывают, что из-за значительного удельного веса монтажно-демонтажных работ экономически неэффективно применение механизированных крепей при длине выемочного столба менее 400 м. Однако работа механизированных крепей в выемочных столбах меньшей длины может быть оправдана в ряде случа-

ев. Например, фактором безопасности в условиях крутых пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа, экономической целесообразностью доработки ранее оставленных подготовленных к выемке запасов.

Схема расположения очистного забоя в пространстве оказывает существенное влияние на работу всего комплекса забойного оборудования.

При расположении очистного забоя по простиранию на секции механизированной крепи, комбайн и конвейер действуют гравитационные силы, возрастающие с возрастанием угла падения пласта. Это заставляет, начиная с угла падения пласта свыше 9° , оснащать комбайны предохранительными средствами удержания, а при углах свыше 18° - оснащать секции крепи и конвейера системами устойчивости и удержания от сползания.

При работе по простиранию и проведению горизонтально оконтуривающих очистной забой выработок, переменной гипсометрии пласта длина очистного забоя в пределах выемочного поля изменяется. Это обстоятельство отрицательно влияет на работу очистного забоя, периодически требуя существенных трудовых затрат на монтажно-демонтажные работы, связанные с изменением длины очистного забоя (монтаж или демонтаж секций механизированной крепи, наращивание или сокращение длины става конвейера и его навесного оборудования).

При расположении очистного забоя по падению или восстанию на секции крепи и конвейер не действуют составляющие гравитационных сил, вызывающие потерю боковой устойчивости и сползание секций механизированной крепи, конвейера и комбайна. Однако в этом случае при проведении оконтуривающих очистной забой выработок усложняется транспортирование угля и материалов в очистной забой, так как использование рельсового, монорельсового (дизелевозного) и/или колесного самоходного транспорта затруднено или вообще невозможно.

При углах падения пласта до 10° работа по падению или восстанию является наиболее рациональной для забойного оборудования. Причем в ряде случаев предпочтительна работа по восстанию, так как при этом улучшается по-

грузка угля на забойный конвейер. При углах более 10° при работе, как по восстановлению, так и по падению требуется внесение изменений в конструкцию очистного забойного оборудования.

Независимо от расположения очистного забоя в пространстве должна соблюдаться его прямолинейность. Нормальное допустимое искривление линии очистного забоя не должно превышать 1 м на 100 м его длины. Большее искривление линии очистного забоя ведет к ухудшению работы конвейера: увеличивается сопротивление движению скребковой цепи, потребляемая мощность и износ става.

Тип выемочной машины, величина захвата исполнительного органа и схема ее работы являются факторами, определяющими увязку параметров механизированной крепи с выемочной машиной и забойным конвейером.

Агрегатированная крепь имеет силовую связь со ставом забойного конвейера, а через него с комбайном, имеющим также силовую связь с конвейером. Комплектная крепь имеет функциональную связь с комбайном и конвейером.

Важнейшим критерием, определяющим взаимодействие механизированной крепи с выемочной машиной, является площадь незакрепленного пространства в зоне работы выемочной машины. При этом ее необходимо учитывать на прямолинейной части очистного забоя и по его концам, где происходит зарубка исполнительного органа.

Тип выемочной машины определяет требования как к схеме передвижки секций механизированной крепи, так и к системе ее гидропривода. При комбайновой узкозахватной выемке может применяться одна из четырех схем передвижки секций механизированной крепи:

- незаряженная последовательная без выдвижных козырьков;
- незаряженная последовательная с выдвижными козырьками;
- заряженная последовательная без выдвижных козырьков;
- заряженная последовательная с выдвижными козырьками.

При незаряженной последовательной схеме без выдвижных козырьков в исходном положении секции придвинуты к ставу забойного конвейера. После-

дующее передвижение секций крепи производится позади волны изгиба конвейера за выемочной машиной. Преимущество способа: относительно уменьшенная длина консоли перекрытия секции механизированной крепи и лучшее поддержание бесстоечного призабойного пространства в исходном положении. Недостаток: наличие значительного незакрепленного пространства в зоне передвижки секции крепи.

При незаряженной последовательной схеме с выдвигаемыми козырьками после прохода комбайна выдвигаются козырьки, а секция остается неподвижной. После передвижки става забойного конвейера последовательно передвигаются секции крепи. При этом ранее выдвинутые козырьки задвигаются в исходное положение. При такой схеме уменьшается величина незакрепленного призабойного пространства, но усложняется конструкция секции крепи.

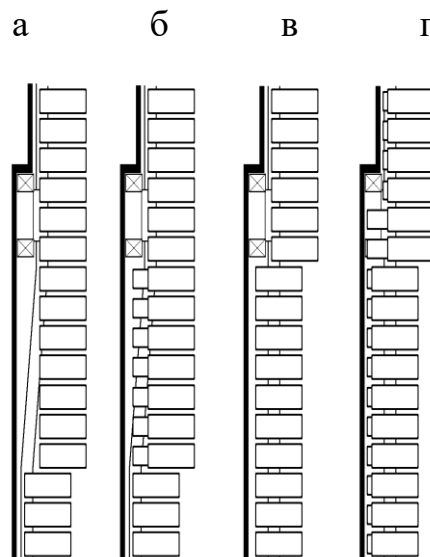


Рисунок 2.22 – Схемы передвижки секций механизированной крепи при узкозахватной комбайновой выемке: а - незаряженная последовательная без выдвигаемых козырьков; б - незаряженная последовательная с выдвигаемыми козырьками; в - заряженная последовательная без выдвигаемых козырьков; г - заряженная последовательная с выдвигаемыми козырьками

При заряженной последовательной схеме без выдвигаемых козырьков передвижка секций крепи осуществляется вслед за исполнительным органом

комбайна. Преимущество схемы – относительно уменьшенная площадь незакрепленного пространства зоне передвижки секции без усложнения ее конструкции. Недостаток – относительно увеличенная длина консоли перекрытия секции крепи.

При заряженной последовательной схеме с выдвигаемыми козырьками, обычно применяемой при выемке пластов мощностью 3...5 м, вслед за проходом первого исполнительного органа выдвигаются козырьки, а секции передвигаются последовательно вслед за проходом комбайна. Преимущество – возможность закрепления рабочего пространства вслед за проходом переднего исполнительного органа, а также в случае опережающего высыпания верхней пачки угля вследствие отжима [19, 35].

2.3 Идея механизированной крепи с перекрытием уступной формы

Для повышения уровня эффективности и безопасности одностадийной отработки мощных пологих пластов подсечным слоем с выпуском потолочины предлагается сдвоенная крепь с двумя частями секций, имеющими разную высоту [43, 44, 56].

В основе предлагаемой крепи положен замысел создания эффективного и безопасного очистного механизированного комплекса для выемки угля и выпуска подкровельной толщи, обладающим максимальным комплектом средств воздействия на углепородный массив с целью эффективного разрушения и полноты выемки полезного ископаемого в пределах выемочного участка. Также данный замысел заключается в создании универсального средства выемки пологих пластов средней мощности и мощных по системе разработки длинными столбами с полным обрушением пород кровли (ДСО), как с выпуском угольной потолочины, так и без выпуска.

Идеи крепей с уступами в перекрытии появлялись как в XX веке, так и в наши дни. Имеется целый ряд соответствующих изобретений, подтвержденных патентами и авторскими свидетельствами. Аналогом предлагаемой крепи явля-

ется «Механизированная крепь для выемки мощных пластов почвоуступным забоем» [41], прототипом – «Секция механизированной крепи для выемки мощных пластов с выпуском угля» [42].

Основными особенностями крепи-аналога являются жесткая связь между частями крепи и механизм передвижки одной части относительно другой. Базовым узлом в секции механизированной крепи является основание, состоящее из двух отдельных частей – забойной и завальной, соединенных между собой посредством осей [41].

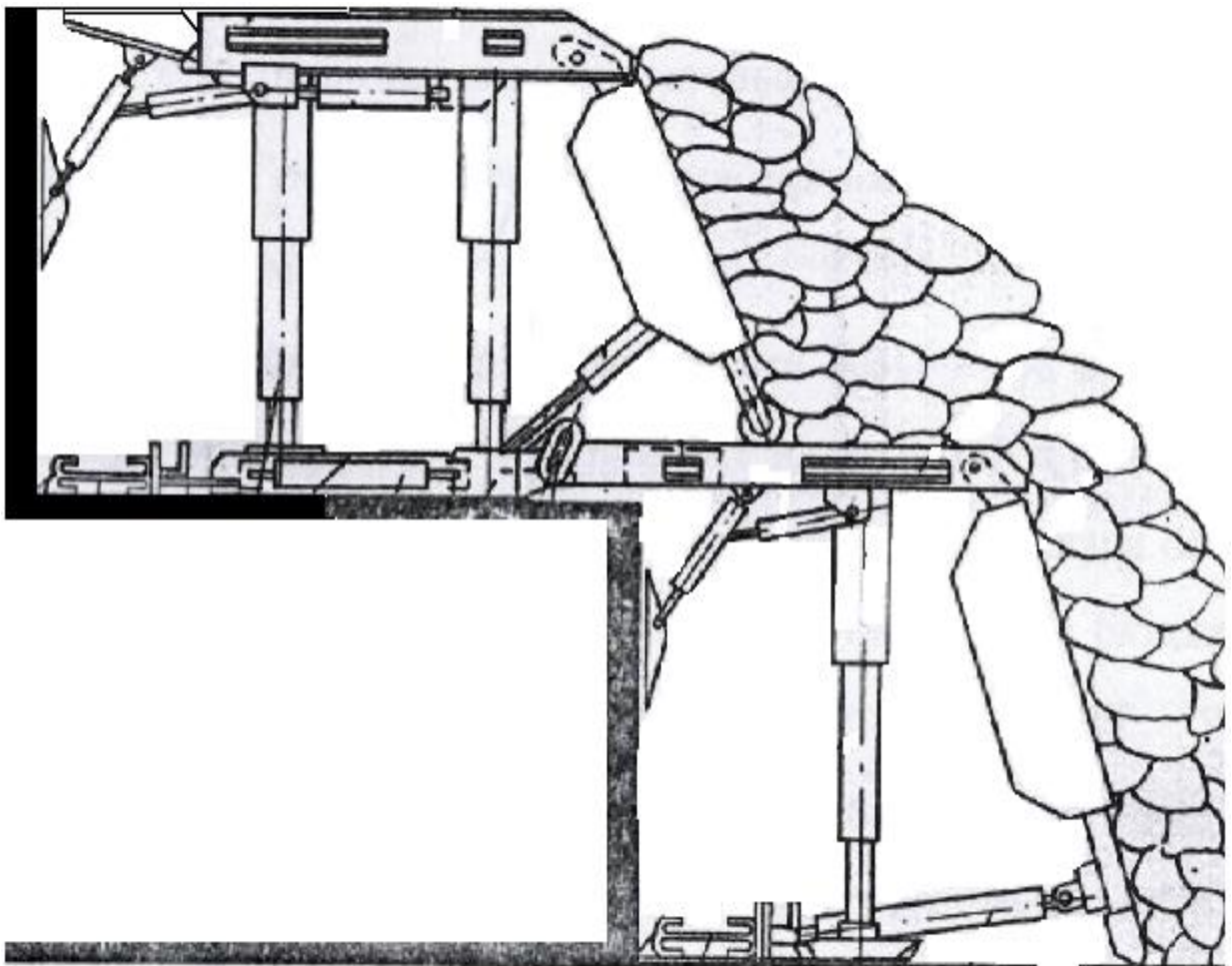


Рисунок 2.23 – Аналог предлагаемой крепи [патент 826006]

К особенностям крепи-прототипа относятся наличие уступа между поддерживающим элементом и козырьком. Кроме того, прототип имеет выпускное

окно, оснащенное двумя шиберами со скалывающимися элементами для дробления застревающих негабаритов.

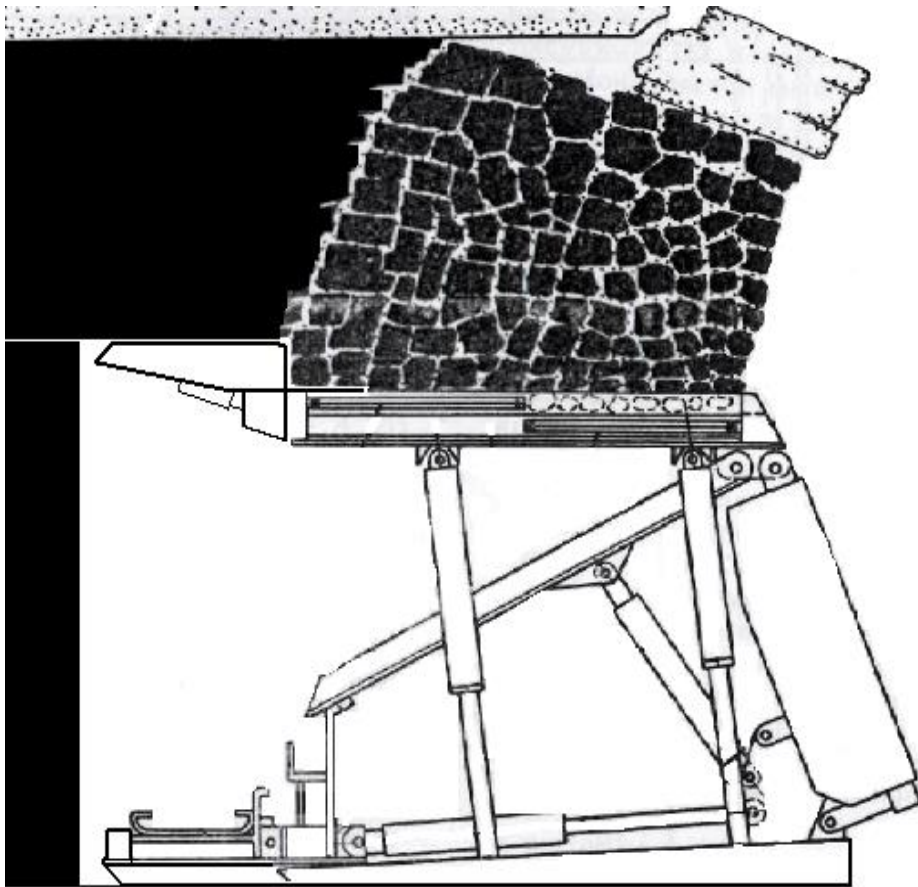


Рисунок 2.24 – Прототип предлагаемой крепи [патент SU1190055А]

Патентом US4065929 от 03.01.1978 [39] предложена двухсекционная механизированная крепь с выпуском угля на завальный конвейер (рисунок 2.29). Крепь имеет управляемое активное ограждение с механизмом для выпуска угля, телескопическое удлиненное перекрытие для большего воздействия на потолочину. Для более качественной погрузки выпускаемого угля предлагается струговая установка, работающая в комплекте с завальным конвейером. Т.о., предложена теоретическая возможность независимости процессов выемки и выпуска угля. Однако наличие дополнительной выемочной машины (струговой установки), требующей обязательного квалифицированного обслуживания,

усложняет данный комплекс оборудования и негативно влияет на машинное время комплекса.

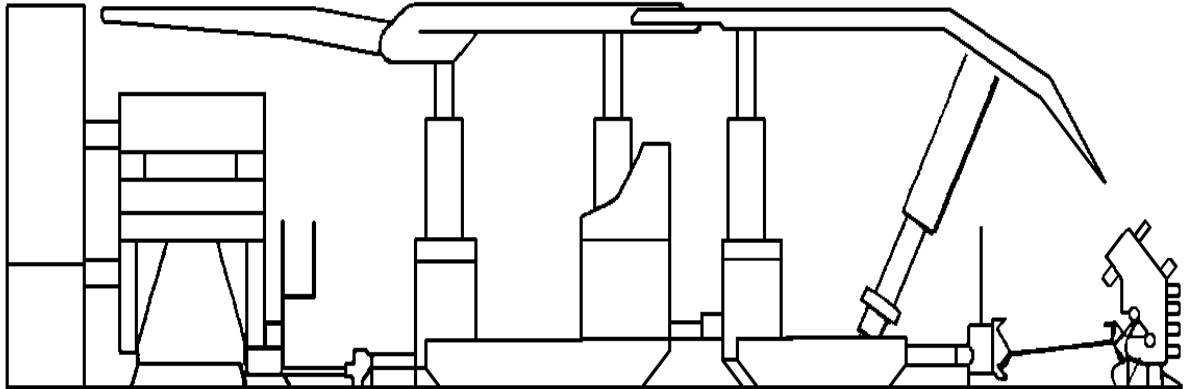


Рисунок 2.29 – Механизированная крепь (патент US4065929)

Идея крепи с выпуском в двух точках (с предварительным и окончательным выпуском угля) реализована в проекте крепи УКП5В (рисунок 2.25). Также для дробления угольных негабаритов предусмотрен скалывающий элемент, расположенный в задней части поддерживающего элемента. Для предотвращения попадания породы в люк при выпуске доля выпускаемого угля не должна превышать 30% от общего объема. Выпуск угля на забойный конвейер через верхний люк позволяет стимулировать образование пустот, способствующих разрушению и полному обрушению верхних пачек угля. Оставшийся уголь выпускается на завальный конвейер [22]. Недостатками данной крепи является отсутствие прохода для людей во время выпуска и возможности визуального контроля процесса выпуска угля. Попытка унификации (адаптации) крепи для отработки как верхних, так и нижних слоев с выпуском межслоевой пачки угля была предпринята, например, при создании очистного комплекса КНКМ (рисунок 1.19) Крепь, при ее использовании для отработки верхнего (монтажного) слоя, позволяла механизировать работы по возведению искусственного перекрытия. В нижнем слое выпуск угля производился на забойный конвейер через окно в ограждении секции.

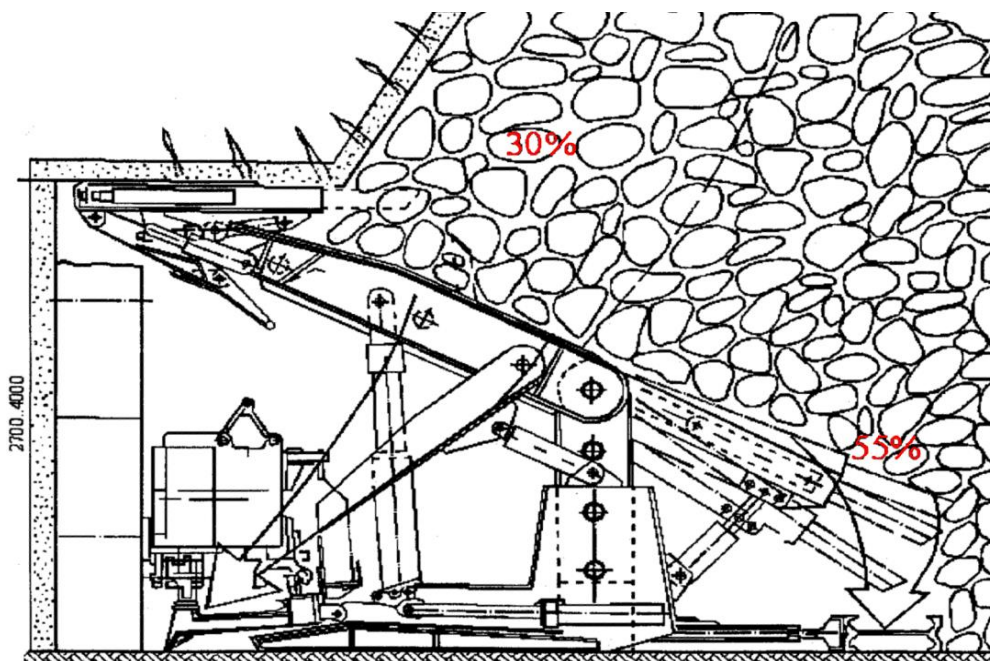


Рисунок 2.25 – Линейная секция крепи УКП15В

Компанией BUCYRUS (в настоящее время CATERPILLAR) в 2010 году для шахты Наррабри в Австралии произведены крепи Bucyrus 1900-3500 для отработки пласта мощностью 6,5 м и Bucyrus 2250-4700 для отработки пласта мощностью до 10,5 м (рисунок 1.28). Данные крепи спроектированы таким образом, чтобы, при необходимости, была возможность использования их как для традиционных схем ДСО, так и для системы разработки с выпуском угольной потолочины. В случае с выпуском крепь оснащается дополнительно хвостовым ограждением с шибером и завальным конвейером с системой управления [23].

В 2003 г. была предложена [57, 58] общая концепция двухсекционной крепи с выпуском принципиальная конструкция крепи с перекрытием, содержащим в своей конструкции уступ для предварительного обрушения потолочины (пород) на заднюю часть перекрытия. Конструкция представляла собой переднюю секцию поддерживающего типа и заднюю секцию поддерживающе-оградительного типа. Предложение по совершенствованию процессов выпуска содержало совместную работу сдвоенной крепи и гидрорезной машины [59,60].

Принципиальное отличие компоновочной схемы секции предлагаемой крепи от схемы, предложенной Горностаевым В.И., заключается в единстве и агрегативности конструкции линейной секции крепи [61, 62]. Также отличительной особенностью является то, что выпуск предлагается производить из двух окон одновременно или с временным промежутком в рамках выемочного цикла(ов), в зависимости от принятой схемы выпуска. Кроме того, предлагается возможность отработки пластов средней мощности и мощных с помощью только передней части секции по традиционной схеме (по системе ДСО без задней части).

В системах с выпуском большую роль играют размеры (параметры) потока выпускаемого угля. Оптимизация потока угля при выпуске подкровельной толщи в подсечной слой мощного пологого пласта может быть реализована:

- созданием над крепью зоны обрушения и дробления угольных негабаритов;
- увеличением размеров и количества выпускных окон;
- созданием условий беспрепятственного прохождения потока угольной массы через выпускные окна;
- наличием дополнительных средств механизации процесса дробления угля подкровельной толщи и кровли.

Также при данной системе разработки мощных пологих пластов важна эффективность самообрушения подрабатываемой угольной толщи. Из опыта известно, что эффективное самообрушение угля подкровельной толщи за крепью является результатом главным образом проявления не только сил опорного давления, но и места изгиба кровли пласта в зоне обрушения. Согласно многочисленным наблюдениям за сдвижением массива горных пород по глубинным реперам, выполненным в Кузбассе [63] и на шахтах Караганды [64], активный изгиб кровли, при котором начинается ее разрушение на блоки, проявляется на расстоянии 6...8 м от кромки забоя, причем для кровель с крепкими породами это расстояние может составлять до 10 м.

В условиях труднообрушаемых кровель и крепких углей повышение эффективности выемки мощного пласта с выпуском подкровельной толщи может быть реализовано путем:

- дополнительного разупрочнения и дезинтеграции углепородного массива;
- изменения технологической части крепи с отнесением места выпуска до максимума в сторону выработанного пространства.

Таким образом, с учетом вышеуказанных условий (требований) предложена принципиальная кинематическая схема механизированной крепи с изменяемой геометрией перекрытия.

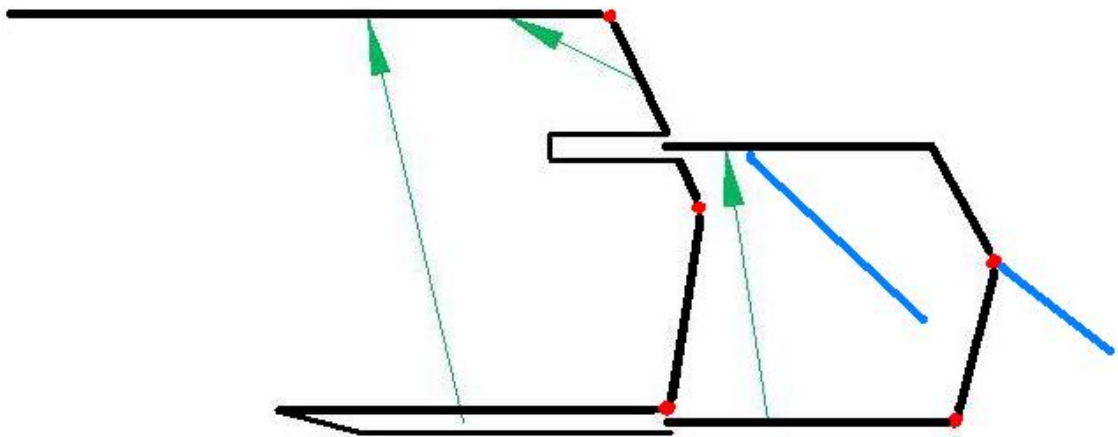


Рисунок 2.26 – Принципиальная схема линейной секции предлагаемой крепи

Для физического моделирования процессов выемки мощного пологого пласта с выпуском подкровельной толщи была изготовлена масштабная модель предлагаемой крепи из листовой стали (рисунок 2.27).



Рисунок 2.27 – Масштабная модель линейной секции предлагаемой крепи

Существенными отличиями в предлагаемой схеме крепи от ранее предложенных являются:

- единое (в отличие от аналога) рабочее пространство для рабочих в очистном забое и вентиляционной струи;
- наличие жесткой механической связи и ограничителя, который предназначен для удерживания обеих частей секции от рассоединения и прорыва горной массы между ними;
- обе части секции агрегатного типа.

Необходимость жесткой связи подтверждена физическим моделированием процессов выпуска (рисунок 2.28).

Таблица 2.7 – Характеристика секций механизированной крепи с уступом в перекрытии

Крепь	Конструкция	Характерные технические и технологические особенности
Крепь-Аналог	двухсекционная	Жесткая связь частей секции
Крепь-Прототип	односекционная	Наличие уступа между поддерживающим элементом и поджимаемой консолью перекрытия
УКП5В	односекционная	Выпуск угля из двух окон с возможностью управляемого дробления обрушенных угольных негабаритов
BUCYRUS 2250-4700	односекционная	Возможность использования крепи как с выпуском угольной потолочины, так и без выпуска по традиционной схеме ДСО
Модель крепи, предложенной Горностаевым В.И.	двухсекционная	Независимость процессов комбайновой выемки и выпуска угля на завальный конвейер
Предлагаемая крепь	двухсекционная	Все вышеперечисленные характеристики

В таблице 2.7 приведены характеристики крепей с выпуском, основные элементы которых применены при создании модели крепи с перекрытием уступной формы.

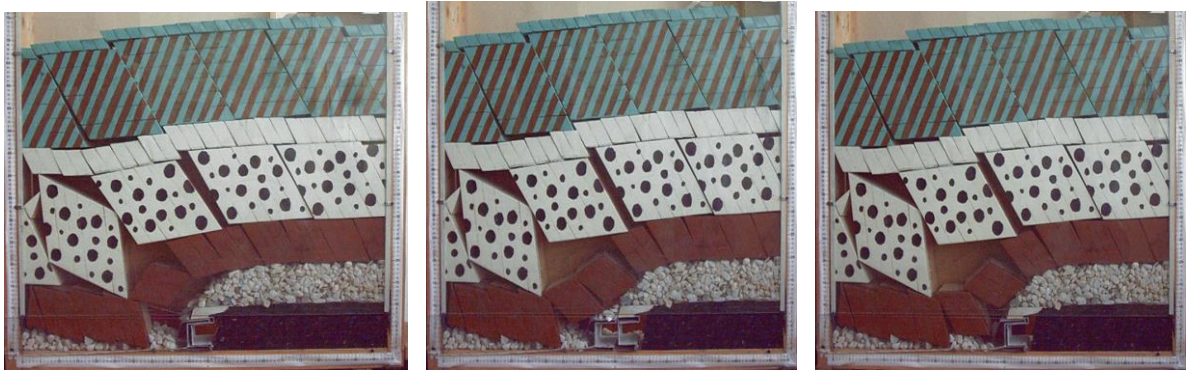


Рисунок 2.28 – Моделирование аварийной ситуации в очистном забое, связанной с потерей связи между частями секции

Выводы

1. При заряженной последовательной схеме без выдвижных козырьков передвижка секций крепи осуществляется вслед за исполнительным органом комбайна. Преимущество схемы – относительно уменьшенная площадь незакрепленного пространства зоне передвижки секции без усложнения ее конструкции. Недостаток – относительно увеличенная длина консоли перекрытия секции крепи.

2. При заряженной последовательной схеме с выдвижными козырьками, обычно применяемой при выемке пластов мощностью 3...5 м, вслед за проходом первого исполнительного органа выдвигаются козырьки, а секции передвигаются последовательно вслед за проходом комбайна. Преимущество – возможность закрепления рабочего пространства вслед за проходом переднего исполнительного органа, а также в случае опережающего высыпания верхней пачки угля вследствие отжима [19, 35].

3. Существующие в настоящее время механизированные крепи с выпуском не обеспечивают качественный выпуск подкровельной толщи вследствие не достаточной ее дезинтеграции, не обеспечивают независимость процессов комбайновой выемки и выпуска угля на завальный конвейер, не обеспечивают технологический двухстадийный режимом работы механизированной крепи.

4. Для обеспечения эффективности выпуска, минимизации рисков эндогенной пожароопасности вследствие неполноты извлечения угля, необходима разработка кинематическую схему и параметрическую модель механизированной крепи с перекрытием уступной формы, обеспечивающую систему механизированного крепления с заданной последовательностью и полноту выпуска.

ГЛАВА 3 ПРОГРАММА ИСЛЕДОВАНИЙ. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ

3.1 Разработка структуры и программы исследований

План исследования с целью решения задачи по разработке технологических требований к механизированным крепям для выемки мощных пологих пластов с выпуском угля состоит в следующем:

- на первом этапе создается принципиальная физическая модель крепи, проводится физическое и математическое моделирование процессов выемки и выпуска угля, проверяется работоспособность конструкции крепи в различных горно-геологических и горнотехнических условиях;

- на втором этапе, на основании исследований процессов выпуска делаются выводы и формулируются принципиальные требования к крепи;

- на третьем этапе конструируется трехмерная модель крепи, повторно проверяется ее кинематическая работоспособность, выявляются достоинства, недостатки и нормальные свойства конструкции, повторно конструируется 3D-модель, оптимизируются характеристики крепи, и далее обосновываются ее основные параметры.

Алгоритм создания модели механизированной крепи и обоснование ее параметров представлен на рисунке 3.1.

3.2 Моделирование процессов взаимодействия механизированных крепей с углепородным массивом

3.2.1 Физическое моделирование процессов выпуска угля подкровельной толщи при выемке мощного пологого пласта

Для определения параметров конструкции двухсекционной механизированной крепи проведено физическое моделирование процессов выпуска и испытание модели на специальном стенде в лабораторных условиях.

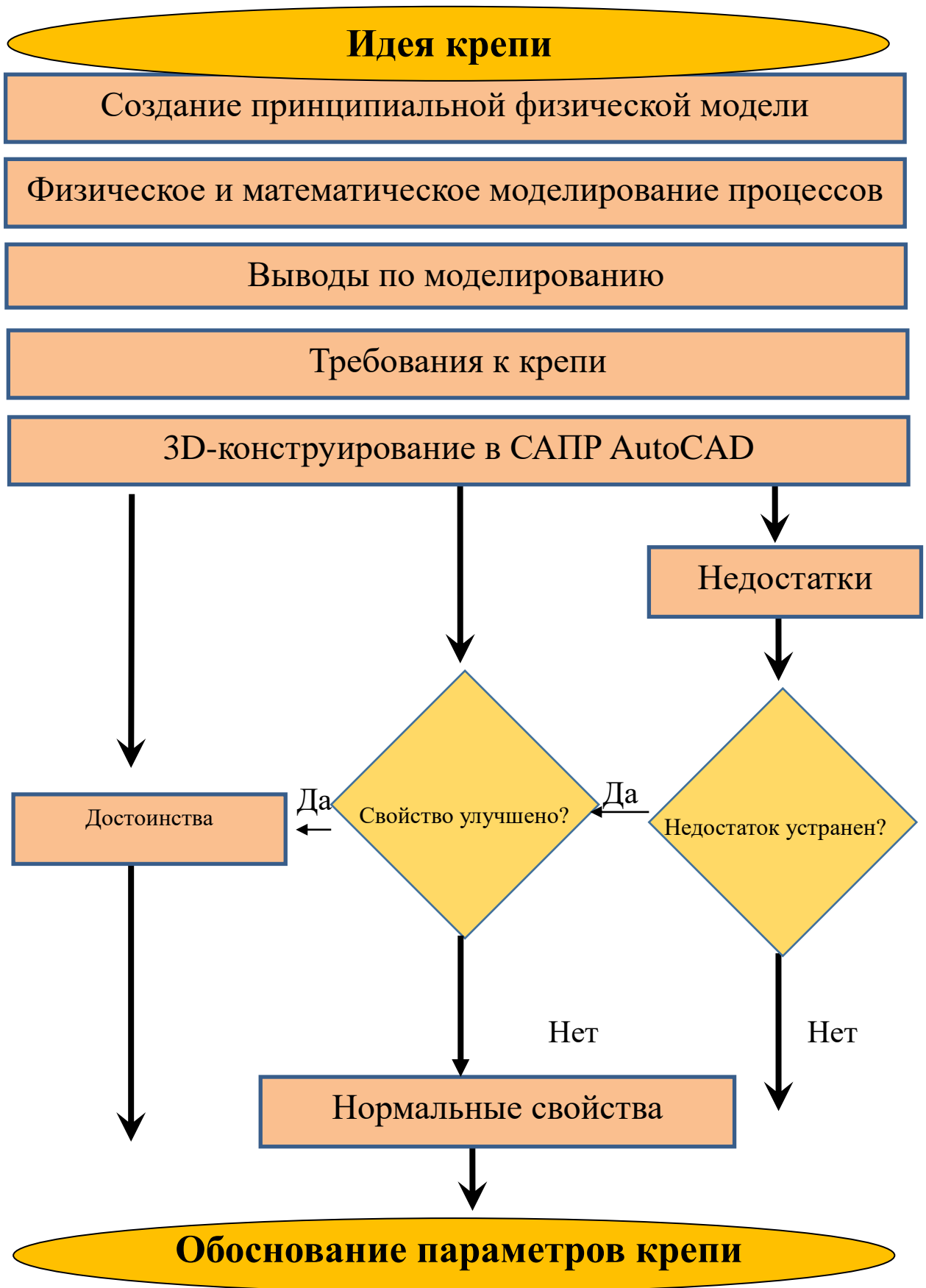


Рисунок 3.1 – Алгоритм создания модели крепи и обоснования ее параметров

Стенд для испытания конструкции крепи представляет собой ограниченное со всех сторон пространство размером $1000 \times 1000 \times 100$ мм формы параллелепипеда, внутри которого помещен эквивалентный материал, имитирующий угольный пласт и слои пород кровли. Угольный пласт разделен на подсечной слой, выполненный деревянными брусками призмобразной формы размерами $100 \times 10 \times 10$ мм каждый и подкровельную толщу, представленную в виде насыпного материала. В качестве насыпного материала выбраны куски доломита.

Максимальный размер кусков 35 мм, средний размер 15...20 мм. Между брусками и насыпным материалом укладываются полосы бумаги в шахматном порядке в направлении движения очистного забоя с нахлестом в сторону выработанного пространства. Наличие полос бумаги обеспечивает защиту призабойного пространства от вывалов насыпного материала во время передвижки поддерживающей части секции. Нахлест полос бумаги в сторону выработанного пространства не позволяет им проникать в призабойное пространство при передвижке поддерживающей части секции. Узкие полосы размером 150×10 мм укладываются по центру для минимального перекрытия выпускного окна (люка), широкие полосы размером 150×15 мм укладываются по краям.

С передней стороны стенда установлено стекло для визуального наблюдения и фиксирования процессов передвижки крепи, выпуска подкровельной толщи и обрушения пород кровли. Снизу передней стороны оставлено рабочее окно во всю длину стенда высотой 5 см для работы с крепью и уборки выпущенного материала. По мере продвижения конструкции крепи рабочее окно закрывается со стороны выработанного пространства полосой стекла, что позволяет наблюдать за распределением обрушенных пород, фиксировать уровень потерь полезного ископаемого и не допускает просыпания материала из стенда.

С задней стороны аналогично передней имеется стенка и рабочее окно снизу, которое также закрывается вслед за проходом конструкции крепи. Кроме того, вверху задней стенки имеется монтажное окно, служащее для укладки насыпного материала, слоев кровли, а также для разборки стенда.











Рисунок 3.2 – Стенд для испытания конструкции крепи

Проведено шесть исследований закономерностей выпуска угля подкровельной толщи при одностадийной выемке мощного пологого пласта в разных горно-геологических и горнотехнических условиях с помощью данной модели [56, 61].

3.2.2 Исследование закономерностей выпуска угля подкровельной толщи при одностадийной выемке мощного пологого пласта

Сравнение результатов в сопоставимых горнотехнических и разных горно-геологических условиях представлены в (таблице 3.1).

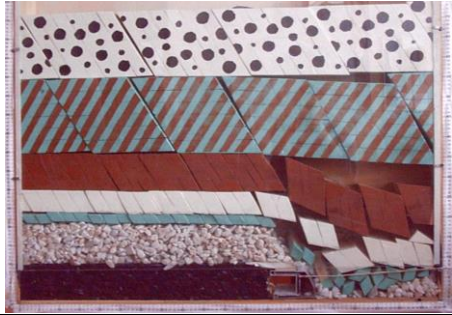
Таблица 3.1 – Сравнение результатов

Модель №1 по простиранию с легкообрушаемой кровлей	Модель №2 по простиранию с труднообрушаемой кровлей
цикл №1	
	
цикл №2	
	
цикл №3	
	
цикл №4	
	

цикл №5



цикл №6



цикл №7



цикл №8



цикл №9



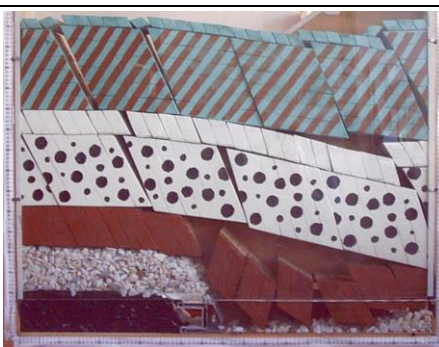
ЦИКЛ №10



ЦИКЛ №11



ЦИКЛ №12



ЦИКЛ №13



ЦИКЛ №14



цикл №15



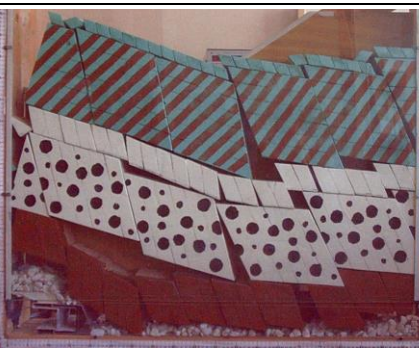
цикл №16



цикл №17



цикл №18



В сопоставимых горнотехнических условиях обрушение пород основной кровли более упорядочено.

В сопоставимых горнотехнических условиях обрушение пород основной кровли более хаотично.

В сопоставимых горнотехнических условиях обрушение пород непосредственной кровли более хаотично.

В сопоставимых горнотехнических условиях обрушение пород непосредственной кровли упорядочено.

Уровень потерь угля по мощности сравнительно ниже.



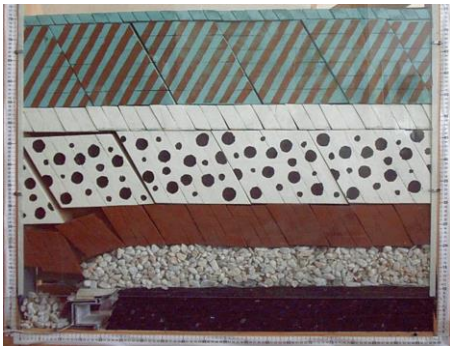



Уровень потерь угля по мощности сравнительно выше.

При наличии ложной кровли имеет место разубоживание угля.

Ложной кровли нет. Разубоживание отсутствует.

Сравнение результатов в сопоставимых горно-геологических и разных горнотехнических условиях представлены в (таблице 3.2).

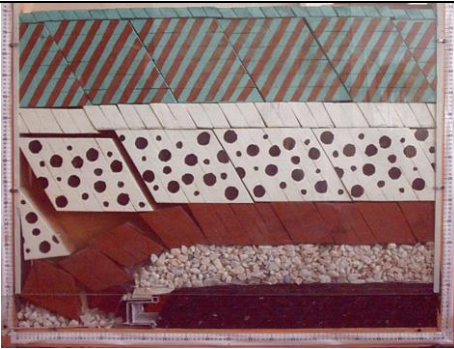
Таблица 3.2 – Сравнение результатов в сопоставимых горно-геологических и разных горнотехнических условиях

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ №4 и №5	
Исследование №3 по простиранию	Исследование №4 по падению (5°)
цикл №1	
	
цикл №2	
	
цикл №3	
	

цикл №4



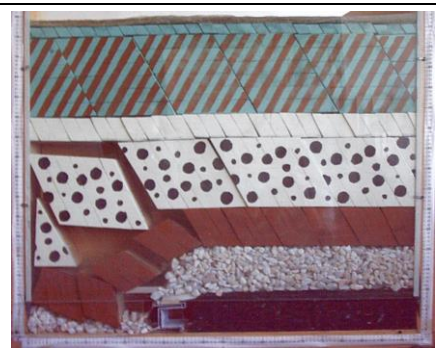
цикл №5



цикл №6



цикл №7



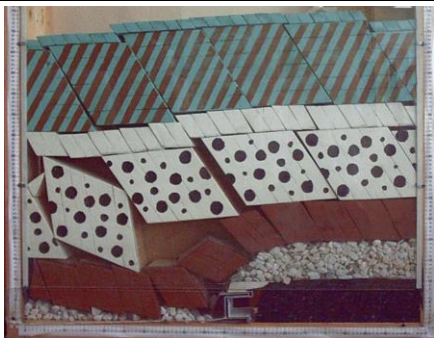
цикл №8



цикл №9



цикл №10



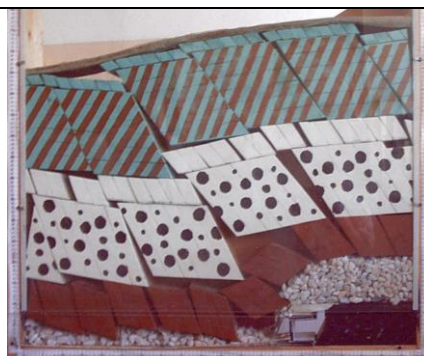
цикл №11



цикл №12



цикл №13



цикл №14



цикл №15



цикл №16



цикл №17



цикл №18



Более эффективный выпуск через выпускное окно

Более эффективный выпуск через шибер заднего ограждения

Большая энергоемкость процесса передвижки секций

Меньшая энергоемкость процесса передвижки секций

В сопоставимых горно-геологических условиях обрушение пород основной кровли более хаотично

В сопоставимых горно-геологических условиях обрушение пород основной кровли более упорядочено

Предполагаемый уровень потерь угля при выпуске ниже

Предполагаемый уровень потерь угля при выпуске выше

Предполагаемый уровень разубоживания выше

Предполагаемый уровень разубоживания ниже

Проведенными исследованиями подтверждается, что впереди линии очистного забоя развивается сильное опорное давление, подкровельная толща деформируется перед ее выпуском, большая высота зоны обрушения пород кровли, возможны сильные динамические воздействия на крепь [61, 62].

В данных исследованиях использовалась металлическая модель крепи с жестким неуправляемым ограждением. Это не позволяло осуществлять управляемый выпуск насыпного материала в полном объеме. Таким образом, при отработке мощного пологого пласта с выпуском подкровельной толщи важное значение имеет:

- качественное ее разрушение (подготовка к выпуску);
- адаптивность крепи (наличие хорошо развитой подвижной части активного ограждения секций).

Следует отметить, что в реальных условиях необходимо использование завального конвейера большей мощности и надежности, чем забойного. Это связано с тем, что объем выпуска угля на пластах мощностью более 6-7м значительно превосходит объем комбайновой выемки. Также ремонт или замена элементов завального конвейера требует больших временных затрат и сопряжен с большими рисками и сроками выполнения работ.

Показатели уровней потерь угля при выпуске и разубоживания горной массы, полученных опытным путем в условиях лаборатории, имеют прогнозный характер.

3.2.3 Численное моделирование процессов выпуска угля

Для определения параметров выпуска проведено численное моделирование процессов выпуска в лаве с применением механизированной крепи с перекрытием уступной формы на основе метода дискретных элементов в двухмерной постановке.

Несмотря на значительные достижения в экспериментальных и натурных исследованиях процесса выпуска горной массы, актуальным остается выбор

наиболее адекватного теоретического описания поведения сыпучего материала при решении задач устойчивости раздробленных пород, а также их деформирования в технологиях с выпуском.

Удовлетворительной и наиболее близкой по результатам к экспериментам является модель метода дискретных элементов [65, 66]. На основе данного метода проведено численное исследование процесса выпуска угля из мощного пологого пласта.

Распределение размеров дискретных элементов показано на рисунке 3.1, где индекс 1 обозначает частицы угля, индекс 2 – пустую породу. Общая масса угля составила 42720 кг; пустой породы – 89976 кг.

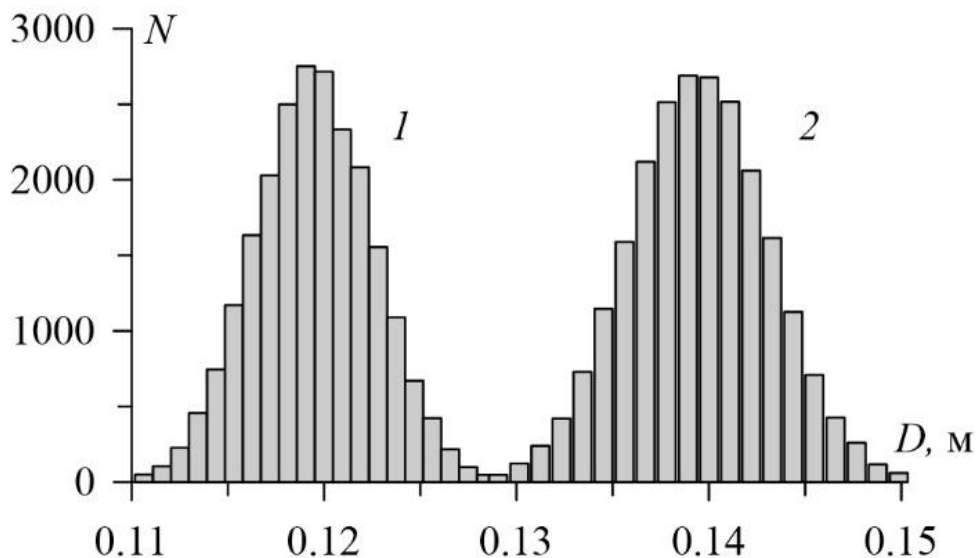


Рисунок 3.1 – Распределение дискретных элементов по размерам: 1 – частицы угля; 2 – частицы пустой породы.

Деформированное состояние исследуемой среды в фиксированные моменты времени, соответствующие этапам выпуска (передвижка крепи, открытие и закрытие верхнего выпускного отверстия, окончательная передвижка, открытие заднего выпускного окна) показано на рисунке 3.5. Здесь темным цветом окрашены частицы угля, светлым – пустой породы. Конструктивные элементы крепи, взаимодействующие с углем и породой, показаны отрезками.

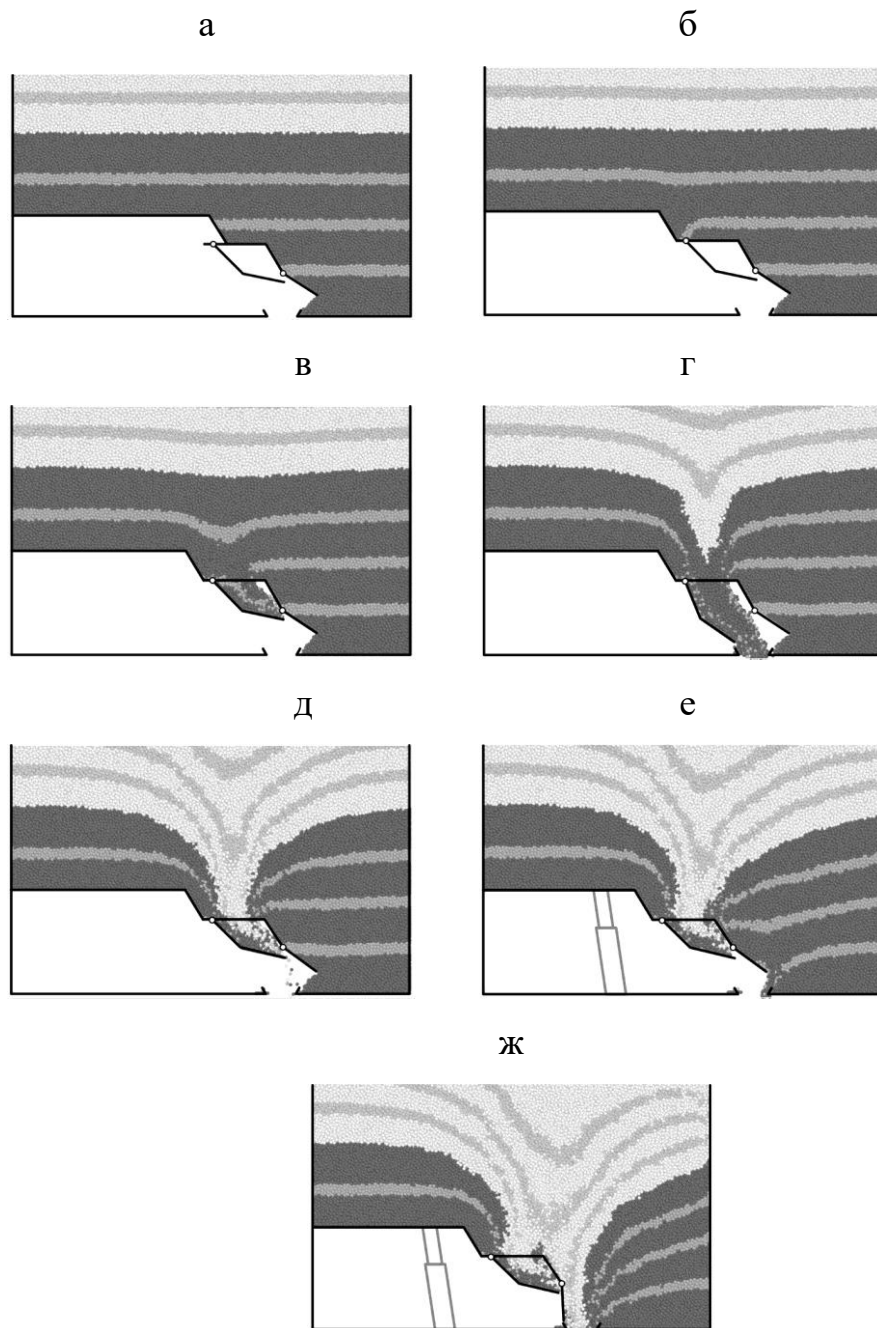


Рисунок 3.2 – Деформированное состояние исследуемой среды в фиксированные моменты времени, соответствующие этапам выпуска

Деформированное состояние горной массы в фиксированные моменты времени при выпуске угля из мощного пологого пласта: начальное состояние (а); передвижка поддерживающей части крепи (б); открытие верхнего выпускного люка (в); поворот желоба и выпуск угля через верхний люк (г); закрытие люка (д); передвижка выпускной части крепи (е); открытие заднего выпускного окна (ж).

Распределение давлений на конструктивные элементы механизированной крепи в процессе выпуска угля представлено на рисунке 3.3, изменение общей массы грунта и массовый расход – на рисунке 3.4.

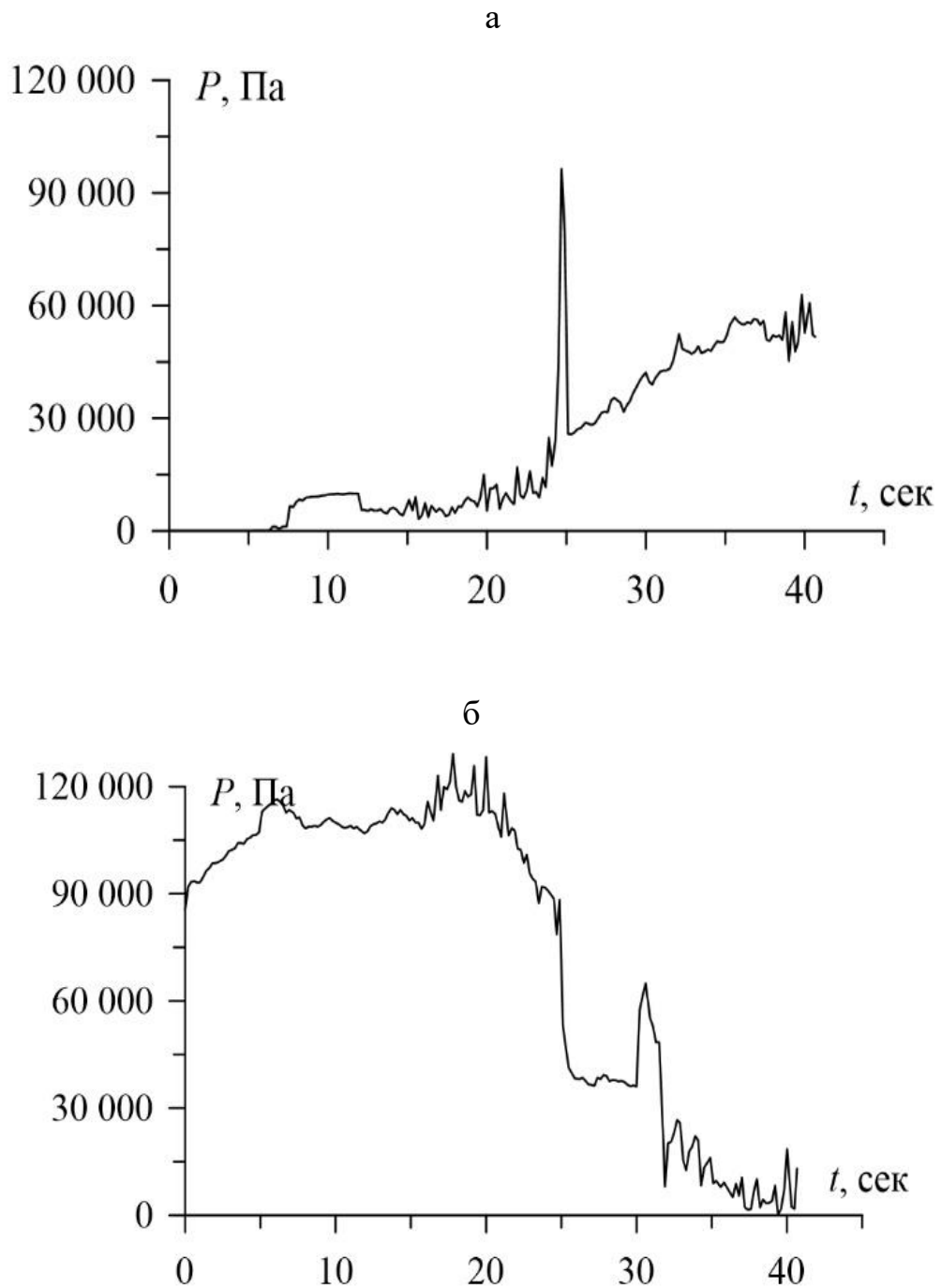
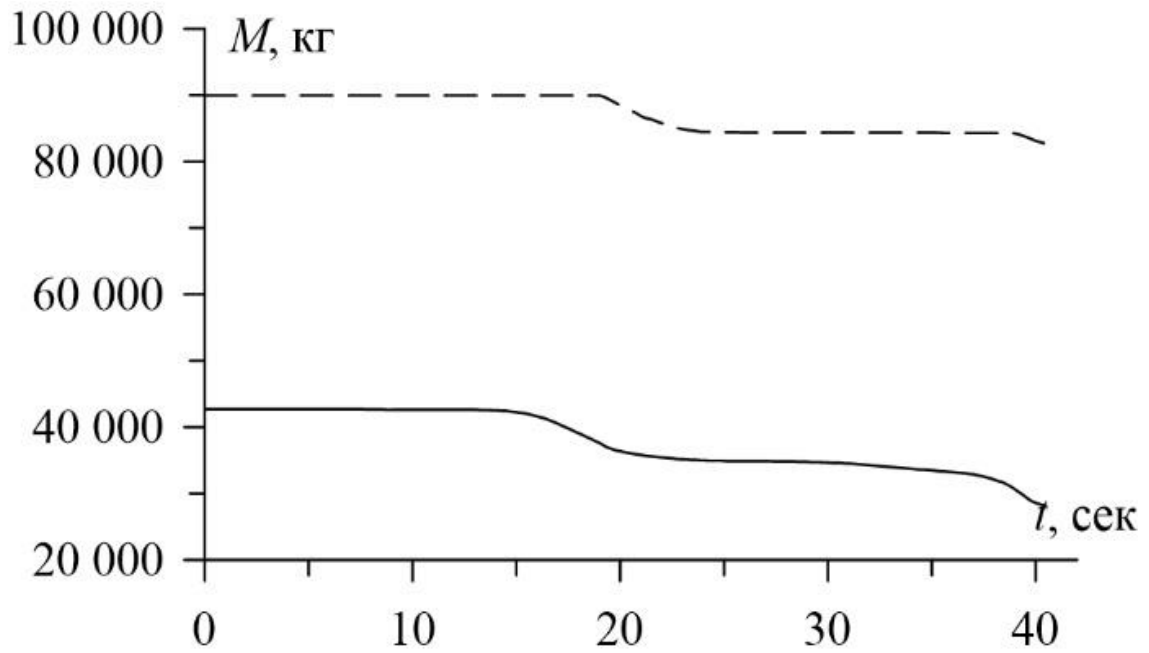


Рисунок 3.3 – Распределение давления (Па) на наклонном желобе (а) и на завальном выдвигном щите (б) в процессе выпуска

а



б

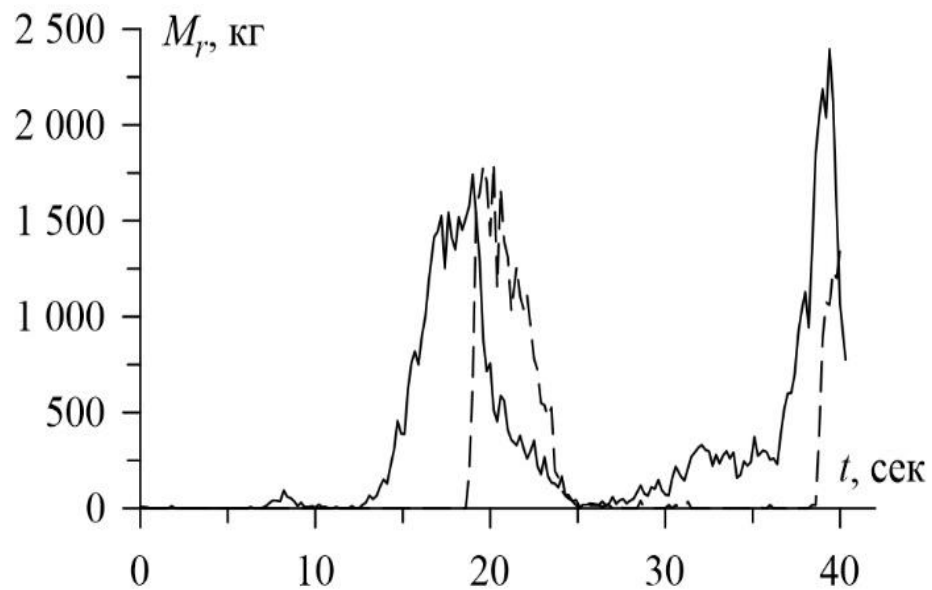


Рисунок 3.4 – Изменение общей массы угля (сплошная линия) и пустой породы (пунктирная линия) в процессе выпуска (а); массовый расход (скорость выпуска) (б)

Основные параметры физических моделей и моделей при численных исследованиях соответствуют горно-геологическим и горнотехническим услови-

ям действующих угольных шахт, ведущих отработку запасов мощных пологих угольных пластов юга Кузбасса.

Экспериментально установлено, что уровень потерь угля в различных циклах удовлетворительной описывается полиномиальной зависимостью. Примеры графиков изменения уровня потерь угля в различных циклах представлены на рисунках 3.5 и 3.6.

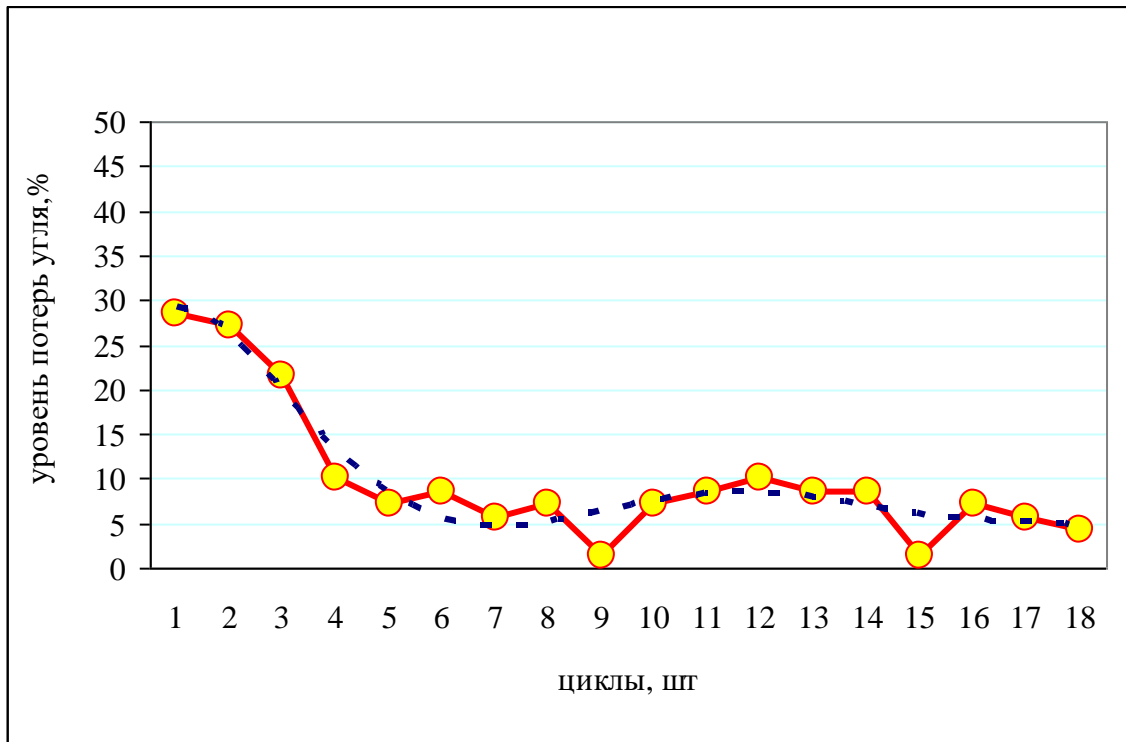


Рисунок 3.5 – Изменение уровня потерь угля в различных циклах (опыт №3)

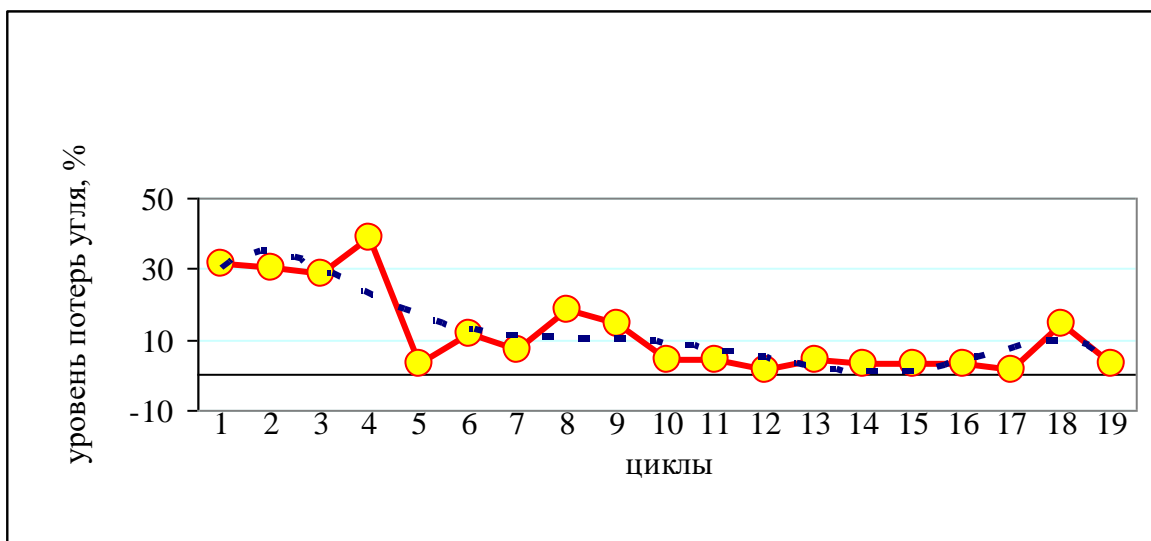


Рисунок 3.6 – Изменение уровня потерь угля в различных циклах (опыт №4)

Статистическая обработка экспериментальных данных позволила получить следующие эмпирические зависимости:

$$n_1 = -3 \cdot 10^{-5} x^6 + 0,0004 x^5 + 0,0242 x^4 - 0,7348 x^3 + 7,7547 x^2 - 35,794 x + 66,568; \quad (3.1)$$

$$n_2 = -8 \cdot 10^{-5} x^6 + 0,0054 x^5 - 0,1334 x^4 + 1,5525 x^3 - 8,1536 x^2 + 12,566 x + 23,228; \quad (3.2)$$

$$n_3 = -10^{-6} x^6 - 0,0005 x^5 + 0,0318 x^4 - 0,7233 x^3 + 7,6263 x^2 - 37,519 x + 73,758; \quad (3.3)$$

$$n_4 = -0,0002 x^6 + 0,0122 x^5 - 0,2856 x^4 + 3,2245 x^3 - 17,759 x^2 + 39,051 x + 5,7276; \quad (3.4)$$

где n_1, n_1, n_1, n_1 – уровень потерь, зафиксированный в различных опытах на физической модели (индекс соответствует номеру опыта);

x – удаление от очистного забоя, количество выемочных циклов.

Коэффициент детерминации для формул (3.1) – (3.4) изменялся от 0,875 до 0,958.

3.3 Создание параметрических 3D-моделей предлагаемой механизированной крепи с применением технологий цифровых прототипов

В настоящее время процесс создания горных машин, как и других изделий машиностроения, подразумевает наличие следующих этапов:

- моделирование изделия в цифровом виде. Цифровой прототип изделия позволяет выполнить целый ряд работ, связанных с его оптимальным проектированием, расчётами подготовкой конструкторской документации;

- исследования свойств изделия, позволяющие рассчитать его характеристики. Результат анализа – оценка работоспособности, надёжности и долговечности изделия;

- создание, исследование и модернизация экспериментального образца. Внесение изменений в его цифровой прототип и методики проведения исследований на его основе.

Технологии цифровых прототипов дают возможность проведения тщательного исследования объекта практически без изготовления реального дорогостоящего опытного образца, поскольку все испытания и тесты выполняются в виртуальном режиме. Всё это позволяет уменьшить затраты на проектирование и производство изделия. Полученная предварительная цифровая параметрическая модель подвергается исследованию на предмет работоспособности, надежности и т.д. После такого исследования прототип оптимизируется.

После подтверждения кинематической работоспособности масштабной модели крепи на этапе физического моделирования процессов выемки мощного пологого пласта с выпуском потолочины были разработаны две параметрические 3D-модели крепей в системе автоматизированного проектирования AutoCAD (рисунки 3.8, 3.9).

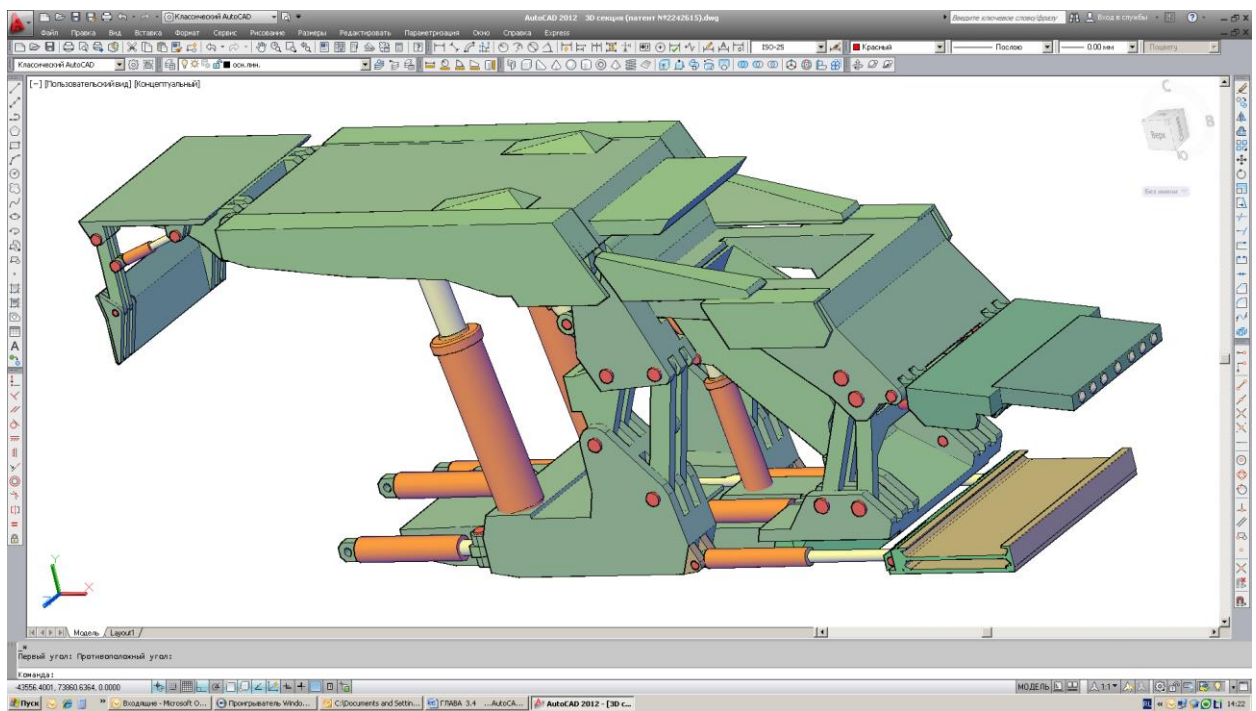


Рисунок 3.- –Деформированное состояние исследуемой среды в фиксированные моменты времени, соответствующие этапам выпуска

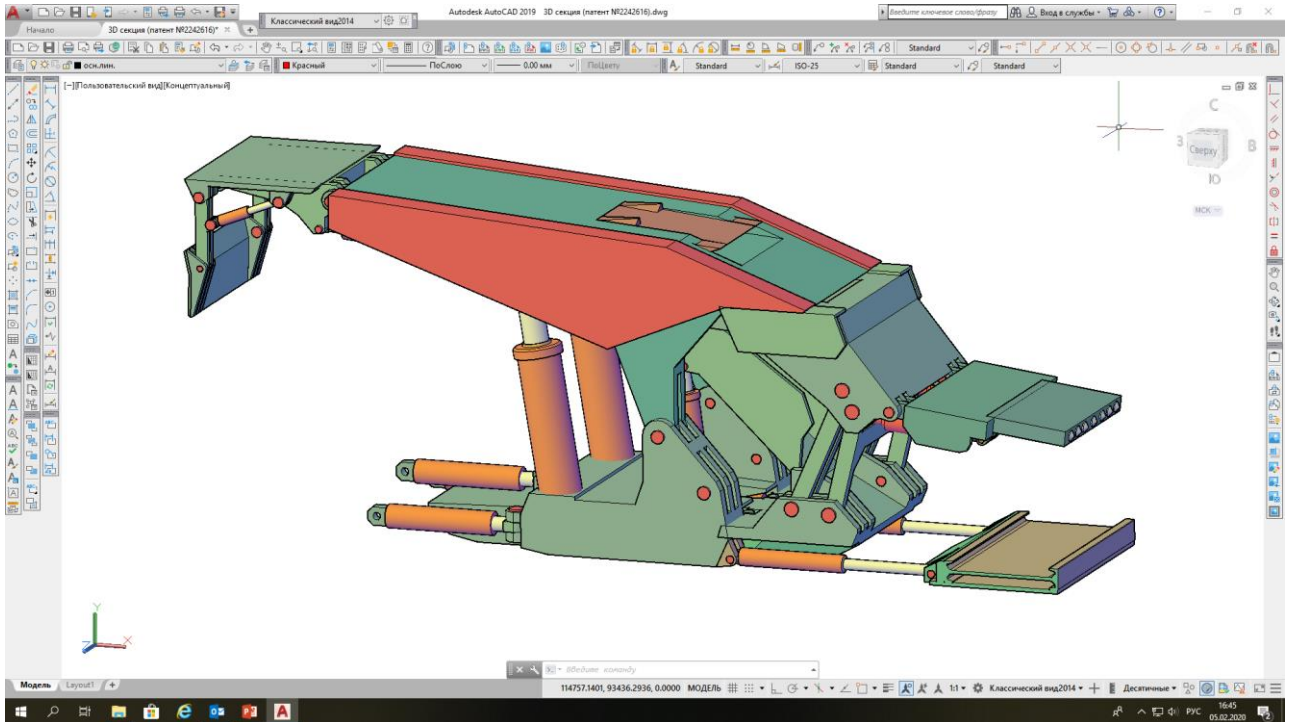


Рисунок 3.9 – Рабочая параметрическая 3D-модель предлагаемой механизированной крепи (линейная секция) в САПР AutoCAD

Предпочтительные характеристики крепей в таблице 2.3 представляют весьма приемлемую совокупность. Однако производство крепи с такого рода характеристиками может быть связано с рядом технических сложностей. Тем не менее, подобная крепь с относительно небольшим давлением на почву, достаточной маневренностью и силовыми характеристиками будет являться практичным средством механизации одностадийной выемки мощных пологих угольных пластов.

Цельное основание обеих частей крепи предполагает максимальное увеличение площади взаимодействия крепи и почвы, что в свою очередь обеспечит снижение (оптимизацию) давления на почву. В предлагаемой крепи основание является составным с конструкцией поперечного шарнира (рисунок 3.10). Таким образом, минимум давления на почву будет приходиться в район носка основания секции, а максимум – в район шарнира (т.е. заднего края основания поддерживающей части секции). При передвижке передней части секции в ка-

честве механизма подъема основания возможно независимое использование центрального домкрата передвижки забойного конвейера. В условиях возможного пучения почвы и повышенного горного давления привязка става забойного конвейера со средствами передвижения и направленности должна быть выполнена плавающей в вертикальной плоскости и обладать возможностью регулирования угла в направлении подвигания забоя [19].

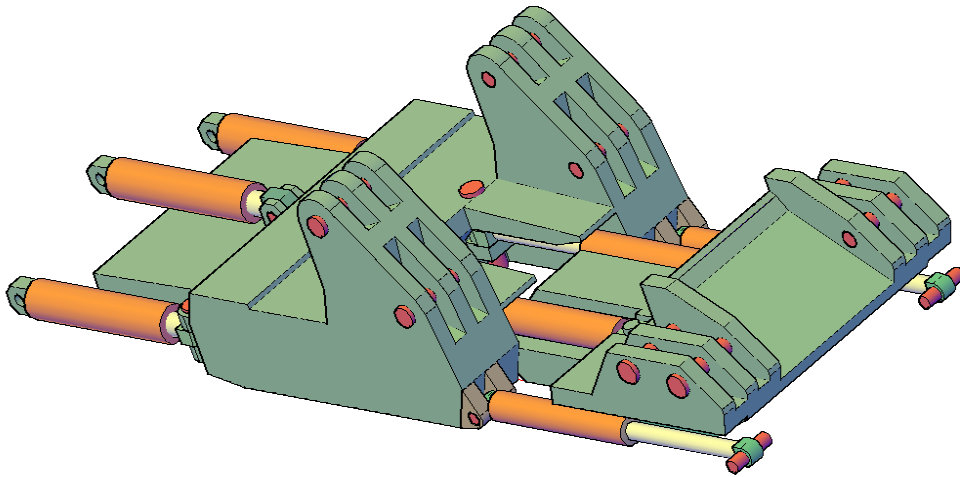


Рисунок 3.10 – Конструкция основания линейной секции

Предлагаемая схема привязки забойного конвейера с тремя гидродомкратами дает возможность изменения угла при передвижке конвейера (как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости) для обеспечения эффективной работы крепи в широком диапазоне условий.

Уступной формы перекрытие (рисунок 3.11) в сочетании с работой гидростоек и гравитационными силами обеспечит работу подкровельной толщи на срез и ее разупрочнение. Поджимаемая выдвижная консоль перекрытия позволит производить крепление призабойного пространства в условиях возможных вывалов угля из забоя и с кровли подсечного слоя.

Наличие люка в перекрытии обеспечит частичный выпуск горной массы. Таким образом, будет происходить стимулирование образования пустот над перекрытием выпускной части крепи, что будет способствовать более качественному отделению массива угольной потолочины от пород кровли.

Дробление негабаритных кусков угля над выпускной частью крепи производится с помощью завального скалывателя, который также может перекрывать выпускной люк для обеспечения безопасности при проведении ремонтных работ и/или операций по техническому обслуживанию крепи.

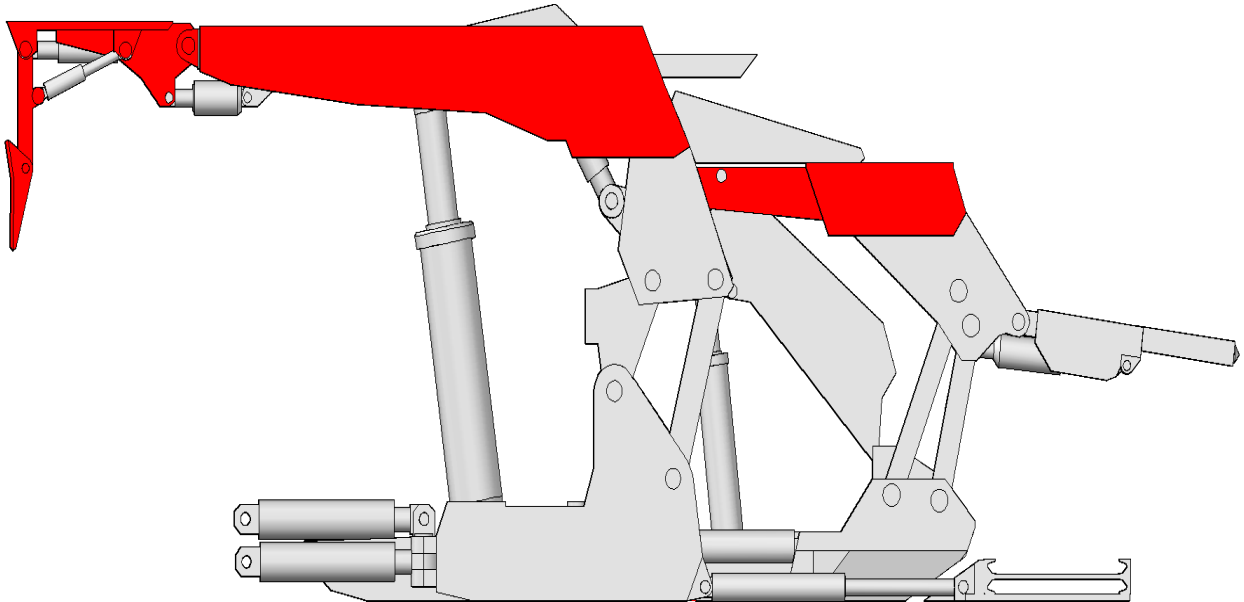


Рисунок 3.11 –Схема уступного перекрытия крепи

Гидростойки одинарной раздвижности просты, надежны и стабильны в работе. Раздвижность гидростоек должна обеспечивать коэффициент гидравлической раздвижности механизированной крепи 1,5 при ее высоте более 1,25 м [67]. Для обеспечения необходимых силовых характеристик, а также для уменьшения количества гидростоек крепи, возможно использование гидростоек повышенного рабочего сопротивления (СПРС) (рисунок 3.12). Достоинством гидростоек повышенного рабочего сопротивления является возможность обеспечения большей несущей способности и начального распора. Исследованиями [68] установлено, что стойками СПРС обеспечивается увеличение рабочего сопротивления на 34 %, усилия начального распора более чем в 2,5 раза. Недостатком является увеличение массы стойки на 1,5 %, а также увеличение ее стоимости.

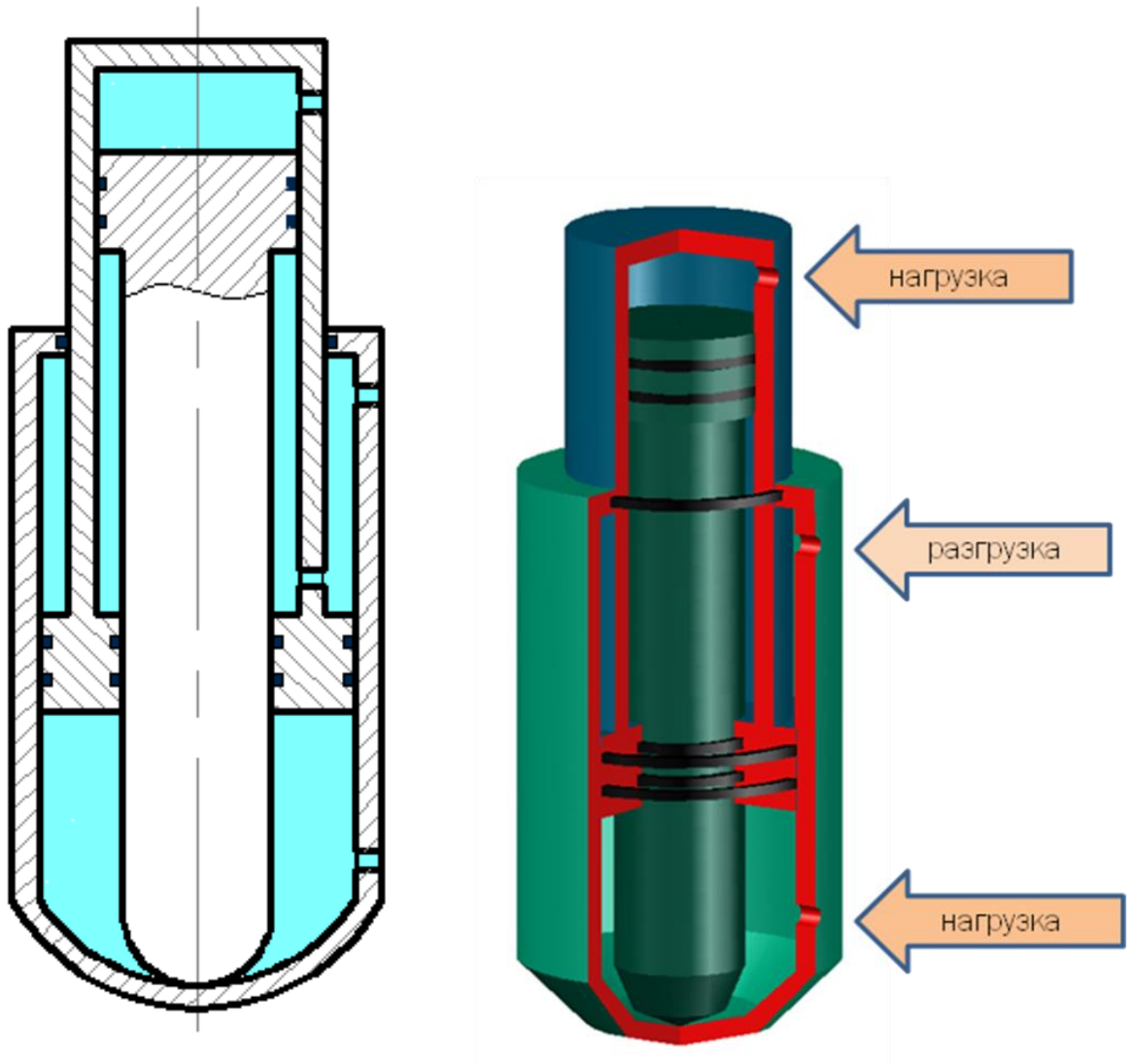


Рисунок 3.12 – 2D- и 3D-вид схемы гидростойки повышенного рабочего сопротивления

Активное ограждение с шибером обеспечит максимальный (окончательный) выпуск подкровельной толщи, возможность дробления негабаритов и управления качеством выпускаемой горной массы.

Обеспечить передвижку предлагаемой секции поршневой полостью домкрата посредством специальной тяги технически достаточно сложно. Однако снизить усилие передвижки поддерживающей части секции можно как за счет трех домкратов передвижки забойного конвейера, так и за счет совместной работы с гидродомкратами передвижки выпускной части секции. Кроме того, расположение выемочного столба с оптимальным углом наклона в сторону подвигания фронта очистного забоя, соответствующим техническим характери-

стикам выемочной машины, позволит снизить усилие передвижки передней части и всей крепи в целом.

Проведенное трехмерное конструирование на ПК (в системе автоматизированного проектирования AutoCAD 2012) по созданию крепи для выемки мощных пологих пластов с выпуском угля позволило выявить некоторые недостатки предварительных моделей крепи, такие как:

- недостаточная перетяжка кровли в районе перекрытия выпускной части крепи на больших площадях;
- недостаточно безопасна и функциональна форма выпускного лотка;
- нерациональное (завышенное) количество гидростоек крепи.

Недостаточная перетяжка кровли в районе передней части перекрытия выпускной части крепи ликвидируется с помощью перекрывающих щитов, крепящихся на ограждение поддерживающей части крепи. Перекрывающие щиты имеют форму неправильной (наклоненной) пирамиды и способствуют дополнительному дроблению угольных негабаритов, а также формированию воронки выпуска над перекрытием выпускной части крепи (рисунок 3.13).

Геометрические параметры выпускного лотка пересмотрены (оптимизированы). Создание условий беспрепятственного прохождения горной массы через выпускной люк включает в себя не только увеличение его размеров, но и геометрические параметры выпускного лотка.

Траектория пути выпускаемого угля по лотку (рисунок 3.14) от верхней кромки перекрытия выпускной части крепи до рабочей ветви завального конвейера должна быть близкой к брахистохроне – кривой, обеспечивающей минимальный промежуток времени ее прохождения твердым телом [69, 70]. Использование в крепи выпускного лотка подобной формы позволит избежать забучивания угля в лотке во время его выпуска. Оптимизирован механизм открывания-закрывания лотка с использованием двух гидродомкратов, расположенных в разных местах для оптимизации усилий при управляемом выпуске угля. Количество гидростоек скорректировано в сторону уменьшения, изменена кинематическая схема поддерживающей части крепи (двухстоечная однорядная

четырёхзвенная) без изменения принципа работы крепи в целом. В передней части завального конвейера предусмотрен подборочный плужок для улавливания угольной мелочи с почвы.

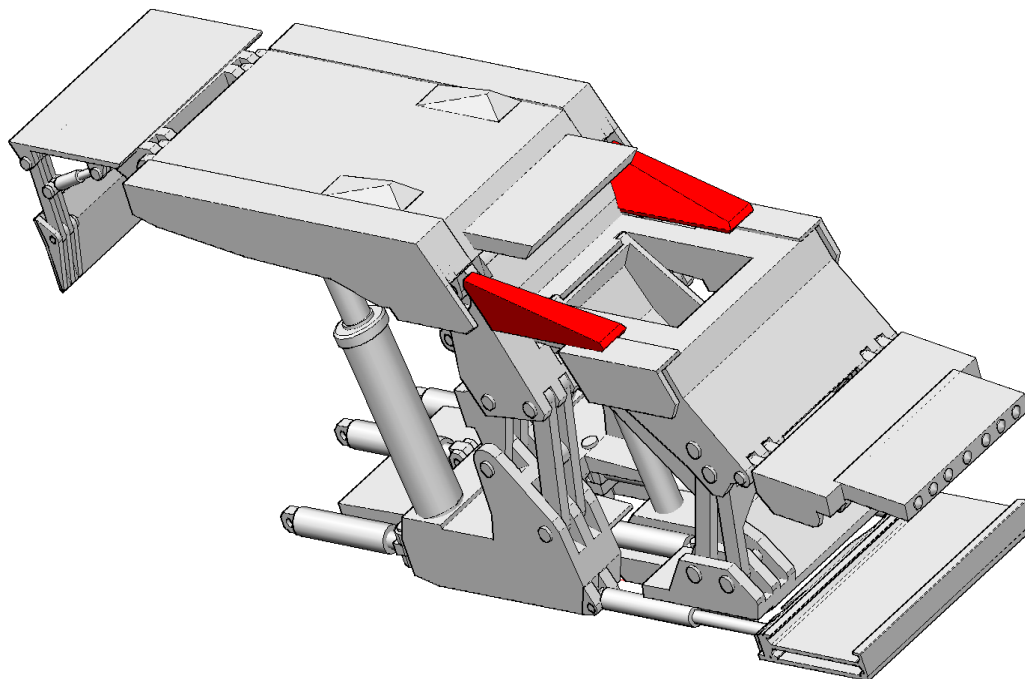


Рисунок 3.13 – Перекрывающиеся щиты

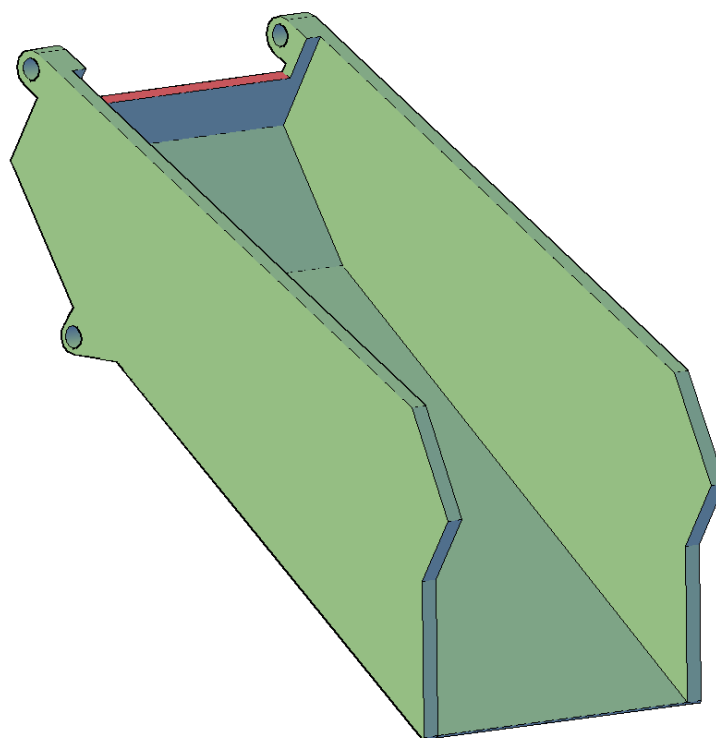
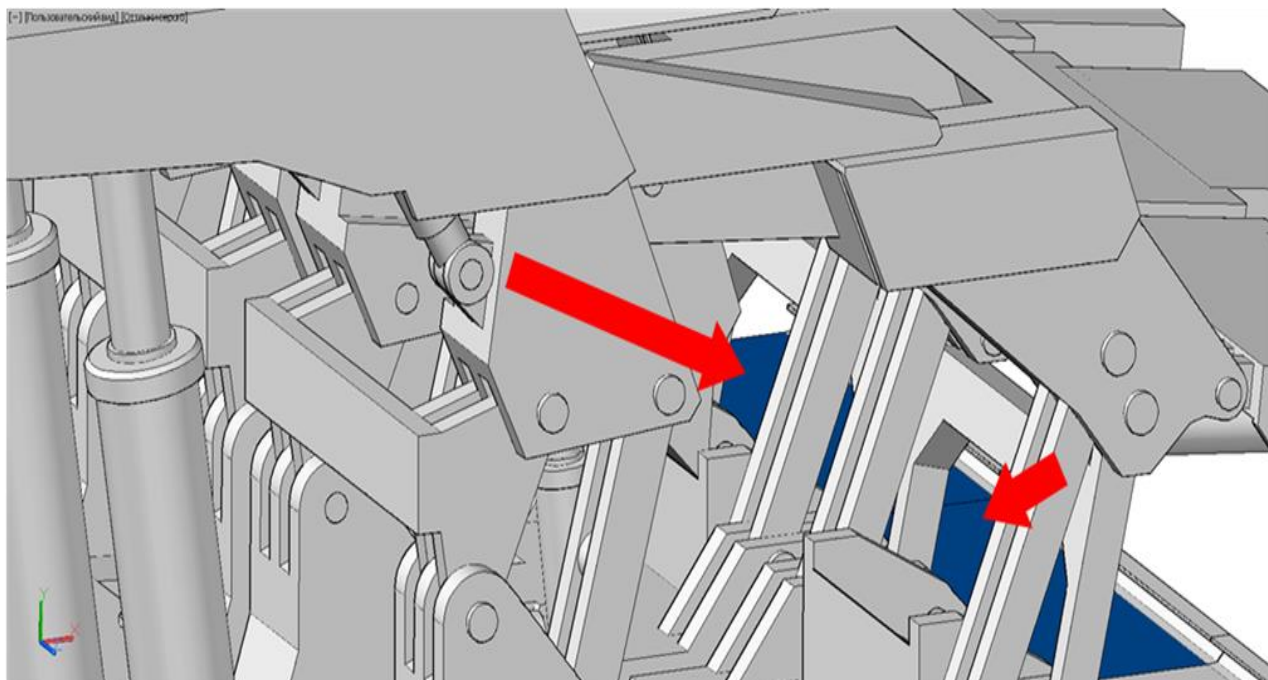


Рисунок 3.14 – 3D-вид выпускного лотка

а



б

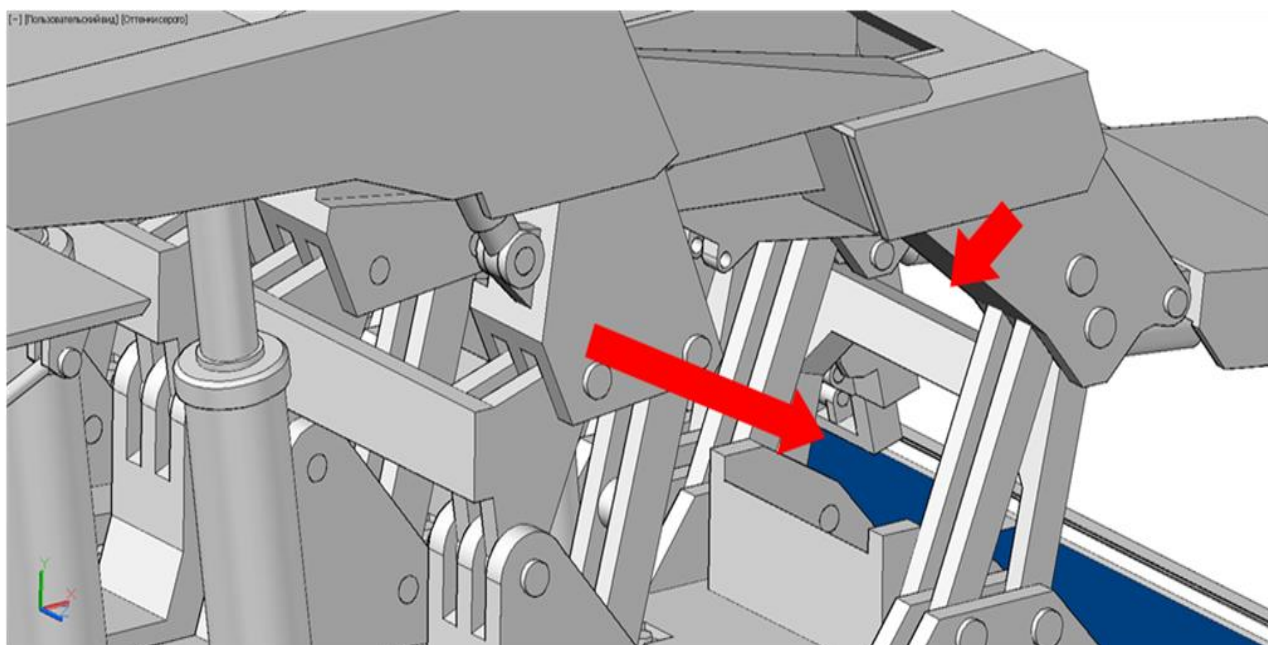


Рисунок 3.15 - 3D-вид мест обзора (визуального контроля) процесса выпуска угля с позиции рабочего, находящегося в соседней секции, в момент:
а - предварительного выпуска; б - окончательного выпуска

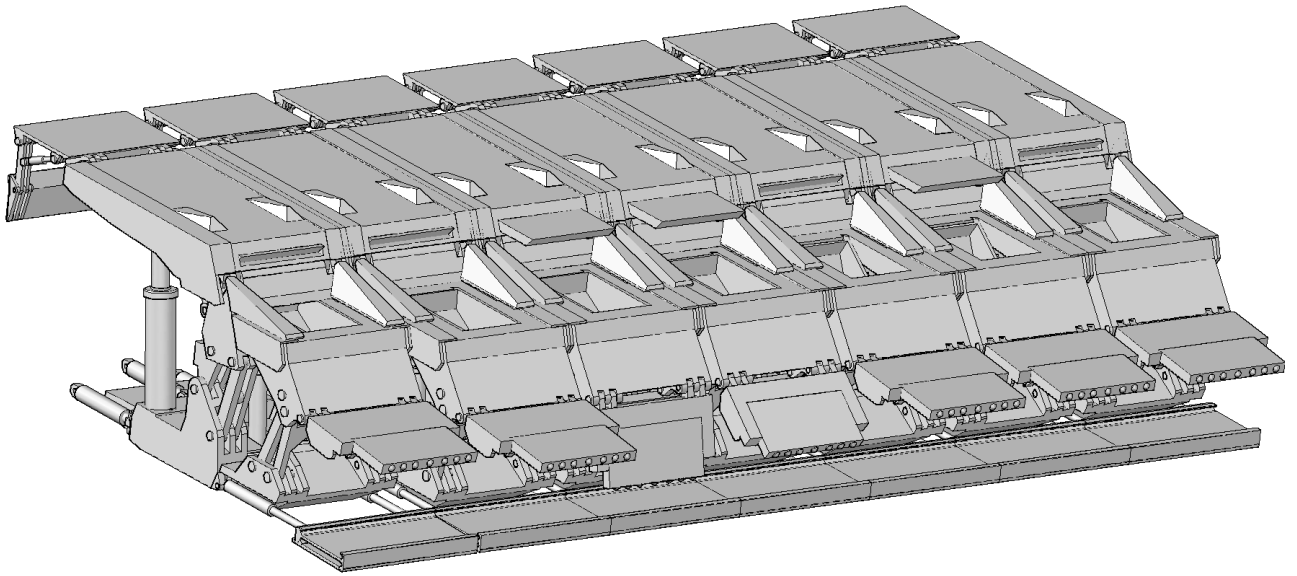


Рисунок 3.16 – Схема площадности выпуска

Кроме того, трехмерное моделирование позволило выявить, что данная крепь обеспечивает:

- визуальный контроль процесса управляемого выпуска угля (рисунок 3.15), чего существующие крепи с выпуском не обеспечивают [47];

- потенциал для создания (при необходимости) дополнительного выпускного люка с лотком в перекрытии поддерживающей части для выпуска угля на забойный конвейер при задвинутой поддерживающей части крепи. Такая модернизация конструкции секции крепи может позволить повысить степень универсальности крепи, а также расширить область ее применения;

- возможность обработки пластов средней мощности и мощных по системе ДСО (без задней части) при весьма незначительных конструктивных изменениях (дополнениях) поддерживающей (передней) части. На рисунке 3.16 представлена схема площадного выпуска в трехмерном виде. Площадность выпуска обеспечивается последовательностью открывания окон, а также их количеством и размерами. Так «волна выпуска» может определяться последовательным и/или одновременным открыванием люков для предварительного выпуска

и последующим опусканием заднего шибера, при котором будет производиться окончательный выпуск.

Выводы

1. Стенд для испытания конструкции крепи представляет собой ограниченное со всех сторон пространство размером 1000×1000×100мм формы параллелепипеда, внутри которого помещен эквивалентный материал, имитирующий угольный пласт и слои пород кровли. Угольный пласт разделен на подсечной слой, выполненный деревянными брусками призмобразной формы размерами 100×10×10мм каждый и подкровельную толщу, представленную в виде насыпного материала. В качестве насыпного материала выбраны куски доломита.

2. Проведенными исследованиями подтверждается, что впереди линии очистного забоя развивается сильное опорное давление, подкровельная толща деформируется перед ее выпуском, большая высота зоны обрушения пород кровли, возможны сильные динамические воздействия на крепь [61, 62].

3. Экспериментально установлено, что уровень потерь угля в различных циклах удовлетворительной описывается полиномиальной зависимостью.

4. В данных исследованиях использовалась металлическая модель крепи с жестким неуправляемым ограждением. Это не позволяло осуществлять управляемый выпуск насыпного материала в полном объеме. Таким образом, при отработке мощного пологого пласта с выпуском подкровельной толщи важное значение имеет: качественное ее разрушение (подготовка к выпуску); адаптивность крепи (наличие хорошо развитой подвижной части активного ограждения секций).

5. В реальных условиях необходимо использование завального конвейера большей мощности и надежности, чем забойного. Это связано с тем, что объем выпуска угля на пластах мощностью более 6-7м значительно превосходит объем комбайновой выемки. Также ремонт или замена элементов завального кон-

вейера требует больших временных затрат и сопряжен с большими рисками и сроками выполнения работ.

6. Показатели уровней потерь угля при выпуске и разубоживания горной массы, полученных опытным путем в условиях лаборатории, имеют прогнозный характер.

7 Снижение потерь угля в двухстадийном выпуске достигается при величине 4-5 выемочных циклов (при отходе от монтажной камеры) и в соотношении объемов выпускаемого угля через люк и через шиббер подвижного ограждения близким 1:1.

8. Наиболее качественный выпуск угля обеспечивается схемой выпуска вдоль лавы сверху вниз, а также при движении забоя по простиранию с трудно-обрушаемой кровлей по направлению падения кливажных трещин.

ГЛАВА 4 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ВЫЕМКЕ МОЩНЫХ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ УГЛЯ В УСЛОВИЯХ ШАХТ ЮГА КУЗБАССА

4.1 Определение диапазона благоприятных горно-геологических условий для эффективного безальтернативного применения технологии с выпуском потолочины

Рациональная область применения одностадийной выемки мощных пологих пластов с разрушением и выпуском угля подкровельной толщи [9] характеризуется параметрами, представленными в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Рациональная область применения одностадийной выемки мощных пологих пластов

Параметр	Значение
Мощность пласта	5 м и более
Угол падения пласта	0...35°
Геологическая нарушенность	любая
Устойчивость пород кровли	неустойчивые и средней устойчивости
Склонность пород к слеживанию	слабо и хорошо слеживающиеся
Глубина горных работ	не ограничена
Газообильность шахты	все категории по газу
Склонность пласта к самовозгоранию	несклонный, малоактивный
Склонность пласта к горным ударам, выбросам	допускается
Разработка под водоемами, объектами	не допустима

Склонность пород кровли к слеживанию при выемке с выпуском подкровельной толщи не имеет технологического значения. Таким образом, при безусловном выполнении мероприятий по профилактике эндогенной пожароопас-

ности, инертизации выработанного пространства и полного комплекса мер по дегазации угольных пластов система разработки с выпуском угля вполне пригодна для применения ее на мощных пологих пластах месторождений юга Кузбасса с вынимаемой мощностью слоя до 4,0 м. Указанная мощность соответствует минимальным приведенным затратам, высоким ТЭП и низкому уровню травматизма [15]. Склонность пород кровли к слеживанию при одностадийной выемке мощного пологого пласта с выпуском подкровельной угольной толщи существенного технологического значения не имеет.

Мощные пласты, например, 6-6а, 7 и 9-10 Распадского месторождения (рисунок 4.1) [9] нецелесообразно отрабатывать с выпуском угля из подкровельной толщи по причине недостаточной их мощности. Очевидно, что отработка этих пластов более экономична и рациональна на полную мощность.

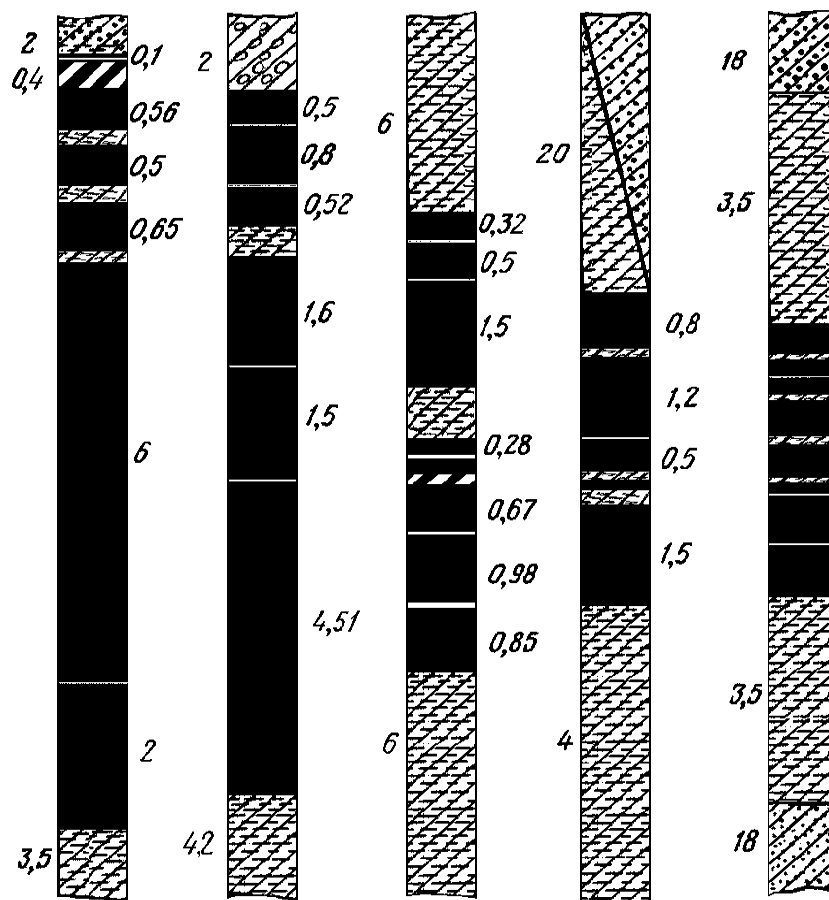


Рисунок 4.1 – Структурные колонки пластов III, IV-V, VI, 6-6а, 7

4.2 Определение численных значений параметров проветривания выемочного участка с применением программы «Вентиляция»

Для факторного анализа процессов проветривания очистных работ с применением предлагаемой механизированной крепи в реальных условиях отработки мощных пологих пластов юга Кузбасса были использованы данные геологического отчета по действующей шахте Алардинская (ООО «Шахта «Алардинская»). Расчеты выполнены с использованием программы для ЭВМ «Вентиляция» (Свидетельство о государственной регистрации №2015616576 от 15.06.2015г). Расчеты параметров проветривания очистных работ с применением предлагаемой механизированной крепи выполнены в соответствии с требованиями [71, 72] «Инструкции по применению схем проветривания выемочных участков угольных шахт с изолированным отводом метана из выработанного пространства с помощью газоотсасывающих установок». Свободные сечения очистной выработки с применением различных типов механизированных крепей с высокой степенью точности определены с помощью САПР AutoCAD.

Для сравнительного анализа параметров изучены существующие механизированные крепи ZF8600/18/36 (ZMJ, Китай), применяемая на шахте Ольжерасская-Новая (г.Междуреченск, Россия) [45-49], BUCYRUS 1900-3500 (BUCYRUS, Германия), применяемая на шахте Austar (штат Новый Южный Уэльс, Австралия) [32, 33, 73-75] и предлагаемая механизированная крепь.

Определение параметров проветривания выемочного участка выполнены на трех моделях с одинаковыми горно-геологическими и горнотехническим условиями без учета дегазации разрабатываемого пласта и выработанного пространства с применением различных типов механизированных крепей.

Свободные сечения очистных выработок определены в САПР AutoCAD из условия одинаковой вынимаемой мощности 3,5 м и без учета пространства над завальным конвейером, т.е. при условии максимального выпуска и газовыделения из выработанного пространства.

Исходными данными для моделирования процессов проветривания очистных работ при отработке мощного пологого пласта с применением предлагаемой механизированной крепи и существующих крепей являются:

- свободное сечение для вентиляционной струи очистной выработки с разделением на отдельные пространства;
- сечение подготовительных выработок $S_{п.в.}=19 \text{ м}^2$;
- сечение газодренажной выработки $S_{п.в.}=12 \text{ м}^2$;
- тип крепи подготовительных выработок – анкерная;
- газоносность пласта $X=18 \text{ м}^3/\text{т с.б.м.}$;
- газообильность очистного забоя $I_{оч.}=21,67 \text{ м}^3/\text{мин}$;
- длина столба $L_{ст}=1200 \text{ м}$;
- длина лавы $L_{л}=220 \text{ м}$;
- количество воздуха, подаваемого на выемочный участок $Q_{вх}= 3870 \text{ м}^3/\text{мин}$.

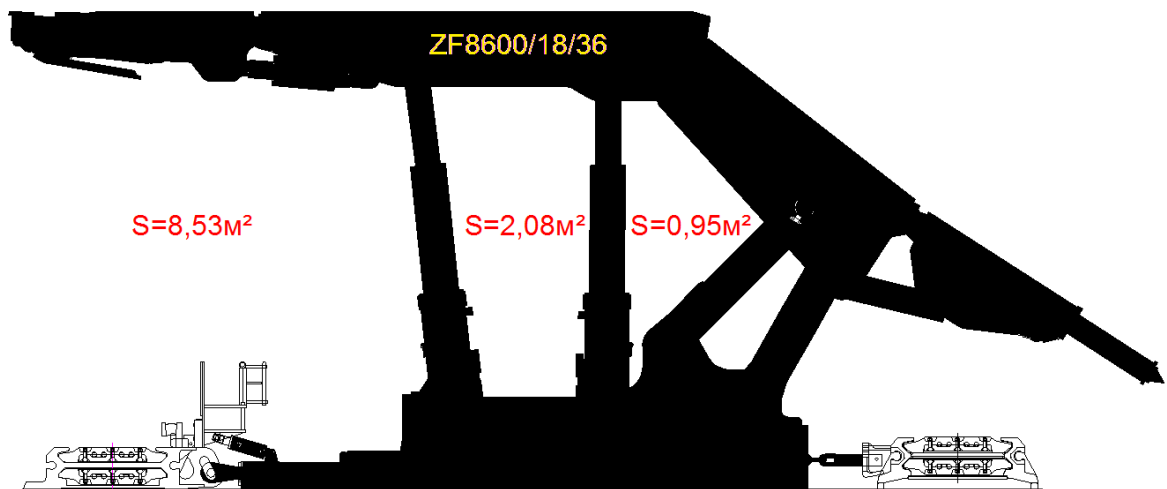


Рисунок 4.2 – Сечение очистной выработки с крепью ZF8600/18/36 ($S=11,56 \text{ м}^2$)

В программе «Вентиляция» [76, 77] выполнены три модели проветривания лав с тремя различными типами крепей при условии подачи одинакового количества воздуха на выемочный участок. Получены данные по скоростям движения воздуха в горных выработках выемочного участка, по

количеству (расходу) воздуха и концентрациях метана в контрольных точках (входящая участка, куток, исходящая лавы, исходящая участка, а также количество воздуха, обеспечивающего проветривание поддерживаемых выработок).

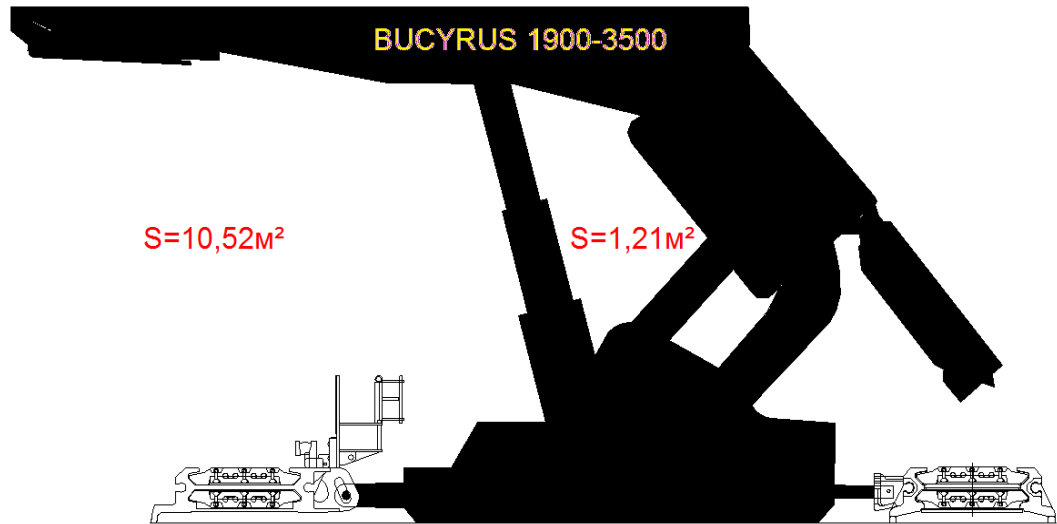


Рисунок 4.3 – Сечение очистной выработки с крепью BUCYRUS 1900-3500 ($S=11,73\text{m}^2$)

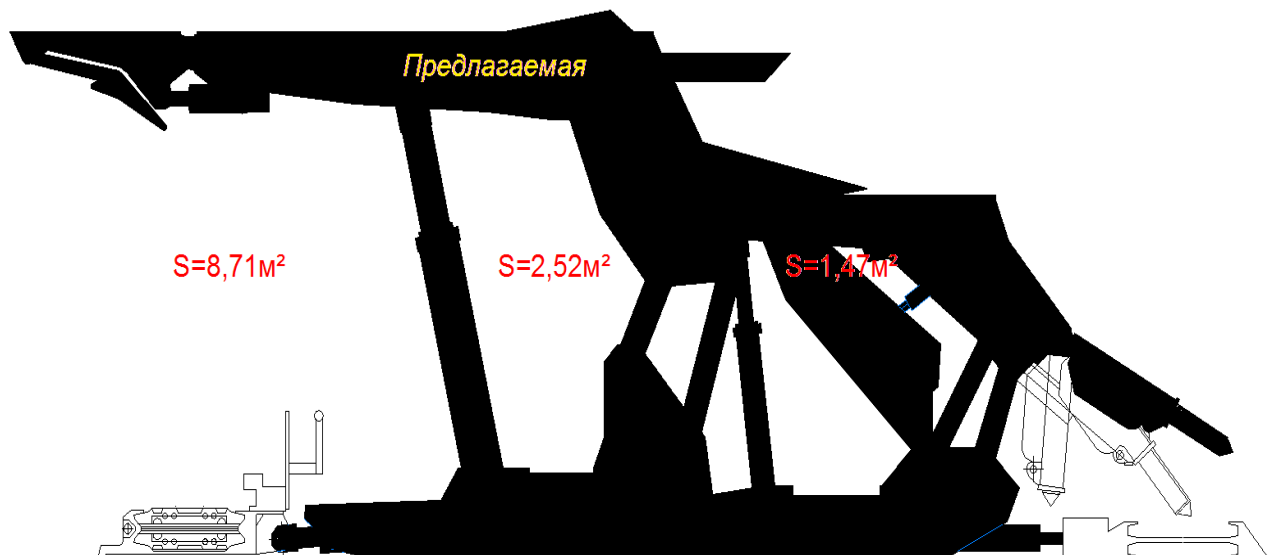


Рисунок 4.4 – Сечение очистной выработки с предлагаемой крепью ($S=12,70\text{m}^2$)

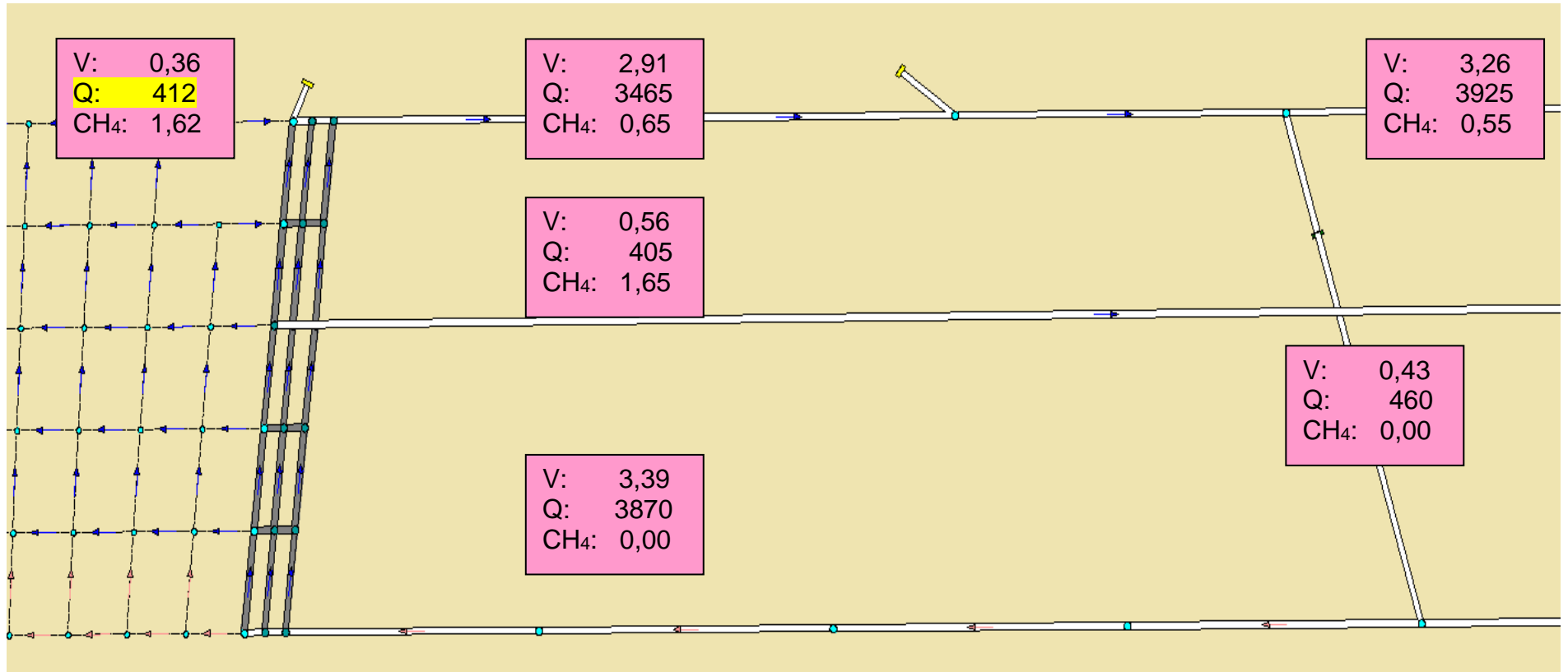


Рисунок 4.5 – Модель процессов проветривания выемочного участка с применением механизированной крепи ZF8600/18/36

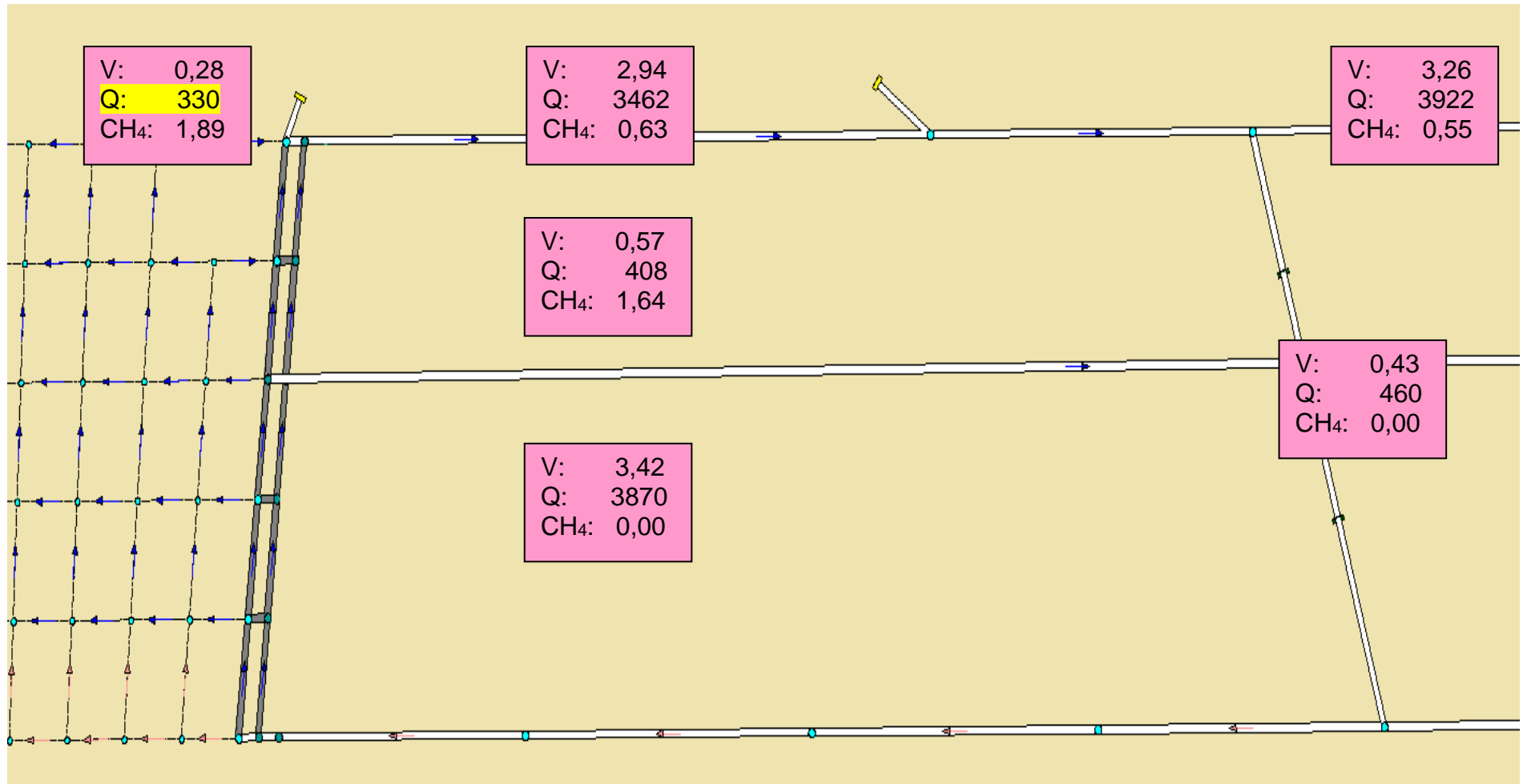


Рисунок 4.6 – Модель процессов проветривания выемочного участка с применением механизированной крепи BUCYRUS 1900-3500

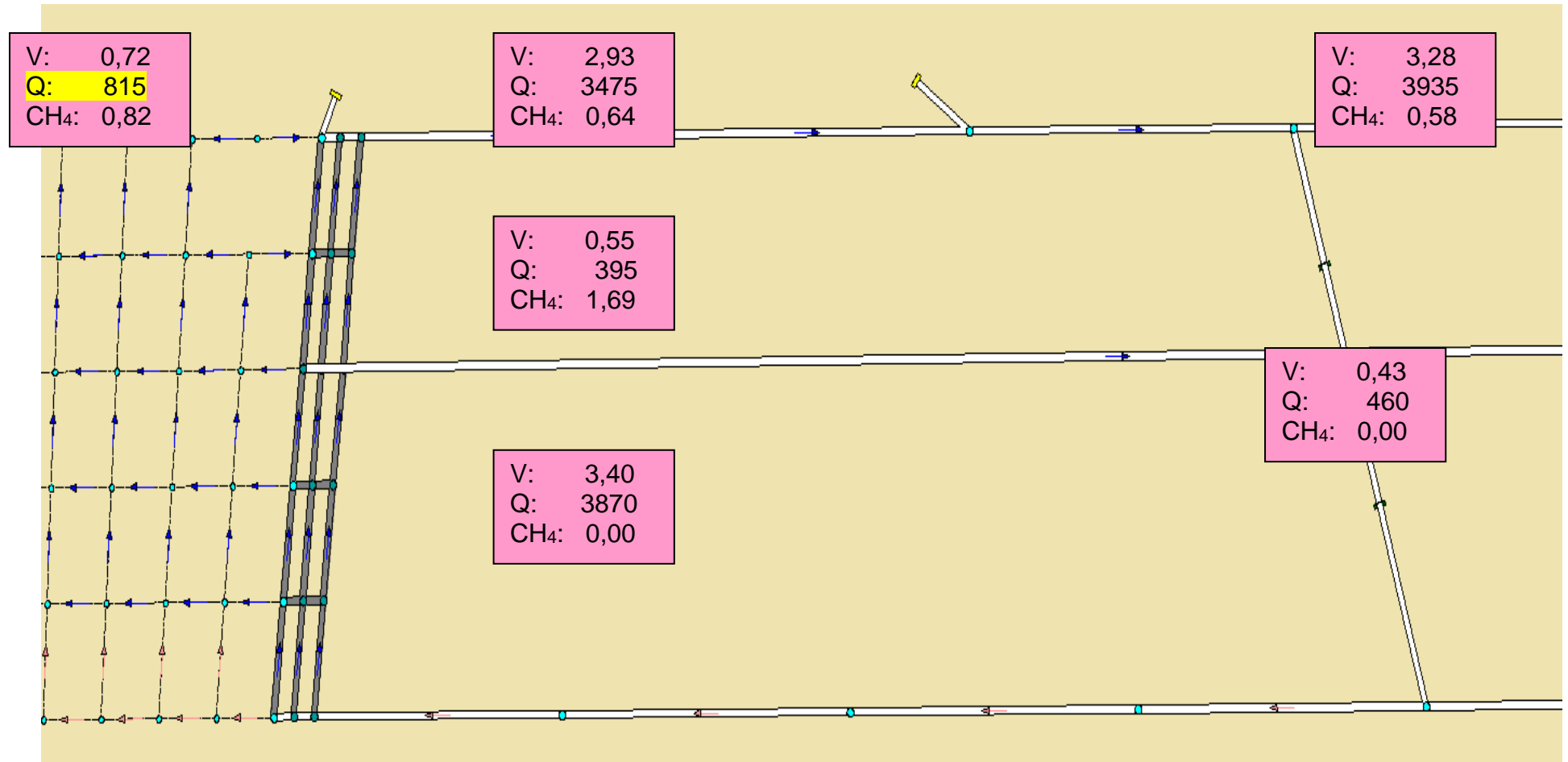


Рисунок 4.7 – Модель процессов проветривания выемочного участка с применением предлагаемой механизированной крепи с перекрытием уступной формы

Согласно приложения №8 [72] «Инструкции по применению схем проветривания выемочных участков шахт с изолированным отводом метана из выработанного пространства с помощью газоотсасывающих установок» максимально допустимая по газовому фактору нагрузка на очистную выработку, т/сут, рассчитывается по формуле:

$$A_{max} = 3,35 \cdot 10^{-4} A_p I_{оч}^{-1,67} Q_{оч.max}^{1,67}, \quad (4.1)$$

где A_p – нагрузка, соответствующая технической производительности комбайна, при которой было определено ожидаемое метановыделение $I_{оч}$, т/сут (для выполнения расчетов принято значение 3000 т/сут);

$I_{оч}$ – метановыделение в очистной забой, м³/мин;

$Q_{оч.max}$ – максимальный расход воздуха, который можно подать в очистную выработку.

Таким образом, максимальная нагрузка на очистной забой прямо пропорционально зависит от количества воздуха, подаваемого в очистную выработку.

Исходные данные и результаты определения параметров проветривания приведены в таблице 4.2

Проведенным расчетами в программе «Вентиляция» установлено следующее:

1. В моделях не допущено превышение скоростей движения воздуха по горным выработкам.
2. В моделях не допущено превышение концентраций метана в действующих горных выработках, а также в газодренажной выработке.
3. Предлагаемая крепь имеет увеличенное сечение за счет увеличения пространства в задней части по сравнению с серийно выпускаемыми крепями ВUCYRUS 1900-3500 на 0,97 м² и ZF8600/18/36 на 1,14 м² при одинаковой высоте крепей 3,5 м.
4. При одинаковом количестве воздуха, подаваемом на выемочный участок, с одинаковым сечением всех подготовительных выработок в контуре

выемочного участка вариант с применением предлагаемой крепи характеризуется большим количеством воздуха, проходящим по кутковой части и, соответственно, меньшим значением концентрации метана, что в свою очередь повышает уровень промышленной безопасности.

Таблица 4.2 – Сводная таблица исходных данных и результатов определения параметров проветривания

Параметр	Ед. изм.	Значение			Примечание
		ZF8600/18/36	BUCYRUS 1900-3500	Предлагаемая	
Мощность подсечного слоя	м	3,5	3,5	3,5	Одинаково для всех моделей
Сечение очистной выработки	м ²	11,56	11,73	12,70	Определено САПР AutoCAD
Количество воздуха:					
- входящая участка	м ³ /мин	3870	3870	3870	Одинаково для всех моделей
- куток	м ³ /мин	412	330	815	
- исходящая лавы	м ³ /мин	3465	3462	3475	
- исходящая участка	м ³ /мин	3925	3922	3935	
Концентрация метана:					
- входящая участка	%	0,00	0,00	0,00	-
- куток	%	1,62	1,89	0,82	-
- исходящая лавы	%	0,65	0,63	0,64	-
- исходящая участка	%	0,55	0,55	0,58	-
Максимальная нагрузка:					
- при применении крепи ZF8600/18/36	т/сут	7689	-	-	-
- при применении крепи BUCYRUS 1900-3500	т/сут	-	7678	-	-
- при предлагаемой двухуровневой крепи	т/сут	-	-	7726	-

5. При одинаковом количестве воздуха, подаваемом на выемочный участок, с одинаковым сечением всех подготовительных выработок в контуре выемочного участка вариант с применением предлагаемой крепи характеризуется большей нагрузкой на очистной забой.

4.3 Разработка технологических схем отработки мощных пологих пластов с применением предлагаемой крепи и вариантов выемочного цикла

Технология двухстадийной отработки мощного пологого угольного пласта предусматривает предварительную подготовку (разупрочнение) подкровельной толщи [21, 78-80] в пределах крыла всей панели, подготовку выемочных участков, отработку подсечного слоя комплексно-механизированным забоем с применением крепи специальной конструкции [43, 44] и выпуск угля подкровельной толщи на завальный конвейер (рисунок 4.8) [57].

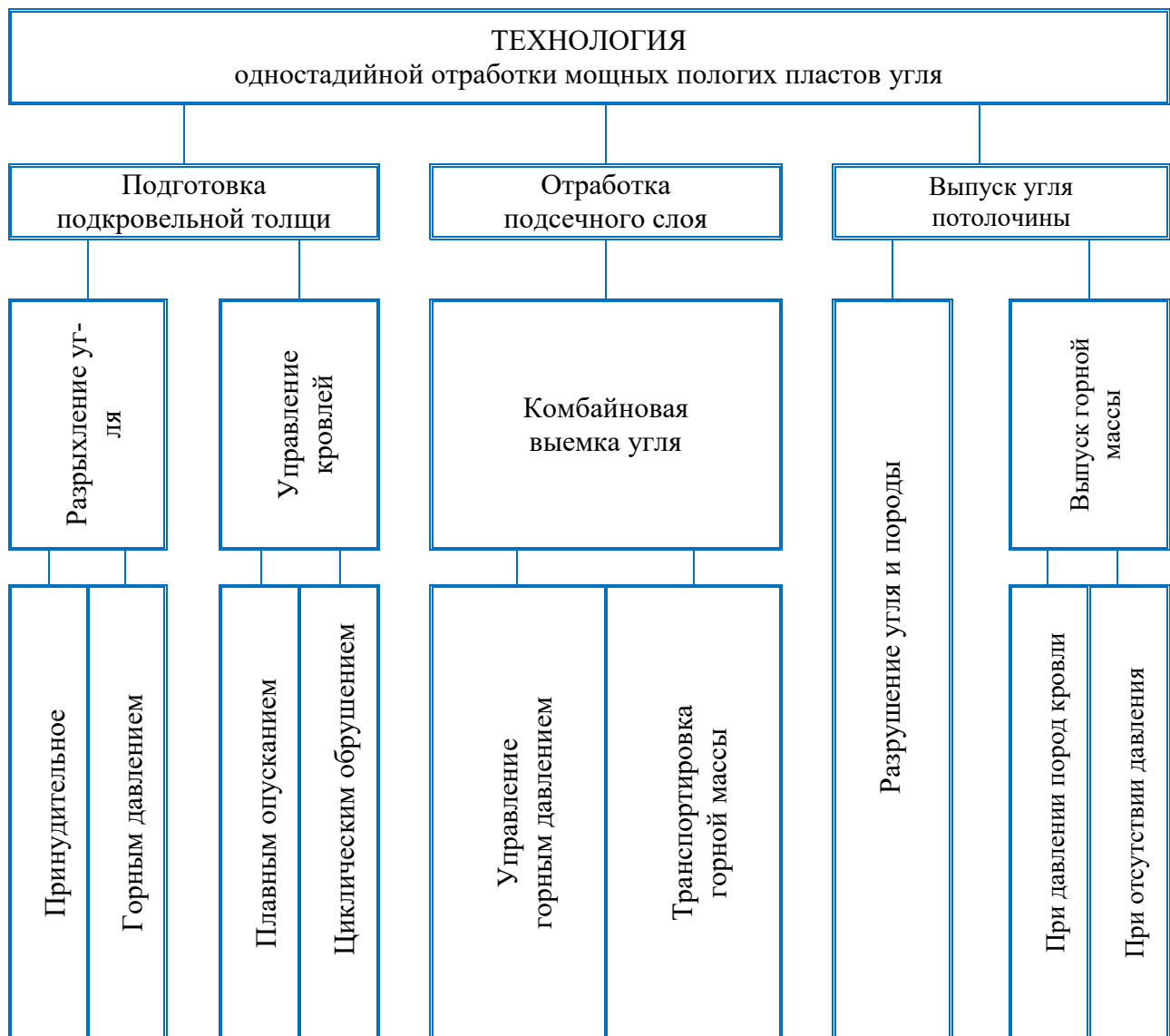


Рисунок 4.8 – Декомпозиция по структуре технологии одностадийной отработки мощных пологих пластов

Технология одностадийной отработки мощных пологих пластов, склонных к самовозгоранию, должна предусматривать мероприятия по применению антипирогенов при подготовке, отработке и изоляции отработанных выемочных участков [81, 82].

Как видно из декомпозиции по структуре технологии одностадийной отработки мощных пологих пластов (рисунок 4.8) технологически более сложными являются подготовка подкровельной угольной толщи и последующий ее выпуск. Эти процессы включают в себя большее количество отдельных процессов и операций. Комбайновая выемка угля в подсечном слое принципиально не отличается от отработки пластов средней мощности.

Подготовку подкровельной толщи к выпуску, т.е. ее разупрочнение и дезинтеграцию предлагается выполнять направленным гидроразрывом пласта [17, 79, 81, 85-90], производимым с земной поверхности в рамках работ по заблаговременной дегазации пластов и вмещающих пород [82] и из горных выработок во время ведения подготовительных работ. Кроме разупрочнения данная мера позволит значительно снизить метаноносность пласта, а также пылеобразование в забоях [83, 84]. Рационально при ведении работ по заблаговременной дегазации производить НГРП не только средней части пласта, но и верхней, так как во время выпуска угольной потолочины в забой подсечного слоя возможны потери угля, связанные с недостаточным разрушением верхних угольных пачек, имеющих хорошее сцепление с породами кровли.

В толще пласта у кровли предлагается проведение двух параллельных выработок. Из данных выработок возможно ведение работ по предварительной (пластовой) и ограждающей дегазации с бурением скважин диаметром 80-96мм с помощью самоходных бурильных машин различных типов и модификаций. Так, например, машины типа RamTrack-119 (Англия) и VLD-1000 (Австралия) успешно эксплуатировались на пластах III, VI в условиях ОАО «Шахты имени В.И. Ленина» и пластах Болдыревский, Поленовский в условиях «Шахты имени С.М. Кирова» соответственно. Применение самоходной бурильной машины типа VLD-1000 для бурения подземных направленных скважин по пласту 3

предусматривалось при разработке проекта дегазации для шахты «Алардинская», а также в условиях пласта 48 шахты «Ерунаковская-VIII».

Комплекс мероприятий по нагнетанию в пласт водного раствора антипирогенов, отводу газа через дегазационные скважины позволит в значительной степени ослабить и дегазировать углепородный массив, а также снизить окислительные свойства угля. Реализация НГРП с поверхности в рамках мероприятий по заблаговременной дегазации с применением в качестве флюида раствора антипирогена, возможно, будет способствовать снижению окислительных свойств угля до начала ведения горных работ.

Наличие в массиве подкровельной толщи выработок позволит производить непрерывный мониторинг состояния пород кровли и подкровельной толщи, аэрогазовой обстановки, состояния массива угля.

Кроме того, существует реальная возможность производить (при необходимости) разрушение массива угля подкровельной толщи способом вибросейсмозодействия и НГР [83, 84] из выработок, проводимых у кровли пласта.

Подготовка выемочного участка комплектом прогрессивной горнопроходческой техники в подсечном слое должна содержать в себе мероприятия по снижению пылеобразования в подготовительных забоях и опережающей дегазации угольного массива.

Собственно, выемка угля в подсечном слое комплексно-механизированным забоем с применением сдвоенной крепи уступной конструкции является двухэтапной: выемка угля на высоту забоя подсечного слоя посредством выемочного комбайна и воздействие на подкровельную угольную толщу механизированной крепью с целью максимального ее разупрочнения и подготовки к выпуску на завальный конвейер и непосредственно управляемый выпуск угля (горной массы) на завальный конвейер.

Схема работы комбайна предлагается односторонняя, как наиболее стабильная и надежная, схема передвижки крепи – заряженная последовательная с выдвигаемыми козырьками. Однако вполне возможно применение челноковой схемы работы комбайна при благоприятных условиях.

Выемка угля в очистном забое начинается от конвейерного штрека. При движении комбайна вверх, начиная с 13-15 секции, вынимается полоса угля по всей длине и ширине забоя на заданную мощность подсечного слоя. Вслед за проходом «верхнего» шнека производится выдвигание скальвателей над (за) комбайном. С минимальным отставанием от комбайна передвигаются поддерживающие части секций с корректировкой положения скальвателей. При этом разрыхляющие ножи, расположенные в задней части перекрытия поддерживающей части секции, врезаются в уже частично разрушенную подкровельную толщу. Это придает большую устойчивость крепи, а также способствует более полному разрушению угля вышележащей толщи.

После передвижки поддерживающей части секции открывается затвор люка в перекрытии выпускной части секции, и часть угля выпускается по лотку на завальный конвейер. За счет возвратно-поступательных движений заднего выдвижного щита поддерживающей части секции происходит дополнительное дробление кусков угля выпускаемой подкровельной толщи и выдавливание их в люк.

После окончания выемки угля у вентиляционного штрека на комбайне опускаются оба шнека к почве, и комбайн движется вниз вдоль очистного забоя с зачисткой призабойного пространства у почвы. Вслед за проходом комбайна передвигается забойный конвейер. После передвижки концевой части забойного конвейера передвигаются поддерживающие части верхних секций и также выпускается часть угля подкровельной толщи. Чтобы не перегружать замковые соединения забойного конвейера участок его изгиба за комбайном должен иметь соответствующую длину. Таким образом, происходит передвижка лавного конвейера до тех пор, пока комбайн не достигнет 13-15 секции.

С определенным расстоянием после передвижки забойного конвейера производится закрытие люка в перекрытии выпускной части секции и последующая ее передвижка с поднятием активной (подвижной) части ограждения и выдвиганием шибера. Дальнейший выпуск угля подкровельной толщи произ-

водится непосредственно на завальный конвейер через окно, которое образуется движениями шибера и активной части ограждения.

После полного выпуска угля передвигается завальный конвейер так же с длиной участка изгиба предотвращающей перегрузку его замковых соединений.

Начиная с 13-15 секции нижний шнек поднимается, комбайном производится самозарубка в нижней части очистного забоя. У конвейерного штрека нижний шнек опускается и вынимается уголь до уровня почвы. Затем комбайн двигается вверх, вынимая уголь нижнего уступа в нижней части очистного забоя. Вслед за проходом комбайна передвигаются 13-15 поддерживающих частей нижних секций механизированной крепи. Производится выпуск угля через люк в перекрытии выпускной части секции. Передвигается головная часть забойного конвейера, его часть до 13-15 секции и крепь сопряжения.

При выемке комбайном очередной полосы угля производится передвижка нижних выпускных частей секций и головная часть завального конвейера.

Схема (планограмма) цикла выемки и выпуска угля в забое подсечного слоя, представленная на (рисунке 4.9), соответствует условиям разрушения подкровельной толщи на всю ее толщину (мощность). Недостатками данной схемы является ограниченность времени на выпуск угля во время зачистки комбайновой дорожки (т.е. движения комбайна от вентиляционного штрека к конвейерному) и режим работы завального конвейера с максимальной загрузкой. Кроме того, одновременный выпуск через выпускной люк и позади секции способствует повышенному выделению метана из выпускаемого угля в рабочее пространство очистного забоя.

Кроме описанного, с учетом работ [41, 42, 92-100] предлагаются альтернативные варианты организации цикла по выемке и выпуску угля в очистном забое, которые могут быть приняты в зависимости от параметров выпуска.

Разделение процессов предварительного и окончательного выпуска во временных границах одного выемочного цикла позволяет, при недостаточном разупрочнении верхней части подкровельной толщи, произвести выпуск кусков

угля большего размера позади секций непосредственно на завальный конвейер (рисунок 4.9, 4.10). Однако данная схема характерна тем, что в период выемки угля комбайном увеличивается метановыделение в пространство подсечного слоя, то есть выделение газа происходит от отбиваемого и выпускаемого угля.

При значительном увеличении крепости угля и трудности разрушения его верхней подкровельной части, возможно еще большее (в рамках двух выемочных циклов) разделение предварительного и окончательного выпуска во времени, для недопущения разубоживания и потерь угля. Данная схема более стабильна и безопасна в части газовыделения в забой, так как периоды выделения метана значительно «разнесены» во времени.

Эффективность выпуска угольной пачки в направлении от верхнего (вентиляционного) штрека к нижнему (конвейерному), предусмотренная схемами (рисунок 4.9 и 4.10), подтверждена исследованиями процессов выпуска межсоевой угольной пачки комплексом КНКМ в условиях пласта IV-V на шахте «им. В.И. Ленина» в Кузбассе [47], а также в работах [101-108].

Процессы выемки и выпуска угля условно показаны с сопровождением желтых стрелок переменной насыщенности, показывающих степень интенсивности метановыделения в очистную выработку и направление вентиляционной струи.

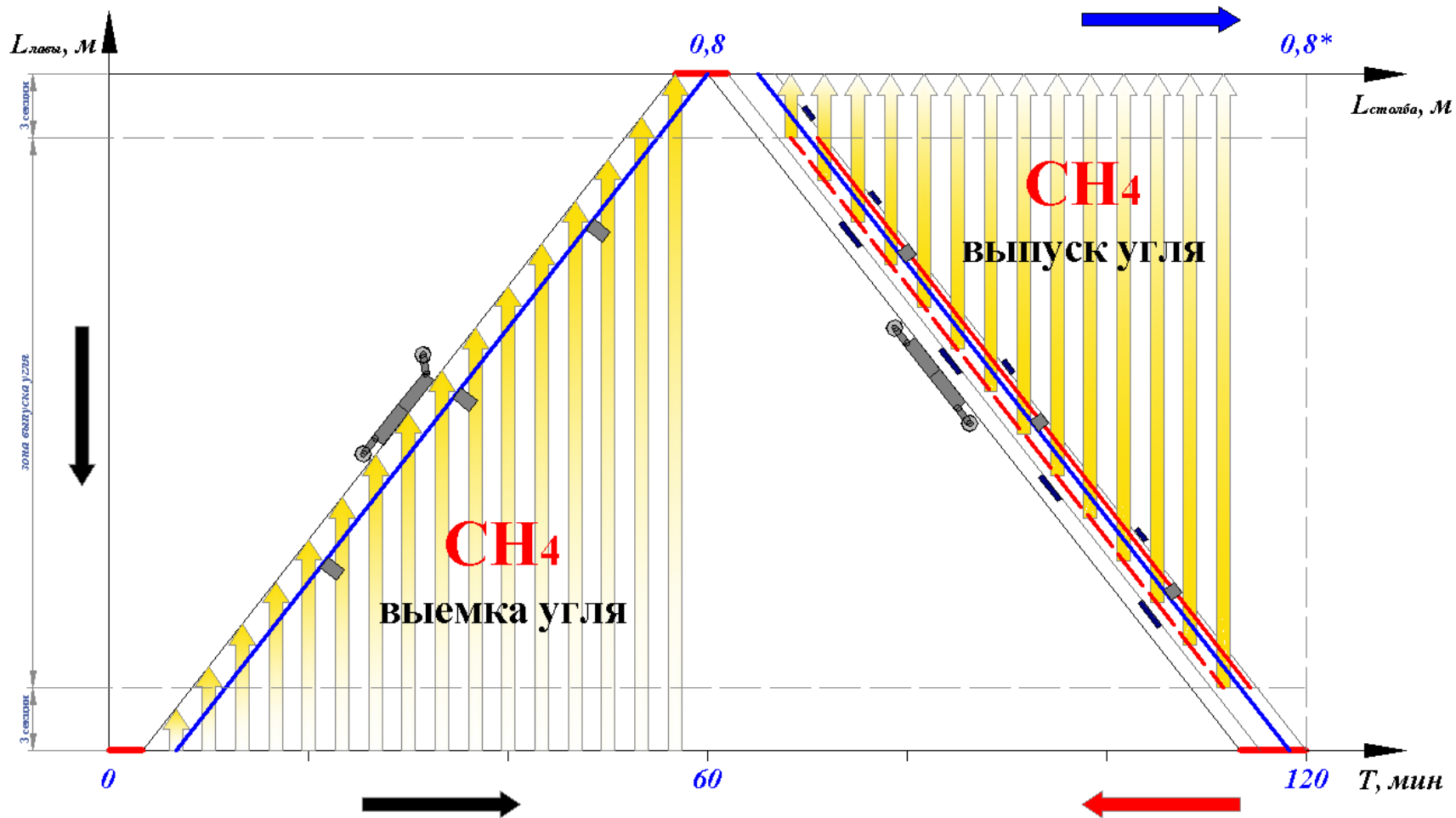


Рисунок 4.9 – Схема (планограмма) цикла по выемке и выпуску угля в забое подсечного слоя при односторонней схеме работы комбайна и не разделенном во времени выпуске угля

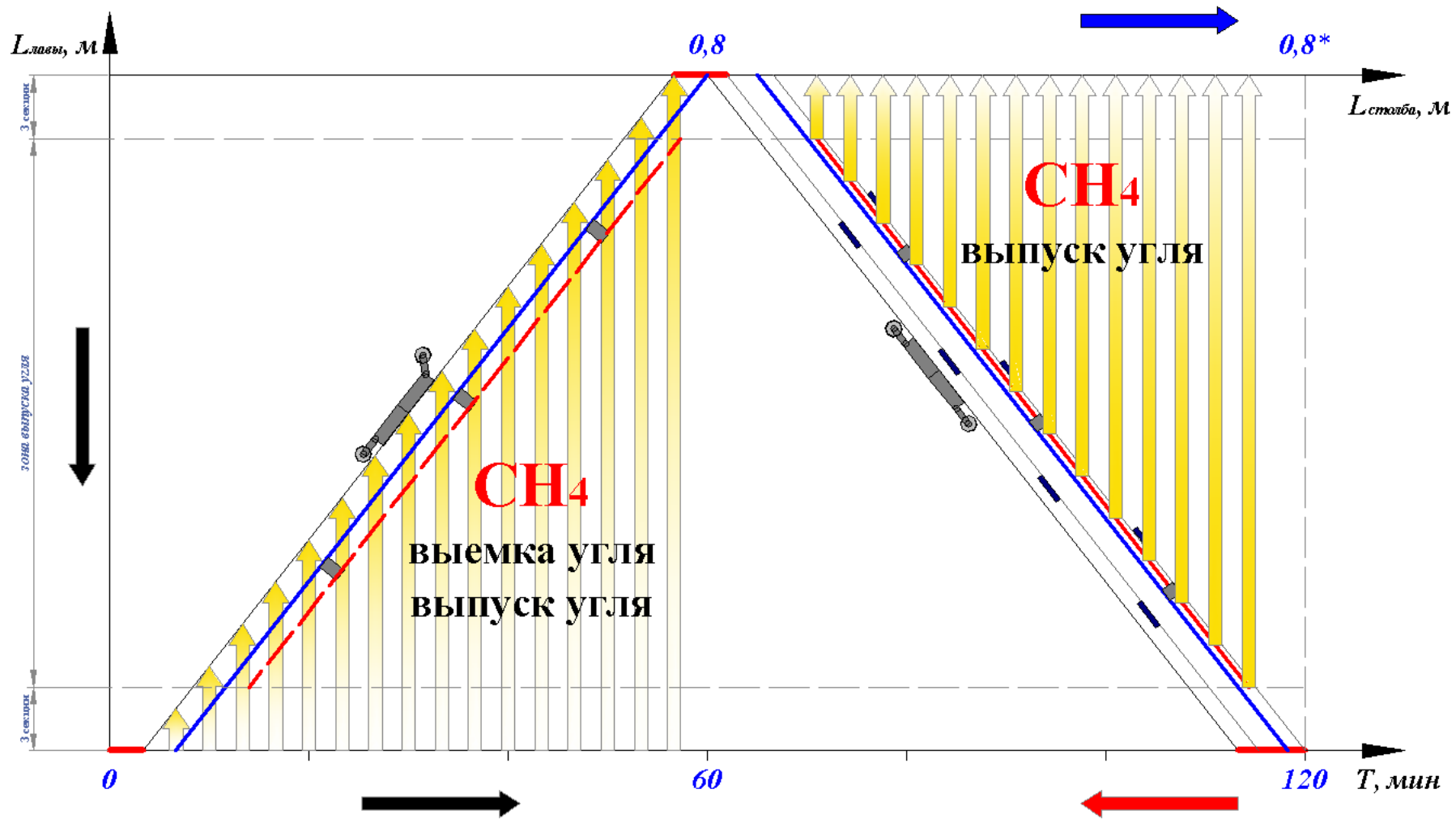


Рисунок 4.10 – Схема (планограмма) цикла по выемке и выпуску угля в забое подсечного слоя при односторонней схеме работы комбайна и разделенном во времени выпуске угля

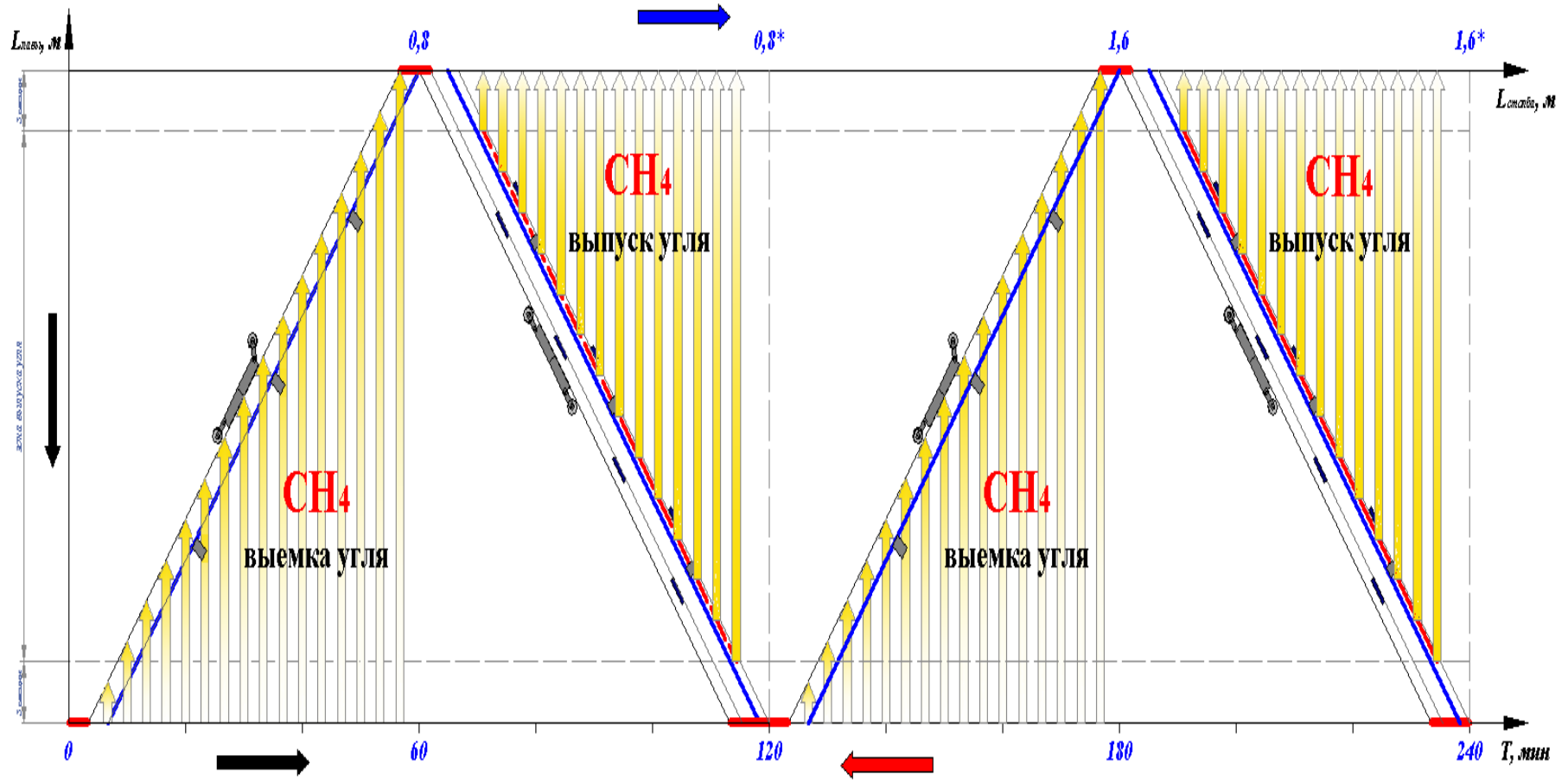




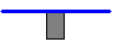








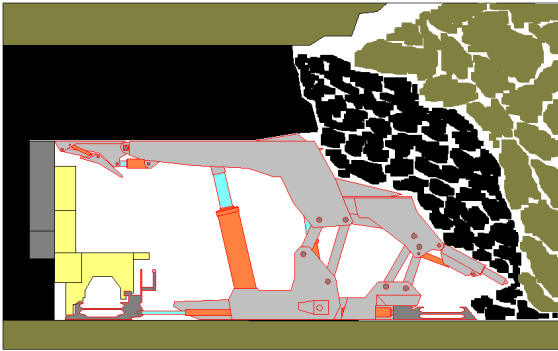


Рисунок 4.11 – Схема (планограмма) цикла по выемке и выпуску угля в забое подсечного слоя при односторонней схеме работы комбайна со значительным разделением во времени процесса выпуска угля

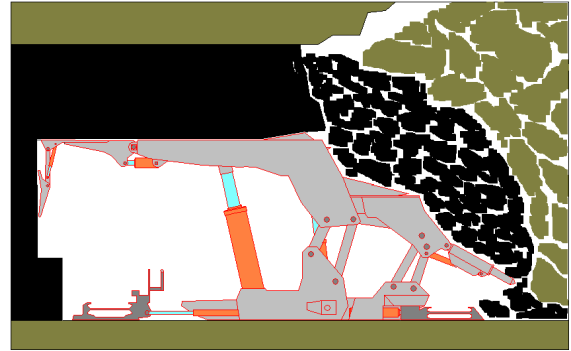
Условные обозначения:

	Выемка угля комбайном		Предварительный выпуск угля (через люк)
	Зачистка комбайновой дорожки		Окончательный выпуск угля (позади секции)
	Передвижка передних секций		Направление свежей струи воздуха
	Передвижка задних секций		Направление исходящей струи воздуха
	Передвижка забойного конвейера		Направление движения потоков угля (горной массы)
	Передвижка завального конвейера		Степень интенсивности газовыделения и направление вентиляционной струи
*	Окончание выемочного цикла		Границы зоны выпуска подкровельной толщи

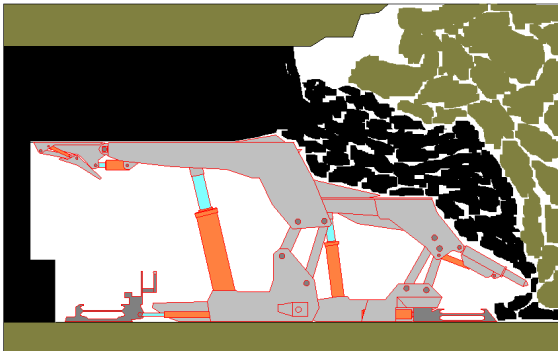
Непосредственно выпуск раздробленной угольной толщи над забоем подсечного слоя предлагается производить в два этапа.



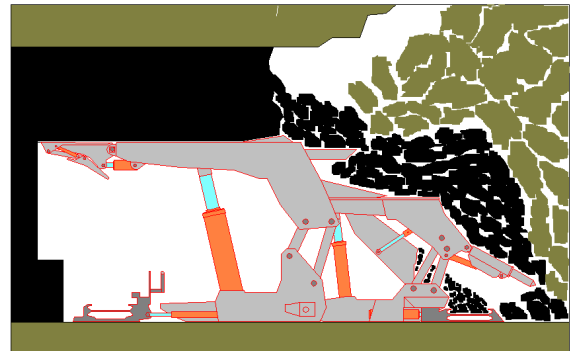
1. Выемка угля комбайном на всю мощность подсечного слоя



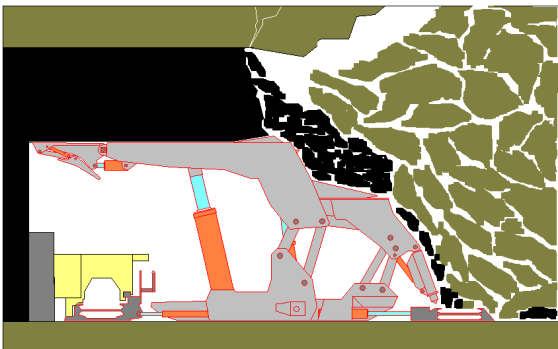
2. Выдвигание скальвателей и противоотжимных щитов



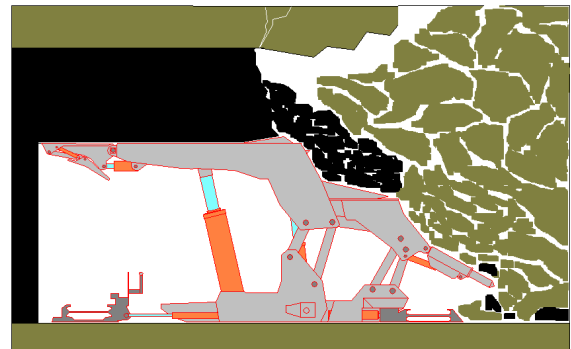
3. Передвижка поддерживающей части крепи, корректировка положения скальвателей



4. Выпуск угля через люк, дробление угольных негабаритов



5. Передвижка выпускной части крепи, выпуск угля за ограждением



6. Передвижка забойного и завального конвейеров, окончательный выпуск угля

Рисунок 4.11 – Схема процессов комбайновой выемки и выпуска угля в очистном забое

Первый этап предполагает дробление и управляемый выпуск угля нижней части потолочины через выпускное окно в перекрытии выпускной части секции. Контроль выпуска – визуальный. Управление выпуском – ручное, механизированное посредством периодических распоров и разгрузок гидростоек крепи, возвратно-поступательных движений заднего выдвигного щита, расположенного в перекрытии поддерживающей части секции, а также открываний-закрываний выпускного лотка. Задним выдвигным щитом возможно полностью перекрывать выпускное окно, дробить куски угля. Косая форма торца щита позволит порционно пропускать уголь на лоток.

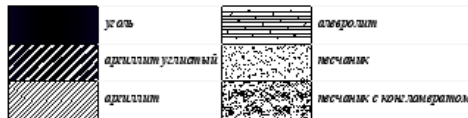
На втором этапе выпуск угля частично выпущенной подкровельной толщи производится через окно, которое образуется движениями шибера и хвостового ограждения. Здесь также управление выпуском угля механизированное, а контроль – визуальный. К механизмам выпуска на данном этапе относятся: хвостовое ограждение и выдвигной шибер. Геометрические и пространственные параметры «окна», образуемого шибером могут быть различны, в зависимости от параметров и исполнения секции механизированной крепи.

Также возможно автоматическое управление выпуском. Применение системы распознавания корпусного шума, позволяющей в автоматическом режиме устанавливать момент закрытия выпускного окна позади крепи, может обеспечить недопущение прорыва породы на завальный конвейер при выпуске, исключая человеческий фактор. Были проведены контрольные испытания данной системы фирмы MARCO GmbH (Германия) с датчиками корпусного шума на 20 секциях. Получены весьма приемлемые результаты.

Для условий мощных пологих пластов III, VI-V Ольжерасского месторождения юга Кузбасса разработаны варианты паспорта выемки с совмещением технологической схемы с геологическими и технологическими параметрами (рисунок 4.12, 4.13, 4.14).

геологические параметры слоев					технологическая схема выемки и структурная колонка пласта III	технологические параметры слоев			
$f_{пор}$	$f_{уг}$	$M_{пор}$	$M_{уг}$	$M_{пл}$		наименование	мощность, м	процессы	оборудование
4,5		5,00					полное обрушение		
11,0		21,00				подкровельная толща	2,5	разупрочнение краевой части массива, дегазация, увлажнение, гидроразрыв	горноспасательное с полным комплектом для увлажнения, дегазации и виброейсмоздействия
3,8		2,00					3,2	деформация и обрушение всего массива, дегазация, увлажнение, гидроразрыв	
	1,1	0,40 0,20 0,22 0,12	0,12 0,56 0,50 0,65			подсечной слой	3,6	комбайновая выемка и выпуск угля	1. механизиров. креть 2. забойный конвейер 3. завальный конвейер 4. комбайн очистной 5. перегружатель 6. коммуникации
	1,53		4,40	9,3					
	0,81	0,10	2,00						
6,0		13,00						деформация	

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ СЛОЕВ



источник виброейсмколебаний
дегазационные скважины
скважины гидроразрыва
поддерживающая часть крепи
выпускная часть крепи
забойный конвейер
завальный конвейер
трещины гидроразрыва
газодренажная выработка

* - по исследованиям ВНИИМИ на моделях из эквивалентных материалов оптимальный угол наклона забоя потолочины к горизонту - 60°

** - коэффициент кратности мощностей подкровельной толщи и подсечного слоя

*** - заряженная последовательная с выдвижными козырьками

ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Наименование	Ед.изм.	Значение
1 Глубина разработки	м	300
2 Длина лавы	м	200
3 Угол падения вдоль лавы	град.	10
4 Угол падения вдоль столба	град.	10
5 Мощность пласта	м	9,3
6 Коэф-т кратности**		1,6
7 Вид механизации		
-уступная двухсекционная механизированная креть		
-забойный конвейер		
-выблочный комбайн		
-завальный конвейер		
8 Селекты работы комбайна		Односторонняя
9 Селекты передвижки крепи		Заряд. после д.***

Рисунок 4.12 – Паспорт выемки и выпуска угля в подсечном слое при отработке пласта III

геологические параметры слоев					технологическая схема выемки и структурная колонка пласта IV-V	технологические параметры слоев			
$f_{пор}$	$f_{уг}$	$Ш_{пор}$	$Ш_{уг}$	$Ш_{пл}$		наименование	мощность, м	процессы	оборудование
6,0		10,00					<i>полное обрушение</i>		
11,0		18,00				кровля			
13,0		3,00							
6,0 2,3	1,1	0,06 0,09 0,24	0,50 0,80 0,52	10,0		подкровельная толща	3,0	<i>разупрочнение краевой части массива, дегазация, увлажнение, гидроразрыв</i>	<i>сорнопроходческое с полным комплектом для увлажнения, дегазации и виброрейсовоздействия</i>
	1,1	0,10 0,08	1,60 1,50				3,4	<i>деформация и обрушение всего массива, дегазация, увлажнение, гидроразрыв</i>	
	1,1		4,51		подсечной слой	3,6	<i>комбайновая выемка и выпуск угля</i>	<i>1. уступная мех. крепь 2. забойный конвейер 3. завальный конвейер 4. комбайн очистной 5. переоружатель 6. коммутации</i>	
4,0		0,61			почва		<i>деформация</i>		

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ СЛОЕВ



- * - по исследованиям ВНИМИ на моделях из эквивалентных материалов оптимальный угол наклона забоя потолочины к горизонту - 60°
 ** - коэффициент кратности мощностей подкровельной толщи и подсечного слоя
 *** - заряженная последовательная с выдвигными козырьками

*источник виброрейсколебаний
 дегазационные скважины гидроразрыва
 поддерживающая часть крепи
 выпускная часть крепи
 забойный конвейер
 завальный конвейер
 трещины гидроразрыва
 газодренажная выработка*

ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

	Наименование	Ед. изм.	Значение
1	Глубина разработки	м	300
2	Длина лавы	м	200
3	Угол наклона вдоль лавы	град.	10
4	Угол наклона вдоль столба	град.	10
5	Мощность пласта	м	10,0
6	Коэф-т кратности**		1,8
7	Вид механизации		
	- уступная дегазация		механизированная крепь
	- забойный конвейер		
	- выемочный комбайн		
	- завальный конвейер		
8	Схема работы комбайна		Односторонняя
9	Схема переделки крепи		Заряд. послед.***

Рисунок 4.13 – Паспорт выемки и выпуска угля в подсечном слое при отработке пласта IV-V

геологические параметры слоев					технологическая схема выемки и структурная колонка пласта III	технологические параметры слоев			
$f_{пор}$	$f_{уг}$	$m_{пор}$	$m_{уг}$	$m_{пл}$		наименование	МОЩ- НОСТЬ, М	процессы	оборудование
4,5		5,00							
11,0		21,00				кровля		полное обрушение	
3,8		2,00				первый слой	3,5	комбайновая выемка угля	1. механизиров. крепь 2. забойный конвейер 3. комбайн очистной 4. перегружатель 5. коммуникации
	1,1	0,40 0,20 0,22 0,12	0,12 0,56 0,50 0,65			межслоевая толща	2,3	деформация и обрушение всего массива, дегазация, увлажнение, гидроразрыв	
	1,53		4,40	9,3		подсечной слой	3,5	комбайновая выемка и выпуск угля	1. механизиров. крепь 2. забойный конвейер 3. завальный конвейер 4. комбайн очистной 5. перегружатель 6. коммуникации
	0,81	0,10	2,00			почва		деформация	
6,0		13,00							

Рисунок 4.14 – Паспорт выемки и выпуска угля в подсечном слое при отработке пласта III одним лавокомплектом в верхнем слое (без задней части и без завального конвейера) и в подсечном слое с выпуском подкровельной (межслоевой) угольной толщи

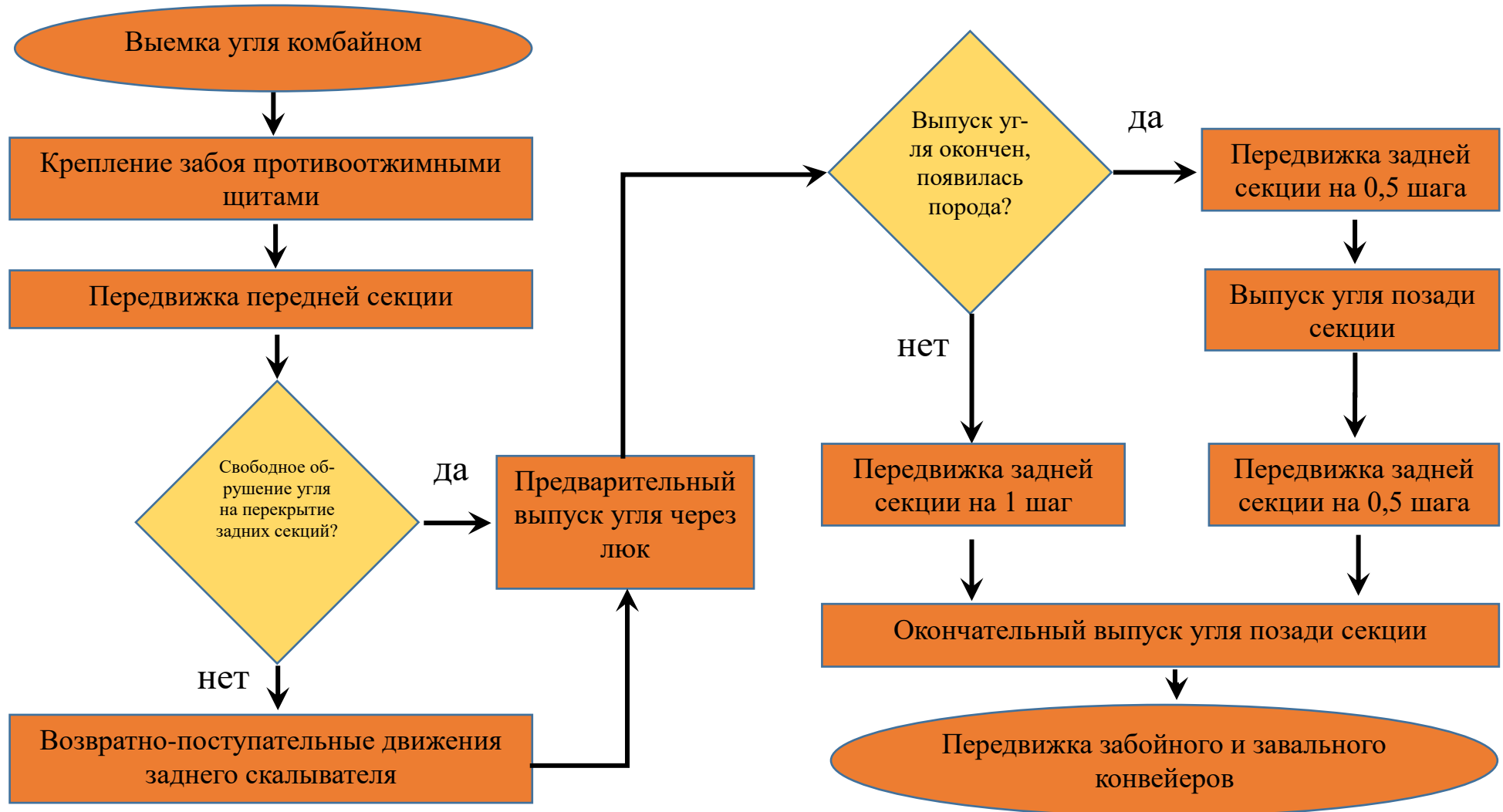


Рисунок 4.15 – Блок-схема цикла по выемке и выпуску угля в забое подсечного слоя при односторонней схеме работы комбайна и разделенном во времени выпуске угля

Для определения мощности подсечного слоя и выпускаемой угольной потолочины предложен алгоритм расчета на примере шахты Ольжерасская-Новая в работе [42]. Предлагаемая схема отработки мощного пологого пласта предполагает величину мощности межслоевой и подкровельной толщ исходя из условий разрушения и устойчивости в призабойном пространстве выпускаемой угольной толщи.

Разупрочнение пород кровли и подкровельной угольной толщ предлагается выполнять в рамках заблаговременной дегазации согласно принципиальной схеме на рисунке 4.16.

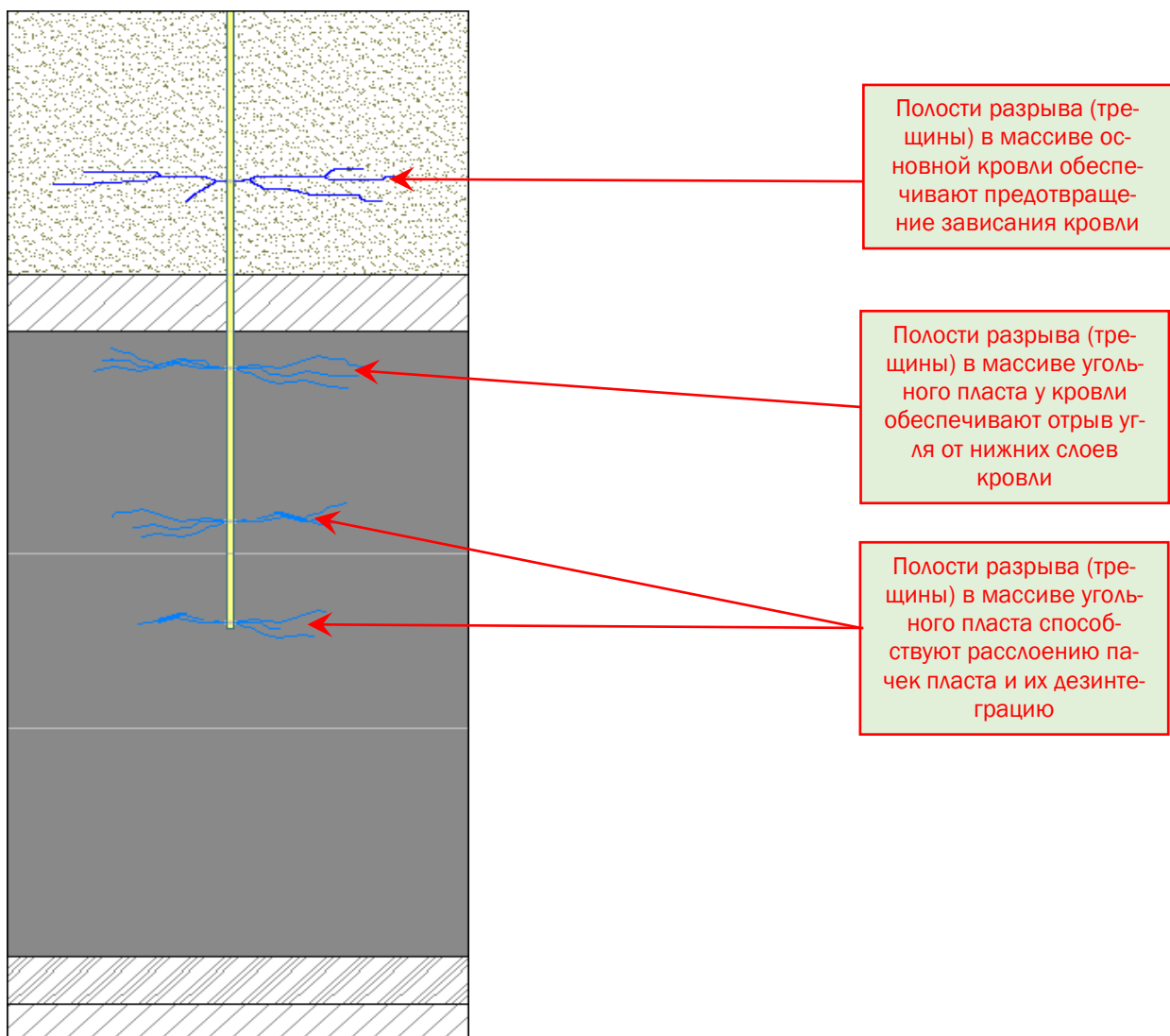


Рисунок 4.16 Схема гидроразрыва кровли и пласта скважинами с поверхности

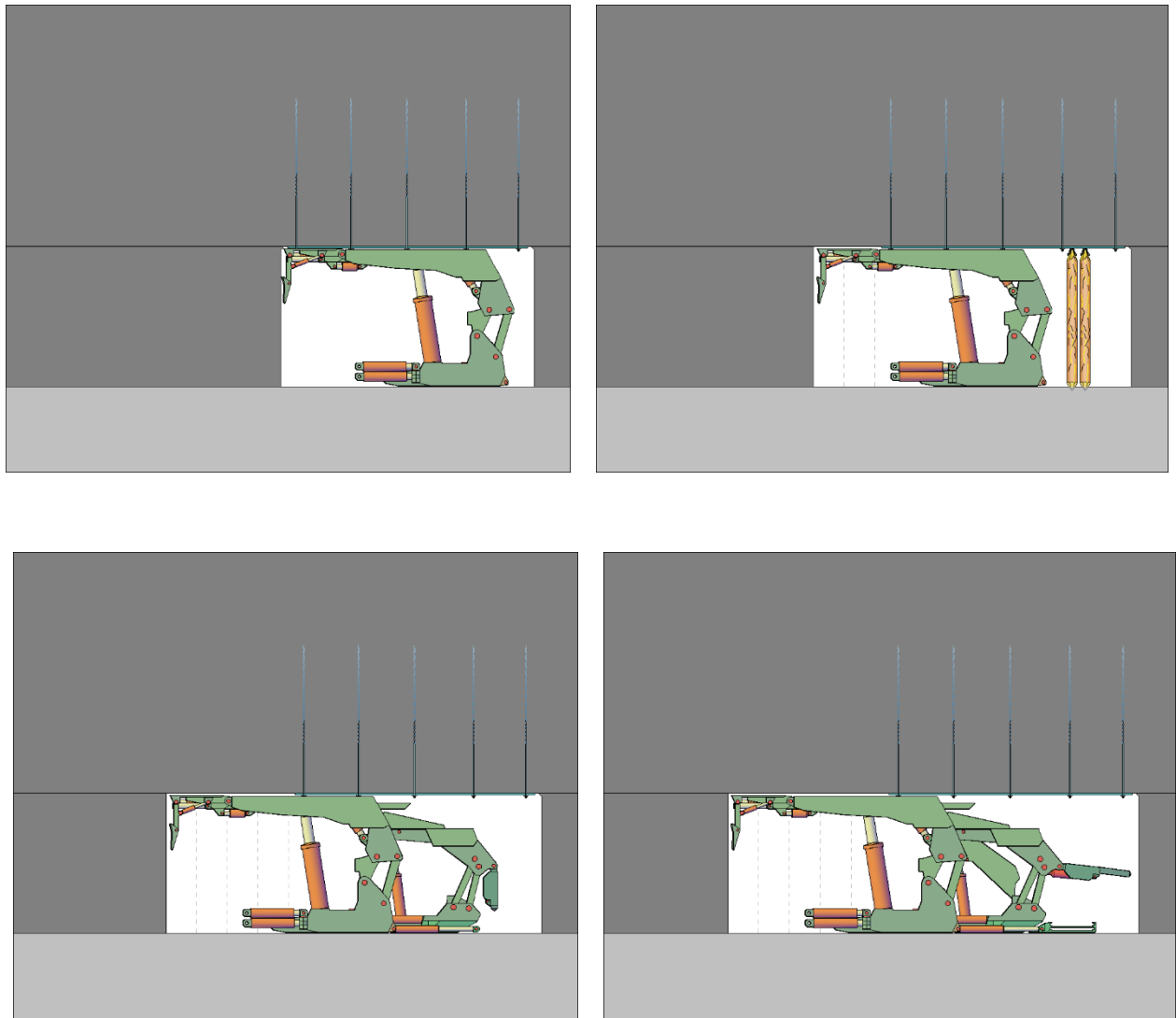


Рисунок 4.17 – Схема монтажа крепи в подсечном слое

Предлагаемая схема монтажа крепи в подсечном слое пласта (рисунок 4.17) требует серьезных мер по поддержанию монтажной камеры на период монтажа задних частей секций и завального конвейера, а также современных производительных средств доставки и монтажа тяжелого крупногабаритного очистного оборудования.

Основная концепция схем формирования демонтажной камеры и демонтажа механизированного комплекса заключается в формировании демонтажной камеры большой ширины с креплением кровли сталепolyмерными анкерами с затяжкой полимерной сеткой в каждом выемочном цикле.

4.4 Разработка и обоснование технологических и технических требований к механизированным крепям для двухстадийной отработки мощных пологих угольных пластов

Общие технические, в том числе технологические, требования к механизированным крепям регламентированы ГОСТ Р 52152-2003 «Крепи механизированные для лав. Основные параметры. Общие технические требования. Методы испытаний». Кроме того, документами, устанавливающими исходные данные для проектирования и производства механизированных крепей современных очистных комплексов являются:

- «Правила безопасности в угольных шахтах ПБ 05–618-03 2008»;
- «Нормативы по безопасности забойных машин и комплексов» п.3.3.26.

Указанные нормативные документы [63,78,91] устанавливают номенклатуру показателей качества механизированных крепей для лав, которые включаются в технические задания на опытно-конструкторские работы, в технические условия, карты технического уровня качества продукции, в разрабатываемые стандарты на крепи. В (таблице 4.3) представлены восемь групп показателей качества, которым должны соответствовать вновь создаваемые и модернизируемые крепи.

Таблица 4.3 – Группы показателей качества

	Наименование показателя качества	Характеризуемое свойство
1	Показатели назначения (технологичности) Удельное сопротивление: - на 1м ² поддерживаемой площади*, кН/м ² - на 1м длины лавы*, кН/м - на конце передней консоли перекрытия, кН/м Сопротивление секции (комплекта), кН Максимальное расстояние от забоя до передней кромки перекрытия, мм Среднее давление, МПа: - на почву	Область применения крепи по характеристикам взаимодействия крепи с породами кровли и почвы, по длине и ширине призабойного пространства лавы (очистного забоя) при выполнении основных функций

	<p>- на кровлю</p> <p>Подпор при передвижке секции, кН/м²</p> <p>Применяемость по углу падения пласта при подвигании забоя, градус:</p> <ul style="list-style-type: none"> - по простиранию - по падению - по восстанию <p>высота секции, мм:</p> <ul style="list-style-type: none"> - минимальная - максимальная <p>Коэффициент гидравлической раздвижности*</p> <p>Коэффициент начального распора*</p> <p>Скорость крепления, м²/мин</p>	<p>по углу падения пласта</p> <p>по мощности пласта</p> <p>Техническая эффективность механизированной крепи</p>
	<p>Шаг установки секций (комплектов), м</p> <p>Шаг передвижки, м</p> <p>Усилие при передвижке, кН</p> <ul style="list-style-type: none"> - секции - конвейера <p>Максимальное давление в напорной магистрали, МПа</p> <p>Давление срабатывания предохранительного клапана гидростойки при номинальном сопротивлении секции, МПа</p>	<p>Особенности конструкции механизированной крепи</p>
2	<p>Показатели надежности</p> <p>Ресурс до капитального ремонта*, ч</p> <ul style="list-style-type: none"> - средний - установленный <p>Наработка на отказ*, ч</p> <p>Объединенная удельная трудоемкость технических обслуживаний и ремонтов, чел-ч/год</p> <p>Удельное время восстановлений</p>	<p>Долговечность</p> <p>Безотказность, надежность в целом</p> <p>-- // --</p>
3	<p>Показатели экономного использования сырья, материалов, топлива, энергии и трудовых ресурсов</p> <p>Удельная масса*, кг/(кН·м)</p> <p>Масса секции (комплекта), кг</p>	<p>Экономичность по расходу материалов</p>
4	<p>Эргономические показатели:</p> <p>Размеры прохода в крепи, м:</p> <ul style="list-style-type: none"> - высота - ширина <p>Тип системы управления</p>	<p>Размеры рабочей зоны</p> <p>Уровень автоматизации</p>
5	Показатели технологичности	

	Удельная трудоемкость изготовления, чел-ч/(кН·м)	Трудоемкость изготовления
6	Показатели стандартизации и унификации Коэффициент применяемости, %	Уровень унификации
7	Патентно-правовые показатели Показатель патентной защиты Показатель патентной чистоты	Патентная защита Патентная чистота
8	Показатели безопасности Коэффициент затяжки кровли* Коэффициент затяжки почвы	Защита призабойного пространства от проникновения пород кровли и почвы
* основные показатели качества		

Основными параметрами механизированной крепи являются:

- сопротивление крепи для поддержания кровли $R_{кр}$, кН/м², сопротивление крепи для управления кровлей P_y , кН/м², коэффициент начального распора $K_{н.р}$, коэффициент гидравлической раздвижности K_g .

Сопротивление крепи для поддержания кровли рассчитывается по формуле:

$$P_{кр} = 350 + 80(m_b - 1), \quad \text{для легких кровель,}$$

$$P_{кр} = 1,5[350 + 80(m_s - 1)], \quad \text{для средних кровель,}$$

$$P_{кр} = 2,0[350 + 80(m_b - 1)], \quad \text{для тяжелых кровель.}$$

Сопротивление крепи для управления кровлей рассчитывается по формуле:

$$P_y = P_{кр}B,$$

где B - размерный коэффициент, принимаемый на основе опыта эксплуатации равным 3,5 - 4,0 м.

Коэффициент начального распора в соответствии с [63] должен быть равен 0,6-0,8. Коэффициент гидравлической раздвижности для секции крепи с минимальной конструктивной высотой свыше 1,25м должен быть не менее 1,5.

Также важные параметры механизированных крепей:

- шаг установки секций должен быть выбран из ряда значений: 1; 1,5; 1,75; 2,0 и 3,0 м;

- шаг передвижки крепи должен быть увязан с величиной захвата выемочной машины;
- расчетная скорость крепления для комбайновых лав должна быть не менее расчетной скорости обнажения кровли вдоль лавы;
- коэффициент затяжки кровли должен быть не менее 0,9;
- крепи, предназначенные для работы на слабых почвах, должны создавать среднее давление на почву менее 2,0 МПа.

В соответствии с [63] и на основании проведенных исследований определен перечень требований к предлагаемой механизированной крепи (таблица 4.4).

Таблица 4.4 – Требования к крепи с перекрытием уступной формы

Технологические требования	<p>Обеспечение независимости процессов комбайновой выемки и управляемого выпуска угля;</p> <p>Обеспечение двухэтапного выпуска угля;</p> <p>Обеспечение площадного выпуска угля;</p> <p>Минимизация или ликвидация зон застоя угля при выпуске;</p> <p>Схема работы комбайна –любая;</p> <p>Схема передвижки крепи – заряженная, последовательная с выдвигными козырьками.</p>
-----------------------------------	--

Кроме того, в процессе создания цифровых прототипов крепи определены другие группы требований.

Требования эргономики, обитаемости и технической эстетики (безопасности)	<p>Обеспечение визуального контроля процесса выпуска угля;</p> <p>Обеспечение необходимого сечения для воздуха;</p> <p>Габариты прохода для людей (высота×ширина), м:</p> <ul style="list-style-type: none"> - перед передним рядом стоек – 2,70×0,70; - за передним рядом стоек – 2,30×0,75; - в задней части секции – 1,50×0,70.
Конструктивные требования	<p><u>Перекрытие</u>: составное, уступное, с люком, с разрыхляющими и скалывающими (забойным и завальным) элементами;</p> <p><u>Ограждение</u>: активное с подвижным шибером;</p> <p><u>Основание</u>: составное с конструкцией поперечного шарнира и жесткой механической связью обеих частей;</p>

	<u>Гидростойки</u> : повышенного рабочего сопротивления одинарной раздвижности.
Особые требования	Обеспечение работы крепи без задней части и без завального конвейера по системе ДСО.
Дополнительные требования	Возможность работы в лево- и правостороннем забоях.

Все числовые значения параметров крепи, приведенные в таблице 4.4, являются ориентировочными и при реализации проекта по созданию данной крепи в ходе детализации конструкции могут корректироваться в соответствии с требованиями нормативных документов, горно-геологическими и горнотехническими условиями эксплуатации.

На рисунках 4.18 и 4.19 показаны элементы крепи с перекрытием уступной формы, обуславливающие вышеуказанные требования к крепи.

Для подтверждения целесообразности применения данного вида механизированной крепи произведен укрупненный экономический расчет, который выполнен как сравнительный анализ традиционной и предлагаемой технологий выемки мощных пологих угольных пластов на шахтах ООО «РУК» (приложение №6).

Выводы

1. Последовательность выпуска угля обеспечивается уступной формой перекрытия крепи, состоящей из жестко связанных между собой передней и задней частями, а также двумя точками выпуска.

2. Технологические и прочие требования, сформулированные в данном разделе, обеспечивают соблюдение технологии двухстадийного выпуска, при котором обеспечивается полнота выемки и минимизация рисков возникновения очагов самовозгорания угля.

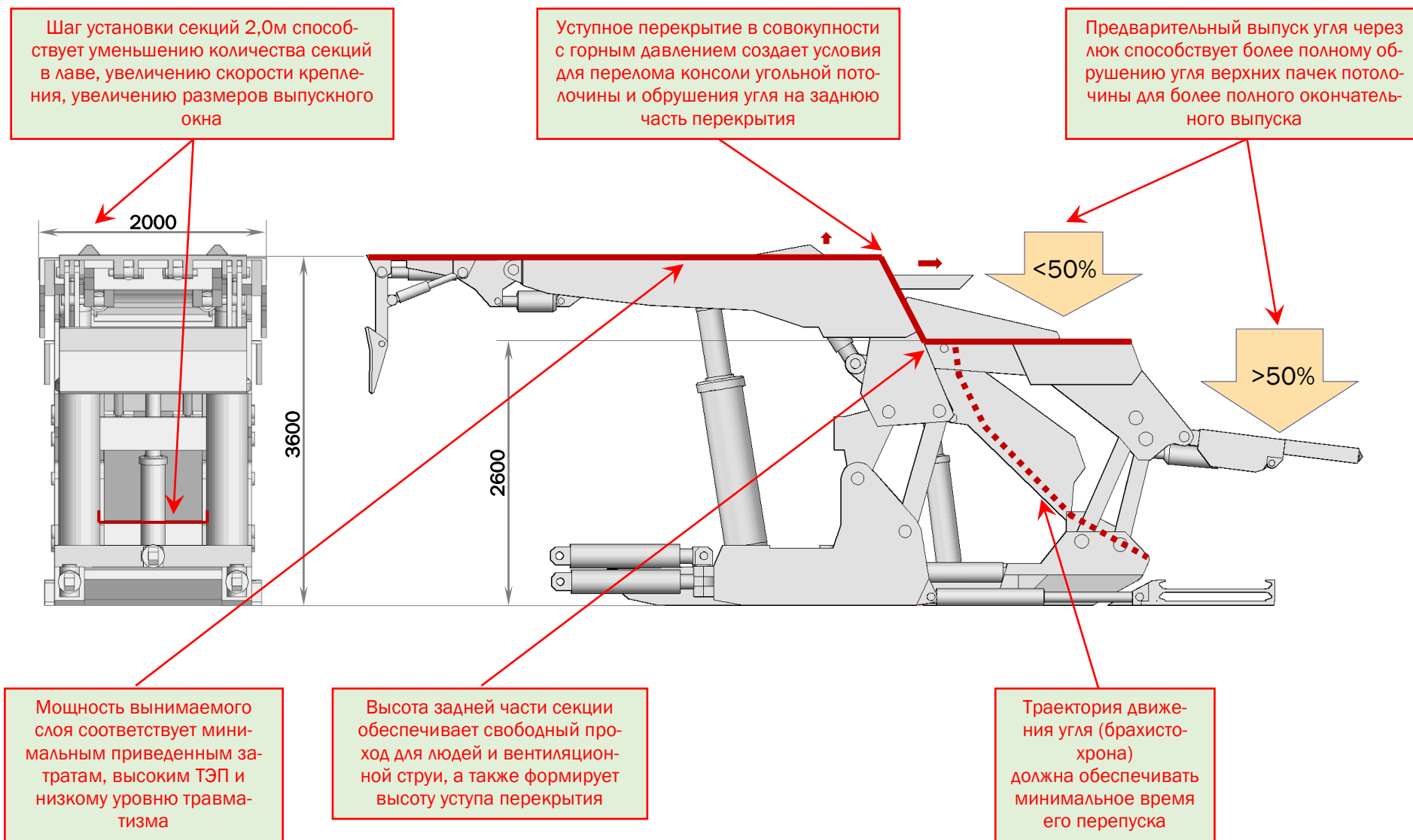


Рисунок 4.18 – Обоснование требований к механизированной крепи

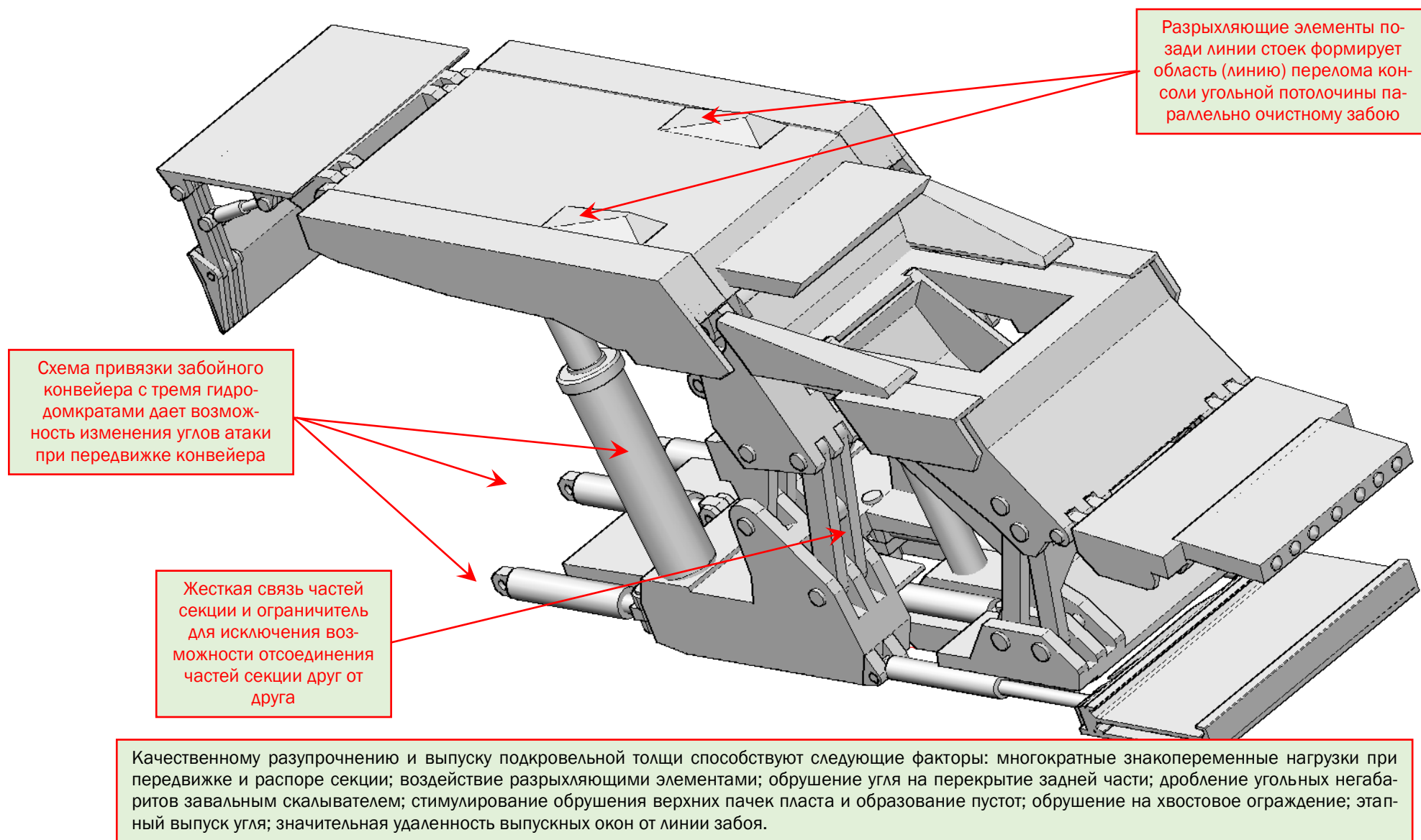


Рисунок 4.19 – Обоснование требований к механизированной крепи

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате экспериментальных и теоретических исследований уточнены закономерности выемки мощных пологих пластов с управляемым выпуском угля для обоснования и разработки геотехнологических требований к механизированным крепям очистных механизированных комплексов для отработки мощных угольных пластов, что имеет существенное значение для развития угледобывающих регионов России.

Основные научные результаты, выводы и рекомендации заключаются в следующем:

1. Существующие механизированные крепи для отработки мощных пологих пластов с выпуском на завальный конвейер при выпуске имеют ограниченную воронку выпуска, что способствует образованию зон застоя потока выпускаемого угля, что, в свою очередь, приводит к потерям подготовленного к выпуску угля, провоцированию образования очагов эндогенных пожаров в выработанном пространстве.

2. Предложен способ двухстадийного выпуска межслоевой толщи угля. Наличие перекрытия уступной формы обеспечивает двухэтапность обрушения угольной потолочины над перекрытием крепи, дробление угольных негабаритов, предварительный и окончательный выпуск горной массы на завальный конвейер. При этом образуется воронка выпуска больших размеров в сравнении с традиционными механизированными крепями.

3. В ходе стендовых испытаний установлено, что снижение потерь угля в двухстадийном выпуске достигается при величине 4-5 выемочных циклов (от начала выпуска) и соотношение объемов выпускаемого угля через люк и через шибер подвижного ограждения должно быть близким 1:1. При такой пропорции обеспечивается разрушающее воздействие на выпускаемую угольную толщу обрушенными породами кровли при этом не допускается попадания породы в воронку выпуска на предварительном этапе. Подтверждена кинематическая и

технологическая работоспособность конструкции предлагаемой крепи в различных горно-геологических и горнотехнических условиях.

4. На основе метода дискретных элементов в двумерной постановке выполнено численное исследование процесса выпуска угля из мощного пологого пласта. Деформированное состояние исследуемой среды в фиксированные моменты времени, соответствующие этапам выпуска, показало, что двухстадийный выпуск угля, зависит от функциональных узлов разгрузочно-выпускной системы крепи, мощности выпускаемой толщи угля, схемы формирования обрушенных пород за крепью, что позволяет минимизировать потери и риск самовозгорания угля в выработанном пространстве.

5. На основе расчетов, выполненных с применением программы «Вентиляция 2.0» обоснована возможность обеспечения условий повышения уровня промышленной безопасности в части параметров проветривания очистных работ и обеспечения безопасных концентраций метана в пределах выемочного участка.

6. Разработаны рекомендации с технологическими схемами и параметрам отработки мощных пологих пластов механизированной крепью с уступным перекрытием с управляемым двухэтапным выпуском угля.

Список использованной литературы

1. Мучник В.С., Голланд Э.Б., Маркус М.Н. Подземная гидравлическая добыча угля. М.: Недра, 1986. 223с.
2. Горное дело: Энциклопедический справочник. М: Углетехиздат. 1957, 2 т. С. 192 - 446.
3. Технологические схемы разработки пологих и наклонных пластов Кузнецкого бассейна / П.С Арсенов [и др.]. Прокопьевск: КузНИУИ, 1988. 41 с.
4. Угольная промышленность капиталистических стран. М.: ЦИТИ-уголь. 1962. Т. 1. С. 560.
1. Угольная промышленность капиталистических стран. М: ЦНИЭИ-уголь. 1970. С.413.
2. Бентхаус Ф., Кундель Х., Пфаненштиль Ф.К. Состояние и тенденции разработки пластов в экстремальных горно-геологических условиях // Глюкауф. 1980. №19. С.5.
3. Хабенихт Х. Камерная и камерно-столбовая системы разработки угольных пластов // Техника и технология разработки месторождений полезных ископаемых: Научн.-техн. сб. Новокузнецк: СибГГМА, 1997. С. 75-87.
4. Любогощев В.И., Семенихин А.Я., Соин В.В. Проблемы и перспективы отработки пологих мощных пластов при гидродобыче // Труды ВНИИГидроугля. Новокузнецк: ВНИИГидроуголь, 1980. С. 47-51.
5. Громов Ю.В., Бычков Ю.Н., Кругликов В.П. Управление горным давлением при разработке мощных пологих пластов угля. М.: Недра. 1985. 239с.
6. Гапанович Л.Н., Парусимов В.Ф., Судоплатов А.П. Обобщение отечественного и иностранного опыта разработки мощных пологих и наклонных пластов. М.: Углетехиздат, 1959.
7. Комплексная механизация и автоматизация очистных работ в угольных шахтах / под общей редакцией Б.Ф. Братченко. М.: Недра, 1977. С.415.

8. Бобер Е.А. Подземная разработка пластовых месторождений. Методические указания по лабораторным занятиям для студентов, обучающихся по направлению 550600.

9. Разумняк Н.Л., Мышляев Б.К. Основные направления развития технологий и средств механизации очистных работ для отработки мощных пологих пластов // Уголь. 2001. №1. С.34.

10. Обобщение опыта работы и определение параметров и области применения крепи КТУ-2 на шахтах Кузбасса / Н.П. Кораблин [и др.] // Исследования по вопросам горного дела. Сб. Ко 13, КузНИУИ. М.: Недра, 1966. С.88-94.

11. Гапанович Л.Н., Брайцев А.В., Лаврухина Д.Я. Целесообразность одноразовой отработки механизированным комплексом пологих пластов мощностью 6 м // Уголь. 1997. №7. С. 12-15.

12. Титов И.В. О направлениях создания крепей нового 4-го поколения для пологих пластов мощностью 1-2,5 м // Научно-аналитический журнал Горное оборудование и электромеханика. 2010. №8.

13. Шундулиди И.А. Технологические и технические решения по отработке мощных пологих пластов Ольжерасского месторождения Кузбасса комбинированной технологией, сочетающей длинные и короткие очистные забои. Кемерово: Кузбассвуиздат, 2002. 72 с.

14. Андранович В.А., Пензин В.И. Проявление горного давления при одновременной отработке слоев в условиях труднообрушающейся / Уголь. 1990. №12. С. 15-18.

15. Коровкин Ю.А. Механизированные крепи очистных забоев. М.: Недра, 1990. 413 с.

16. Клишин В.И. Адаптация механизированных крепей к условиям динамического нагружения. Новосибирск: Наука, 2002. 200с.

17. Разупрочнение угольного пласта в качестве метода интенсификации выделения метана / В.И. Клишин, Д.И. Кокоулин, Б. Кубанычбек, М.К. Дурнин // Уголь. 2010. №4. С.40-42.

18. Шундулиди И.А. Интегрированные технологические системы двухстадийной отработки запасов мощных угольных пластов: монография / И. А. Шундулиди; под ред. Михеева О. В. Москва: Междунар. академия связи, 2004. 359 с.
19. Duncan G., Paschedag U. Longwall and top coal caving – modern technology applied at a new mine in Australia. Coal international. May/June 2011.
20. Перспективные технические решения отработки мощных пологих угольных пластов с выпуском / В.И. Клишин, А.В. Николаев, А.П. Егоров, В.Н. Фрянов // Уголь. 2011. №12. С.6-10.
21. Саламатин А.Г., Мышляев Б.К. Анализ особенностей устройства механизированных крепей для мощных пластов // Уголь. 1997. № 3. С. 9-13.
22. Мышляев Б.К. Онаправлениях рахвития техники и технологии очистных работ на шахтах РФ пластов // Уголь. 1999. № 4. С. 39-43.
23. Мозначук И.И. Создание высокопроизводительной очистной технологии повышенной безопасности для пологих пластов мощностью 1-7м // Уголь. 2011. № 4. С. 30-34.
24. Механизированная крепь 20КПВ-70К // Уголь. 1991. №12. С. 1.
25. Крепь механизированная МКЮ.4В-17/30. Проспект. Юрга. Юрмаш. 1с.
26. M. Medved The Velenje mining method. Oktober 2012.
27. P. SICMANEC, J. HRABOVSKY, J.B. DUROVE Mechanized mining of might coal seams into complicated geological and underground conditions GOSPODARKA SUROWCAMI MINERALNYMI T.24 2008.
28. Narrabri Mine/ Coal Resource Recovery Plan/ Longwall Panels 101 to 105/ November 2011.
29. Narrabri Coal Mine/ Stage 2 Longwall Project/ Ditton Geotechnikal Services Pty Ltd/ November 2009.
30. CHINA COAL ZHANGJIAKOU COAL MINING MACHINERY CO. LTD 2011-10-14.

31. Докукин А.В., Коровкин Ю.А., Яковлев Н.И. Механизированные крепи и их развитие. М.: Недра, 1984. 288 с.
32. Авторское свидетельство СССР №1629540, кл. Е 21 С 41/18, 1991
Способ создания искусственной кровли при слоевой выемке мощного пласта.
33. Авторское свидетельство СССР №1190055, МПК Е 21 D 23/00, 1984г.
Секция механизированной крепи для выемки мощных пластов с выпуском угля
Савченко П.Ф., Новиков В.Я., Дацков В.И.
34. Авторское свидетельство СССР №1084454, кл. Е 21 D 23/00, 1984г.
Секция механизированной крепи Кругликов В.П., Розенбаум М.А., Савченко П.Ф.
35. United States Patent № US 4065929, кл. Е 21 D 15/44, 1976г. MINE ROOF SUPPORT AND METHOD IN LONGWALL MINING OF THICK MENERAL SEAMS T. L. Simpson, Westminster, Calif.
36. Патент № 2399762 Российской Федерации. Способ отработки мощных угольных пластов / Клишин В.И., Кокоулин Д.И., Кубанычбек Б., Клишин С.В. - Оpubл. в БИ № 26. 2010.
37. Авторское свидетельство СССР № 826006, кл. Е 21 D 23/00, 1976г.
Механизированная крепь для выемки мощных пластов почвоуступным забоем
Новиков В.Я., Шаллер И.Б., Хардин Н.Н., Мукушев М.М., Ким О.В., Дацков В.И., Воронин Б.И., Шевченко К.К., Писарев В.Ф., Ильященко П.П.
38. Авторское свидетельство СССР №SU1190055 кл. Е 21 D 23/00, 1984г.
Секция механизированной крепи для выемки мощных пластов с выпуском угля
Савченко П.Ф., Гапанович Л.Н., Коробов М.С., Новиков В.Я., Дацков В.И.
39. Николаев А.В. Секция механизированной крепи для выемки мощных пологих пластов с выпуском угля // Патент на изобретение №2242615. М.: Роспатент, 2003.
40. Николаев А.В. Секция механизированной крепи для выемки мощных пологих пластов с выпуском угля // Патент на изобретение №2242616. М.: Роспатент, 2003.

41. Технология одностадийной разработки мощных пологих угольных пластов с выпуском угля на завальный конвейер: монография / А. Ю. Ермаков, С. И. Калинин, В. В. Мельник, С. А. Новосельцев. Новокузнецк: Сибниииуглеобогащения, 2013. 256 с.

42. Схемы взаимодействия подкровельной пачки угля с породами активной кровли и с секциями механизированной крепи / А.Ю. Ермаков, С.А. Новосельцев, И.С. Биктимиров, С.И. Калинин // Вестн. науч. центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2009. № 1. С. 87-90.

43. Отработка мощного угольного пласта механизированным комплексом с выпуском подкровельной пачки / С.И. Калинин [и др.]. Кемерово: Кузбасский гос. технический университет, 2011. 223 с.

44. Исследование показателей эксплуатационной надежности технологической схемы и механизированного комплекса ZF-8000/22/35 производства КНР при отработке пласта 21 в условиях шахты «Ольжерасская-Новая» с выпуском подкровельной пачки / С.А. Новосельцев [и др.] // Сб. науч. тр. II междунар. науч.-практ. конф. Инновации – основа комплексного развития угольной отрасли в регионах России и странах СНГ. филиал КузГТУ. Прокопьевск, 2009. С. 131-137.

45. Скулдицкий В.Н. Перспективно мыслить, результативно работать // Уголь кузбасса. 2011. №1. С.20-21.

46. Докукин А.В., Коровкин Ю.А., Яковлев Н.И. Механизированные крепи и их развитие. М.: Недра, 1984. 288 с.

47. Выбор параметров технологии отработки мощных пологих пластов с выпуском межслоевых и подкровельных пачек угля / И.А. Шундулиди, А.С. Марков, С.И. Калинин, П.В. Егоров. Кемерово: Кемеровское книжное издательство, 1999. 258 с.

48. Николаев А.В. О возможности разработки мощных пологих пластов с выпуском угля в условиях Ольжерасского месторождения // Сб. науч. тр. региональной конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. 2002. Новокузнецк. С.103-104.

49. Маринченко В.И. М26 Механизированные комплексы для очистных работ: учеб. пособие / СибГИУ. Новокузнецк, 2008. 123 с.

50. Thompson R.T. and Federick J.R. [1986]. Design and field testing of a mobile roof support for retreat mining. Proceedings: 5th International Conference on Ground Control in Mining, Morgantown, WV, pp. 73-79.

51. Hay K.E., Singer S.P., King M.E., Owens J.K. [1997]. Monitoring mobile roof supports. In: Mark C, Tuchman R.J. comp. Proceedings: New Tecnology for Ground Control in Retreat Mining. Pittsburg, PA: U.S. Depatment of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, IC 9446.

52. Николаев А.В. Моделирование и лабораторные испытания конструкции механизированной крепи для одностадийной отработки мощных пологих пластов угля с выпуском подкровельной толщи // Сб. науч. тр. региональной конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. 2004. Новокузнецк. С.122-126.

53. Горностаев В.И. Обоснование параметров технологии разработки мощных пологих пластов с управляемыми разрушением и выпуском угля подкровельной толщи в подсечной слой: дис. ... канд. техн. наук: Новокузнецк, 2004. 195 с.

54. Горностаев В.И., Фрянов В.Н. Развитие технологии комбинированной разработки угольных месторождений // Уголь. 2001. № 7. С. 22-23.

55. Кариман С.А. Создание высокопроизводительной гидрорезной технологии и оборудования для разработки мощных крутых пластов // Уголь. 1999. № 7. С. 59-61.

56. Кариман С.А. Гидрорезная очистная машина «ГРОМ-1» // Уголь. 1999. № 5. С. 30-33.

57. Николаев А.В. Моделирование и лабораторные испытания конструкции механизированной крепи для одностадийной отработки мощных пологих пластов угля с выпуском подкровельной толщи // Уголь. 2007. №7. С.50-51.

58. Николаев А.В. Модель механизированной крепи для одностадийной отработки мощных пологих пластов угля с выпуском подкровельной толщи // Уголь. 2008. №7. С.32-33.

59. Ягунов А.С. Закономерности сдвижения горных пород в Кузбассе // СПб, ВНИМИ, 2000. 305 с.

60. Коплыбаева Ж.М. Закономерности сдвижения горных пород в массиве // М., 1968. 107с.

61. Клишин С.В., Клишин В.И. разработка математической модели гравитационного движения горной массы в технологии с выпуском подкровельной толщи // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: Новокузнецк, 2018. №4. С.85-92.

62. Клишин В.И., Клишин С.В., Состояние и направление развития технологии разработки мощных угольных пластов механизированными комплексами с выпуском // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. 2019. Вып.1. С. 162-174.

63. ГОСТ Р 52152-2003 «Крепи механизированные для лав. Основные параметры. Общие технические требования. Методы испытаний».

64. Комплексы оборудования и агрегаты для добычи угля подземным способом» научные сообщения Москва 1982 Институт горного дела им.А.А. Скочинского

65. Российская академия наук сибирское отделение физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых 2013 №6 УДК 622.273:274-539.3 Моделирование процесса выпуска угля при механизированной отработке мощных крутопадающих угольных пластов. С.В. Клишин, В.И. Клишин, Г.Ю. Опрук.

66. Ревуженко А.Ф., Клишин С.В. Численное моделирование задачи о выпуске сыпучих материалов // Вестник ЧГПУ им. И.Я. Яковлева. Сер. Механика предельного состояния. 2012. № 4 (14). С. 46–55.

67. Временная инструкция по установлению основных параметров технологических схем очистной выемки для пластов пологого падения гидрошахт Кузбасса.-Новокузнецк, ВНИИГидроуголь, 1977. 149с.

68. Инструкция по применению схем проветривания выемочных участков угольных шахт с изолированным отводом метана из выработанного пространства с помощью газоотсасывающих установок. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору Приказ от 1 декабря 2011 года №680.

69. Austar Coal Mine Statement of Environmental Effects Section 96 Modification Stage 2 Longwall Panels A3 – A5 September 2007.

70. A. Moodieand, J. Anderson, Geotechnical Considerations for Longwall Top Coal Caving at Austar Coal Mine, 11th Underground Coal Operators' Conference, University of Wollongong & the Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2011, 29-39.

71. Barry-McKay-Welding Process used for identification and management of hazards associated with repairs to longwall roof shields in a hazardous zone. University of Wollongong & the Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2011.

72. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. Макеевка-Донбасс, 1989. 311с.

73. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015616576. 2015. Вентиляция. Лукашов О.Ю., Палеев Д.Ю., Григорьева Н.В., Ващилов В.В.

74. Любогощев В.И. Технологическая схема с предварительным разупрочнением угольного массива в качестве профилактики удароопасных пластов // Техника и технология гидравлической добычи угля. Новокузнецк: ВНИИГидроуголь, 1991. С. 58-67.

75. Патент №2449108 Российской Федерации. Способ сейсмоволнового разупрочнения угольных массивов и скважинный сейсмовибратор / Макарюк Н.В. Оpubл. в БИ № 12. 2010.

76. Патент № 2394991 Российской Федерации. Способ разупрочнения прочных углей / Клишин В.И., Леконцев Ю.М., Сажин П.В. Оpubл. в БИ № 20. 2010.

77. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по изоляции неиспользуемых горных выработок и выработанных пространств в угольных шахтах и контролю качества изоляции».

78. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах» 2013г.

79. Опыт применения направленного гидроразрыва основной кровли при выводе механизированного комплекса из монтажной камеры / В.И. Клишин, Г.Ю. Опрук, А.В. Сентюрев, Николаев А.В. // Уголь. 2015. №11. С.12-16.

80. Патент №2472941 Российской Федерации Способ гидроразрыва угольных пластов / Кокоулин д.И., Клишин В.И. E21F7 E21B43/26

81. Проблемы безопасности и новые технологии подземной разработки угольных месторождений / В.И. Клишин, Л.В. Зворыгин, А.В. Лебедев, А.В. Савченко. Новосибирск: ИД «Новосибирский писатель», 2011.

82. Ножкин Н.В. Заблаговременная дегазация угольных месторождений. М.: Недра. 1979. 271с.

83. Макарюк Н.В., Клишин В.И., Золотых С.С. Исследование влияния виброчувствительности горных пород на метаноотдачу угольных пластов при вибросейсмическом воздействии // Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: Изд-во МГГУ, 2002. №6. С.66-70.

84. Макарюк Н.В. Геомеханическое обоснование подземного виброисточника сейсмической дегазации неразгруженных угольных пластов // Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: Изд-во МГГУ, 2004. №8. С. 162-167.

85. Патент РФ №2394991. Способ разупрочнения прочных углей / Ю. М. Леконцев, П. В. Сажин, В. И. Клишин // Оpubл. в БИ. 2010. № 20.

86. Патент РФ № 2400624. Щелеобразователь / Ю. М. Леконцев, П. В. Сажин // Оpubл. в БИ. 2010. № 27.

87. Патент РФ № 2433259. Устройство для гидроразрыва пород в скважине / Ю. М. Леконцев, А. В. Леонтьев, Е. В. Рубцова // Оpubл. в БИ. 2011. № 31.

88. Патент РФ № 2480589. Способ дегазации угольного пласта / Ю. М. Леконцев, П. В. Сажин // Оpubл. в БИ. 2013. № 12.

89. Патент РФ № 2472939. Способ дегазации угольного пласта / А. А. Ордин, Ю. М. Леконцев, П. В. Сажин и др. // Оpubл. в БИ. 2013. № 2.

90. Расширение области применения метода направленного гидроразрыва / Ю. М. Леконцев, П. В. Сажин, А. Ф. Салихов, В. Ф. Исамбетов // Уголь. 2014. №4.

91. Министерство угольной промышленности СССР, Макеевка 1990г., 103 стр. НПАОП 10.0-3.01-90. Нормативы по безопасности забойных машин, комплексов и агрегатов.

92. Фрянов В.Н., Чубриков А.В. Обоснование параметров технологии подготовки и отработки мощных пологих пластов. Новокузнецк: СибГИУ, 2002. 216с.

93. Брагин В.Е., Калинин С.И., Лермонтов Ю.С. Повышение эффективности комплексно-механизированной отработки пологих и наклонных пластов в Кузбассе // Акад. инженер. наук. Кузбасс. науч. центр. Кемерово: Кн. издательство, 1995. 200 с.

94. Калинин С.И. Геомеханическое обоснование параметров технологии отработки пластов с труднообрушаемой кровлей в Кузбассе // Управление состоянием массива горных пород: Кемерово. 1990. С. 4-11.

95. Управление горным давлением при разработке пологих пластов с труднообрушаемой кровлей на шахтах Кузбасса / С.И. Калинин [и др.]. Кемерово: Кемеровское кн. изд-во, 1991. 247 с.

96. Василенко Н.К. Повышение эффективности механизированной выемки мощных пологих пластов с труднообрушаемой кровлей и опасных по горным ударам: автореф. ... канд. техн. наук. Кемерово: КузГТУ, 1998. 17 с.

97. Саламатин А.Г. Подземная разработка мощных пологих угольных пластов. М.: Недра, 1997.

98. Ultra-thick Seam Longwall Mining in China Details Published: Thursday, 24 October 2013 14:27 Written by Coal Age News By Syd S. Peng, Huamin Li, Ying Zhou, Jingyi Cheng.

99. Шундулиди И.А. Геомеханическое обоснование параметров механизированной крепи для отработки мощных пологих пластов с выпуском угля из подкровельных и межслоевых пачек. Кемерово: Кузбассвуиздат, 2001. 66 с.

100. Разработка мощного угольного пласта тремя наклонными слоями механизированными комплексами в Карагандинском бассейне / П.К. Матонин [и др.] // Уголь. 1970. №6. С.22-26.

101. Ву Тхай Тьен Зунг Обоснование технологии разработки мощных угольных пластов наклонными слоями с выпуском угля в условиях шахт Куангниньского бассейна: дис. ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург. 2016.

102. Dr. Jinsheng Chen Longwall Top Level Caving. Coal news. Volume 8 Number 2 February 2011.

103. Нго Куок Чунг Исследование работы механизированной крепи с выпуском угля на мощных наклонных пластах в подземных месторождениях Куангниня Вьетнама, оснащенной устройством, исключающим ее скольжение: дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2014.

104. Зубов В.П., Ву Тхай Тьен Зунг, Фам Куанг Нам Технология отработки угольных пластов мощностью 12-25м на шахте Халам (Вьетнам) // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) Специальный выпуск 60-1. «Горное дело в XXI веке: Технологии, наука, образование-1». М: Горная книга, 2015. С. 81-88.

105. Разработка мощных пластов механизированными крепями с регулируемым выпуском угля / В.И. Клишин, Ю.С. Фокин, Д.И. Кокоулин, Б. Кубаньчбек Уулу // Новосибирск, 2007. С. 93.

106. Ермаков А.Ю. Обоснование раскройки мощного пласта на подсечный слой и подкровельную толщу.

107. Singh G.S.P Assessment of goaf characteristics and compaction in longwall caving / G.S.P Singh, U.K. Singh // Mining Technology. 2011. Vol. 120 (4). Pp. 222-232.

108. Взаимодействие механизированных крепей с кровлей // А.А.Орлов [и др.]. М.: Недра, 1976. 336 с.