

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет»



На правах рукописи

БУЕВИЧ ВЛАДИМИР ВЛАДИМИРОВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ СЕКЦИИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ КРЕПИ,
АДАПТИРОВАННОЙ К МЕДЛЕННО ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ СИЛОВЫМ
ВОЗДЕЙСТВИЯМ КРОВЛИ**

Специальность 05.05.06 – Горные машины

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук, профессор
Габов Виктор Васильевич

Санкт-Петербург – 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР	10
1.1 Анализ развития и эффективности использования очистных механизированных комплексов.....	10
1.2 Анализ развития секций механизированных крепей.....	27
1.3 Характеристика условий добычи.....	36
1.4 Анализ гидросистемы секции механизированной крепи.....	43
1.5 Анализ приспособляемости секций механизированной крепи к переменным горно-геологическим условиям	49
1.5.1 Динамическая адаптивность секции механизированной крепи.....	54
1.5.2 Контактная адаптивность секции механизированной крепи.....	58
1.5.3 Кинематическая адаптивность секции механизированной крепи	61
Цель и задачи исследования:	63
ГЛАВА 2 ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЕМ ГИДРОСТОЕК СЕКЦИИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ КРЕПИ МЕДЛЕННОМУ ОПУСКАНИЮ ПОРОД НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ КРОВЛИ.....	65
2.1 Особенности объекта исследования.....	65
2.2 Обоснование способа регулирования, структуры и параметров рабочей характеристики секции механизированной крепи.....	72
2.2.1 Анализ существующей рабочей характеристики гидростойки.....	72
2.2.2 Обоснование структуры и параметров деформационно-силовой характеристики гидростойки	77
2.2.3 Сравнение существующей и усовершенствованной рабочей характеристики гидростойки секции крепи	79
2.3 Обоснование гидросхемы блока безимпульсного регулирования сопротивления секции механизированной крепи.....	83

2.3.1 Обоснование гидросхемы секции крепи с безымпультным регулированием и блоком регулирования сопротивления	83
2.3.2 Обоснование гидросхемы гидростойки секции крепи с дросселирующим распределителем.....	87
2.4 Энергетический баланс процесса взаимодействия секции механизированной крепи с кровлей в очистном забое.....	89
2.4.1 Обзор альтернативной энергетики	89
2.4.2 Оценка энергии в технологическом процессе добычи угля.	92
2.5 Рекуперация энергии горного давления в процессе управления сопротивлением гидростоек секций механизированных крепей	95
Выводы по главе 2.....	97
ГЛАВА 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БЛОКА БЕЗЫМПУЛЬСНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ГИДРОСТОЙКИ СЕКЦИИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ КРЕПИ	98
3.1 Методика проведения экспериментальных исследований блока безымпультного регулирования	98
3.2 Методика выбора параметров блока безымпультного регулирования	102
Выводы по главе 3.....	106
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	107
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	108
СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ.....	109
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	111
СПИСОК ИЛЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРИАЛА	126
ПРИЛОЖЕНИЕ А ПАТЕНТ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ № 2510460	129
ПРИЛОЖЕНИЕ Б ПАТЕНТ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ № 2503816.....	138

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

В настоящее время практически весь объём угля, добываемый подземным способом, не только в России, но и в других странах с развитой угольной промышленностью, обеспечивается комплексно механизированными очистными забоями (КМОЗ).

Интенсивность добычи в КМОЗ зависит от степени соответствия параметров машин, входящих в комплекс, изменяющимся в широком диапазоне горно-геологическим условиям (ГГУ). Именно секции механизированной крепи (СМК), поддерживая кровлю, управляя горным давлением, ограждая призабойное пространство, обеспечивают условия для эффективной и безопасной работы комплекса.

В практике горного производства металлоемкие и мощные СМК создаются под наиболее тяжелые условия, работают в циклически повторяющихся режимах с большими усилиями распора и импульсным регулированием их сопротивления, что вызывает повышенное «топтанье» непосредственной кровли. Изменение ГГУ в реальных условиях эксплуатации в широком диапазоне приводит к несоответствию их силовых параметров и их режимов работы. Поэтому обоснование структуры, параметров, и режимов работы СМК, адаптированной к изменяющимся силовым воздействиям кровли, является актуальной научной задачей.

Степень разработанности темы исследования

Наиболее существенный вклад в развитие комплексной механизации подземной добычи угля внесли отраслевые и бассейновые научно-исследовательские и проектные институты: ВНИМИ, ДГИ, Донгипроуглемаш, ДонУГИ, ИГД им. А.А. Скочинского, ИГД СО РАН, КузГТУ, КузНИУИ, ПНИУИ, а также такие ученые как: И.В. Антипов, Г.Д. Буялич, В.С. Верин, В.Н. Гетопанов, А.В. Докукин, В.И. Клишин, Ю.А. Коровкин, С.Т. Кузнецов, Б.К. Мышляев, Н.Л. Разумняк, Е.И. Рогов, В.И. Солод, Б.А. Фролов, В.Н. Хорин, Г.И. Ягодкин и др.

Несмотря на значительный объем теоретических и экспериментальных исследований по обоснованию режима работы СМК не найдены способы и технические решения, обеспечивающие безымпulseное регулирование рабочего сопротивления гидростоек секций, снижение интенсивности разрушения пород непосредственной кровли и высыпания их в призабойное пространство, повышение адаптивности режима работы СМК изменяющимся ГГУ. Поэтому необходимо проведение дополнительных теоретических и экспериментальных исследований процесса сопротивления гидростоек СМК опусканию пород непосредственной кровли для обоснования их параметров.

Целью исследования является установление закономерностей процесса циклического силового взаимодействия гидростоек секций механизированных крепей с опускающимися породами кровли в комплексно-механизированных очистных забоях угольных шахт для научного обоснования структуры, параметров и режимов работы секции механизированной крепи, адаптированной к изменяющимся силовым воздействиям кровли, что способствует снижению статического и динамического топания кровли и повышению устойчивости работы очистных механизированных комплексов в изменяющихся по мере отработки выемочных столбов горно-геологических условиях.

Идея исследования заключается в уменьшении разности сил сопротивления гидростоек секции механизированной крепи опусканию пород кровли за время выполнения циклически повторяемых операций, достигаемой заменой импульсной деформационно-силовой характеристики на непрерывную безымпulseную, что приведет к снижению динамического и статического «топания» пород непосредственной кровли.

Задачи исследования:

1. Анализ особенностей этапов развития СМК и их влияние на режимы добычи угля в КМОЗ.
2. Обоснование деформационно-силовой характеристики гидростоек секций механизированной крепи.

3. Обоснование структуры и параметров блока безимпульсного регулирования сопротивления гидростоек секции механизированной крепи опусканию пород непосредственной кровли.

4. Разработка методики выбора параметров блока безимпульсного регулирования сопротивления гидростоек секции механизированной крепи опусканию пород кровли с вытеснением рабочей жидкости в напорную магистраль комплекса с попутной утилизацией потенциальной энергии кровли.

Научная новизна исследования:

1. Обоснованы функциональные зависимости режима работы секции механизированной крепи, адаптированной к медленно изменяющимся силовым воздействиям кровли в соответствии с трехуровневой структурой деформационно-силовой характеристики гидростоек секции крепи влияющие на уменьшение диапазона изменчивости сил сопротивления гидростоек безударному опусканию пород непосредственной кровли.

2. Обоснован непрерывный безимпульсный способ регулирования сопротивления гидростоек секции механизированной крепи опусканию пород кровли в комплексно механизированном очистном забое.

Теоретическая и практическая значимость работы

Установлена зависимость количества передаваемой в гидросистему комплекса энергии в процессе конвергенции боковых пород от фактических значений параметров режима работы секций механизированных крепей.

Обоснована методика выбора параметров блока безимпульсного регулирования сопротивления гидростоек секции механизированной крепи опусканию пород кровли с вытеснением рабочей жидкости в напорную магистраль комплекса с попутной утилизацией потенциальной энергии кровли (патенты на изобретения RU 2503816 от 10.01.2014 Бюл. № 9, RU 2510460 от 27.03.2014 Бюл. № 9).

Методология и методы исследования

При решении поставленных задач в ходе работы над диссертацией принят комплексный метод исследований, включающий анализ и обобщение результатов известных теоретических исследований и производственного опыта эксплуатации

секций механизированных крепей очистных комплексов, синтез новых схемных и конструктивных технических решений секции механизированной крепи, разработку методики проведения испытания блока безимпульсного регулирования сопротивления гидростоек.

Соответствие паспорту специальности

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 05.05.06 – «Горные машины» по: п. 1 «Изучение закономерностей внешних и внутренних рабочих процессов в горных машинах, комплексах и агрегатах с учетом внешней среды», п. 3 «Обоснование и оптимизация параметров и режимов работы машин и оборудования и их элементов», п. 4 «Обоснование и выбор конструктивных и схемных решений машин и оборудования во взаимосвязи с горнотехническими условиями, эргономическими и экологическими требованиями».

Положения, выносимые на защиту:

1. Предлагаемая трехуровневая деформационно-силовая характеристика гидростойки СМК с выделением диапазонов регулирования и защиты, разделённых буферными зонами, работающая в условиях повторно-кратковременного режима, вместо одноуровневой с импульсным регулированием сопротивления в современных секциях крепи, обеспечивает безимпульсное регулирование рабочего сопротивления гидростоек, возможность отдельной настройки режима работы в каждой зоне, повышение четкости выполнения функций защиты и регулирования рабочего сопротивления при снижении количества срабатываний предохранительного клапана и, следовательно, снижения топания кровли и повышение устойчивости процесса добычи.

2. Обоснована гидравлическая схема, включающая гидротрансформатор, подключаемый к поршневой полости гидростойки, причем схема подключения гидравлически разомкнута, что позволяет не снижая общей надежности гидравлической системы осуществить безимпульсный способ регулирования рабочего сопротивления гидростойки секции механизированной крепи, при этом статическая составляющая режима работы оценивается средневзвешенным значением ее сопро-

тивления опусканию пород кровли, а динамическая составляющая оценивается отношением среднеквадратичного отклонения к средневзвешенному значению с учетом всех операций цикла.

3. Блоки безымпulseного регулирования сопротивления гидростоек секции механизированной крепи в процессе управления сопротивлением гидростоек опусканию пород непосредственной кровли обеспечивают одновременно отбор, передачу и использование энергии горного давления гидросистемой комплекса в количестве пропорциональном произведению давлению рабочей жидкости в поршневой полости гидростойки, смещению поршня за цикл операций, количеству стоек в секции и секций в комплексе.

Степень достоверности и апробация результатов исследования

Достоверность результатов работы подтверждается корректностью постановки задач исследований, непротиворечивостью результатов фундаментальным законам и зависимостям, применением апробированных научных методов исследований и обработки полученных результатов, анализом информации о работе секций механизированных крепей в очистных забоях угольных шахт.

Основные положения диссертации докладывались на международном форум-конкурсе молодых учёных «Проблемы недропользования» 2012 (Санкт-Петербург), международных симпозиумах горнодобывающей отрасли — «Неделя горняка» (Москва, 2014 – 2016 г.), международной научно-практической конференция «Горная и нефтяная электромеханика: проблемы повышения эффективности и безопасности эксплуатации горно-шахтного и нефтепромыслового оборудования», 2015 г. Пермь.

Личный вклад соискателя состоит: в получении исходных данных и теоретическом обосновании методики выбора параметров рабочей характеристики гидростойки секции крепи; в разработке схемных и технических решений устройств непрерывного безымпulseного регулирования сопротивления гидростоек СМК опусканию пород непосредственной кровли с передачей энергии в гидросистему комплекса; в установлении связи параметров рабочей характеристики и силовых взаимодействий гидростоек механизированной крепи с кровлей; в

подготовке публикаций по выполненной работе.

Данные о публикациях автора

По результатам исследования опубликовано 9 печатных трудов, в том числе 3 статьи в двух российских изданиях, входящих в перечень ВАК Министерства науки и высшего образования России, в том числе 2 патента РФ на изобретения, в том числе одна статья в издании, цитируемом в БД Scopus.

Объем и структура диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и четырех приложений. Материалы работы изложены на 146 страницах машинописного текста, в том числе содержат 8 таблиц и 40 рисунков. Список цитируемой литературы включает 126 источников.

ГЛАВА 1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

1.1 Анализ развития и эффективности использования очистных механизированных комплексов

Созданию секций механизированных крепей предшествовал период накопления опыта применения металлической индивидуальной крепи (ИК) и проявления горного давления в лавах с начала XX века и до 50-х годов [72]. Однако несмотря на все достоинства металлическая ИК, с развитием добычной техники стала сдерживать рост производительности очистного забоя. К существенным недостаткам металлической индивидуальной в соответствии с работой А.А. Орлова, С.Г. Баранова, Б.К. Мышляева [72] следует отнести:

- в лавах с индивидуальной крепью, трудоемкость процессов крепления и управления кровлей составляет 70-80 % всего объема работ.
- наиболее высокий травматизм в лавах с индивидуальной крепью связан с креплением и управлением кровлей.
- стоит еще отметить низкую величину распорного усилия и поддерживаемую площадь.

В следствии чего в СССР начались работы по созданию секций механизированной крепи. СМК имеют ряд принципиальных особенностей и отличий от индивидуальной крепи, которые и определяют характер их взаимодействия с боковыми породами угольных пластов. Наиболее существенный вклад в развитие комплексной механизации подземной добычи угля внесли отраслевые и бассейновые научно-исследовательские и проектные институты: ВНИМИ, ДГИ, Донгипроуглемаш, ДонУГИ, ИГД им. А.А. Скочинского, ИГД СО РАН, КузГТУ, КузНИУИ, ПНИУИ. Более подробно эволюция конструкций СМК будет рассмотрена в параграфе 1.2. Под механизированной крепью понимается горная машина, в основе которой лежит применение объемного гидропривода типа насос – силовые гидроцилиндры, при этом СМК выполняет три основные функции: управление кровлей;

активное поддержание кровли в рабочем пространстве; защиту (ограждение) рабочего пространства от обрушения пород [113].

СМК прежде всего определяет степень механизации основных производственных процессов в лаве и является основной частью очистного механизированного комплекса [72]. Секции крепи обеспечивают позволяют обеспечить высокую безопасность работ в лаве, причем более 80 % затрат труда на изготовление и эксплуатацию очистного механизированного комплекса (ОМК) связаны с механизированной крепью.

Очистной механизированный комплекс (ОМК) – это совокупность машин и оборудования, которые предназначены для ведения высокопроизводительной подземной добычи угля на пологих (угол падения до 18^0) пластах средней мощности (1,25-3,5 м), основные параметры и требования определены в [33-35]. В [36] дано определение механизированной крепи: «Самопередвигающаяся металлическая крепь очистных комплексов, состоящая из отдельных секций, соединенных кинематически и гидравлически между собой, и предназначенная для механизации крепления, управления кровлей и передвижения забойного конвейера или базы механизированного комплекса, а также для сохранения очистной выработки в рабочем и безопасном состоянии».

Состав основного оборудования ОМК: выемочная машина (комбайн или струг), лавный конвейер, секции механизированной крепи (СМК), включающая линейные секции и крепи сопряжения, а также вспомогательного оборудования (кабелеукладчик, насосные станции для гидрофицированной крепи, фронтальный лемех, пусковая и защитная аппаратура и проч.) [30; 38; 72; 73; 88; 96; 122-126].

В соответствии с основными определениями [32; 33-36] механизированная крепь - самопередвигающаяся металлическая крепь очистных комплексов, состоящая из отдельных секций, соединенных кинематически и гидравлически между собой, и предназначенная для механизации крепления, управления кровлей и передвижения забойного конвейера или базы механизированного комплекса, а также для сохранения очистной выработки в рабочем и безопасном состоянии.

В технической литературе [15; 28; 38; 55; 72; 74] принято выделять комплексы первого, второго и третьего поколения.

Комплексы первого поколения (ОМКТ, М81, М87, М97 и др.) применялись на пластах с благоприятными горно-геологическими условиями, что дало положительные результаты. Нагрузка на ОЗ с механизированной крепью возросла в 1,3 раза, производительность труда более чем в 2 раза по сравнению с лавами, закрепленными индивидуальной металлической крепью [72]. Среднесуточная нагрузка на очистной забой интенсивно увеличивалась до 1975 г. достигнув величины 861 т/сут, а затем начала уменьшаться. Падение нагрузки на очистной забой происходило с 1975 по 1984 гг.

К середине 1970-х г. XX века пласты с благоприятными ГГУ оказались в основном охваченными комплексами. Дальнейшее расширение области применения ОМК произошло за счет пластов, условия в которых не соответствовали характеристикам МК первого поколения. К благоприятным ГГУ относятся: выдержанная мощность и угол падения пласта, легкообрушаемая устойчивая кровля, прочная почва и др.

Недостатки СМК первого поколения [72]:

1. Технические возможности созданных комплексов не позволяли обеспечить в зоне работы комбайна площади обнажения кровли, которые не превышали бы допустимых обнажений неустойчивых слоев.

2. Вывалы требовали дополнительных затрат на уборку выпавшей породы, затяжку и забутовку образовавшихся над крепью пустот.

3. Обрушения кровли не только в зоне работы комбайна, но и в зоне передвижения СМК (с отрывом перекрытия от кровли).

4. Не был реализован активный или остаточных подпор. Например, при передвижке крепь МК97, повисала на рядом стоящей распертой секции крепи.

5. Отсутствие управляемых гидропатроном передних консолей. Применение или жестких, или подрессоренных консолей, не обеспечивающих своевременное подхватывание угля в зоне забоя.

6. Не был решен вопрос защиты призабойного пространства от проникновения под крепь со стороны кровли или завала разрушенных пород. Уборку вывалов приходилось выполнять вручную.

7. При угле падения 18° возникает проблема защиты от опрокидывания в сторону падения пласта.

8. Отсутствие специальных удерживающих устройств. Наличие «наездника» - обрушенных пород мощностью до 0,5 м на перекрытии передвигаемой крепи создает дополнительный опрокидывающий момент.

9. Отсутствие устройств от сползания лавного конвейера, а с ним и СМК в сторону падения при передвижении по простиранию.

10. При работе с кровлями тяжелыми по нагрузочным свойствам (присутствуют мощные и прочные слои песчаника, известняка, алевролита склонные к зависаниям на больших площадях) недостаточное сопротивление крепи для противодействия ударным нагрузкам. Посадка стоек на жестко, разрыв цилиндров стоек.

11. Фиксированный начальный распор, составляющий 50-60% от номинального сопротивления крепи.

12. Отсутствие развитого основания для слабых почв, обеспечивающего равномерное и невысокое давление на почву.

13. Слабая унификация и автоматизация секций механизированных крепей.

Указанные выше недостатки СМК первого поколения определили пути дальнейшего совершенствования и эволюционного развития секций механизированных крепей и ОМК в целом.

Комплексы второго поколения

Внедрение в 1984 г. в угольную промышленность комплексов второго поколения, существенно расширило условия и область комплексной механизации очистных работ, позволило охватить угольные пласты мощностью от 0,7 до 5 м с тяжелой и неустойчивой кровлями и другими сложными условиями. На 50% обеспечили увеличение нагрузки на ОЗ и производительность труда по сравнению с комплексами первого поколения. К 1990 году комплексами второго поколения

были оборудованы забои, которые по всем параметрам соответствовали их техническим характеристикам.

Комплексы третьего поколения

После 1990 года в эксплуатацию внедрены комплексы третьего поколения (M137, M138, M142). Например, в крепи M120 для сглаживания неровностей почвы реализовано два полу основания вместо одного.

Комплексы нового поколения

В работе [72] авторы подводят итоги 50 летнего пути развития секций механизированных крепей. Есть условия нарушенности шахтного поля, малой производительности шахт и др. в которых применение дорогостоящих комплексов с механизированными крепями экономически не выгодно. Для этих условий должны быть созданы новые типы механизированных комплексов. А.А. Орлов, С.Г. Баранов, Б.К. Мышляев в работе [72] отмечают необходимость создания новых типов механизированных комплексов и сформулировали основные требования к ним: построение комплексов на модульной основе; сравнительно недорогие; должны иметь облегченную конструкцию; позволять обрабатывать выемочные столбы небольших размеров.

Вопросы проявления горного давления (ГД) и его влияния на состояние пород кровли в комплексно механизированном очистном забое подробно описано в технической литературе [28; 39; 43; 51; 60; 67; 73; 80; 87; 90; 95; 98; 103; 107; 108; 115; 118; 120; 122; 125]. Под управлением горным давлением принято понимать совокупность мероприятий по регулированию его проявлений в очистном забое с целью обеспечения безопасных и необходимых производственных условий для выемки угля. Наиболее распространённым способом управления является полное обрушение пород кровли. Также известны такие способы как закладка выработанного пространства, частичное обрушение, плавное опускание кровли. Эти способы применяются при переходе на отработку пластов с неблагоприятными горно-геологическими условиями (ГГУ).

Однако, как показывает опыт эксплуатации СМК в КМОЗ не меньшее влияние на состояние кровли в забое оказывают и режимы работы секции крепи. Особенно наглядно это проявилось при переходе от индивидуальной крепи к механизированной. Так кровли из устойчивого состояния при этом перешли в неустойчивое, со склонностью к вывалам, при сохранении ГГУ. Особое влияние параметров начального распора отмечено в работе Г.Д. Буялича [27], а также в работе Ю.А. Коровкина [51].

С момента создания и успешного применения в начале 70-х годов XX века механизированных комплексов, этот вид техники продолжает развиваться, создаются новые конструкции машин, применяются более совершенные материалы. Огромное внимание уделяется развитию систем автоматизированного управления, контроля, слежения и диагностики технического состояния всех машин (например, работе насосных станций секций крепей), входящих в комплекс с выводом информации на пульт управления по месту и на главный пульт машиниста [17; 24; 36; 37; 54; 61; 71; 105].

Очистные механизированные комплексы классифицируют по следующим основным признакам [28; 38; 51; 54; 84; 88; 113; 114; 118; 125]:

- по углу залегания пласта – для пологих и наклонных пластов с углом падения до 35° , и для крутых и круто наклонных пластов с углом падения более 35° ;
- по мощности пласта – для тонких, средних и мощных пластов; по виду добываемого полезного ископаемого – для шахт (добыча угля), для рудников (например, добыча калийной соли);
- по назначению – общего назначения, для использования в шахтах и рудниках в комбайновом или струговом вариантах, и специального назначения, когда используются нестандартные методы ведения очистных работ: с пневмо- или гидрозакладкой выработанного пространства, с выпуском угля при отработке мощных пластов в призабойное пространство на конвейер через люки в оградительном щите секций крепи или позади крепи;

- по типу кинематических связей между машинами и оборудованием комплекса – агрегатные, комплектные и комбинированные (агрегатно-комплектные).

СМК состоит, как правило, из основания и перекрытия, шарнирно соединенных между собой гидростойками, ограждения, механизма передвижки, аппаратуры управления и системы обеспечения устойчивости.

Наиболее полная классификация конструктивных схем механизированных крепей представлена в работе В.Н. Хорина, С.В. Мамонтова, В.Я. Каштанова [113]. Данная классификация распространяется на секционные механизированные крепи с гидравлическим приводом передвижения (таблица 1.1)

«Механизированная крепь в процессе взаимодействия с породами в общем случае выполняет три основные функции: управление кровлей, активное поддержание кровли в рабочем пространстве лавы и защиту (ограждение) призабойного пространства от обрушающихся пород» [113]. Как показал опыт развития и применения СМК за последние 50 лет наибольшее развитие получили щитовые, агрегатные гидрофицированные крепи.

В зависимости от технологической схемы передвижения механизированных крепей, подробно рассмотренной в работе [113], приведенная классификация определяет множество основных технологических схем механизированных крепей:

П-Сх. 1 ÷ П-Сх. 9, Г-Сх. 1 ÷ Г-Сх. 9, ПГ-Сх. 1 ÷ ПГ-Сх. 9. Согласно работе [113] в основу классификации линейных секций и принципов построения их конструктивных схем положены следующие принципы:

- СМК имеют не более трех рядов гидравлических стоек по ширине рабочего пространства;
- линейные секции, являющиеся основными структурными элементами крепи, могут иметь не более двух рядов гидростоек по длине лавы;
- все технически целесообразные конструкции СМК являются односистемными или двухсистемными.

Основная классификация секций механизированных крепей [51; 113; 114].

Таблица 1.1 – Классификация конструктивных схем секций крепи

Категория классификация	Классификационный признак (критерий)	Классификационное подразделение механизированных крепей
1	2	3
Тип крепи	Способ и характер взаимодействия с боковыми породами	I. Оградительные II. Поддерживающие III. Оградительно-поддерживающие
Класс крепи	Структурная схема конструкции	1. Агрегатные; 2. Комплектные; 3. Комплектно-агрегатные.
Подкласс крепи	Характер внешних связей и взаимосвязи линейных комплектов (секций) по длине лавы	A. Одиночные комплекты (А - связь) Б. Автономная параллельно-групповая связь (Б - связь) B. Автономная последовательно-групповая связь (B - связь) Г. Общая параллельно-групповая связь (Г - связь) Д. Общая последовательно-групповая связь (Д - связь)
Вид крепи	Секционное строение крепи	а) Односистемные б) Двухсистемные
Группа крепи	Конструктивно-технологическая схема крепи	1) Линейная (Л) 2) Линейно-шахматная (Л - Ш) 3) Шахматная (Ш) 4) Пилообразная (П)
Подгруппа крепи	Технологическая последовательность передвижения линейных комплектов	а) Последовательная передвижка (П) б) Групповая передвижка (Г) в) Последовательно-групповая передвижка (ПГ)

По наличию силовых связей верхнего перекрытия и его оградительной части с основанием: использование в качестве силовой связи основания с перекрытием и его оградительной частью гидравлических стоек; наличие специальной силовой

связи верхнего перекрытия и его оградительной части с основанием, разгружающей гидравлические стойки от поперечных изгибающих нагрузок.

По способу управления механизированные крепи выполняются со следующими системами управления:

- непосредственное ручное;
- ручное дистанционное из-под соседней секции (одно- и двустороннее);
- ручное дистанционное с центрального пульта, вынесенного за штрек;
- групповое автоматическое;
- дистанционно-автоматическое с центрального пульта, вынесенного на штрек.

В соответствии с работой [73, С.17] изменение среднесуточных нагрузок на комплексно механизированный забой:

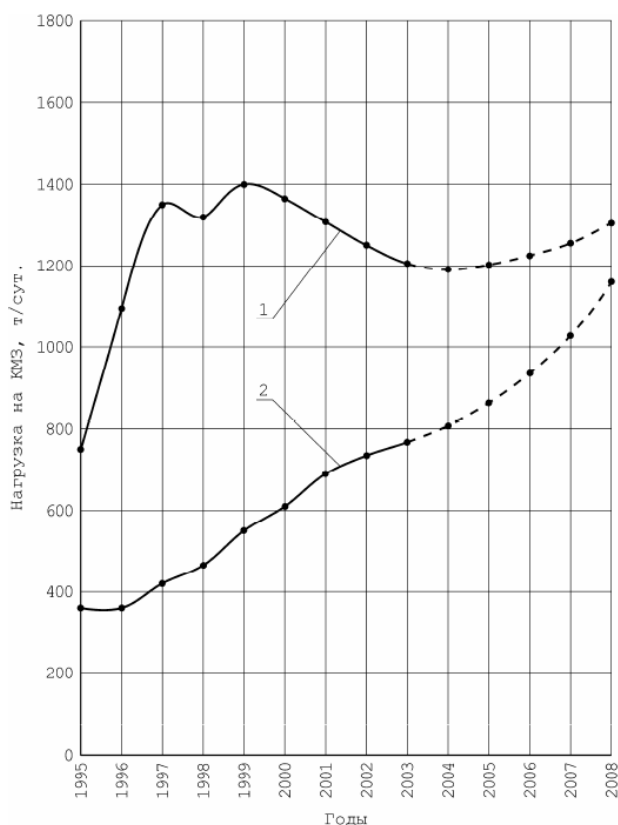


Рисунок 1.1 – Изменение нагрузок на комплексно механизированный забой

В таблице 1.2 представлено распределение СМК по основным критериям приведённой выше классификации [113].

Таблица 1.2 – Распределение секций крепи в соответствии с классификацией

Тип	Класс	Подкласс	Вид	Группа	Подгруппа	Индекс технологической схемы	Наименование (индекс) механизированной крепи		
1	2	3	4	5	6	7	8		
I	2	Г	а	1)	а)	П-Сх.1	КТУ		
II	1	A	а	1)	а)	П-Сх.1	1М-96, МК-97, «Хеш», «Минор», «Клэкнер-Ферроматик», «Вестфалия», «Луара», МОП-БЗ, ДВП-3		
II	1	A	а	1)	а)	П-Сх.2	КСК-3, «Галл Уинг», «Болтон», «Хемшедт», «Саэ-Сомеми»		
				2)	а)	П-Сх.4	«Электро-Хайдроник», ДВП-14, МК-97		
				3)	а)	П-Сх.7	«Дабл-ТУ», «Клекнер-Ферроматик», «Марель-Гидро-Сомеми», «Брюэз», 1М-96		
					П-Сх.8	МК-97			
			б	2)	а)			П-Сх.4	КДТ, КДЗ-1, ДВП-2, «Добсон 3/2», «Песифик»
								П-Сх.5	«Карлтон»
							П-Сх.6	«СР»	
		Б	а	2)	в)	1)	в)	ПГ-Сх.1	«Прованс» Сомеми
						2)	в)	ПГ-Сх.5	КДЗ
								ПГ-Сх.3	«Клекнер-Ферроматик»
		2	Г	а	1)	а)	П-Сх.1	М-87Д, М-87ДН, М-87Э, М87АЭ, МК, «Донбасс», М-101Д, «Симен», «Бонзер», «Флетчер», Гоул-Пост, Хьювуд Мастабар», ГИГ-4,	
							б)	Г-Сх.3	

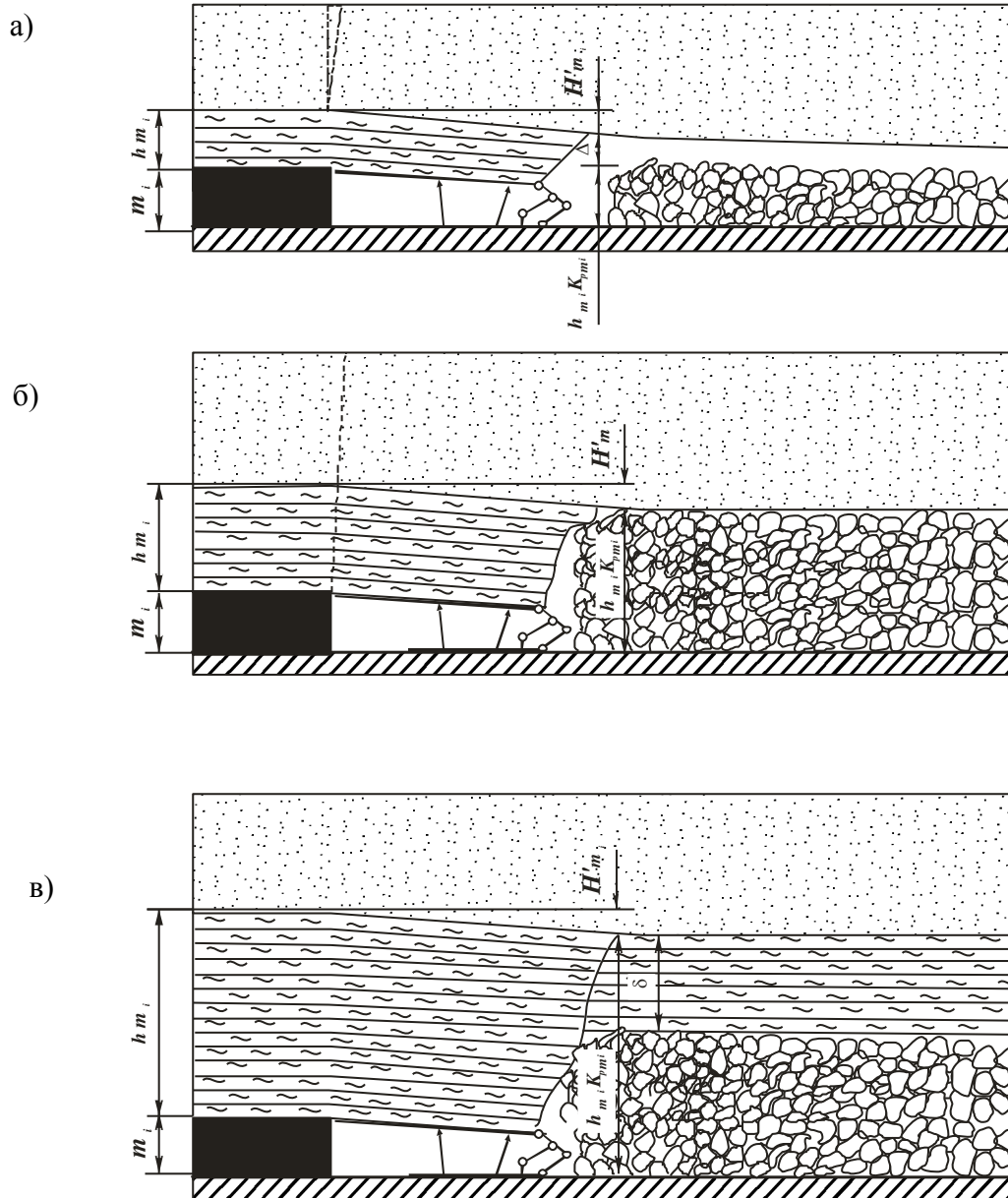
Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8
							ДВП-4, «Альпине В2-6», «Этьен-Льетар», «Юнифон»
					б)	Г-Сх.3	АКД, АПД
II	2	Г	б	2)	а)	П-Сх.4	«Руфмастер», М-100, ОСМ-1, «Руфмастер-1М»
					б)	Г-Сх.5	А-2м
		Д	а	1)	а)	П-Сх.1	2М-81К, М-81Н, «Казахстан»
					б)	Г-Сх.2	Днепр-2
					4)	б)	Г-Сх.9
III	2	Г	а	1)	а)	П-Сх.1	ОМКТ, ОМКТМ, АТ, Щ-58К, ЭК
				2)	б)	Г-Сх.6	СА
		Д	а	1)	б)	Г-Сх.1	«Мосбасс-3», «Мосбасс-4»
				4)	б)	Г-Сх.9	А-3

В технической литературе подробно рассмотрен вопрос взаимодействия секций механизированных крепей с породами кровли [113; 114; 118]. Ниже представлены схемы взаимодействия секции механизированной крепи, основной кровли и непосредственной кровли по Ю.А. Коровкину [51] после обрушения непосредственной кровли в выработанное пространство (рисунок 1.2).

На рисунке 1.2 приняты следующие обозначения: h_{m_i} - мощность легкообрушающейся непосредственной кровли, м; m_i - мощность пласта, м; $K_{p_{m_i}}$ - коэффициент разрыхления пород непосредственной кровли при мощности пласта m_i ; H'_{m_i} - предельный прогиб нижних слоев активной основной кровли до потери ими устойчивости в призабойном пространстве, м; Δ - зона обозначающая незаполненное пространство.

К основным параметрам секции крепи [36, таблица 1] относятся: «сопротивление крепи опусканию пород кровли; сопротивление крепи для управления кровлей; коэффициент начального распора; коэффициент гидравлической раздвижности».



где: а – с частичным обрушением (остается незаполненной зона Δ); б – с полным обрушением (обеспечивается полное заполнение выработанного пространства); в – с полным обрушением (остается избыточная мощность непосредственной кровли δ в области упорядоченного обрушения и сдвигание пород кровли).

Рисунок 1.2 – Схемы взаимодействия основной кровли, непосредственной кровли и механизированной крепи

Проведя анализ данных, представленных в литературе [18; 38; 58; 61; 62; 65; 72; 73; 79], становится очевидным значительный рост металлоёмкости секций механизированных крепей, применяемых для тонких, средних и мощных пологих пластов за последние 40 лет (рисунок 1.3) [25].

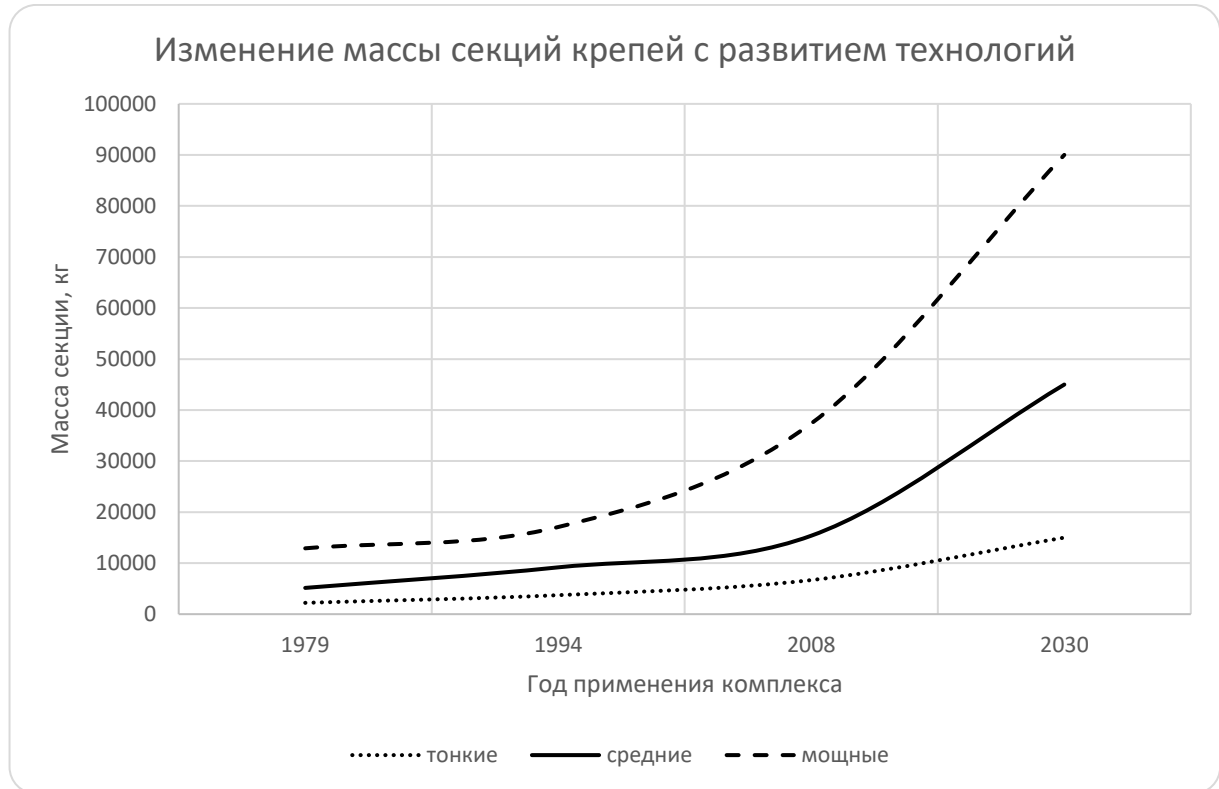


Рисунок 1.3 – Изменение величины массы секций механизированных крепей с течением времени.

В технической литературе приведены данные изменения производительности очистных механизированных комплексов [63; 75; 86; 91; 97; 100; 106; 107; 110].

Существует большое количество различных типов секций крепей, которые применялись или применяются при подземной добыче угля из КМОЗ в различных ГГУ, отличающихся в первую очередь по мощности пласта, по углу наклона, по глубине залегания и т.д., что в свою очередь влияет на суточную добычу ОМК.

Выбор той или иной секций механизированной крепи зависит от множества факторов, которые определяются: физико-механическими свойствами породы, классификацией типа кровли и почвы по степени тяжести и управляемости, технологической схемой транспорта и некоторыми другими. В связи с этим А.А. Орловым, С.Г. Барановым, Б.К. Мышляевым в работе [72] проведен ряд

испытаний с целью определения степени влияния степени тяжести кровли на основные технико-экономические показатели (таблица 1.3). Вопросы ТЭП также рассматриваются С.А. Кариманом в работе [44].

Таблица 1.3 – Программа исследований СМК первого, второго поколения

Проблема	Решение	Примечание	Результаты обследования шахт Донецкого бассейна
1	2	3	4
<p>1. Степень влияния тяжести кровли на технико - экономические показатели (ТЭП) работы лав</p>	<p>Сравнение ТЭП в аналогичных условиях в лавах с типичными и с тяжелыми условиями</p>	<p>Учитывалось сравнение целом по всем имеющимся данным, так как сложно разделить условия по шахтам</p>	<p>Месячная добыча в лавах как с тяжелой, так и с типичной кровлей колеблется в широких пределах и границы ее для обоих случаев практически одинаковы.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Предположение: степень тяжести кровли не является единственным определяющим фактором, влияющим на добычу. 2. По имеющимся результатам обследования не представляется возможным дать четкий и дифференцированный анализ всех факторов, влияющих на добычу. 3. Необходима постановка специальных экспериментов. 4. С полной определенностью следует отметить: наиболее низкие показатели добычи наблюдаются в тех лавах где имеется неустойчивая кровля, независимо к какому типу (тяжелая или типичная) она отнесена. <p>Общая тенденция в первые месяцы: сначала к росту добычи угля и производительности, а также снижению себестоимости угля, затем идет неуклонное снижение этих показателей.</p>

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4
<p>2. Влияние тяжести кровли на срок службы и надежность работы МК</p>	<p>Необходимо установить:</p> <p>1.1. Время работы комплекса до первого ремонта, сопровождающееся остановкой лавы;</p> <p>1.2. Общее подвигание забоя до ремонта (п.1);</p> <p>1.3. Общую добычу до ремонта (п.1);</p> <p>2. Получить данные п.1. между последующими ремонтами, в том числе и капремонта, за весь срок службы;</p> <p>3. Установить основные виды разрушений МК и их количество за определенный период;</p> <p>4. Исследовать вопрос посадки секций на жестко.</p>	<p>Невозможно получить данные за весь срок службы</p> <p>Учет случаев посадки крепей на жестко ведется не строго, за исключением случаев когда они имеют массовый характер (40-50 секций).</p>	<p>ТЭП работы комплексов с МК в лавах с тяжелой кровлей ниже, чем в лавах с типичной кровлей при прочих равных условиях.</p> <p>Нагрузка на лаву меньше на 10-30%, производительность труда на 10-25%, себестоимость 5-40%.</p> <p>Устойчивость нижних слоев кровли является более сильно действующим фактором на показатели работы комплексов, чем тяжесть кровли.</p> <p>Снижение ТЭП в лавах с тяжелой кровлей происходит интенсивнее, чем в лавах с типичной кровлей.</p>

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4
<p>3. Влияние сопротивления крепи на показатели работы лавы срок службы и надежность крепи работы крепи в условиях тяжелой кровли</p>	<p>Провести сравнение ТЭП работы лав с тяжелой кровлей при эксплуатации в них комплексов КМ-87 и КМ87П</p>	<p>-</p>	<p>Крепь КМ87П имеющая более высокое сопротивление по сравнению с КМ-87 имеет больший ресурс надежности, работает продолжительный срок.</p>

В результате рассмотрения приведенных классификаций, а также анализа развития и эффективности применения различных типов СМК в дальнейшем принята оградительно-поддерживающая линейная щитовая гидрофицированная секция механизированной крепи, функционирующая совместно с комбайном на пологих или наклонных пластах средней мощности. По типу передвижки - с последовательной передвижкой; по характеру взаимодействия основной и непосредственной кровли с СМК по Ю.А. Коровкину [51] принимаем схему с полным обрушением кровли (рисунок 1.2, б).

Перед подробным рассмотрением особенностей функционирования секций крепи в комплексно-механизированных очистных забоях необходимо проанализировать теоретические аспекты развития СМК как основной машины ОМК.

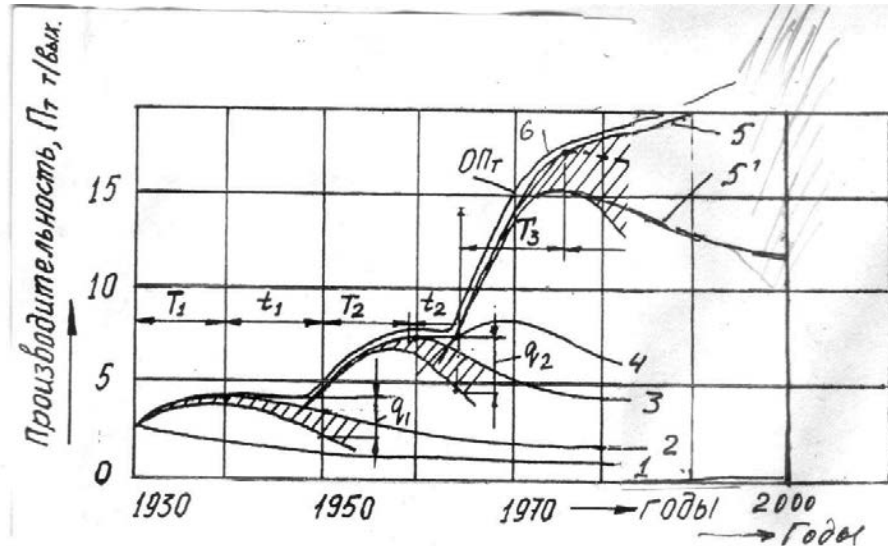
1.2 Анализ развития секций механизированных крепей

Создание секций механизированных крепей позволило полностью изменить в подземных условиях ведение добычных работ. Значительно увеличилась скорость крепления, повысилась безопасность рабочих в забое, стало возможным применение высокопроизводительных добычных машин, технологический процесс стал непрерывным.

По сравнению с технологией выемки с применением широкозахватных комбайнов, разборными конвейерами и индивидуальной крепью, технология с применением СМК и узкозахватной выемочной техники позволило на первом этапе повысить производительность труда в 2-2,5 раза, и снизить себестоимость добычи 1 тонны угля на 20-40% [113].

Довольно примечателен анализ роста производительности труда рабочего в очистном забое, предложенный Г.И. Ягодкиным (рисунок 1.4) в зависимости от уровня механизации очистных работ в угольной отрасли [117].

Как видно из рисунка 1.4, рост производительности труда на каждом этапе появления новой техники сопровождался сначала резким ростом производительности, затем его замедлением и в итоге снижением производительности. Последнее серьезное увеличение производительности в соответствии с [117] связано с созданием щитовых гидрофицированных СМК в конце 60-х начале 70-х годов XX века.



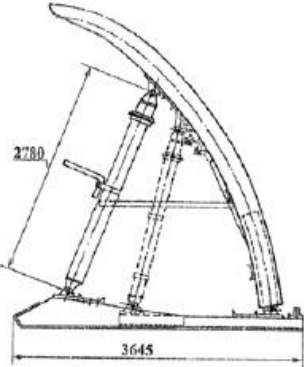
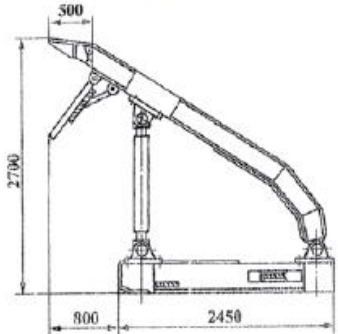
где: кривая 1 – буровзрывной способ; кривая 2 – буровзрывной на врубовую щель, проводимую врубовой машиной; кривая 3 – широкозахватный комбайновый способ; кривая 4 – узкозахватный комбайновый способ; кривая 5 и 5' – комплексно-механизованная добыча угля в длинных очистных забоях узкозахватными комбайнами.

Рисунок 1.4 - Рост производительности труда рабочего в очистном забое и рост уровня механизации очистных работ в угольной отрасли

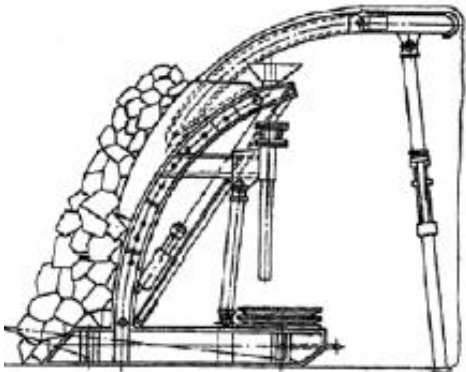
Крепление и управление кровлей в очистном забое (ОЗ) на первом этапе развития техники производилось преимущественно полной или частичной закладкой, частичным обрушением с использованием деревянной крепи в призабойном пространстве лавы. Создание металлической крепи позволило расширить область применения кровлей полным обрушением, повысить ТЭП за счет снижения трудоемкости работ по креплению и управлению кровлей, сокращению расхода леса [72].

Рассмотрим более подробно историю создания и эволюцию развития секций механизированных крепей по И.С. Крашкину [55] (таблица 1.4).

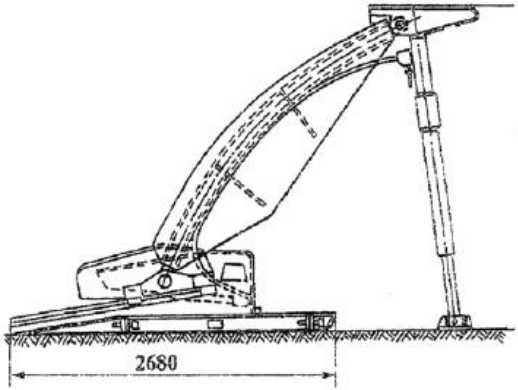
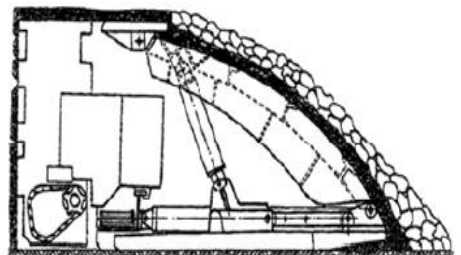
Таблица 1.4 - Этапы эволюции механизированной крепи

Дата и место ведения работ (испытания)	Разработчик, название	Краткая характеристика	Достоинства конструкции	Недостатки конструкции	Рисунки
1	2	3	4	5	6
1935-1936 гг. Рудник «Сулукта», Средняя Азия	Лауреат Сталинской премии И.А. Журавлев. «Галерея Журавлева»	Отдельные секции щитовой крепи огражденного типа. Вынимаемая мощность пласта 4,5 м. Угол залегания 14-18°	Подтверждена возможность крепления и управления кровлей щитовыми крепями	Обрушение пород кровли в призабойное пространство. Не подтверждена идея автора о самопередвижении крепи под воздействием собственной массы и массы обрушенных пород	 <p data-bbox="1541 837 2049 917">Рисунок 1.5 - Секция щитовой крепи И.А. Журавлева</p>
1940-1941 гг. Одна из шахт Подмоск. бассейна	Московский горный институт им. И.В. Сталина группа академика А.М. Терпигорева	Две раздвижные металлические (гидравлические) стойки. Наличие козырька и откидного щитка. Два гидравлических домкрата передвижки	Дальнейшее развитие идей И.А. Журавлева	Неудовлетворительное взаимодействие крепи с боковыми породами: разрушение и вывалы пород кровли в призабойное пространство, заклинивание при передвижке, сползание секции по падению пласта	 <p data-bbox="1529 1316 2049 1396">Рисунок 1.6 – Образец, испытанный на шахте Подмоск. бассейна</p>

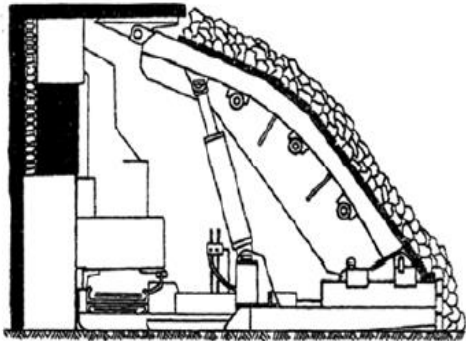
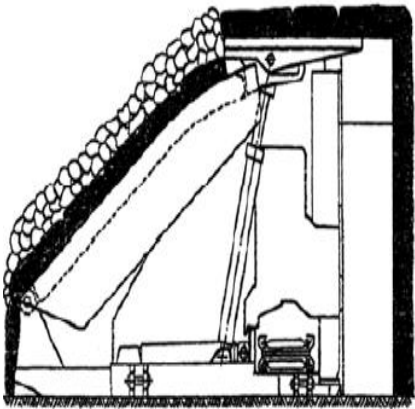
Продолжение таблицы 1.4

1	2	3	4	5	6
1948 г.	Лауреаты Ленинской премии д.т.н. Л.А. Зиглин и инженер А.И. Гилляр. Щитовая крепь Щ-48 (Щекинская 48)	Крепь состоит из отдельных секций ШхД 1500х2500 мм шарнирно соединенных между собой. Состав секции: основание, ограждение, козырек	Шарнирная база крепи подвижная в вертикальной, и неподвижная в горизонтальной плоскости позволяла вписаться в изменяющуюся гипсометрию почвы пласта. Улучшена передвижка секции с приложением усилия по всей длине секции	Отсутствие эффективной кинематической связи между крепью и выемочной машиной. Сложность конструкции секции крепи, делающая процесс крепления и управления кровлей трудоемким и небезопасным	 <p data-bbox="1541 836 2051 922">Рисунок 1.7 – Секция щитовой крепи типа «Щ»</p>
1956-1957 гг.	Лауреаты Ленинской премии А.Е. Ильин, В.И. Русаков, Ясногорский (Лаптевский) машиностроительный завод Первая в мире щитовая, механизированная, гидравлическая крепь «Мосбасс»	СМК шарнирно-соединяющиеся между собой, ограждающе-поддерживающего типа. Состав: основание, каретка, перекрытие, гидродомкрат. Каретка обеспечивала связь основания, перекры-	Накопленный опыт и критическая оценка использованных технических решений сделали возможным создание крепей с бесстоечным призабойным пространством	Необходимость применения ручного труда на погрузке угля, перенос стоек, перекрытие зазоров между секциями. Вдавливание гидростойки в почву, что ухудшало взаимодействие крепи с боковыми породами	

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3	4	5	6
		<p>тия и гидродомкрата и в то же время являлась подвижной основой перекрытия</p>			 <p>Рисунок 1.8 – Секция щитовой крепи «Мосбасс»</p>
<p>Конец 1950-х гг.</p>	<p>ПНИУИ К.т.н. П.Д. Романов, д.т.н. Л.А. Зиглин, д.т.н. В.И. Попов, В.И. Храмцов, К.И. Коханов и др. Крепь Щ-57</p>	<p>База для крепи конвейер</p>	<p>Гидростойки секций осуществляли передачу сил горного давления, воспринимаемых перекрытием и козырьком на основание, а также регулировали высоту крепи по вынимаемой мощности.</p>	<p>Отрыв от кровли при передвижке и обусловленное этим попадание обрушаемых пород в призабойное пространство. Трудоемкое и небезопасное явление, особенно у крепи АК изменение положения перекрытия при</p>	 <p>Рисунок 1.9 – Секция оградивительно-поддерживающего типа Щ-57</p>

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3	4	5	6
	<p>Институт Мосбасгипромаш. В.И. Бобков, Г.Г. Буров, Н.П. Белов, А.Г. Опенкин и др. Крепь ОМК.</p>	<p>База для крепи конвейер. В состав перекрытия входил выдвижной борт, перекрывающий межсекционный зазор</p>	<p>На базе крепи ОМК создан серийный очистной комплекс «Тула» - ОМКТ</p>	<p>значительных изменениях вынимаемой мощности угольного пласта</p>	 <p>Рисунок 1.10 – Секция ограды поддерживающего типа ОМК</p>
	<p>Ясногорский машиностроительный завод А.Б. Ильин и др. Крепь АК</p>	<p>База для крепи специальная рама</p>			 <p>Рисунок 1.11 – Секция ограды поддерживающего типа АК</p>

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3	4	5	6
<p>1958 г.</p>	<p>ПНИУИ Руководитель ра- боты к.т.н. П.Д. Романов, В.И. Храмцов, Г.А. Тупиков и др. Крепь Щ-58к</p>	<p>Соединение ограждения с ос- нованием осу- ществлялось с помощью четы- рехзвенного ме- ханизма, предло- женного П.Л. Чебыше- вым</p>	<p>Широкое приме- нение «четырёх- звенника Чебы- шева» для механи- зированных кре- пей в нашей стране и зарубе- жом. Эффект «са- монесения» сек- ции крепи - при отключенной ГС заложена основа для коренной мо- дернизации: ОМКТ→ ОМКТМ→ ОКП</p>	<p>Ограниченное при- забойное на ниж- них пределах выни- маемой мощно- сти, что затрудняет пе- ремещение техни- ческого персонала и подачу необходи- мого количества воздуха на пластах, опасных по газу и пыли шахтах</p>	 <p>Рисунок 1.12 – Секция ограждительно- поддерживающего типа Щ-58к</p>
	<p>ПНИУИ к.т.н. П.Д. Рома- нов, В.И. Храм- цов, М.С. Коро- бов д.т.н В.Л. По- пов, д.т.н. С.В. Смирнови др. Крепь МК [79] (2МК)</p>	<p>Механизирован- ная крепь огра- дительно под- держивающего типа. Козырек прижи- маемый гидро- патроном к кровле. Развитое основа- ние, для приме- нения на слабых почвах.</p>	<p>Наклонное поло- жение гидротоек, позволившее уменьшить длину перекрытия. Свободный про- ход для людей от- делен от забоя ря- дом гидростоек. Выше пропускная способность воз- духа.</p>	<p>Недостаточно сво- бодный проход в крепях 2МК между стойками из-за рас- положения двига- тельных домкратов на основании сек- ции.</p>	 <p>Рисунок 1.13 – Секция ограждительно- поддерживающего типа МК</p>

По словам И.С. Крашкина: «Созданием крепей типа МК было успешно завершено решение проблемы механизированного крепления и управления кровлей на интенсивно разрабатываемых угольных пластах пологого залегания» [55].

В соответствии с работой И.А. Кияшко, С.А. Саратикянца, Н.П. Овчинникова и др. [28, с. 3]: «Крепь влияет на поведение боковых пород, с ее помощью управляют кровлей и почвой в рабочем пространстве лавы. Процессы, происходящие в боковых породах при управлении кровлей полным обрушением и закладкой, оказывают влияние на взаимодействие систем “крепь-боковые породы” и “крепь-боковые породы-закладочный массив”. Условия взаимодействия этих систем определяют закономерности деформирования, разрушения, перемещения, обрушения или плавного прогиба пород. Закономерности взаимодействия механизированных крепей с боковыми породами служат основой для разработки рекомендаций по созданию и эксплуатации очистных комплексов и агрегатов».

Также стоит отметить общие соображения, касательно СМК и ее взаимодействия с боковыми породами, изложенные в работе [28]:

1. Чем больше мощность пласта, тем выше нагрузки на МК, причем сопротивление секции должно увеличиваться.
2. Основные параметры насосной станции (давление и подача) непосредственно влияют на усилие начального распора и скорость передвижки.
3. В случае недостаточного усилия начального распора секции крепи происходят повышенные расслоения кровли над перекрытиями и соответственно возрастает нагрузка на крепь.
4. Необходимость передвижка крепи с предварительным подпором, привела к созданию механизмов стабилизации положения стоек. Был найден оптимальный конструктивный вариант такого механизма – четырехзвенник Чебышева. Однако вследствие этого изменилась конфигурация перекрытия и увеличились габариты и масса секции крепи.
5. Изменение конструкции секции в соответствии с новыми функциями приводит к изменению характера ее взаимодействия с кровлей.
6. Скорость сближения пород и податливость гидростоек увеличивается при

выемке угля и передвижке СМК.

7. Нагрузка на крепь, а, следовательно, и ее сопротивление возрастает при повышении скорости подвигания забоя и увеличении ширины рабочего пространства лавы.
8. Сопротивление крепи пропорционально деформации закладочного массива.
9. Способность СМК замедлять сближение боковых пород (оценивается производением рабочего сопротивления на величину проседания гидростоек) растет при увеличении начального распора гидростоек.
10. Мощность пород, вовлекаемых в обрушение пропорциональна мощности пласта и обратно пропорциональна коэффициенту разрыхления пород.
11. Сближение боковых пород в период номинального сопротивления крепи всегда больше податливости гидростоек ее секций.
12. Вероятность появления вывалов из кровли в призабойное пространство лав прямо пропорционально ширине обнажения кровли и времени в течении, которого кровля у забоя остается незакрепленной.
13. Современные крепи имеют более совершенную конструкцию, а именно:
 - Увеличенный коэффициент перекрытия кровли у забоя.
 - Использование гидродомкратов и рычагов, позволяющих повысить реакцию консоли и производить передвижку с подпором.
 - Крепление кровли за комбайном производится по «заряженной» схеме.
14. «Наблюдения за состоянием неустойчивых кровель в лавах показали, что независимо от типа крепи и ширины исполнительного органа очистного комбайна после прохода над забоем в непосредственной кровле образуются заколы, высотой равной ее мощности», [28, с 22].

Следует отметить что характеристики взаимодействия СМК с боковыми породами приведенные в работе [28] не потеряли актуальности и в современных условиях. Далее необходимо рассмотреть классификацию горно-геологических условий.

1.3 Характеристика условий добычи

В рабочем пространстве лавы и на сопряжении ее с подготовительными выработками в соответствии с работой [73] выделяют следующие зоны: I – зона установки призабойной крепи; II – зона передвижки посадочной крепи (сокращения рабочего пространства); III – зона крепления ниши и части лавы до привода конвейера; IV – зона крепления на участке приводной головки конвейера; V – зона крепления бровки лавы; VI – зона крепления для выполнения мероприятий по охране подготовительной выработки с лавой; VII – зона крепления сопряжения подготовительной выработки с лавой; VIII – зона усиления крепи выработки впереди лавы; IX – зона усиления выработки за лавой (рисунок 1.14).

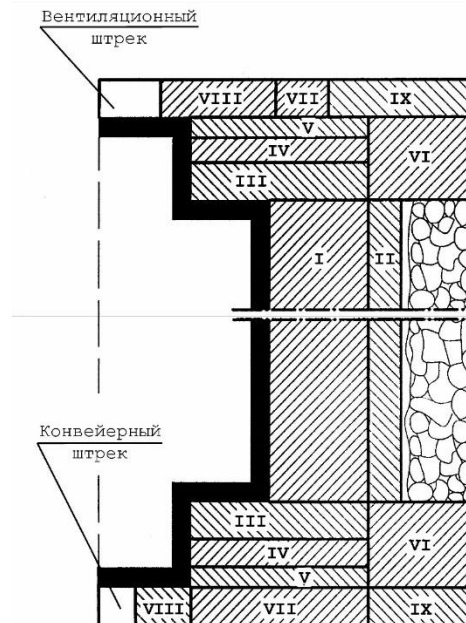
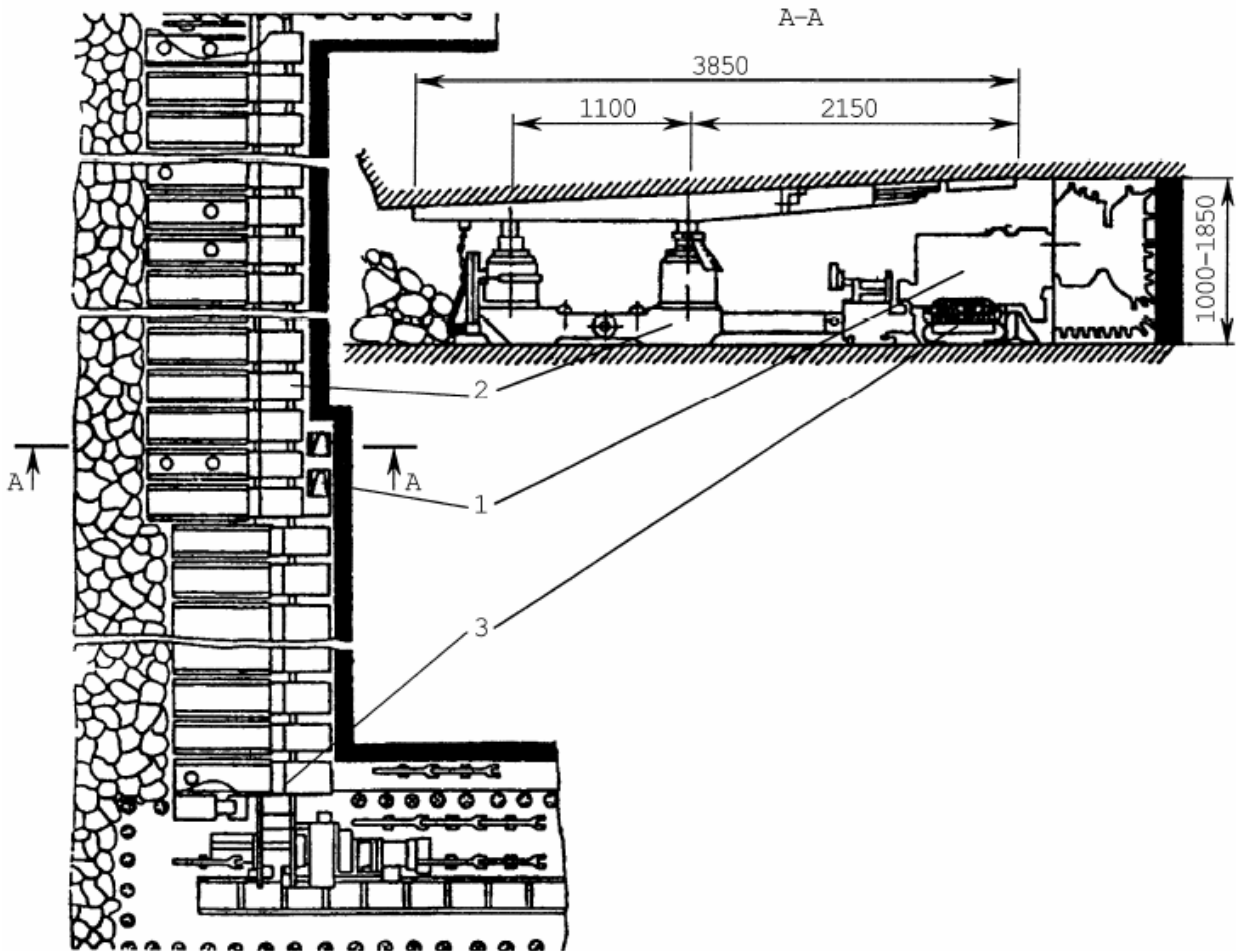


Рисунок 1.14 - Схема компоновки технологических зон в очистном забое

Технологическая схема выемки угля приведена на рисунке 1.15. К основным машинам очистного механизированного комплекса относятся: узкозахватный комбайн (или струг, но применительно к данной работе ОМК со струговыми установками не рассматриваются); секция крепи; забойный конвейер.



где 1 – комбайн; 2 – механизированная крепь; 3 – забойный конвейер

Рисунок 1.15 – Технологическая схема выемки угля механизированным комплексом

В общем случае характеристика боковых пород кровли представлена в таблице 1.5.

Таблица 1.5 - Расчетные технологические характеристики угля угольного пласта и вмещающих пород (классификация)

Факторы	Характеристики
1	2
Трещиноватость	Нетрещиноватые Слаботрещиноватые Среднетрещиноватые Сильнотрещиноватые Весьма сильнотрещиноватые

Продолжение таблицы 1.5

1	2
Слоистость	<p>Весьма тонкослоистые</p> <p>Тонкослоистые</p> <p>Среднеслоистые</p> <p>Крупнослоистые</p> <p>Весьма крупнослоистые</p>
Обрушаемость, $l_{обр}$	<p>Весьма легко обрушающиеся</p> <p>Легкообрушающиеся</p> <p>Среднеобрушающиеся</p> <p>Труднообрушающиеся</p> <p>Весьма труднообрушающиеся</p>
Угол падения, α	<p>Пологие</p> <p>Наклонные</p> <p>Крутонаклонные</p> <p>Крутые</p>
Породы кровли по строению h_c – опускание основной кровли	<p>I класс $h_c=(0,1\div 0,4)m$</p> <p>II класс $h_c=(0,4\div 0,8)m$</p> <p>III класс $h_c=(0,8\div 1)m$</p>
Устойчивость обнажений	<p>Неустойчивая</p> <p>Слабоустойчивая</p> <p>Среднеустойчивая</p> <p>Устойчивая</p> <p>Весьма устойчивая</p>
Мощность, m	<p>$m_0 \leq 0,7$ м</p> <p>$m_1 = 0,71 \div 1,2$ м</p> <p>$m_2 = 1,21 \div 2,5$ м</p> <p>$m_3 = 2,51 \div 5$ м</p> <p>$m_4 > 5$ м.</p>
Прочности на вдавливание породы почвы, $\sigma_{вд}$	<p>прочные ($\sigma_{вд} \geq 2$ МПа),</p> <p>слабые ($\sigma_{вд} < 2$ МПа).</p>

«...Около 70% угольных пластов с углом падения до 35^0 имеют неустойчивые нижние слои кровли, допустимая площадь обнажения которых не превышает

10 м². СМК 1-го поколения не обеспечивают в зоне работы комбайна площади обнажения менее 10 м². Вследствие этого фактические площади обнажений кровли и время ее обнажения превышают допустимые значения неустойчивой кровли. Поэтому при применении на этих пластах СМК 1-го поколения в зоне работы комбайна образуются вывалы пород из кровли, которые сдерживают работу ОЗ и не позволяют обеспечить проектные ТЭП работы лав» [72, С. 25].

Главной мыслью является: отсутствие специальной СМК для отработки пластов с неустойчивыми кровлями приводит к снижению общей возможности добычи угля. Это снижение следует считать резервом добычи угля, который можно было бы дополнительно получить при той же оснащенности механизированными комплексами, но с крепями для отработки пластов с неустойчивыми кровлями. Оценочно на 42 млн т/г резерв на полого наклонных пластах с углом до 35⁰.

Необходимо иметь в виду, что число участков шахтопластов с благоприятными горно-геологическими условиями (в частности с устойчивыми кровлями) ежегодно уменьшается в связи с их отработкой [72, С. 29]. Это приводит к ежегодному удельному росту числа забоев с неустойчивыми кровлями. Из горно-геологических факторов, существенно влияющих на выбор типа МК комплекса, ее силовые параметры и конструктивные особенности, следует отметить: мощность пласта, устойчивость нижних слоев непосредственной кровли, прочность почвы на вдавливание.

А.А. Орлов, С.Г. Баранов, Б.К. Мышляев относят длинные очистные забои к наиболее прогрессивной системе разработки угольных пластов [72].

И.А. Кияшко, С.А. Саратикянц, Н.П. Овчинников и др. на основе проведенных исследований предложили оценить особенности взаимодействия неустойчивых и труднообрушающихся кровель и крепей с помощью ряда критериев [28].

Рассмотрим более подробно критерии, позволяющие оценить качественную сторону взаимодействия, сопоставить параметры механизированных крепей и следствия их влияния на устойчивость кровель.

Критерий № 1

Характеризует способность крепи развивать у забоя сопротивление, целесообразное данным условиям эксплуатации. Математическое выражение критерия

$$k_{ш} = \frac{R_{ф.з.}}{R_{ц.з.}} \frac{1}{1 + \operatorname{tg} \alpha} \quad (1.1)$$

где $k_{ш}$ – отношение фактической и целесообразной реакции перекрытий крепи в полосе кровли у забоя шириной 1 м; $R_{ф.з.}$ и $R_{ц.з.}$ – удельные фактическое и целесообразное для конкретных условий сопротивления перекрытия секции крепи в полосе у забоя шириной 1 м, кН/м²; α – угол, образованный линиями, усредняющими распределение фактического и целесообразного сопротивления перекрытия секции крепи;

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{k_{ф} - k_{ц}}{1 + k_{ф} k_{ц}} \quad (1.2)$$

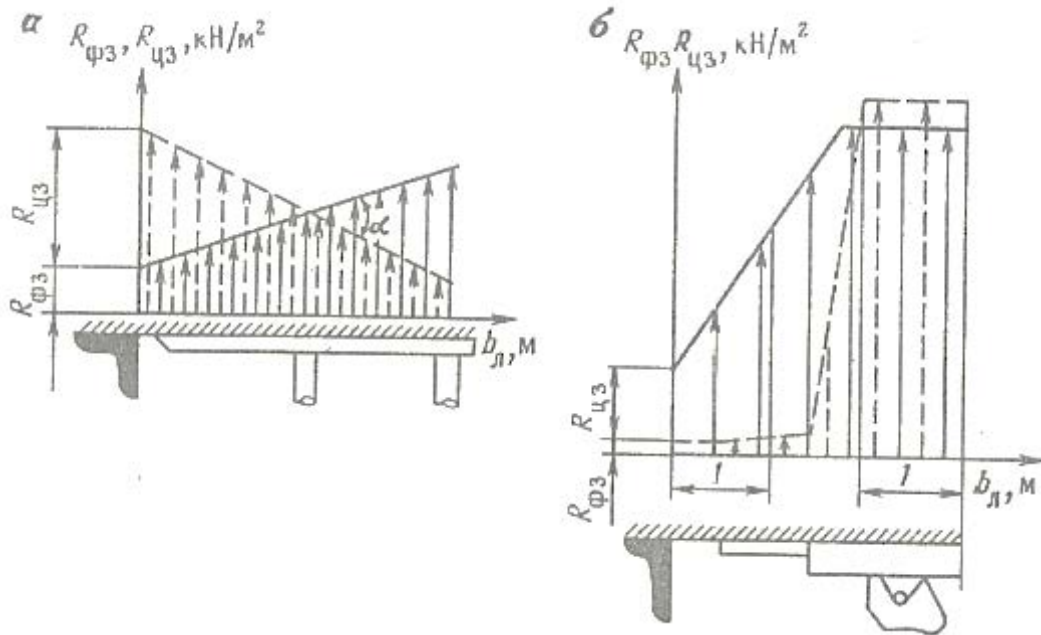
где $k_{ц}$ и $k_{ф}$ – угловые коэффициенты линий, усредняющих распределение целесообразного и фактического сопротивления крепи.

Для трудно обрушаемых кровель математическое выражение критерия

$$k_{ш} = \frac{R_{ф.з.} \cdot R_{ф.о.}}{R_{ц.з.} \cdot R_{ц.о.}} \quad (1.3)$$

где $R_{ц.о.}$ и $R_{ф.о.}$ – соответственно удельное целесообразное и фактическое сопротивления перекрытий секций крепи в полосе кровли шириной 1 м у линии обрушения, кН/м².

На рисунке 1.16 представлен характер изменения целесообразного $R_{ц.з.}$ и фактического $R_{ф.з.}$ сопротивления секции механизированной крепи, кН/м² в соответствии с шириной рабочего пространства лавы $b_{л}$, м [28].



где а – взаимодействие крепи с неустойчивой кровлей; б – взаимодействие крепи с устойчивой, труднообрушаемой кровлей

Рисунок 1.16 – Характер изменения целесообразного и фактического сопротивления

Для случая расчета крепи, взаимодействующих с неустойчивыми боковыми породами, $R_{цз} = 300 \text{ кН/м}^2$, $k_{ц} = 0$; для труднообрушаемых кровлей по Правилам технической эксплуатации $R_{цз} = 1300 \text{ кН/м}^2$, $k_{ц} = 4$.

Критерий № 2

Характеризует соотношение начального распора $R_{н.р}$, подпора при передвижке $R_{п.р}$ и сопротивления $R_{ф.з}$ крепи. При проектировании необходимо стремиться к равенству этих параметров. Математическое выражение критерия

$$k_{д} = \frac{R_{н} + R_{п.р}}{2R_{р}} \quad (1.4)$$

где $k_{д}$ – отношение суммы начального распора и подпора при передвижке к рабочему сопротивлению; $R_{н}$ – удельное усилие начального распора крепи, кН/м^2 ; $R_{п.р}$ – удельное усилие подпора при передвижке секций, кН/м^2 ; $R_{р}$ – средняя удельная реакция крепи в период перед разгрузкой секций, кН/м^2 .

Критерий № 3

Характеризует скорость крепления кровли у забоя после ее обнажения исполнительным органом выемочной машины.

$$k_c = \frac{R_k}{T} \quad (1.5)$$

где k_c – отношение удельного сопротивления крепи у забоя к промежутку времени между моментами обнажения кровли и ее закрепления постоянной крепью, кН/(м²·мин); R_k - удельное сопротивление крепи у забоя, кН/м², T - промежуток времени между моментами обнажения кровли и ее закрепления постоянной крепью, мин.

$$T = S + \frac{d}{v} \quad (1.6)$$

где S – расстояние от исполнительного органа комбайна до участка закрепления кровли, м; d - длина участка кровли над исполнительным органом комбайна, который не может быть закреплен, м; v - скорость передвижки секций вдоль лавы, м/мин.

Результативность работы комплексно механизированных забоев (КМЗ) на шахтах основных угледобывающих стран (США, КНР, ФРГ, Великобритания, Австралия, Польша) в начале 1990-х годов значительно выросла. Например, средне-суточная добыча в США на 1990 г по сравнению с 1985 г это 4300 т против 2800 т [75].

Анализ работы КМЗ на отечественных и зарубежных шахтах показывает, что из широкого спектра ГГУ на результативность очистных комплексов в наибольшей степени влияют состояние боковых пород пласта по устойчивости нижних слоев непосредственной кровли и прочности почвы на вдавливание, опасность проявления горного давления в очистном забое, вынимаемая мощность, угол наклона и нарушенность пласта.

Обработка прогнозных данных ВНИМИ по горно-геологическим условиям шахтопластов и забоев на шахтах РФ пригодных в 1995 г для применения ком-

плексной механизации показывает что из возможных 328 забоев на лпастах мощностью от 0,71 м и выше с углом падения от 0 до 35 град более 45% забоев имеют неустойчивые непосредственные кровли; почти 30% забоев имеют слабые почвы; 56 % забоев- тяжелые кровли; более 46% забоев расположены в неблагоприятном диапазоне по вынимаемой мощности пласта, т.е. на пластах менее 1,2 м и более 2,5 м; почти 13% забоев расположены в неблагоприятном диапазоне по углу наклона пласта от 19 до 35 ; около 50 % забоев имеют геологические нарушения – в среднем 5 нарушений на 1 км² шахтного поля. Только около 6% забоев не имеют ни одного осложняющего фактора [75, С.110-111.].

Добыча угля на шахтах ФРГ характеризуется высокой концентрацией очистных работ, что и является основным фактором повышения их эффективности.

Повышение концентрации очистных работ при одном и том же объеме добычи угля шахтой за счет повышения нагрузки на забой приводит к снижению удельных участковых затрат на добычу и в целом по всей шахте.

1.4 Анализ гидросистемы секции механизированной крепи

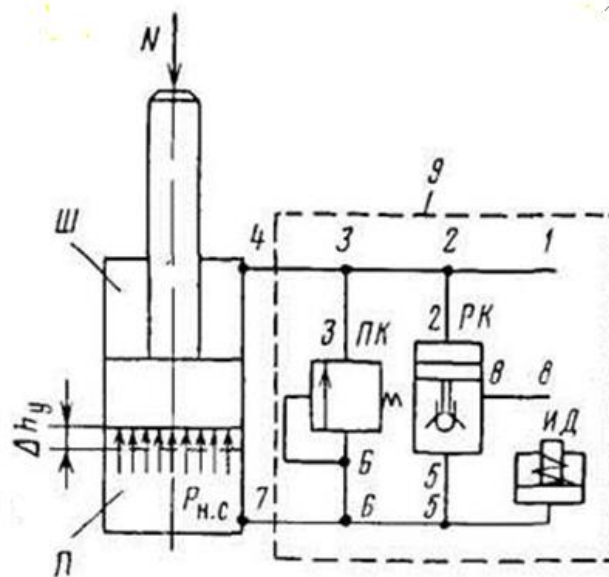
Технико-экономические показатели механизированного комплекса во многом зависят от совершенства его гидропривода. Основные вопросы, связанные с гидравлическим приводом секций механизированных крепей широко представлены в работах Ю.Ф. Пономаренко, В.Н. Хорина, Ю.А. Коровкина, А.В. Докукина [38; 51; 52; 84; 85; 113; 114]. Из условия безопасности и экономичности в качестве рабочей жидкости в гидроприводе мех крепи применяется водная эмульсия. Применяются силовые и командные гидрораспределители с гидравлическим и электрогидравлическим управлением. Давление насосной станции составляет в настоящее время 20-40 МПа, наиболее распространенное 32 МПа, подача составляет 30-200 л/мин. В комплект секции крепи входит 100-300 многопозиционных или 400-4000 модульных двух- или трехпозиционных распределителей ручного или автоматизированного управления [85].

Гидростойка СМК является основным опорным элементом, воспринимающим горное давление через перекрытие и передающее его на почву пласта через основание секции [21; 29; 51; 113; 114].

Характер циклического взаимодействия гидростоек линейных секций механизированных крепей с медленно опускающимися породами непосредственной кровли в комплексно механизированном очистном забое (КМОЗ) предопределен внешними и внутренними факторами (см. параграф 2.1), рабочей характеристикой стойки, типом крепи и особенностями гидропривода ГС и СМК.

Как известно режим работы секции механизированной крепи определяется ее рабочей характеристикой. Описание работы существующих секций механизированных крепей подробно приведено в технической литературе [113; 114].

Типовая схема подключения гидростойки к системе гидропривода СМК представлена на рисунке 1.18.



где: П – поршневая полость ГС; Ш – штоковая полость ГС; ПК, РК – предохранительный и разгрузочный (гидрозамок) клапаны; ИД – индикатор давления; N – нагрузка от кровли; Δh_y - величина, отражающая упругую деформацию ГС и упругое сжатие рабочей жидкости; $P_{н.с}$ - давление начального распора; 1...8 - гидролинии; 9 – стоечный гидроблок.

Рисунок 1.18 - Схема подключения ГС к системе гидропривода СМК

На рисунке 1.19 представлена типовая рабочая характеристика гидравлической стойки секции механизированной крепи [113].

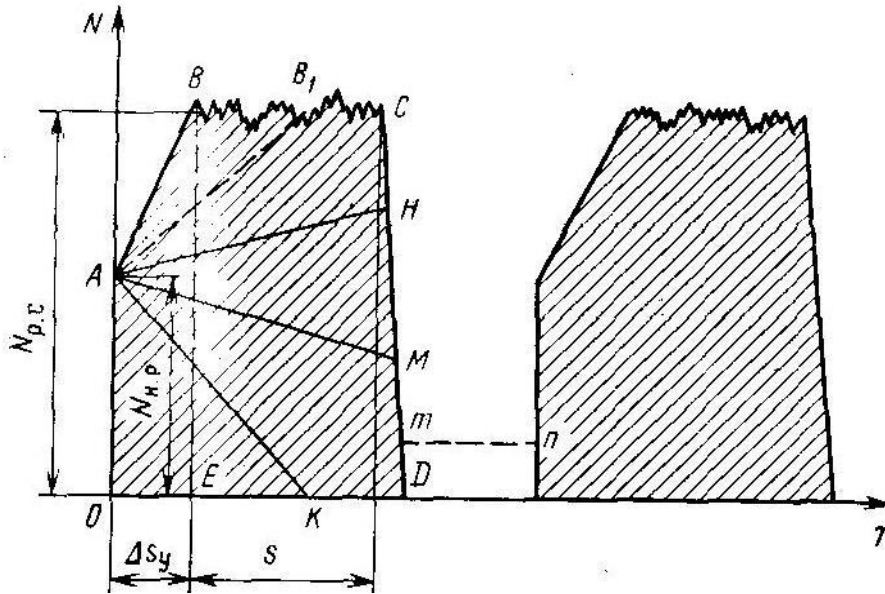


Рисунок 1.19 - Рабочая характеристика гидравлической стойки

В соответствии с классическими положениями, изложенными в работе В.Н. Хорина [113] в общем случае полный цикл рабочих операций, выполняемых СМК, включает:

- 1 - начальный распор;
- 2 - режим нарастающего сопротивления;
- 3 - режим постоянного (равного) сопротивления;
- 4 - передвижка секции.

После передвижения секции стойки распираются и цикл операций повторяется. График $OABCD$ (рисунок 1.19), характеризующий изменение усилия (давления в поршневой полости ГС), развиваемого гидравлической стойкой за время цикла $T_{ц}$ ее работы, называется рабочей характеристикой гидростойки. Если допустить, что скорость опускания кровли постоянная, то площадь фигуры $OABCD$ выражает работу гидравлической стойки по сопротивлению опусканию пород кровли.

Далее рассмотрим более подробно операции цикла функционирования СМК в соответствии с её типовой рабочей характеристикой (рисунок 1.19) в соответствии с классическими положениями [113].

1.4.1.1. Начальный распор

В начале цикла осуществляется подача рабочей жидкости под давлением от насосной станции по магистрали 8-5-7 (рисунок 1.18) через разгрузочный клапан (РК) в поршневую полость гидростойки (ПГС). После этого насосная станция отключается, РК закрывается, и подача рабочей жидкости в ПГС прекращается. При этом давление достигает величины начального распора $N_{н.р.}$ (линия OA , рисунок 1.19), а величина начального распора $N_{н.р.}$ определяется по формуле

$$N_{н.р.} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} p_{н.с.} \quad (1.7)$$

где D – внутренний диаметр цилиндра гидростойки, м; $p_{н.с.}$ – давление, развиваемое в гидравлической стойке насосной станцией, МПа.

Величина давления начального распора в соответствии с [33, таблица 2] и [108] и выбирается исходя из типа кровли: для легких, для средних; для тяжелых.

1.4.1.2. Режим нарастающего сопротивления

В результате действия горного давления происходит монотонное опускание пород кровли, а давление в ПГС начинает расти. Причем стойка начинает работать в режиме упругой податливости (линии AB , AB_1 , рисунок 1.19) или в режиме нарастающего сопротивления. При этом в замкнутой ПГС происходит упругое сжатие столба жидкости на величину Δh_y (рисунок 1.18) и параллельно раздутие стенок гидроцилиндра гидравлической стойки. Выдвижная часть гидростойки опускается на величину упругой податливости ΔS_y (рисунок 1.18). Давление в ПГС повышается до давления настройки предохранительного клапана (ПК) $p_{н.к.}$ (линия BE , рисунок 1.19).

В случае наличия в гидросистеме стойки микроутечек рабочей жидкости имеются, наиболее вероятное их местонахождение: в предохранительном клапане

ПК, в разгрузочном клапане РК, в уплотнении поршня выдвижной части гидростойки. При наличии микроутечек возможны три варианта изменения рабочей характеристики гидростойки (рисунок 1.19):

- **Микроутечки относительно невелики.** При этом рабочая характеристика гидростойки характеризуется фигурой $OAND$, так как нарастание давления в поршневой полости гидростойки замедляется (линия AH);
- **Микроутечки средние по объему.** Рабочая характеристика гидростойки определяется фигурой $OAMD$. Тогда перед разгрузкой фактическое сопротивление гидростойки меньше усилия ее начального распора;
- **Микроутечки большие по объему.** Рабочая характеристика гидростойки определяется фигурой OAK , так как происходит преждевременная разгрузка гидростойки в точке K от горного давления.

1.4.1.3. Режим постоянного сопротивления

Гидростойка переходит в режим постоянного сопротивления (линия BC) из работы в режиме упругой податливости (линия AB или линия AB_1) рисунок 1.19.

При этом гидравлическая стойка развивает номинальное сопротивление $N_{p.c.}$ (кН) определяемое по формуле

$$N_{p.c.} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} p_{n.k.} \quad (1.8)$$

где $p_{n.k.}$ — давление настройки предохранительного клапана (ПК).

Происходит процесс управление сопротивлением гидростойки последовательным срабатыванием (открытием и закрытием) предохранительного клапана в режиме “постоянного” сопротивления. Причем как отмечает И.В. Антипов [16, стр. 16]: «... Понятие “постоянное сопротивление” для определения фактического режима работы механизированных крепей весьма условно, так как амплитуда изменения сопротивления стоек во времени существенна и составляет до 80 кН и более,

в зависимости от типа гидравлических стоек, состояния предохранительных клапанов, качества рабочей жидкости и т.д.».

1.4.1.4. Передвижка секции механизированной крепи

Перед передвижкой производят разгрузку (принудительное опускание выдвинутой части) гидростойки от горного давления (линия CD , рисунок 1.19). Для чего с помощью распределителя P рабочую жидкость подают по магистрали 1-4 в штоковую полость гидростойки ШГС. Одновременно с этим воздействуя через магистраль 1-2 на поршень РК рабочая принудительно его открывает своим давлением. Открывая тем самым выход рабочей жидкости из ШГС по магистрали 7-5-8 в сливную магистраль гидросистемы СМК. Причем рабочая жидкость при разгрузке гидростойки перепускается или в сливную магистраль, или напрямую в забой. Возможность использования рабочей жидкости под давлением для сохранения часть потенциальной энергии горного давления будет рассмотрена в параграфе 2.4. и 2.5.

Необходимо также отметить что существует несколько вариантов передвижки:

- **Передвижка с потерей контакта с кровлей.** В случае полной разгрузки ГС от горного давления передвижка СМК производится с потерей контакта верхнего перекрытия с породами кровли. Наблюдается перепад давления (линия CD , рисунок 1.19) или разность статических сил.
- **Передвижка с пассивным или активным подпором.** Разгрузка ГС производится с частичным снижением давления в поршневой полости Π стойки до заданного предела, регулируемого специальным подпорным клапаном с последующей подпиткой (активный подпор). В этом случае перекрытие секции крепи в процессе передвижения не теряет контакта с породами кровли, развивая сопротивление активного подпора (линия mn , рисунок 1.19).

Как отмечает в своей работе Ю.А. Коровкин [51]: «...Исследованиями впервые в широком диапазоне установлено влияние параметров механизированной

крепи на качественные и количественные показатели деформируемости кровли и изменение состояния массива».

В работе [16] И.В. Антипов отмечает что данное явление характеризуется динамическим топтанием кровли.

1.5 Анализ приспособляемости секций механизированной крепи к переменным горно-геологическим условиям

В технической литературе в вопросах касающихся секций механизированных крепей ОМК, затрагиваются проблемы их приспособляемости к переменным ГГУ [1-7; 12; 15; 16; 41; 45-50; 56; 57; 59; 69; 92; 94; 99; 104; 111; 112].

Это связано с тем, что в существующих методиках выбора для конкретных ГГУ, с точки зрения безопасности и производительности технологических систем и способов управления кровлей, учитываются системные изменения и не учитывается случайный характер изменения геомеханических свойств массива и низкие приспособительные (адаптивные) возможности технологического оборудования в целом и СМК в частности. Это подтверждается существенными различиями в уровнях нагрузки на лавы оборудованных однотипными комплексами, даже в пределах одного пласта [106; 116]. Как показано в работе [104] при расчете нагрузок, действующих на СМК, с помощью метода конечных элементов мы имеем сложную систему, состоящую из анизотропного угленосного массива, секций крепи и выработанного пространства. Причем механические и геометрические параметры этой системы изменяются в пространстве и во времени.

По определению, данному в новом политехническом словаре [68, С. 470]: «адаптивная система (самоприспосабливающаяся система) - система автоматического управления, которая в процессе функционирования способна изменять своё поведение или состояние (приспосабливаться) при непредвиденном изменении свойств управляемого объекта, цели управления или условий окружающей среды, сохраняя свою работоспособность».

В работе [94] авторы указывают свойства адаптивной системы, в случае, когда рассматривается добыча угля подземным способом с применением очистных механизированных комплексов. Свойства адаптивной системы:

1. Неопределенность параметров на начало процесса отработки (геологических, физико-механических, и др.);
2. Изменение внешних условий носит случайный характер, а также трудно прогнозируемо;
3. Накопление и использование системой информации об изменениях внешней среды и внутренних процессов;
4. Накопленная информация используется для достижения оптимального результата – увеличения производительности ОМК, повышение безопасности добычи, снижение себестоимости добываемого угля.

При этом в адаптивных системах (идеальных) постоянно происходят такие изменения параметров, структуры, алгоритмов функционирования, которые увеличивают их приспособляемость к внешним условиям среды и приближают к оптимальному результату [94, стр. 21]. В решении конкретных задач, частных решений понятие адаптивности сужается.

В.И. Клишин [99] отмечает, что применение систем автоматического управления крепью с целью снижения производственного риска и риска так называемого «человеческого фактора» является непосредственным средством адаптации СМК к различным ГГУ.

Е.И. Рогов, Г.И. Грицко и В.Н. Вылегжанин предложили комплексный критерий адаптации J_a технологии к ГГУ залегания пласта:

$$J_a = \prod_{j=1}^{16} J_i \quad (1.9)$$

где J_i -основные составляющие критерия адаптации (таблица 1.3). Под агрегатом авторы понимают технологию выемки угля ОМК в длинных очистных забоях (лавах), под средой – пласт угля вместе с вмещающими породами [94].

Таблица 1.6 - Параметры среды и агрегата комплексного показателя адаптации

Параметры среды	Параметры агрегата
Мощность угольного пласта	Границы раздвижности секций крепи
Угол падения пласта вдоль лавы	Устойчивое предельное состояние секции крепи вдоль лавы
Угол падения пласта вкрест простирания лавы	Устойчивое предельное состояние секции крепи
Приток воды в очистной забой	Допустимая граница водопритока в лаву
Соппротивление сжатию пород непосредственной кровли	Реакция крепи на кровлю
Соппротивление сжатию пород непосредственной почвы	Реакция крепи на почву
Естественное устойчивое обнажение пород непосредственной кровли в зоне изгиба конвейера	Необходимое предельное обнажение пород кровли по принятой схеме крепления
Газовыделение (CH_4) в очистной забой	Предельно допустимое газовыделение в очистной забой
Мощность слоя разрушенного угля в пожароопасном угольном пласте	Предельная величина мощности слоя
Температура в пожароопасном угольном слое	Критическая температура в слое

Потенциальная энергия, запасенная в единице массива угля очистного забоя	Работа разрушения и отброса угля при внезапном выбросе
Амплитуда геологических нарушений на выемочном поле	Предельная величина амплитуды переходимого нарушения
Соппротивление угля резанию	Предельно допустимое усилие резания угля
Смещение массива кровли на линии посадочных стоек	Податливость секций крепи
Координата разлома основной кровли относительно груди забоя	Предельно допустимое безопасное расстояние разлома основной кровли
Отжим угля на забое	Допустимый отжим угля в забое

В результате рассмотрения 16 составляющих критерия адаптации авторы [94] делают вывод, что для их вычисления необходимо знать законы распределения случайных величин и функций, их средние характеристики и значения дисперсии, пределы интегрирования. Эти составляющие задачи общей проблемы моделирования технологии выемки угля ОМК требуют широких комплексных исследований процессов напряженного состояния массива и прочее. Однако при решении частных практических задач вычисляются, как правило, только частные составляющие критерия адаптации.

Большое влияние на развитие понятий адаптивности касательно секций механизированных крепей оказали Б.А. Фролов, В.И. Клишин, В.С. Верин. В работе [111] авторы выделяют три вида адаптивности:

1. Динамическая адаптивность;
2. Контактная адаптивность;
3. Кинематическая адаптивность.

Первый вид адаптивности предложено выражать через отношение критической скорости деформации к ее фактическому значению:

$$A_d = \frac{V_{кр}}{V_{ф}} \quad (1.10)$$

где A_d - коэффициент динамической адаптивности системы взаимодействия механизированной крепи с основной кровлей; $V_{кр}$ - критическая скорость просядок крепи, V_ϕ - фактическая скорость просядок крепи.

Порог критических скоростей деформации системы крепь – породы $V_{кр}$, обусловленный главным образом пропускной способностью и быстродействием предохранительных устройств гидростоек, с одной стороны, и их прочностными характеристиками с другой.

Второй вид адаптивности предложено оценивать коэффициентом контактной адаптивности механизированной крепи с породами непосредственной кровли [111]:

$$A_k = \frac{K}{E} \quad (1.11)$$

где K –сопротивляемость крепи вывалообразованиям, E – склонность крепи к вывалам.

В технической литературе принято делить непосредственные кровли на неустойчивые, среднеустойчивые и устойчивые или характеризовать их уровнем *склонности к вывалам* (E):

$$E = \frac{S_g}{S_{кр}} \quad (1.12)$$

где E - склонность кровли к вывалам; S_g - площадь вывалов; $S_{кр}$ - площадь обнаженной кровли.

Причем стоит отметить, что показатели E , K являются многофакторными. Склонность к вывалам (E) зависит от механических характеристик и особенностей строения (слоистость, трещиноватость и т.д.) непосредственной кровли, а особенно ее нижних слоев, а также от таких горно-геологических и горнотехнических параметров, как глубина разработки, мощность, угол падения и т. д. Сопротивляемость крепи вывалообразованиям (K), т.е. способность не допускать развитие вывалов, зависит от сопротивления крепи, скорости просядок крепи, величины некрепленной полосы у забоя, степени затяжки кровли, относительной скорости крепления, отставания крепления от выемки и т. д.

Третий вид адаптивности направлен на достижение оптимального управления положением крепи в пространстве, и условно авторами [111] разделяется на две проблемы:

1. Синтез структуры крепи на этапе его проектирования для конкретных условий, заданных параметрами со стохастической неопределенностью.

Иными словами, следует добиваться такой траектории движения механизированной крепи, когда ошибки её положения в контурах пласта и столба минимальны. Дополнительные затраты времени на технологические операции по управлению отсутствуют (совмещены с операцией передвижки).

2. Определение возможности (экономической целесообразности) использования механизированной крепи конкретной структуры в конкретных условиях.

Вторая проблема определяет главное требование, предъявляемое вычислительному комплексу. Она заключается в определении среднего значения критерия качества функционирования системы и ее подсистем в конкретных горно-геологических и горнотехнических условиях с последующим сравнением с допустимым значением этого критерия. Речь идет о том, чтобы оперативно контролировать соответствие разрешающей способности управляющей системы уровню стохастических «шумов» на входе по состоянию выхода.

1.5.1 Динамическая адаптивность секции механизированной крепи

В работе В.И. Клишина [45] рассмотрены аварийные устройства, которые позволяют увеличить просадки кровли в выработанном пространстве. Необходимость создания таких устройств объясняется тем, что предохранительные клапаны выполняют свою функцию только при статическом нагружении и не предназначены для условий динамического нагружения. Автором [45] предложена следующая классификация известных технических решений по принципу срабатывания:

1. Срабатывающие от повышения давления (клапанные, золотниковые, мембранные);

2. Демпфирующие (механические, пневматические, гидравлические, гидропневматические);
3. Работающие по принципу пластического элемента (срезные, золотниковые, клапанные);
4. Инерционные, срабатывающие от действия динамических нагрузок (автономные, внутрислоежные).

Первые аварийные устройства выполнялись на основе предохранительных клапанов с тем отличием, что они имели большую расходную характеристику. При этом, несмотря на увеличенную расходную характеристику, подобные устройства обладают большой инерционностью, что не позволяет снизить пиковое давление, которое возникает, как правило, при передвижке СМК во время увеличения консоли кровли за счет переноса ее точки опоры на угольный пласт. Гидравлические демпфирующие устройства с различными заполнителями, соединенные с поршневой полостью гидростойки, снижают её жесткость, увеличивают просадку в режиме нарастающего сопротивления, и, следовательно, затрудняют быстрый выход крепи на номинальное сопротивление, чем снижают эффективность поддержания кровли [111].

Например, устройство 1КС описанное в работе [59] Э.М. Матарадзе и А.М. Рагутским, с повышенной расходной характеристикой $Q = 1800$ л/мин, предназначен для снижения пиковых давлений рабочей жидкости в гидростойке. Как показали результаты исследований, увеличение пропускной способности защитного устройства позволяет получить положительный эффект, заключающийся в существенном уменьшении продолжительности действия сверхноминальных давлений и величины импульса усилий, воспринимаемых гидростойкой, что повышает срок службы крепи в условиях многократных динамических воздействиях. Однако увеличение пропускной способности, как было сказано выше, не позволяет снизить величину пикового давления при высокоскоростном динамическом нагружении.

Также представляют интерес разработки ИГД СО РАН [39] позволяющие эффективно погасить первоначальное действие ударной нагрузки и обеспечить плавный рост давления в поршневой полости в первоначальный момент динамического нагружения и тем самым выиграть время на вступление в работу ПК. Один вариант устройства показан на рисунке 1.20.

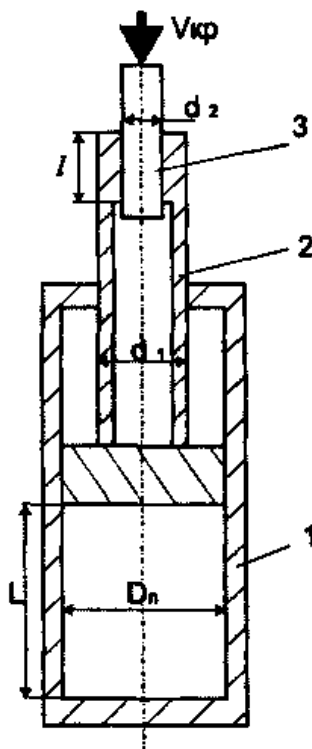


Рисунок 1.20 – Принципиальная схема механического устройства защиты гидростоек СМК от динамических перегрузок

На рисунке 1.20 обозначено: 1- гидростойка, 2 – полый охватывающий элемент штока; 3 – пуансон.

Устройство (рисунок 1.20) устанавливается на опорной части гидростойки, со стороны действия динамического нагружения ($V_{кр}$). Также стоит отметить, что устройство не имеет гидравлической связи с поршневой полостью гидростойки. Причем верхняя часть гидростойки через пуансон имеет жесткий контакт с верхняком и через него с кровлей, нижняя - жесткий контакт с почвой через основание крепи, в гидростойке отсутствует ПК. Предусматривается совместное применение указанного механического устройства совместно с ПК при защите гидростойки при любых параметрах нагружения.

Другой вариант устройства защиты гидростойки срабатывающие от импульса динамического нагружения – безынерционные устройства. Один из вариантов таких устройств представлен на рисунке 1.21.

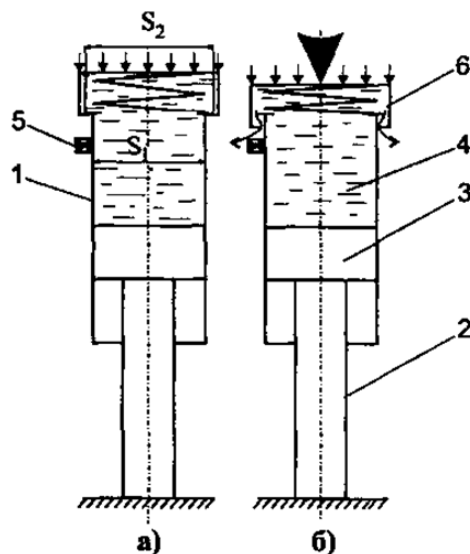


Рисунок 1.21 – Принципиальная схема безынерционного устройства защиты гидростойки СМК от динамических перегрузок

На рисунке 1.21 обозначено: 1 – цилиндр гидростойки, 2 – шток; 3 – поршень; 4 – поршневая полость; 5 – предохранительный клапан; 6 – подпружиненная опора.

Причем полость торцевой части узла S_2 контактирующего с рабочей средой, равна площади поршня S_1 . Выбираются различные соотношения площадей. Используя давление рабочей среды что повышает надежность и эффективность работы гидростойки как в статическом, так и в динамическом режимах нагружения, а также и временную стабильность ее работы.

Позволяет реализовать эффект инерции подвижного элемента (его зависание при ударе) для быстрого и достаточного снижения давления в поршневой полости, в то время как в известных аварийных клапанах инерционность их подвижных запирающих частей вызывает задержку открытия.

Это не плавное опускание, так как время действия короткое. Основное время работы – медленно изменяющиеся процессы, которые и исследуются в дальнейшем в моей работе.

Как видно из анализа существующих аварийных устройств, предназначенных для защиты гидростоек от динамического нагружения, данные устройства позволяют незначительно снизить негативное влияние пиковых забросов давления, однако вследствие их инерционности не позволяют решить данную проблему в целом.

Далее необходимо рассмотреть контактную и кинематическую адаптивности секции механизированной крепи.

1.5.2 Контактная адаптивность секции механизированной крепи

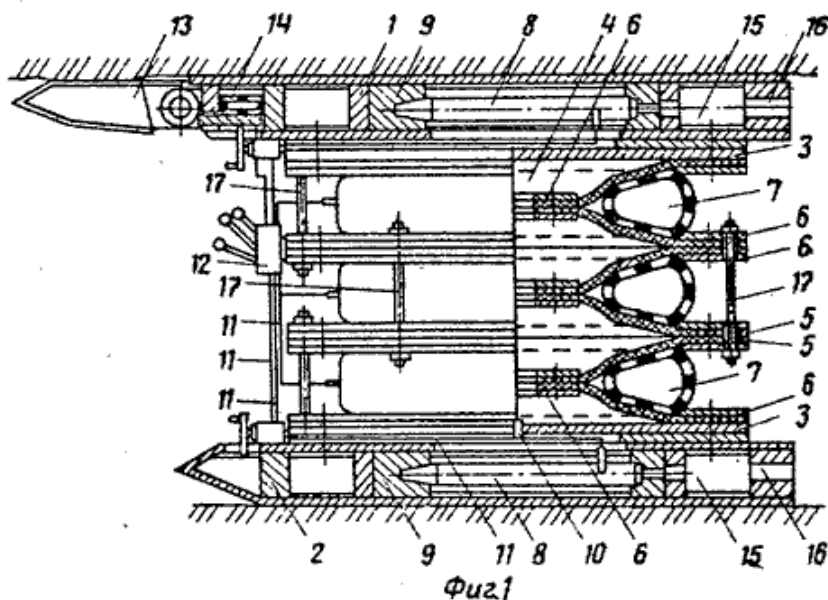
К видам контактной адаптивности следует относить устройства, позволяющие увеличить площадь контакта, поддерживаемую СМК с кровлей и улучшить прилегание перекрытия к породам кровли. Эти устройства подробно описаны в технической литературе [1 – 7; 51; 60; 88; 92; 115]. Все устройства этой группы для удобства анализа следует разделить на четыре большие группы:

1. Различные виды и типы козырьков;
2. Пневмобаллонные крепи;
3. Применение мягких оболочек;
4. Безразгрузочные крепи.

Известны различные варианты пневмобаллонной крепи [1; 2; 5; 7]. Один из типов устройств, позволяющих увеличить эффективную площадь контакта и тем самым повысить адаптивные свойства СМК, является разработка В.С. Рахутиным и Э.А. Федоренко [92], представляющая собой различные варианты применения мягких оболочек из резинокорда, изготовленные методом вулканизации.

Изобретение [1] интересно тем, что оно улучшает приспособляемость (адаптивность) крепи к неровностям почвы и кровли за счет того, что нижняя и верхняя опоры соединены между собой сифоном, выполненным в виде резинокордовых диафрагм (рисунок 1.22). Причем резинокордовые диафрагмы прогиба-

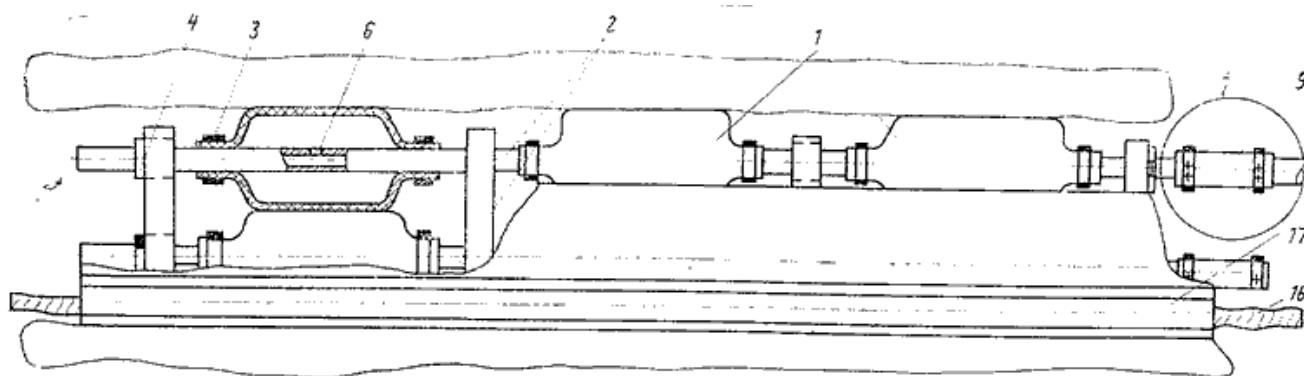
ются и сжимаются между оболочками. После начального распора верхняя и нижняя опоры устанавливаются относительно друг друга под любым углом из-за отсутствия жесткой связи. Угол при этом определяется величиной неровностей почвы и кровли пласта.



где: 1, 2 – верхняя и нижняя опоры; 3 - прокладка; 4 – сильфон; 5 – резинокордовая диафрагма; 6 – металлическое кольцо; 7 – тороидальные пневматические оболочки; 8 – пневмодвижитель; 9 – поворотная обойма; 10 – штуцер; 11 – трубопроводы; 12 – пульт управления; 13 – козырек; 14 – пневматический баллон; 15 каналы; 16 камеры; 17 – стержни.

Рисунок 1.22 - Пневмобаллонная крепь

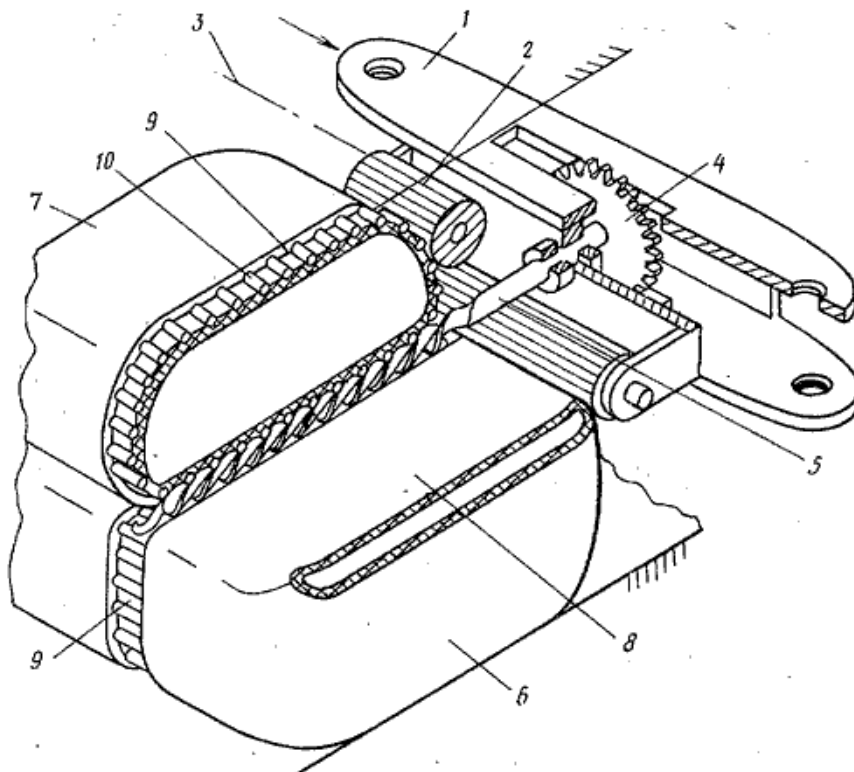
Представленная на рисунке 1.23 шахтная механизированная крепь благодаря соединению отдельных секций с помощью шарнирных муфт и гибкого базового каната [7], имеет возможность изгибаться при изменении гипсометрии пласта.



где: 4 – плавающий подшипник, 3 – хомут; 6 – полое отверстие; 2 – ось; 1 – пневмобаллон; 9 – шарнирная муфта; 16 – базовый канат; 17 – направляющая.

Рисунок 1.23 - Секция безразгрузочной крепи

Один из вариантов безразгрузочных крепей представлен на рисунке 1.24 [4].



где: 1 – базовая балка, 2 – направляющие ролики; 3 – передвижник с приводной цепью; 4 – колесо (звездочка); 5 – тяговый элемент-винт; 6 – пневмобаллон в виде цилиндрического тора; 7 – периферийные части поверхности тора; 8 – средняя часть поверхности тора; 9 – дно замкнутого бесконечного желоба; 10 – износостойкие элементы.

Рисунок 1.24 - Секция безразгрузочной крепи

Следует отметить что в настоящее время козырьки СМК различных видов и типов нашли широкое применение в практике. Конструкции пневмобаллонных крепей различных вариантов исполнения практически не нашли своего применения на шахтах РФ, также, как и применение мягких оболочек, описанных в работе [115]. Варианты безразгрузочных крепей как таковые на настоящий момент не созданы, вопрос с передвижкой СМК как правило решается увеличением подпора при передвижке в схемах с активным подпором.

1.5.3 Кинематическая адаптивность секции механизированной крепи

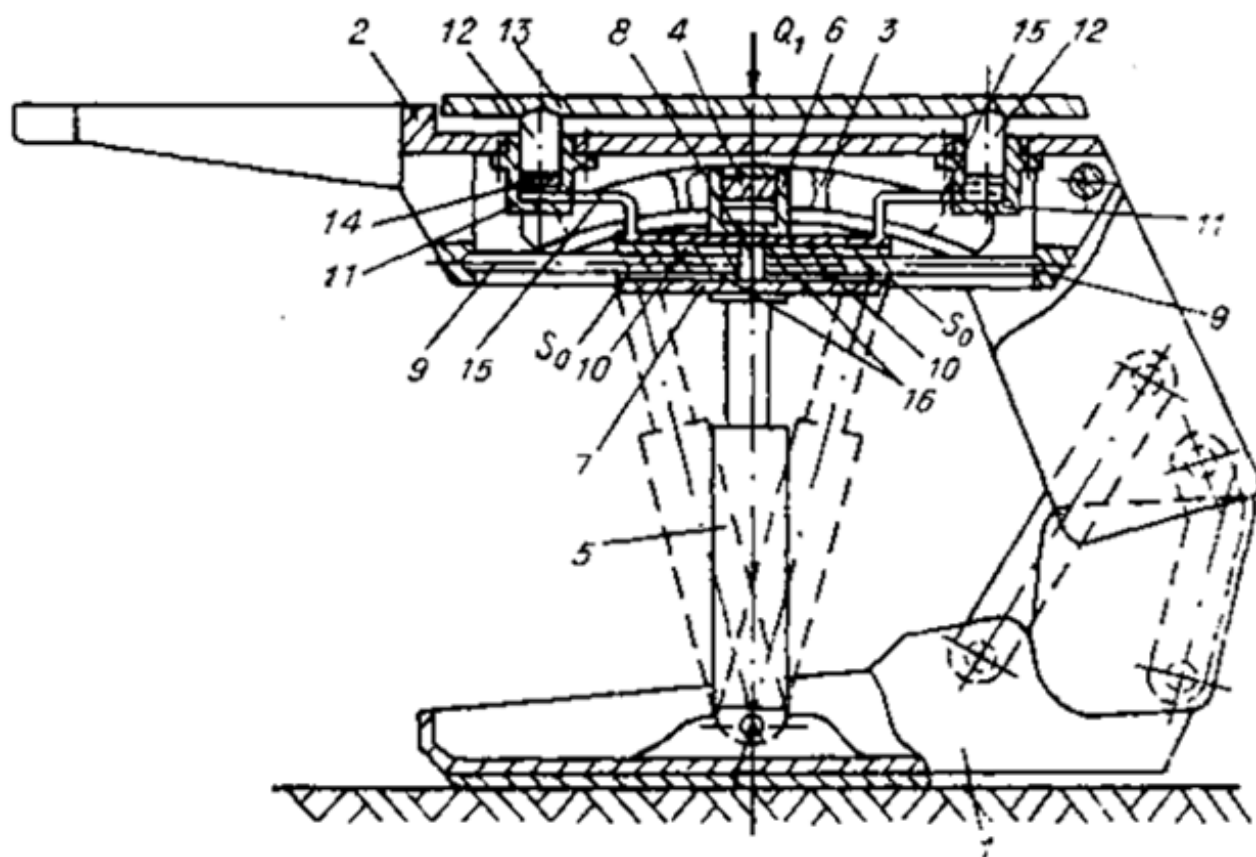
Кинематическая адаптивность, заключающаяся в оптимизации взаимного положения кинематических элементов секции крепи в пространстве очистного забоя при изменяющемся характере процесса конвергенции боковых пород, зависит от большого количества факторов и решается поиском наиболее удачных кинематических схем и совершенствованием конструкции секций механизированной крепи для различных горно-геологических условий [111].

В работе [45] В.И. Клишин рассматривает способы изменения места приложения суммарной силы горного давления, или другими словами, адаптацию силового воздействия крепи к внешним нагрузкам. В начале работы автор анализирует существующие способы управления горным давлением, которые описаны в технической литературе [62; 65; 122; 125], а затем предлагает свой способ, обеспечивающий адаптацию силового взаимодействия крепи к внешним нагрузкам. К способам управления горным давлением с помощью секций механизированной крепи относятся:

1. Активное управление начальным распором забойных и завальных гидростоек путем специальной настройки предохранительных клапанов.
2. Использование угловых домкратов для регулирования усилия отпора породам кровли.
3. Система обеспечения постоянного усилия распора крепи во всем диапазоне ее раздвижности, т.е. равнонагруженная конструкция СМК предложенная специалистами института «Бергбау-Форшунг». Для чего обеспечивается регулирование давления в гидравлических стойках с помощью управляющего предохранительного клапана в зависимости от их раздвижности.
4. Оснащение СМК корректирующим устройством с силовыми элементами и датчиком определения местоположения равнодействующей усилия внешней нагрузки.

В.И. Клишин в работе [45] рассматривает конструктивную схему однорядной СМК, адаптивной к внешним нагрузкам (рисунок 1.25). Данная схема позволяет,

не меняя силовых характеристик крепи, резко увеличить ее энергетические параметры – работу и мощность, а также улучшить процесс взаимодействия крепи с кровлей, за счет изменения точки приложения нагрузки по кровле.



где: 1 – основание; 2 – перекрытие; 3 – направляющие; 4 – ползуны; 5 – гидростойки; 6 – двухсторонняя вилка; 7 – корпус корректирующего цилиндра; 8 – поршень; 9 – шток поршня; 10 – пружины; 11 – датчики; 12 – плунжер; 13 – опорная плита; 14 - поршневые полости датчиков; 15 – трубопроводы; 16 – штоковые полости корректирующего гидроцилиндра.

Рисунок 1.25 - Адаптивная к внешним нагрузкам СМК

В целом стоит отметить значительный прогресс в развитии конструкций СМК с момента создания по настоящее время. Однако стоит отметить что значительное число разработанных технических и конструктивных схем секций крепей не находят своего применения в практике.

Выводы:

1. Приведенный обзор показывает, что в настоящее время наблюдается замедление темпов роста производительности очистных механизированных комплексов, связанное в первую очередь со слабой адаптивностью комплексов при работе в неблагоприятных горно-геологических условиях.

2. Установлено, что наибольшее влияние на стабильность работы очистного механизированного комплекса влияет рациональное сопротивление секции, механизированной крепи в процессе управления горным давлением для системы «механизированная крепь-кровля».

3. Установлено, что в известных научных трудах процесс адаптивности при медленно изменяющихся силовых воздействиях пород кровли освещен слабо и малоизучен.

Цель и задачи исследования:

Целью исследования является установление закономерностей процесса циклического силового взаимодействия гидростоек секций механизированных крепей с опускающимися породами кровли в комплексно-механизированных очистных забоях угольных шахт для научного обоснования структуры, параметров и режимов работы секции механизированной крепи, адаптированной к изменяющимся силовым воздействиям кровли, что способствует снижению статического и динамического топтания кровли и повышению устойчивости работы очистных механизированных комплексов в изменяющихся по мере отработки выемочных столбов горно-геологических условиях.

В связи с этим для достижения поставленной в работе цели необходимо решить следующие задачи:

1. Анализ особенностей этапов развития СМК и их влияние на режимы добычи угля в КМОЗ.

2. Обоснование деформационно-силовой характеристики гидростоек секций механизированной крепи.

3. Обоснование структуры и параметров блока безимпульсного регулирования сопротивления гидростоек секции механизированной крепи опусканию пород непосредственной кровли.

4. Разработка методики выбора параметров блока безимпульсного регулирования сопротивления гидростоек секции крепи опусканию пород кровли.

5. Разработка методики проведения экспериментальных исследований блока безимпульсного регулирования сопротивления гидростойки секции крепи опусканию пород непосредственной кровли.

ГЛАВА 2 ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЕМ ГИДРОСТОЕК СЕКЦИИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ КРЕПИ МЕДЛЕННОМУ ОПУСКАНИЮ ПОРОД НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ КРОВЛИ

2.1 Особенности объекта исследования

Как было отмечено в первой главе одним из актуальных направлений дальнейшего повышения устойчивости режимов работы и совершенствования ОМК, применяемых для добычи угля длинными забоями на пластах средней мощности, является развитие и совершенствование секций механизированных крепей, развитие их адаптивности к изменяемым ГГУ.

Для обоснования параметров и режима работы секции крепи необходимо провести исследование процесса циклического взаимодействия крепи и пород кровли в КМОЗ и найти пути снижения негативных эффектов, в том числе снижения статического и динамического «топтания» кровли. Как отмечал в своем исследовании И.В. Антипов [16, стр. 16] под статическим «топтанием» кровли понимается состояние, когда: «...система «крепь - породный массив» не приходит в состояние равновесия даже при отсутствии внешних воздействий, каким является перемещение крепи. В процессе передвижки крепи наблюдается динамическое «топтание кровли», обусловленное снятием распора при перемещении секции механизированной крепи к забою, которое также отрицательно воздействует на нижний слой пород кровли».

Объектом исследования является процесс циклического взаимодействия гидростоек линейных секций механизированной крепи с медленно (безударно) опускающимися породами непосредственной кровли в комплексно механизированном очистном забое, по мере отработки выемочных столбов, характеризующихся переменными горно-геологическими условиями. На характер циклического взаимодействия гидростоек СМК с породами кровли и почвы горных выработок и на значения его параметров оказывают влияние: внешние и внутренние факторы,

особенности предмета исследования, к которым можно отнести регулируемые параметры и степень влияния на процесс оператора механизированного комплекса.

Для дальнейшего анализа вышеуказанных факторов, обратимся к обобщенной структурной модели объекта исследования (рисунок 2.1).

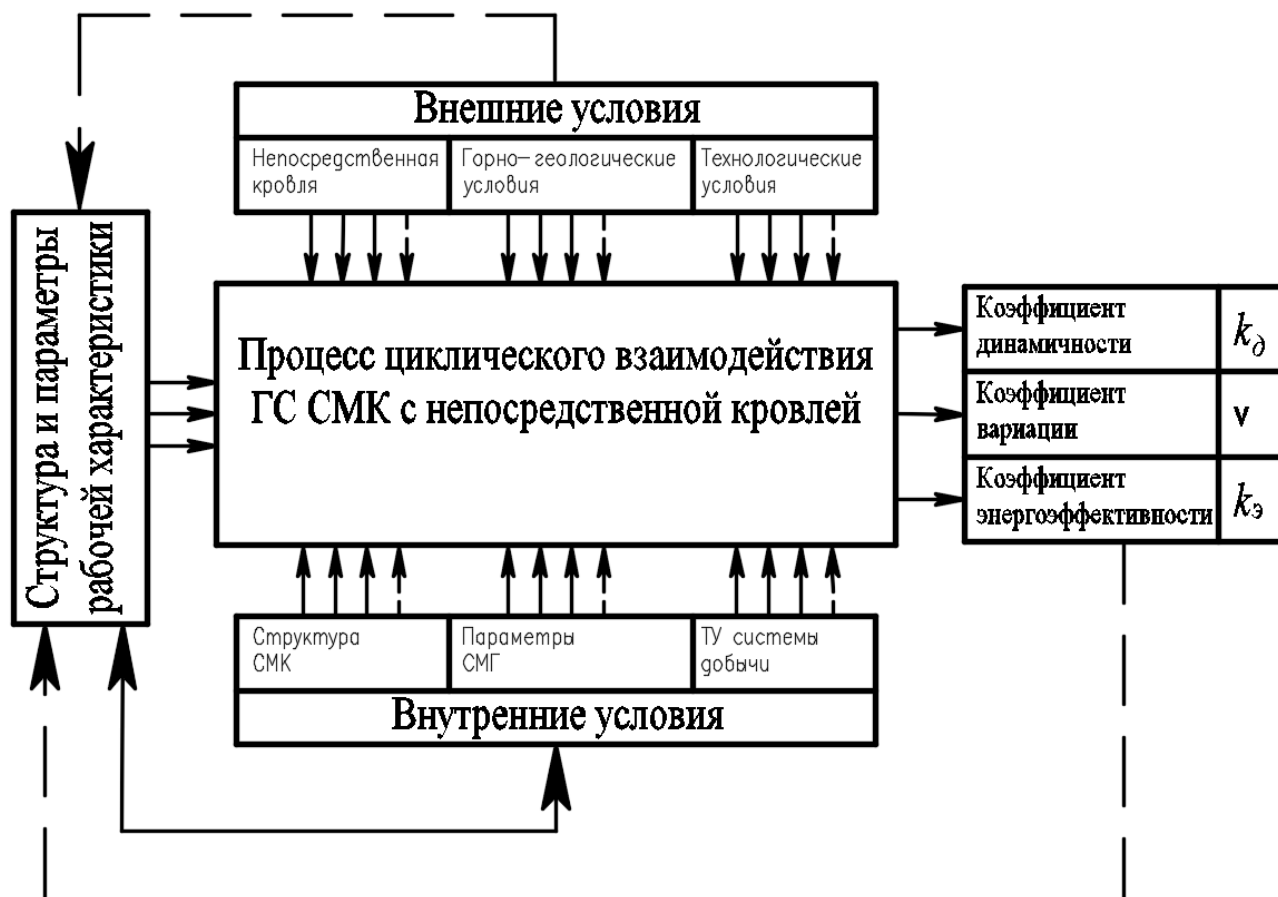


Рисунок 2.1 - Структурная модель объекта исследования

Внешние условия представлены значениями параметров, характеризующих условия функционирования СМК: характеристику пород кровли и почвы, технологические условия отработки, газодинамические условия, проявления горного давления. Горное давление проявляется: в виде несимметричной конвергенции боковых пород или прогиба, растрескивания и обрушения горных пород, стреляния, вывалов бортов выработок, пучения почвы, горных ударов пр. Проявление горного давления и устойчивость очистных выработок в значительной степени зависит от плотностных, водно-физических, прочностных и деформационных свойств пород.

При этом свойства горных пород обуславливаются их составом и строением. Вопросы горно-геологических условий на угольных шахтах при отработке длинными столбами подробно рассмотрены в следующих работах И.Л. Абрамовым, К.Ю. Алексеевым, И.В. Антиповым, В.Я. Афанасьевым, А.П. Стариковым и др. [8; 14; 16; 18; 20; 21; 29; 40; 67; 80; 86; 90; 91; 106; 110; 112; 113; 122].

Внешние условия условно следует разделить на три группы:

1. Непосредственная кровля.

Наиболее полно факторы этой группы отражены в типизации кровли и почвы приведенной в главе 1. К наиболее значимым параметрам относятся: степень трещиноватости, степень слоистости, крепость пород кровли и почвы, мощность непосредственной кровли, основной кровли, плотность различных слоев кровли и т.д. Наиболее полно факторы этой группы отражены в типизации кровли и почвы приведенной в главе 1. Для дальнейшего рассмотрения принимаем во внимание: по степени трещиноватости – слабо и средне-трещиноватые; по слоистости – средне- и крупнослоистые породы.

2. Горно-геологические условия.

На основании данных геологоразведки залегания угольного пласта, таких как вертикальные геологические разрезы и гипсометрические планы, которые отражают сложность геологического строения шахтного поля, выбирается способ отработки пласта. Чем точнее будут полученные данные, тем больше вероятность эффективной работы комплексов. К наиболее важным технологическим параметрам, влияющим на выбор комплекса, относятся мощность и угол падения пласта. Наиболее перспективными в настоящее время с точки зрения добычи являются высоко-технологические пологие пласты (угол падения до 18°), средней мощности (1,21 - 3,5 м).

Среди газодинамических явлений наибольшую опасность представляют внезапные выбросы угля и газа, породы и газа, выбросы газа с разрушением вмещающих пород и с разрушением почвы выработки, внезапные выдавливания угля с повышенным газовыделением, суфляры, прорывы газа из зон тектонических наруше-

ний. По данным наблюдений 1943-2006 гг. в России зарегистрировано 934 газодинамических явления в шахтах, в том числе в Кузнецком бассейне – 195 внезапных выбросов угля и газа [8].

3. Технологические условия.

К технологическим условиям также относятся: система разработки, выбираемая в зависимости от ГГУ, длина лавы, способ управления кровлей, вид штреков, вид применяемой техники, регулирование системы потоков угля, длительность цикла $T_{ц}$, скорость подачи, структура комплекса (комбайновый или струговый), скорость подачи. схема передвижки секций (групповая, последовательная и т.д.).

Определяется организация ведения очистных работ в зависимости от типа применяемого оборудования. Выбирается режим работы каждой машины, входящей в комплекс (в течении календарных сроков, за сутки, смену). Технологические условия функционирования машин, входящих в комплекс. Расположение секций относительно забоя в исходном положении, схема передвижения секций и зарубки комбайна, время выполнения операций.

Внутренние условия представлены значениями параметров, характеризующих структуру и параметры машин и оборудования входящих в состав ОМК в целом – выемочная машина (комбайн или струг), СМК, доставочная машина (конвейер). Общий вид комплекса приведен на рисунках 1.1 и 1.15. При этом параметры машин подробно рассмотрены в следующих работах [9; 13; 15; 17; 18; 20; 27; 28; 37; 38; 42; 50; 51; 61; 62; 64-66; 69; 70; 72; 73; 81; 84; 93; 100; 107; 109; 116; 118].

Условно внутренние условия можно разделить на три группы:

1. Структура секции механизированной крепи.

Структура СМК входит в структуру средств комплексной механизации ОМК. А ОМК в свою очередь различаются по типу выемочной машины: струг, комбайн, агрегат. Выбор машины по производителю: секции «Joy», машины компании «DBT GmbH», группа «Famur» с секциями «Glinik», ООО "Юргинский машзавод" и т.д. Уровень средств автоматизации, диагностики, контроля в применяемых комплексах. Схемные решения СМК по типу секции: поддерживающая,

оградительная, поддерживающе-оградительная или оградительно-поддерживающая. Масса секции крепи и тип применяемого оборудования.

2. Параметры секции механизированной крепи.

Типоразмер секции крепи, количество стоек, рабочее сопротивление, степень затяжки кровли.

Гидросистема секции механизированной крепи. Тип применяемого насосного оборудования, протяженность гидромагистралей, тип рабочей жидкости.

Система управления. Тип системы управления включающий различные золотниковые гидрораспределители и систему их управления, ручную и автоматическую с различным программным обеспечением.

3. Технологические условия системы добычи угля

Технология работы КМОЗ. Технологические условия функционирования машин, входящих в комплекс. Расположение секций относительно забоя в исходном положении, схема передвижения секций и зарубки комбайна, время выполнения операций. Определяется организация ведения очистных работ в зависимости от типа применяемого оборудования. Выбирается режим работы каждой машины, входящей в комплекс (в течении календарных сроков, за сутки, смену).

Структура и параметры рабочей характеристики

В технической литературе есть устоявшееся определение рабочей характеристики [88; 113; 114], которое сводится к тому характеристика отражает характер изменения сопротивления ее гидростоек опусканию породы кровли в зависимости от ее податливости. Однако стоит отметить что при операциях передвижки при снятии распора, давление в поршневой полости ГС не является определяющим, а соответственно нельзя говорить о смысловой нагрузке данной характеристики. При передвижке СМК, определяющим является давление в поршневой полости гидродомкрата передвижки. Для устранения указанного недостатка предлагается ввести уточненное определение рабочей характеристики.

Рабочая характеристика - комплексная характеристика, состоящая из характеристик: регулирования сопротивления, принудительного распора, процесса передвижки крепи, нарастающего сопротивления, в зависимости от выполнения

функций крепления выработанного пространства в лаве, управления горным давлением и ограждения рабочего, пространства очистного забоя от проникновения в него обрушенных пород кровли, обеспечения передвижения к забою конвейера и комбайна.

Причем зону нарастающего сопротивления и регулирования в режиме «равного» сопротивления далее будем рассматривать как деформационно-силовую характеристику.

К структуре и параметрам рабочей характеристики относятся параметры режимов работы секции крепи, определяемые рабочей характеристикой ее гидростоек. Величина следующих параметров, выбираемых исходя из ГГУ: величина начального распора, давление настройки предохранительных клапанов, давление подпора при передвижке, способ передвижки.

Результирующие оценочные показатели и параметры

Это как правило дифференциальные и интегральные показатели, отражающие в конечном итоге эффективность работы как отдельных машин, входящих в комплекс, так и функционирование всего комплекса в целом. Основным из показателей работы ОМК является суточная производительность. А отклонение суточной производительности можно оценить показателями – дисперсия, среднеквадратичное отклонение, коэффициент вариации. Также для оценки эффективности использования энергии предлагается применить коэффициент энергоэффективности. Данными показателями будем оперировать при анализе процесса взаимодействия гидростоек СМК с опускающимися породами непосредственной кровли.

На основании рассмотрения структурной модели процесса циклического взаимодействия ГС СМК с непосредственной кровлей в КМОЗ выделены следующие особенности объекта исследования:

1. Процесс содержит детерминированные составляющие и случайные в следствии чего процесс, является не просто сложным, а комплексным.
2. Каждая из составляющих процесса является многофакторной.
3. Процесс является циклическим.

Это обусловлено физико-механическими свойствами горных пород, взаимодействующих с секцией крепи в КМОЗ, а также конструктивными особенностями гидростойки СМК, как **предмета исследования**.

Исходя из особенностей объекта исследования для получения адекватных результатов в соответствии с поставленной целью с учетом влияния внутренних и внешних факторов, принят комплексный метод исследований, включающий анализ и обобщение результатов известных теоретических исследований и производственного опыта эксплуатации секций механизированных крепей очистных комплексов, синтез новых схемных и конструктивных технических решений секции механизированной крепи, с сохранением физической сущности объекта и предмета исследования, конструктивных, динамических особенностей предмета исследования.

Для достижения поставленной цели исследования необходимо решить следующие задачи:

- обосновать способ регулирования, структуру и параметры рабочей характеристики секции механизированной крепи;
- обосновать гидросхему блока безымпulseного регулирования сопротивления секции механизированной крепи;
- рассмотреть энергетический баланс процесса взаимодействия секции механизированной крепи с кровлей в очистном забое;
- оценить возможности по рекуперации части энергии горного давления в процессе регулирования сопротивления гидростоек в процессе опускания непосредственной кровли.

2.2 Обоснование способа регулирования, структуры и параметров рабочей характеристики секции механизированной крепи

2.2.1 Анализ существующей рабочей характеристики гидростойки

По мнению ряда авторов, в настоящее время в КМОЗ применяются секции крепи 3-го поколения, ведутся разработки крепей нового технического уровня [16; 74]. Секции механизированных крепей прошли, огромный путь развития от момента создания в начале шестидесятых годов 20 века до настоящего времени и продолжают активно развиваться [15; 55; 72; 74; 82; 83; 95; 96; 101; 113; 118; 122; 125]. Однако, несмотря на широкое применение автоматических систем управления, использования новых материалов в процессе изготовления крепей, характер взаимодействия СМК с породами кровли по-прежнему остается неустойчивым, сопровождается вывалами и просыпями породы в межсекционное пространство.

В технической литературе [51; 113; 114] также встречается понятие работа гидростойки в режиме «равного» сопротивления, что по сути, является неверным. Особенности работы секции механизированной крепи по существующей рабочей характеристике рассмотрены в работах [10; 11; 22; 23; 25; 26; 31], периодические срабатывания ПК, представленные на рисунке 2.3 в соответствии с рабочей характеристикой, более правильно характеризовать как “импульсное” регулирование в режиме управления горным давлением.

Работа в режиме постоянного сопротивления характеризуется статическим “топтанием” кровли, оказывающим негативное влияние на состояние кровли, повышается вероятность вывалами породы непосредственной кровли в межсекционное пространство и интенсификацию процессов трещинообразования и расслоения в породах кровли [16; 119; 120; 121].

В типовой гидросхеме как правило предусматривается два предохранительных клапана. Первый ПК обеспечивает работу в режиме так называемого «посто-

янного» сопротивления (линия *AB*, рисунок 1.19) за счет вытеснения рабочей жидкости из ПГС (рисунок 1.18) через магистраль 7-6-3-1 с перепадом давления поступает в сливную магистраль. Второй ПК настроен на срабатывание при резких забросах давления, возникающих при блоковых обрушениях кровли и за счет большего расхода рабочей жидкости и сброса ее напрямую в забой, ограничивает значения максимальных пиковых давлений в поршневых полостях ГС. Высота гидравлической стойки уменьшается за счет ее гидравлической податливости на величину, определяемую количеством рабочей жидкости, прошедшей из ПГС на слив через ПК. Для контроля давления в ПГС служит индикатор давления (ИД). Как правило, ПК, РК и ИД komponуются в общем корпусе 9, образуя стоечный гидроблок (рисунок 1.18).

Таким образом первый предохранительный клапан при работе выполняет одновременно две функции:

- защиту от горного давления при конвергенции пород кровли и почвы;
- технологическую управления сопротивлением в гидростойке секции механизированной крепи.

Причем недостатком технологической функции, выполняемой ПК, является управление при высоком значении давления выше номинального, что провоцирует развитие трещин и провоцирует вывалообразование, что отражено в технической литературе [28; 51; 72; 76; 102].

В результате рассмотрения типовой рабочей характеристики современных СМК выявлены основные недостатки их режима функционирования в соответствии с рабочей характеристикой:

1. Импульсное регулирование, переменные нагрузки и напряжения в кровле – интенсификация разрушения кровли;
2. Работа в режиме “нарастающего сопротивления”.
3. Предохранительный клапан (ПК) выступает как технологический, поскольку работает в режиме управления горным давлением. ПК работает на предельной характеристике, снижение ресурса.

4. Динамическое и статическое топтание, как следствие вывалы породы провоцирование процесса трещинообразования
5. Потеря энергии при срабатывании ПК, так как в существующих секциях она идет в сливную магистраль или напрямую в забой.
6. Увеличение расхода энергии на поддержание кровли, из-за продолжающего роста металлоемкости крепей.
7. Отсутствие возможности изменения жесткости рабочей характеристики крепи.

Таким образом, вопросам, связанным с выбором параметров рабочей характеристики, а именно величины начального распора, настройки давления срабатывания предохранительного клапана, величины давления подпора при передвижке посвящены работы [28, 118], в которых подробно рассмотрены данные вопросы, в настоящей работе данные вопросы не рассматриваются. Вопросы, связанные с неравномерностями подачи рабочей жидкости от насосной станции СМК, а также вопросы, связанные со снижением инерции работы предохранительных клапанов в настоящей работе не рассматриваются.

Вследствие недостаточного усилия начального распора период выхода стоек на проектное сопротивление значительно удлинялся, в некоторых случаях сопротивление стоек не достигало проектных значений. В этом случае неустойчивые породы кровли, разрушаясь над перекрытиями “растекались” и “обыгрывали” секции [28, с. 34].

Разрушение пород кровли над перекрытием крепи приводит к образованию породной “подушки” на перекрытии [28]. Ее наличие ведет к следующим негативным последствиям:

1. Увеличивает податливость системы “крепь-боковые породы” и уменьшает проседание ГС, а, следовательно, удлиняет период выхода ГС на режим заданной нагрузки.
2. Сужает диапазон применения крепи по мощности пласта.
3. Из-за подушки уменьшается площадь контактирования козырьков, что ухудшает эффективность управления кровлей в лаве.

4. При передвижке породная мелочь сыпается в рабочее пространство лавы, способствует пылеобразованию.

Также следует рассмотреть требования, предъявляемые к крепям нового технического уровня сформулированные в работе [28. с 102]:

- При неустойчивых боковых породах: бесстоечное пространство механизированных крепей комбайновых очистных комплексов должно быть $\leq 1 \div 2$ ширины захвата очистного комбайна;
- Передвижка секций крепи должна осуществляться по “заряженной” схеме вслед за проходом исполнительного органа очистного комбайна;
- Распределение сопротивления секции крепи по ширине лавы должно быть равномерным, что позволит уменьшить общее удельное сопротивление крепей до 200 – 250 кН/м² и их металлоемкость;
- Продолжительность начального распора должна быть гарантированной за счет установки стабилизирующих устройств и обеспечения условий для нормального перемещения горнорабочих по лаве (механизация перемещения людей на тонких пластах);
- Перекрытия секций механизированных крепей должны быть нераздвижными и легкими, а их консольные части – укороченными, например, за счет уменьшения ширины кабелеукладчиков и конвейеров.
- Во втором ряду секции крепи должны быть стойки общим сопротивлением 1000 кН;
- В лавах с труднообрушаемыми кровлями крепи должны соответствовать тем же требованиям, что и при неустойчивых породах, но крепи должны иметь значительную реакцию всех стоек секций, обеспечивающую высокое удельное сопротивление крепи (до 1000 кН/м²).

На основе анализа существующей рабочей характеристики СМК сформулированы, а также с учетом требований, представленных в работе [28], а также недостатки СМК первого поколения [72] рассмотренных в главе 1 сформулированы **требования к рабочей характеристике:**

1. Непрерывное регулирование, которое дает большую вариативность для повышения качества управления горным давлением;
2. Сокращение времени работы ПК, за счет разделения функции защиты и технологической управления режимом работы. Как следствие увеличение надежности ПК при сохранении функции защиты при резких осадках кровли;
3. Работа секции крепи на меньших нагрузках, снижение динамики. Уменьшение разности статических сил при передвижке, которое возможно достигнуть либо изменением конструкции СМК, либо изменением режима работы;
4. Возможность поддержания кровли при существующих параметрах секции за счет большей вариативности режима управления горным давлением;
5. Непрерывное управление сопротивлением секции механизированной крепи должно быть безимпульсное.

Таким образом наметились два пути устранения негативных эффектов статического и динамического «топтания» кровли. Первый путь — это изменение гидравлической системы секции механизированной крепи. Второй путь — это изменение структуры секции механизированной крепи. Изменение структуры СМК мы рассмотрим подробно в параграфе 2.4.

Далее рассмотрим рабочую характеристику СМК с гидравлической схемой, представленной в приложение А, с учетом особенностей гидросистемы, приведенных в параграфе 1.4.

2.2.2 Обоснование структуры и параметров деформационно-силовой характеристики гидростойки

В первую очередь в исследовании решался вопрос снижения эффекта статического «топтанья» кровли. Сотрудниками кафедры машиностроения Санкт-Петербургского горного университета с участием автора были разработаны две гидросхемы (приложение А, Б), на которые получены патенты [77, 78]. Рассмотрим деформационно-силовую характеристику гидростойки секции (рисунок 2.2), механизированной крепи работающей по гидравлической схеме, представленной в указанных приложениях.

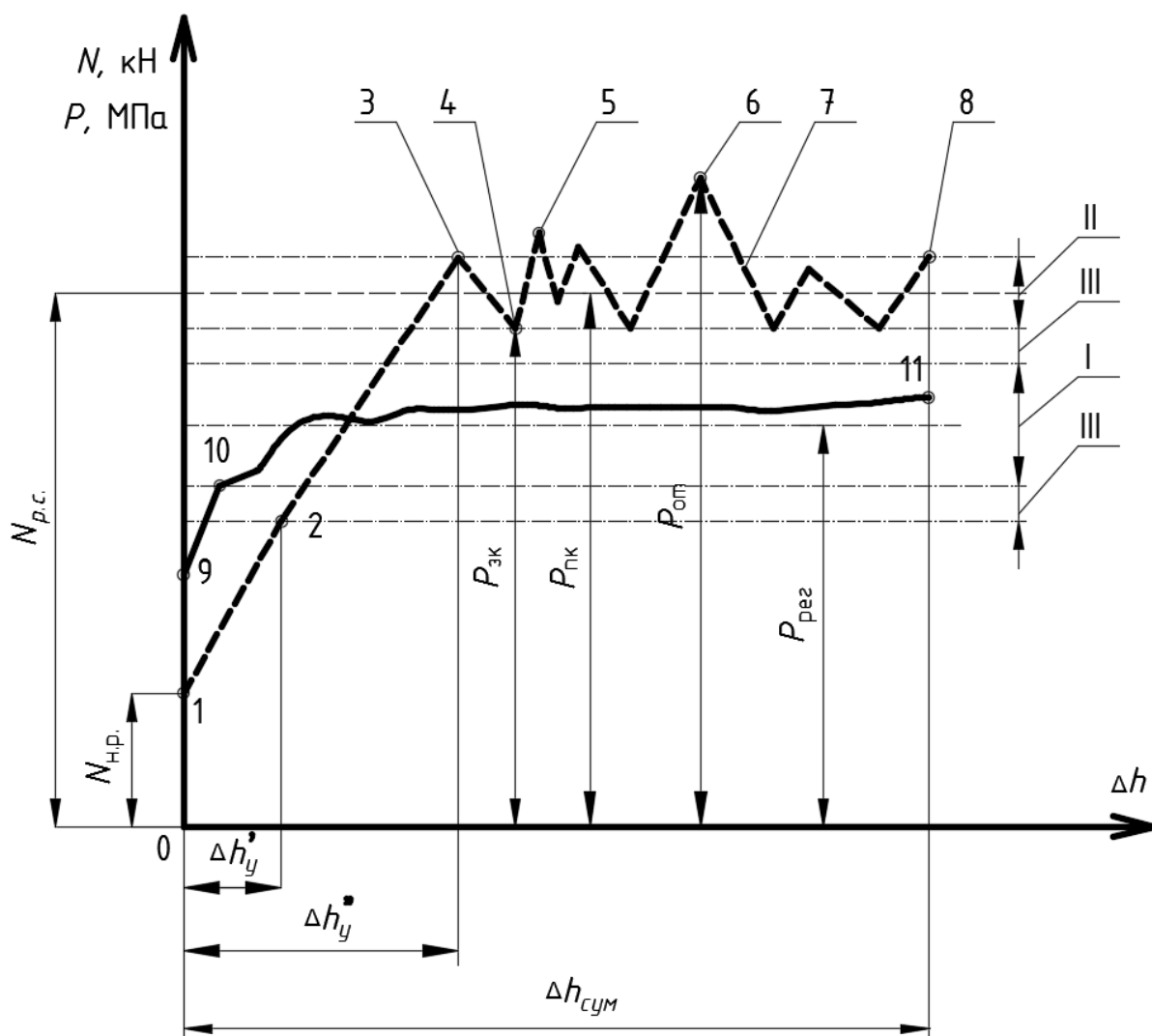


Рисунок 2.2 - Деформационно-силовая характеристика гидростойки секции крепи

Характерные точки и обозначения, представленные на рисунке 2.2:

1-8 – деформационно-силовая характеристика существующих ГС; 9-11 – предлагаемая деформационно-силовая характеристика; 3-8 – открытие и закрытие ПК; $P_{зк}$, $P_{от}$, $P_{пк}$, $P_{рег}$ – давления открытия и закрытия ПК, давление настройки ПК, давление регулирования блока ББРС; $\Delta h'_y$, $\Delta h''_y$ – упругие деформации; $\Delta h_{сум}$ – суммарная деформация гидростойки; $N_{н.р.}$ – усилие начального распора; $N_{р.с.}$ – усилие равного сопротивления.

Блок безимпульсного регулирования сопротивления (ББРС) секции механизированной крепи, представляет гидротрансформатор и регулируемый дроссель с обратными клапанами, более подробно гидравлическая схема и принцип работы будет рассмотрен в параграфе 2.3.

Уровень настройки ПК ($P_{пк}$) определяется минимально допустимым значением по критерию прочности непосредственной кровли исходя из сохранения ее целостности, или по критерию прочности конструкции СМК. Технологическая функция реализует новый способ безимпульсного непрерывного управления сопротивлением гидростойки секции крепи с помощью блока безимпульсного регулирования сопротивления (ББРС).

При этом устанавливаются ограничения по нижней и верхней границе давлениями $P_{р.н}$ и $P_{р.в}$.

$$P_{р.н} = P_n + K_n \cdot P_n = P_n \cdot (1 + K_n) \quad (2.1)$$

где K_n – коэффициент запаса устойчивости для нижней границы зоны регулирования.

Верхний уровень диапазона регулирования выбирается ниже установленного давления срабатывания предохранительного клапана ($P_{пк}$):

$$P_{р.в} = P_{пк} - K_v \cdot P_{пк} = P_{пк} \cdot (1 - K_v) \quad (2.2)$$

где K_v – коэффициент запаса устойчивости для верхней границы зоны регулирования.

Значения коэффициентов K_n и K_e выбираются в зависимости от класса кровли, типа секции механизированной крепи и принятых диапазонов давлений разделительных зон.

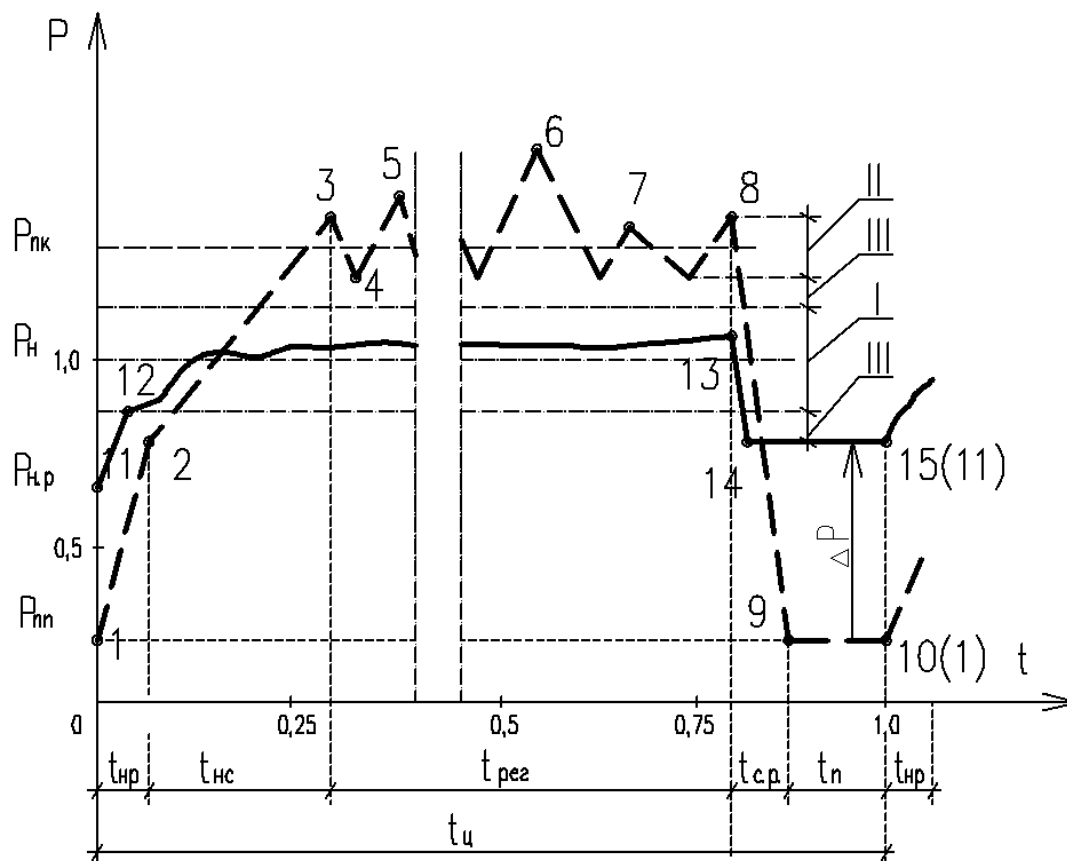
К особенностям данного технического решения относятся:

1. Безимпульсное плавное управление рабочим сопротивлением гидростоек секций механизированных крепей очистного механизированного комплекса без динамических воздействий на хрупкие породы непосредственной кровли;
2. Разделение функций предохранительного клапана, на технологическую и защитную функции;
3. Выделение зоны регулирования, работа в которой не пересекается с другими функциональными значениями.
4. На основе анализа существующей рабочей характеристики предлагается решить вопросы, связанные с устранением негативных явлений статического «топтанья» в следующем порядке:
 - разработать схемное решение гидросистемы ГС СМК, позволяющей снизить или совсем исключить негативные эффекты статического «топтанья» пород непосредственной кровли;
 - разработать способ, позволяющий осуществить полезное использование потенциальной энергии опускающихся пород кровли, реализующееся в гидросистеме СМК.

2.2.3 Сравнение существующей и усовершенствованной рабочей характеристики гидростойки секции крепи

Как было отмечено в п. 2.2.2 одной из особенностей разработанного технического решения является выделение зоны регулирования рабочего сопротивления гидростойки секции механизированной крепи.

Снижение негативного эффекта, так называемого статического «топтанья», которому на графике типовой рабочей характеристики (рисунок 1.19) соответствует линия BC (точки 3-8 рисунок 2.3), осуществляется переходом на регулирование по значениям 12-13 (рисунок 2.3).



Зона I — регулирования сопротивления ($P_{рс}$), зона II — настройки предохранительного клапана (зона защиты), зона III — разделительная, обеспечивающая выход на заданный режим работы.

Рисунок 2.3 - Рабочие характеристики гидростойки СМК.

Характерные точки на рисунке 1: 1-10 — рабочая характеристика существующих крепей; 11-15 — рабочая характеристика крепи с разработанным ББРС; $t_{н.р}$, $t_{н.с}$, $t_{р.с}$, $t_{с.р}$, t_n — длительность выполнения операций цикла; 3...8 — включение и выключение ПК; $P_{н.р}$, $P_{рег}$, $P_{пк}$, $P_{нп}$ — давления операций цикла.

Сравнение параметров существующей рабочей характеристики и разработанной представлено в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Сравнение значений параметров рабочих характеристик

Параметры режимов работы гидростоек СМК	Соотношения параметров рабочих характеристик		
	Типовой	Предлагаемой	В сравнении
Давление подпора при передвижке	$P_{n.nI} = \begin{cases} 0 \\ P_{n.n} \end{cases}$	$P_{n.nII} = \begin{cases} 0 \\ P_{n.n} \\ P_{n.p} \end{cases}$	$\frac{P_{n.p}}{P_{n.nII}} = 1,0$ $\frac{P_{n.nII}}{P_{n.nI}} \gg 1,0$
Приращение давления начального подпора	$\Delta P_{n.pl} = P_{n.p} - P_{n.n}$	$\Delta P_{n.pII} \approx P_{n.p} - P_{n.n}$	$\Delta P_{n.pII} \ll \Delta P_{n.pl}$
Режим нарастающего сопротивления	$\Delta P_{n.cl} \geq P_{n.k} - P_{n.p}$	$\Delta P_{n.cII} \geq P_{pez} - P_{n.p}$	$\Delta P_{n.cII} \ll \Delta P_{n.cl}$
Режим регулирования сопротивления	$\Delta P_{pezI} = \Delta P_{n.kz}$		Динамическое силовое воздействие
		$\Delta P_{pezII} = \Delta P_{pez,pez}$	Статическое силовое воздействие
			$\Delta P_{pezII} \ll \Delta P_{pezI}$
Снятие распора перед передвижкой	$\Delta P_{cpI} = P_{n.k} - P_{n.n}$	$\Delta P_{cpII} = P_{pezII} - P_{n.p}$	$\Delta P_{cpII} \ll \Delta P_{cpI}$

Значения нагрузок на гидростойки СМК изменяются в течение цикла в зависимости от выполняемой операции (начальный распор, нарастающее сопротивление, режим управления сопротивлением, снятие распора, передвижка секции крепи) и характера взаимодействия с кровлей случайным образом в некотором диапазоне, а также зависят от времени выполнения конкретной операции, которое также изменяется от цикла к циклу. В целом режим функционирования СМК относится к повторно-кратковременному или циклическому режиму. Для такого режима величину сопротивления следует оценивать ее средневзвешенным значением, с учетом действия величины сил и времени их действия за цикл, которое более точно отражает его влияние на состояние кровли.

Величина средневзвешенного сопротивления определяется с учетом действия нагрузки за отдельные промежутки времени в течение цикла определяется по формуле

$$F_{\text{св}} = \frac{\overline{F}_{\text{нр}}t_{\text{нр}} + \overline{F}_{\text{нс}}t_{\text{нс}} + \overline{F}_{\text{рег}}t_{\text{рег}} + \overline{F}_{\text{ср}}t_{\text{ср}} + \overline{F}_{\text{пп}}t_{\text{пп}}}{t_{\text{нр}} + t_{\text{нс}} + t_{\text{рег}} + t_{\text{ср}} + t_{\text{пп}}} \quad (2.3)$$

где $\overline{F}_{\text{нр}}$, $\overline{F}_{\text{нс}}$, $\overline{F}_{\text{рег}}$, $\overline{F}_{\text{ср}}$, $\overline{F}_{\text{пп}}$ – осредненные распорные усилия гидростоек за время выполнения операций цикла: начального распора, нарастающего и регулируемого сопротивлений, снятия распора; $t_{\text{нр}}$, $t_{\text{нс}}$, $t_{\text{рег}}$, $t_{\text{ср}}$, $t_{\text{пп}}$ – длительность выполнения операций цикла: начального распора, нарастающего сопротивления, регулируемого сопротивления, снятия распора секции крепи, времени передвижки.

По сравнению с типовой характеристикой соотношения времени по выполняемым операциям цикла (таблица 1): начальный распор $t'_{\text{нр}} = 0$, нарастающее сопротивление $t'_{\text{нс}} < t_{\text{нс}}$; снятие распора $t'_{\text{ср}} < t_{\text{ср}}$; передвижка секции крепи $t'_{\text{п}} > t_{\text{п}}$. Время работы секции в режиме регулируемого сопротивления принимается равным длительности цикла операций выемки угля в КМОЗ.

Динамическую составляющую нагрузок гидростоек СМК следует оценивать отношением среднеквадратичного отклонения сил за цикл, к средневзвешенному значению который назовем коэффициентом динамичности нагрузок

$$k_{\text{д}} = \frac{\sigma_{\text{F}}}{F_{\text{св}}} \quad (2.4)$$

Среднеквадратическое отклонение

$$\sigma_{\text{F}} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (F_i - F_{\text{св}})^2} \quad (2.5)$$

Полученные зависимости однозначно характеризуют силовой режим работы секции, механизированной крепи за цикл ее взаимодействия с породами непосредственной кровли и являются его оценкой, как по среднему значению сил (средневзвешенное значение сопротивления) и времени их действия, так и по динамике нагрузок (коэффициент динамичности нагрузок).

2.3 Обоснование гидросхемы блока безимпульсного регулирования сопротивления секции механизированной крепи

2.3.1 Обоснование гидросхемы секции крепи с безимпульсным регулированием и блоком регулирования сопротивления

Сотрудниками кафедры машиностроения Санкт-Петербургского горного университета с участием автора были разработаны две гидросхемы, на которые получены патенты [77, 78]. Данные технические решения позволяют осуществить способ непрерывного безимпульсного плавного регулирования рабочего сопротивления секций механизированных крепей в соответствии с обоснованной в п. 2.2.3 рабочей характеристикой ее гидростоек.

Полное описание устройств приведено в приложениях А и Б. Поэтому далее рассматриваются основные особенности работы предложенных устройств.

Следует отметить, что основными недостатками современных гидросистем СМК являются:

- отсутствие возможности регулирования величины начального распора;
- выполнение функции управления горным давлением предохранительным клапаном, рассчитанным на максимально возможное значение по давлению;
- высокая частота срабатывания предохранительного клапана;
- большая разность давлений при передвижке СМК.

Предложенные и обоснованные гидравлические схемы позволяют реализовать безимпульсное плавное регулирование рабочего сопротивления гидростоек секций механизированных крепей при опускании пород непосредственной кровли.

Возможности по решению вопросов, связанных со снижением большой разности статических сил при передвижке рассмотрены в параграфе 2.4.

В патенте [78] авторами было разработано принципиально новое техническое решение, позволяющее осуществить способ безимпульсного регулирования рабочего сопротивления, а также рекуперацию энергии горного давления в гидросистему секции механизированной крепи (рисунок 2.4).

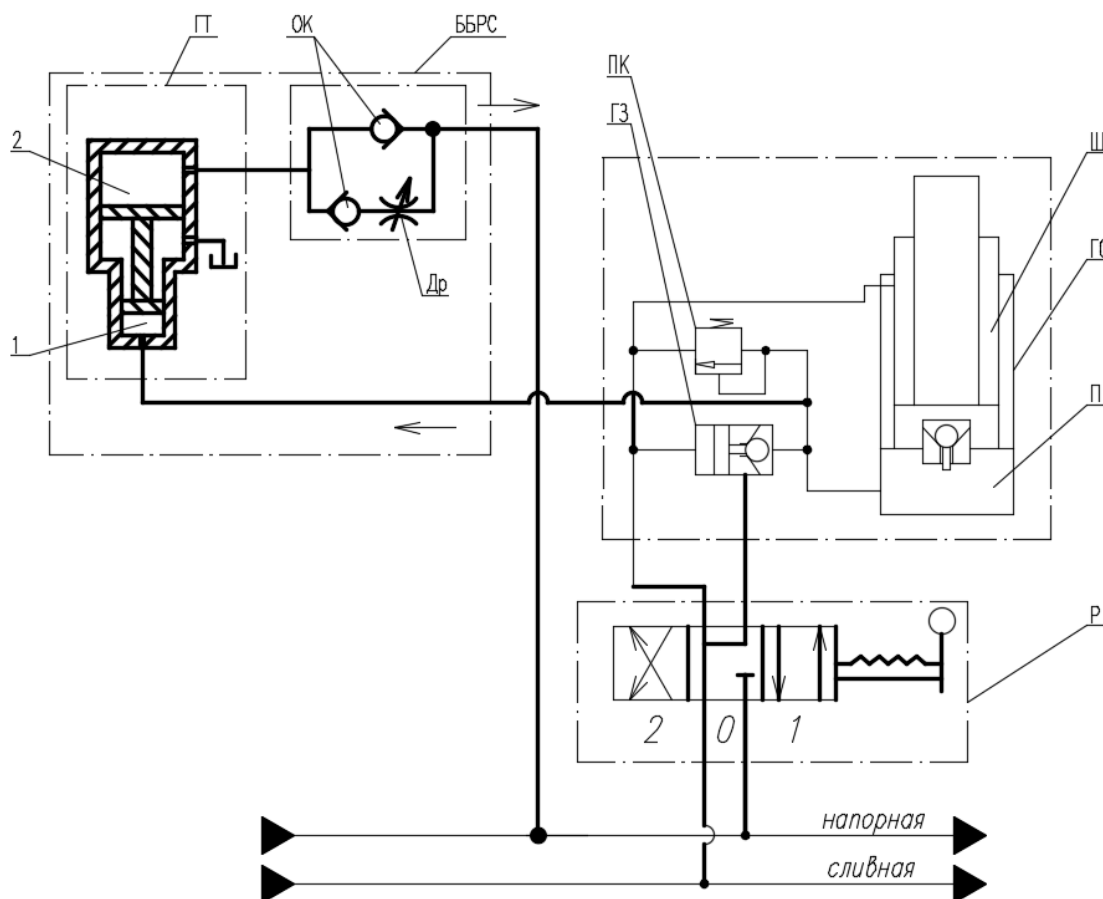


Рисунок 2.4 - Гидросистема гидростойки с блоком безимпульсного регулирования сопротивления

Обозначения, принятые на рисунке 2.4: ББРС – блок безимпульсного регулирования сопротивления; ГЗ – гидрозамок; ГС – гидравлическая стойка; ГТ – гидротрансформатор; Др – регулируемый дроссель; ОК – обратный клапан; П – поршневая полость гидростойки; ПК – предохранительный клапан; Р – распределитель; Ш – штоковая полость гидростойки; 1- малая камера ГТ; 2 – большая камера ГТ.

В данном устройстве ПГС соединяется с напорной магистралью через блок безимпульсного регулирования сопротивления, что позволяет увеличить податливость гидростойки и уменьшить жесткость рабочей характеристики. За счет механического и гидравлического разделения поршневой полости и напорной магистрали обеспечивается надежный выход гидростойки на рабочий режим.

Движения поршня ГТ определяется изменением усилий, действующих на него со стороны большой камеры или малой камеры. При резком блоковом опускании кровли и недостаточной пропускной способности регулируемого дросселя,

предусмотрен упор поршня ГТ в верхнюю часть его корпуса (камера 2, рисунок 2.6). СМК начнет работать в режиме так называемого «постоянного сопротивления» с импульсной рабочей характеристикой (точки 3-8, рисунок 2.3). Однако быстрый переток жидкости при максимально открытом дросселе в напорную магистраль снизит амплитудное значение давления в поршневой полости, по сравнению со схемой без ББРС. Пример гидравлической системы передвижки секции крепи подробно рассмотрен в работе Н.И. Сулова [105].

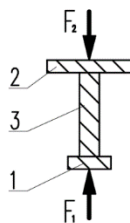
Отбор и передача части потенциальной энергии в режиме управления горным давлением (точки 12-13, рисунок 2.3). Схема подключения ББРС с ГТ обратными клапанами и регулируемым дросселем к гидросистеме стойки СМК представлена на рисунке 2.4.

Малая камера гидротрансформатора (ГТ) (поз. 1, рисунок 2.4) с меньшим диаметром соединена с поршневой полостью гидростойки, а его большая камера (поз. 2, рисунок 2.4) соединена с напорной магистралью гидросистемы комплекса через регулируемый дроссель (ДР) и двумя обратными клапанами. При перетоке рабочей жидкости из поршневой полости гидростойки в малую камеру ГТ происходит возвращение части потенциальной энергии, реализующейся при опускании пород кровли. При перетоке рабочей жидкости объемом V под давлением P из большой камеры ГТ в каждом цикле работы через регулируемый дроссель с расходом Q :

$$Q = \beta \cdot \xi \cdot S \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_n - P_n)} \quad (2.6)$$

где β - коэффициент расхода, S - площадь сечения отверстия дросселя; ξ - степень открытия дросселя; ρ - плотность жидкости; P_n - давление в поршневой полости гидростойки; P_n - давление в напорной магистрали.

Рассмотрим соотношение усилий, действующий на поршни ГТ в основных циклах функционирования ее гидростойки (рисунок 2.5).



1 – малый поршень ГТ; 2 – большой поршень ГТ; 3 – шток; F_1 – усилие, действующее на малый поршень со стороны ПГС; F_2 – усилие, действующее на большой поршень со стороны напорной магистрали.

Рисунок 2.5 – Поршни гидротрансформатора, соединенные штоком

В таблице 2.2 сведены основные соотношения усилий, возникающих при функционировании гидростойки. Обозначения, примененные в таблице 2.2: P_1 – давление в малой камере гидротрансформатора; P_n – давление в ПГС; P_2 – давление в большой камере гидротрансформатора; P_{nm} – давление в напорной магистрали; S_1 – площадь малого поршня ГТ; S_2 – площадь большого поршня ГТ; k_m – коэффициент трансформации, равный отношению площадей малого и большого поршней ГТ.

Таблица 2.2 – Соотношения давлений и усилий

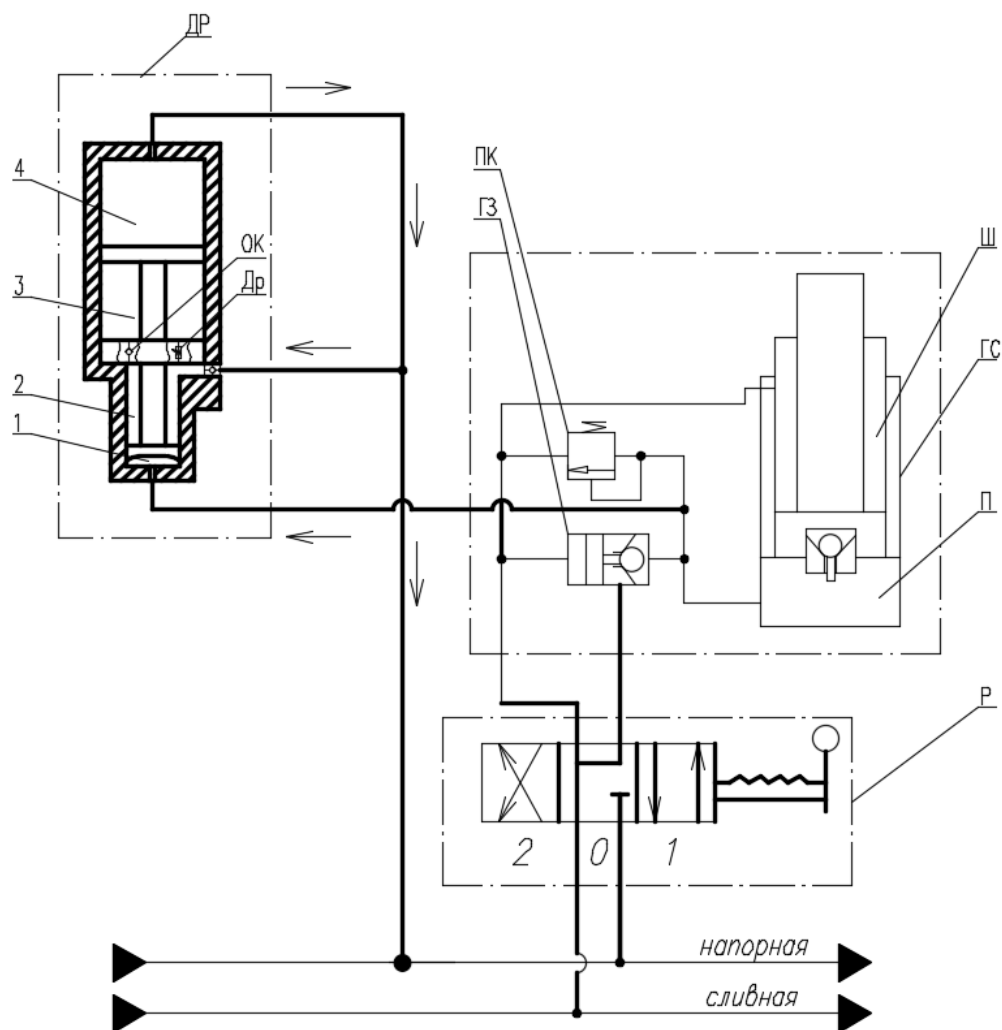
Операция цикла	Состояние дросселя	Состояние поршней гидротрансформатора	Соотношение давлений и усилий
Начальный распор	закрыт	перемещение вниз до упора поршня в корпус малой камеры	$P_1 = P_n$; $P_2 = P_{nm}$; $F_1 \ll F_2$
Режим нарастающего сопротивления	закрыт	неподвижно	$P_1 = P_n$; $P_2 = P_{nm}$; $F_1 < F_2$
Режим управления горным давлением	открыт	перемещение вверх до упора поршня в корпус большой камеры	1. $F_1 = F_2$; $P_2 = P_1 \cdot \frac{S_1}{S_2}$; $P_2 = P_1 \cdot k_m$ 2. $F_1 > F_2$;
Передвижка СМК	закрыт	перемещение вниз вниз до упора поршня в корпус малой камеры	$F_1 < F_2$

Коэффициент трансформации выбирается в диапазоне от 0,1-0,5, причем выбор наиболее оптимального значения необходимо производить в зависимости от конструктивных особенностей ГТ. Также следует отметить что параметры ГТ такие как: площадь поршней, объемы камер выбираются опытным путем на основании проведения эксперимента в конкретном КМОЗ и для заданных ГГУ. В общем случае объем большой камеры рассчитывается из условия средней величины осадки гидростойки за цикл.

2.3.2 Обоснование гидросхемы гидростойки секции крепи с дросселирующим распределителем

Опираясь на результаты анализа рабочей характеристики гидростоек СМК (параграф 2.2.1) сформулированы требования к блоку регулирования сопротивления ГС к медленному опусканию пород кровли.

В патенте [77] авторами было разработано устройство, позволяющее совместить в одном устройстве, получившем название дроссель регулятор (ДР) отдельные блоки: гидротрансформатор (ГТ), два обратных клапана (ОК) и регулируемый дроссель (Др) (рисунок 2.6).



ГЗ – гидрозамок; ГС – гидравлическая стойка; ГТ – гидротрансформатор; ДР – дросселирующий распределитель; Др – регулируемый дроссель; ОК – обратный клапан; П – поршневая полость гидростойки; ПК – предохранительный клапан; Р – распределитель; Ш – штоковая полость гидростойки; 1- малая камера ДР; 2 – промежуточная камера ДР; 3 – средняя камера ДР; 4 – большая камера ДР.

Рисунок 2.6 - Гидросистема гидростойки с дросселирующим распределителем и рекуперацией энергии.

Выводы: Рассмотренное устройство выполняет функции безимпульсного плавного и непрерывного регулирования рабочего сопротивления при функционировании СМК в соответствии с деформационно-силовой частью рабочей характеристики.

2.4 Энергетический баланс процесса взаимодействия секции механизированной крепи с кровлей в очистном забое

2.4.1 Обзор альтернативной энергетики

В связи с ростом потребления энергии в тоннах условного топлива на душу населения растет из года в год, вопросы рачительного ее использования привлекают огромное количество ученых к решению вопросов, связанных с добычей энергии альтернативными способами, помимо традиционных основанных на угле, газе, нефтепродуктах. Причем в развитых странах показатели роста энергии значительно выше чем в развивающихся. На рисунке 2.7 показана зависимость внутреннего валового продукта ВВП (в долларах США в системе постоянных цен 1993 г.), приходящегося на 1 человека, от потребления энергии (в тоннах условного топлива) на душу населения в различных странах мира в 1966 г. по Д. Мидовс [53].

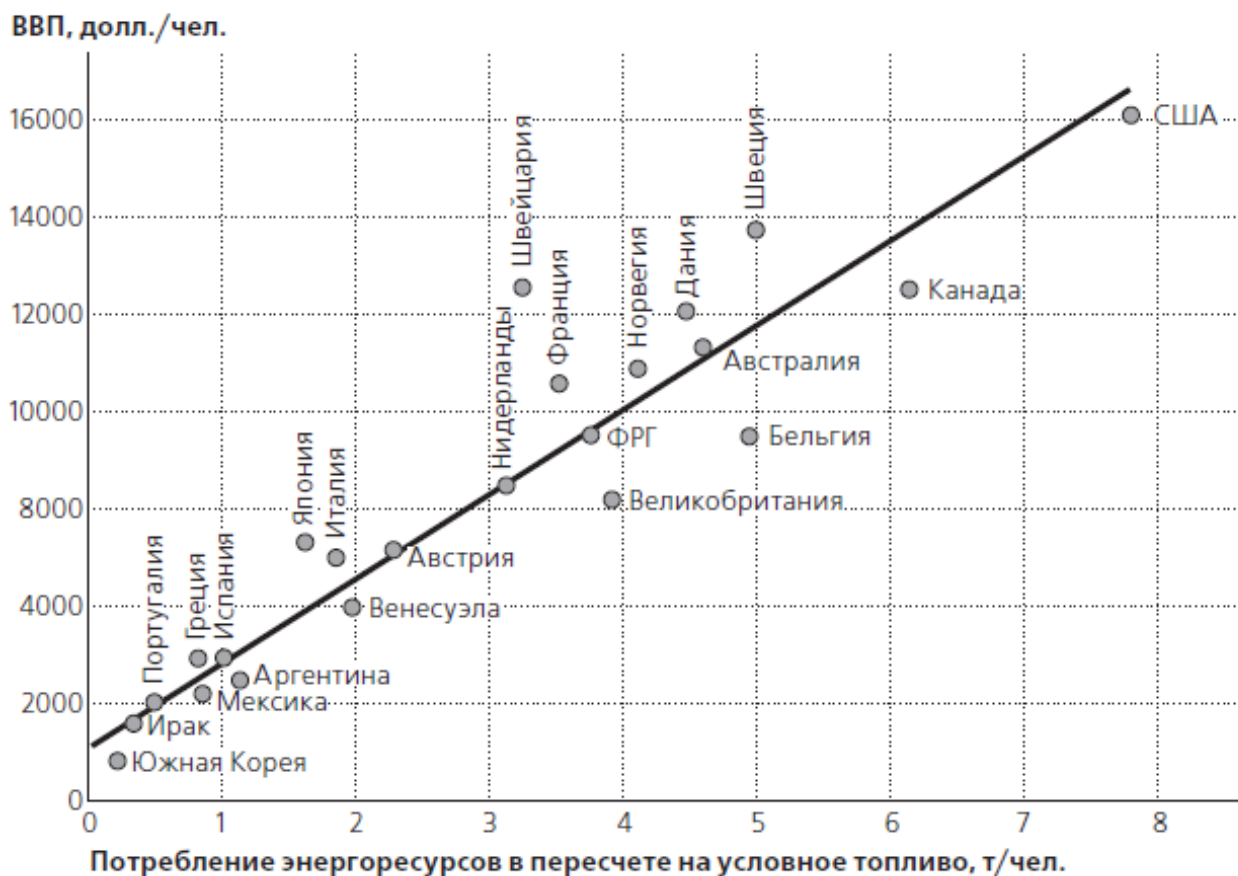


Рисунок 2.7 Связь валового внутреннего продукта с потреблением энергетических ресурсов по странам мира

В связи с этим особый интерес представляет оценка современного состояния и перспектив развития энергетики. Различают возобновляемые и не возобновляемые источники энергии (рисунок 2.8).



Рисунок 2.8 Источники энергии

Рассмотрим более подробно каждый из видов энергии в соответствии с данными представленными в работе [53]:

Энергии солнца. Давно известен огромный потенциал Солнечной энергии. А.А. Коршак и А.М. Шаммазов отмечают что данный вид энергий носит рассеянный характер. Средняя плотность энергии солнца на земной поверхности составляет порядка 160 Вт/м^2 . Однако необходимо учитывать также низкий КПД фотоэлектрических преобразователей – не более 25%. Что на практике при пересчете составляет плотность энергии солнца равную 40 Вт/м^2 . При создании специальных космических станций расчетная величина плотности энергии в 10 раз больше и составляет, с учетом КПД фотоэлектрических преобразователей 400 Вт/м^2 .

Энергии ветра. Корректная оценка плотности энергии ветра является предметом отдельного рассмотрения и не входит в задачи настоящей работы. Однако следует отметить что при огромном потенциале ветроэнергетики, задача получения конечного продукта (непосредственно самого электричества) связана с целым рядом трудностей. К основным следует отнести:

- ветроустановки работоспособны лишь в некотором интервале скоростей воздушного потока: они не вырабатывают электроэнергии в «штиль» и могут быть повреждены при скоростях более 20 м/с.

- количество вырабатываемой установками энергии зависит от скорости ветра;

- проблемы утилизации излишков энергии, вырабатываемой при высоких скоростях воздушных масс;

- компенсации нехватки энергии, возникающей при низких скоростях ветра.

В настоящее время на ветряных электростанциях вырабатывается около 0,5% от общего объема мирового производства электроэнергии, а мощность энергетических турбин составляет до 600 кВт, при КПД приближающемся к 50%.

Геотермальная энергия. Существует два качественно различных источника геотермальной энергии:

- гидротермальные (паротермальные) источники тепла, представляющие собой подземные запасы горячей воды и пара с температурой 100...350 °С;
- петротермальные источники, представляющие собой тепло сухих горных пород.

На Камчатке построено две гидротермальные электростанции - Паужетская и Паратунская мощностью 11000 и 700 кВт соответственно. Ожидаемая добыча термальной воды в России к 2020 г. по прогнозу составляет 129,2 млн м³/год.

Энергии приливов и отливов. В XX веке родилась идея приливных электростанций (ПЭС). В 1968 г. на Баренцевом море была построена Кислогубская ПЭС мощностью 800 кВт. Но в отличие от ПЭС «Ране» она подключена к общей энергосистеме вместе с традиционными электростанциями, что позволило устранить неравномерность подачи электроэнергии потребителям. Стоит отметить что стоимость строительства ПЭС значительно выше, чем обычной гидроэлектростанции такой же мощности. Кроме того, на земном шаре очень мало (менее 30) мест, где строить ПЭС технически целесообразно (перепад высот во время прилива и отлива должен быть не менее 10 м).

Энергии рек. Общие запасы гидроэнергии на Земле составляют около 10 млрд. т условного топлива в год, т.е. приблизительно равны мировому энергопотреблению. Ресурсы гидроэнергии в России эквивалентны 1 млрд. т условного топлива в год и составляют около 10 % мировых. В нашей стране находятся крупнейшие в мире ГЭС: Братская на р. Ангаре (мощность 4,5 млн. кВт), Красноярская (6 млн. кВт) и Саяно-Шушенская (6,4 млн. кВт) на р. Енисее.

Выводы:

Несмотря на низкий КПД и высокую стоимость, во всем мире набирает популярность добычи энергии альтернативными способами.

Все виды альтернативной энергетики сопряжены с целым рядом технических сложностей их реализации.

Сложность получения конкретных цифр по плотности получаемой энергии на квадратный метр земной поверхности, за исключением энергии солнца, не позволяет однозначно оценить различные источники с этой точки зрения.

В связи с представленным анализом работы [53] становится актуальным оценить потенциальную возможность получения энергии в технологическом процессе добычи угля в КМОЗ при функционировании СМК с блоком безимпульсного регулирования сопротивления.

2.4.2 Оценка энергии в технологическом процессе добычи угля.

В технической литературе упоминается вопрос рационального использования энергетически возможностей гидропривода секций механизированных крепей [89]. Однако довольно слабо рассмотрены вопросы, связанные с распределением энергии в очистном забое и действия потенциальных сил боковых пород, а также пород кровли и почвы на секцию крепи. В настоящей работе рассмотрены подходы к составлению баланса распределения энергии в очистном забое.

В результате конвергенции почвы и кровли в процессе выемки пласта длинными забоями потенциальная энергия W расходуется на отжим угля, подъем почвы, взаимодействие с крепью, на завальную часть (рисунок 2.9).

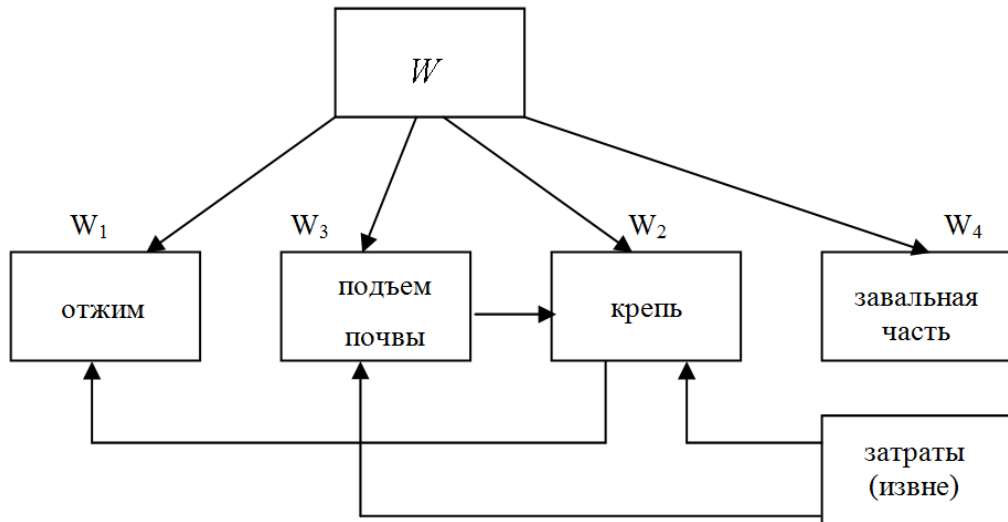


Рисунок 2.9 - Распределение энергии в системе крепь - очистной забой

Запишем уравнение баланса энергии для рассматриваемой системы:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 \quad (2.7)$$

где W - это энергия перемещения пород кровли, действующая с силой G умноженной на мощность пласта m ; W_1 - энергия, действующая на ослабление пласта в призабойной части (на отжим); W_2 - количество энергии, действующее непосредственно на саму крепь со стороны кровли; W_3 - энергия на подъем почвы; W_4 - энергия, выделяющаяся в завальную часть крепи.

Удельная потенциальная энергия определяется как:

$$W_y = \frac{Gm}{1000L_cB_c} \quad (2.8)$$

где G - масса пород; m - мощность пласта; L_c - длина секции механизированной крепи; B_c - ширина секции механизированной крепи.

Возрастающее горное давление все время стремится «смять» СМК. Случаи посадки гидравлических стоек «на жесткую» и появление случаев нарушения целостности пород кровли (заколы, вывалы и отслоения) в подавляющем большинстве являются причинами, косвенно указывающими на наличие неисправностей в гидросистеме стоек (наличие утечек). Подробное рассмотрение гидросистемы СМК приведено в параграфе 1.4.

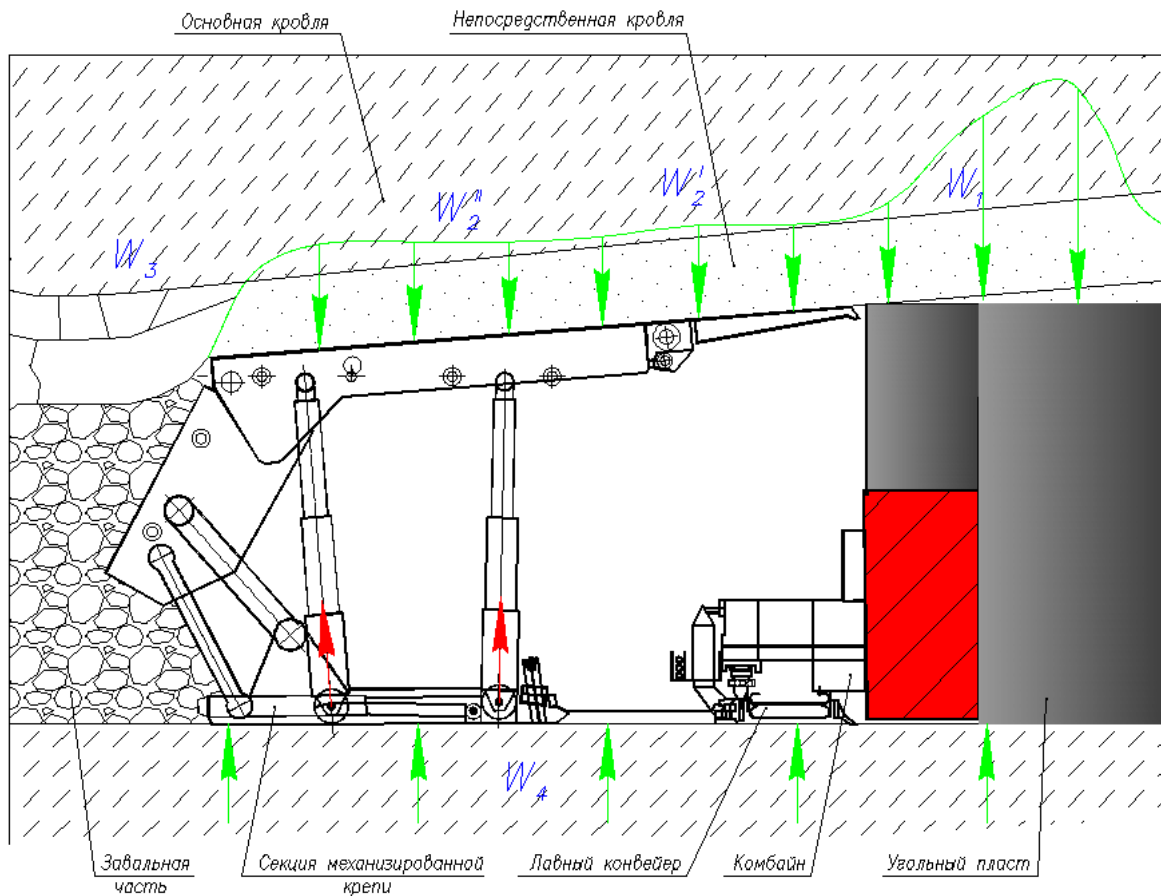


Рисунок 2.10 - Схема конвергенции пород кровли и почвы, силы, действующие на кровлю со стороны стоек, распределение энергии.

Для дальнейших расчетов, мы будем рассчитывать количество энергии W_2 , т.е. то количество энергии, которое действует непосредственно на саму крепь со стороны кровли (рисунок - 2.10) и величину которого непосредственно можно определить исходя из сопротивления стоек крепи. При этом W_2 – энергия, действующая на переднюю часть крепи (первый ряд стоек), W_2' – энергия, действующая на задний ряд стоек (завальная часть крепи).

Оценка энергии в количественных показателях является предметом рассмотрения в отдельной работе, с привлечением специалистов по геомеханики, а также на основании проведения шахтных испытаний.

2.5 Рекуперация энергии горного давления в процессе управления сопротивлением гидростоек секций механизированных крепей

При подземной добычи угля длинными забоями при осадке кровли на большой площади происходит выделения большого количества потенциальной энергии. В технологических процессах производства, плотности энергии, которую можно утилизировать превосходит на несколько порядков плотности энергии солнца, ветра, приливных волн.

Считается, что в долгосрочной перспективе возобновляемая энергетика станет одним из основных секторов энергоснабжения. В настоящее время наиболее популярными ее видами являются: использование электромагнитного излучения солнца с помощью солнечных батарей и преобразование кинетической энергии воздушных масс в атмосфере с помощью ветрогенераторов. Учитывая низкий КПД распространенных солнечных панелей ~12% [53] и инсоляцию в 5 часов за день, усредненное количество энергии производимой панелью в 1 м² составляет 17-35 Вт/м². Ветровой поток при плотности воздуха в нормальных условиях 1,225 кг/м³ имеющий скорость 4 м/с и проходящий через поперечное сечение, площадью 1 м² обладает энергией 40 Вт, что с учетом КПД ветрогенератора составляет 15 Вт/м².

Энергия конвергенции боковых пород, а также пород кровли и почвы, которую можно утилизировать, может быть определена работой гидростойки за цикл по управлению горным давлением.

Расчет плотности энергии на 1 м² СМК. Площадь поршня гидростойки S_i определяется по формуле

$$S_i = \frac{\pi D_i^2}{4} = \frac{\pi 0,220^2}{4} = 0,038, \text{ м}^2 \quad (2.9)$$

где D_i - площадь гидростойки.

Усилие $F_{гс}$ в гидростойках при давлении P_i – 32 МПа:

$$F_{гс} = P_i S_i = 32000000 \cdot 0,038 = 1216, \text{ кН} \quad (2.10)$$

Работа, совершаемая гидростойкой при осадке на $\Delta l=50$ мм и КПД гидро-трансформатора 0,8:

$$A_{\text{гс}} = F_{\text{гс}} \Delta l \eta = 1216000 \cdot 0,05 \cdot 0,8 = 48,6, \text{ кДж} \quad (2.11)$$

Удельная работа, совершаемая гидростойкой:

$$A_{\text{у}} = 0,7 A_{\text{гс}} = 0,7 \cdot 48600 = 34, \text{ кДж/м}^2 \quad (2.12)$$

При суточном подвигании лавы на 12 м, при шаге передвижке 0,8 м, то количество n циклов:

$$n = \frac{12}{0,8} = 15, \quad (2.13)$$

Таким образом за день энергия работа 1 стойки на 1 м²:

$$A_{\text{сут}} = A_{\text{у}} n = 34000 \cdot 15 = 510, \text{ кДж/м}^2 \quad (2.14)$$

Как видно из приведенного расчета в технологическом процессе добычи угля плотность энергии на порядок превосходит аналогичные плотности энергии в ветроэнергетике, солнечной энергетике и других альтернативных видах.

Выводы по главе 2

В результате проведенных теоретических исследований можно сделать выводы:

1. Обоснованы безымпulseный способ регулирования сопротивления гидростоек секций механизированных крепей опусканию пород непосредственной кровли и трехуровневая деформационно-силовая характеристика работы гидростоек секции крепи.

2. Установлена зависимость средневзвешенного сопротивления гидростойки опусканию непосредственной кровли за цикл операций от параметров рабочей характеристики, силовых и временных параметров режимов работы секций за цикл.

3. Обосновано схемное техническое решение блока безымпulseного регулирования сопротивления гидростойки секций крепи очистного механизированного комплекса опусканию пород кровли, защищенное двумя патентами и разработана методика выбора его параметров.

4. Установлена зависимость количества энергии, передаваемой в процессе регулирования сопротивления гидростойки секции механизированной крепи в ее гидросистему, от силовых и временных параметров рабочей характеристики, конструктивных параметров гидростоек и режимов работы комплексно механизированного очистного забоя.

5. Необходимо разработать методику проведения экспериментальные исследования блока безымпulseного регулирования сопротивления гидростойки СМК:

- для подтверждения его работоспособности;
- для определения возможности применения данного типа устройств с целью снижения влияния динамических процессов.

ГЛАВА 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БЛОКА БЕЗЫМПУЛЬСНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ГИДРОСТОЙКИ СЕКЦИИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ КРЕПИ

3.1 Методика проведения экспериментальных исследований блока безымпурсного регулирования

В результате теоретических исследований процесса циклического взаимодействия гидростоек линейных секций механизированной крепи с медленно опускающимися породами непосредственной кровли в комплексно механизированном очистном забое приведенных в главе № 2, по мере отработки выемочных столбов, характеризующихся переменными горно-геологическими условиями, был разработан блок безымпурсного регулирования сопротивления [78].

Назначение блока регулирования сопротивления гидростоек секций механизированной крепи (ББРС) с рекуперацией энергии в напорную магистраль: установление крутизны характеристики нарастающего сопротивления гидростоек регулированием интенсивности перетока жидкости из поршневой полости в напорную магистраль очистного механизированного комплекса через гидротрансформатор (ГТ).

Цель экспериментальных исследований: выявление зависимости изменения давления в поршневой полости гидростойки с подключенным блоком безымпурсного регулирования в условиях нарастающей нагрузки до момента срабатывания её предохранительного клапана.

Объект экспериментальных исследований включает нагрузочный стенд **Ст. Н** с нагрузочными каретками **К**, создающий нарастающую статическую нагрузку на испытываемую гидростойку **ГС**, блок безымпурсного регулирования сопротивления **ББРС** и насосную станцию стенда (условно не показана) (рисунок 3.1).

Гидротрансформатор (рисунок 3.2) представляет собой сдвоенный цилиндр – 1, в который установлен сдвоенный поршень 2. В штоке (поршней) выполнен направляющий паз, в который входит с возможностью скольжения штифт 3, закреплённый в корпусе цилиндра. С противоположной пазу стороны на штоке должна быть нанесена шкала, а в цилиндре выполнено дренажное отверстие (смотровое окно).

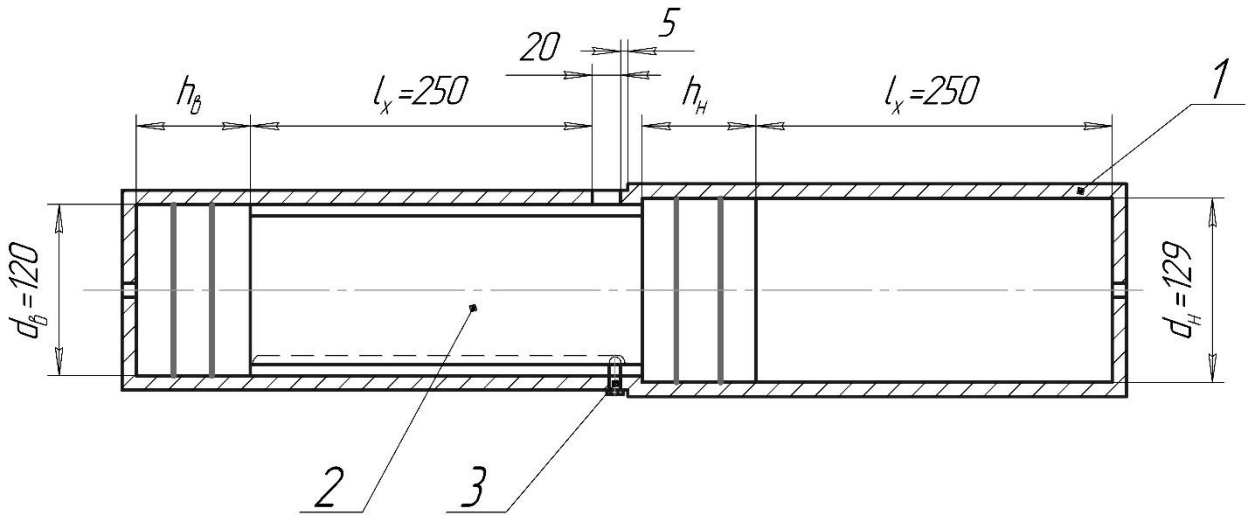


Рисунок 3.2 - Размеры внутренних полостей гидротрансформатора давления

Основными геометрическими параметрами гидротрансформатора являются объемы поршневых полостей $V_в$ и $V_н$, длина рабочего хода l_x и суммарная длина внутренних полостей цилиндров (размеры приняты условно, для иллюстрации численных значений).

В качестве исходных данных принято:

1. Давление срабатывания предохранительного клапана $P_{пк} = 42$ МПа и давление в напорной магистрали $P_н = 32$ МПа приняты по данным секции МКЮ-2Ш/27.

Номинальный уровень регулируемого давления принять:

$$P_{рег} = P_{пк} - \frac{P_{пк} - P_н}{2} = 42 - \frac{42 - 32}{2} = 37 \text{ МПа}, \quad (3.1)$$

2. Давление в напорной магистрали (подпор) $P_н = 32$ МПа и постоянно по величине.

3. Регулируемый дроссель заменяется калиброванными дросселями - шайбами с отверстиями диаметрами 3,0; 2,0; 1,5; 1,0; 0,5 мм.

Последовательность проведения опытов:

Опыт 1. Исходное положение: блок БРС отключен (вентиль В – закрыт).

1.1. Запускаются насосные станции и увеличиваются нагрузки на стойки до $P_n = 32$ МПа, включается запись давления.

1.2. Нагрузка увеличивается до срабатывания предохранительного клапана ПК (42 МПа) с записью давления. То есть осуществляется запись регистрации переходного процесса.

1.3. Снятие нагрузки со стойки и прекращение записи давления.

Опыт необходимо произвести три раза.

При несовпадении результатов выявить причину, устранить и повторить опыт.

Опыт 2.

2.1. Подключить ББРС (открыть вентиль В).

2.2. Запустить стенд и установить нагрузку на стойку, соответствующую давлению 32 МПа, поднимается давление в напорной магистрали Н - давление также равным 32 МПа.

2.3. Включить регистрацию значений давления. Давление повышается в таком же темпе, как и в первом опыте, время цикла $t_{ц} = 3-5$ секунд до срабатывания ПК.

2.4. Снижается нагрузка со стойки до нуля.

Опыт повторить три раза.

Опыт 3.

Установить калиброванный дроссель диаметром 2,5 мм.

Повторить опыт 2.

Опыт 4.

Установить калиброванный дроссель $d=2,0$ мм.

Повторить опыт 2.

Последовательно провести опыты 5-8 при $d=1,5; 1,0; 0,5$ соответственно.

В ходе проведения экспериментальных исследований необходимо выполнить следующие задачи:

1. Оценить возможность непрерывного безымпulseного регулирования в условиях нарастающего сопротивления при изменении давления в поршневой полости ГС до момента срабатывания её предохранительного клапана.

2. Оценить перепад давлений в поршневых полостях гидротрансформатора ББРС в момент начала смещения сдвоенного поршня и устойчивости его движения без колебаний, присущих движению в условиях сухого трения.

3. Оценить значимость колебаний давлений в поршневой полости ГС и в цилиндрах гидротрансформатора вследствие срабатывания предохранительного клапана гидростойки;

4. Оценить возможность рекуперации энергии при осадке стойки вытеснением рабочей жидкости из поршневой её полости в напорную магистраль гидросистемы насосной станции стенда.

3.2 Методика выбора параметров блока безымпulseного регулирования

Назначение блока безымпulseного регулирования сопротивления гидростоек секций механизированной крепи (ББРС) с рекуперацией энергии в напорную магистраль: установление крутизны характеристики нарастающего сопротивления гидростоек регулированием интенсивности перетока жидкости из поршневой полости в напорную магистраль очистного механизированного комплекса через гидротрансформатор. Принципиальная схема подключения ББРС приведена на рисунке 3.3.

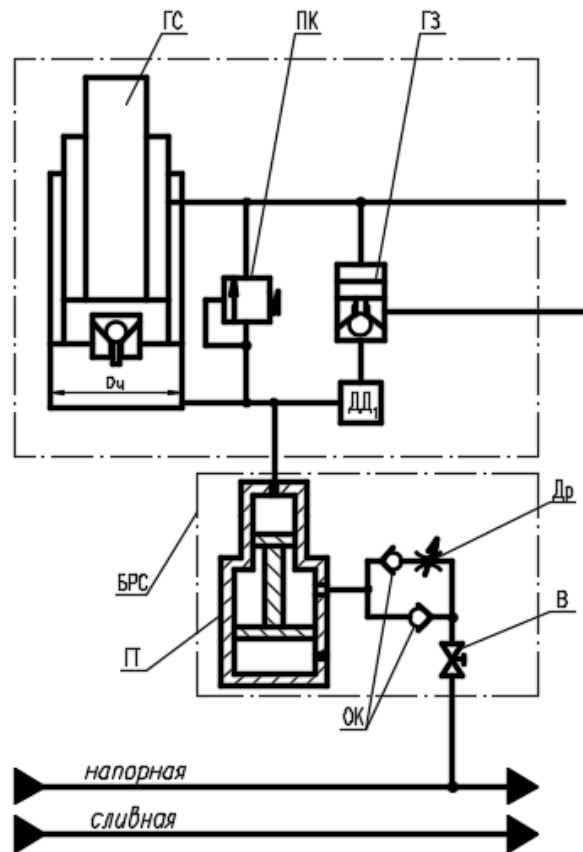


Рисунок 3.3 – Схема подключения блока безимпульсного регулирования сопротивления гидростойки

Обозначения, принятые на рисунке 3.3:

- $D_{ц}$ - внутренний диаметр гидростойки;
- ПК – предохранительный клапан;
- ОУК (ГЗ) – обратный управляемый клапан (гидрозамок);
- ДД – датчик давления;
- БРС – блок регулирования сопротивления;
- ГТ – гидротрансформатор;
- ОК – обратный клапан;
- Др -дроссель;
- В – вентиль;
- Мн – напорная магистраль;
- Мс – сливная магистраль.

Блок безимпульсного регулирования сопротивления ББРС включает сдвоенный гидроцилиндр, представляющий собой устройство понижающее давление с коэффициентом снижения давления или коэффициентом трансформации:

$$K_{сд} = \frac{P_n}{P_{рег}} = \frac{32 \text{ МПа}}{37 \text{ МПа}} = 0,86, \quad (3.2)$$

где $P_n = 32$ МПа – давление в напорной магистрали гидросистемы комплекса МКЮ-2Ш13/27; $P_{рег} = 37$ МПа – установленный уровень номинального давления в поршневой полости гидростоек, при котором переток жидкости через блок регулирования нулевой.

$$P_{рег} = P_{нк} - \frac{P_{нк} - P_n}{2} = 42 - \frac{42 - 32}{2} = 37 \text{ МПа}, \quad (3.3)$$

Необходимый рабочий объем поршневой полости гидротрансформатора V_2 равен максимальному объему вытесняемой из стойки МКЮ-2Ш 13/27 жидкости за цикл:

$$V_2 = \frac{\pi \cdot D_u^2}{4} \cdot \Delta l = \frac{3,14 \cdot 300^2}{4} \cdot 40 = 2826000 \text{ мм}^3 = 2826 \text{ см}^3 = 2,826 \text{ л}, \quad (3.4)$$

где D_u - внутренний диаметр гидростойки МКЮ-2Ш/27; Δl - максимальная осадка гидростойки за цикл, $\Delta l = 40$ мм.

Гидротрансформатор (рисунок 3.4) представляет собой сдвоенный цилиндр, в который установлен сдвоенный поршень 2. Основными геометрическими параметрами гидротрансформатора являются объемы поршневых полостей V_1 и V_2 , длина рабочего хода l_x . Габариты сдвоенного гидроцилиндра принимаются с учетом принимаемых диаметров гидроцилиндров, высоты поршней и размеров букс.

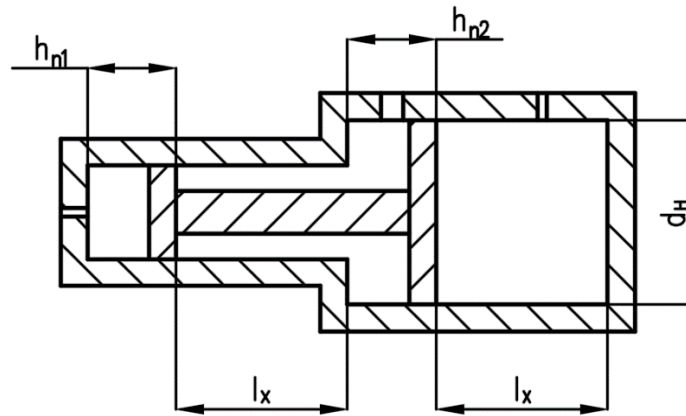


Рисунок 3.4 – Гидротрансформатор давления

Диаметр цилиндра низкого давления (d_H) следует принять из типоразмерного ряда (имеющихся в наличии цилиндров) 80-120 мм;

Рабочий ход (минимальный):

$$l_{x.min} = \frac{4V_2}{\pi d_H^2}, \quad (3.5)$$

При диаметре 12 см:

$$l_{x.min} = \frac{4 \cdot 2826}{3,14 \cdot 12^2} = 25 \text{ см}, \quad (3.6)$$

С учетом необходимого 1,2 кратного запаса хода ($k_3 = 1,2$) рабочий ход составит:

$$l_x = l_{x.min} \cdot k_3 = 25 \cdot 1,2 = 30 \text{ см}, \quad (3.7)$$

Длина цилиндра гидротрансформатора выбирается из условия:

$$l_{GT} = 2l_x + h_{n1} + h_{n2}, \quad (3.8)$$

где l_x - рабочий ход, см; h_1 , h_2 - высота поршней цилиндров высокого и низкого давления соответственно.

Регулируемый дроссель заменить набором шайб (рисунок 3.5) с калиброванными отверстиями $d_{oi} = 3; 2,5; 2,0; 1,5; 1,0; 0,5$ мм, толщиной 2 мм. Внешний диаметр шайб выполнить по диаметру углублений в бобышках.

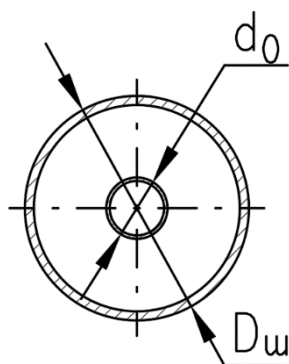


Рисунок 3.5 – Регулируемый дроссель (шайба)

где $D_{ш}$ - выбирается по размеру углубления для установки шайбы.

$$Dl_{x.min} = \frac{4V_2}{\pi d_H^2}, \quad (3.9)$$

Обратный клапан (ОК) – по параметрам расхода не ограничен, по давлению ограничен давлением настройки - 32 МПа.

Выводы по главе 3

1. Сформулирована цель, задачи и методика проведения экспериментальных исследований оценки работоспособности блока безимпульсного регулирования сопротивления гидростойки в условиях нарастающего горного давления.

2. Сформулирована методика выбора параметров блока безимпульсного регулирования для обеспечения снижения интенсификации процесса трещинообразования в поддерживаемых перекрытиями секций породах непосредственной кровли.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации, приведены разработанные автором теоретические и практические положения, совокупность которых можно квалифицировать как решение научной задачи обоснования структуры, параметров и режимов работы секции механизированной крепи, адаптированной к изменяющимся силовым воздействиям кровли.

Основные научные и практические результаты работы заключаются в следующем:

1. Обоснованы безимпульсный способ регулирования сопротивления гидростоек секций механизированных крепей опусканию пород непосредственной кровли и трехуровневая деформационно-силовая характеристика работы гидростоек секции крепи.

2. Установлена зависимость средневзвешенного сопротивления гидростойки опусканию непосредственной кровли за цикл операций от параметров рабочей характеристики, силовых и временных параметров режимов работы секций за цикл.

3. Обосновано схемное техническое решение блока безимпульсного регулирования сопротивления гидростойки секций крепи очистного механизированного комплекса опусканию пород кровли, защищенное двумя патентами и разработана методика выбора его параметров.

4. Установлена зависимость количества энергии, передаваемой в процессе регулирования сопротивления гидростойки секции механизированной крепи в ее гидросистему, от силовых и временных параметров рабочей характеристики, конструктивных параметров гидростоек и режимов работы комплексно механизированного очистного забоя.

5. Разработанные методики выбора структуры и параметров блока безимпульсного регулирования сопротивления гидростойки крепи опусканию пород кровли рекомендуется к использованию при проектировании механизированных крепей и выборе их режимов работы для конкретных горно-геологических условий шахт Кузбасского региона.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ББРС	блок безымпulseного регулирования сопротивления
ГГУ	горно-геологические условия
ГД	горное давление
ГЗ	гидравлический замок (гидрозамок)
Гидростойка	гидравлическая стойка
ГС (СМК)	гидравлическая стойка (секции механизированной крепи)
ГТ	гидротрансформатор
Д	дроссель
ДР	дросселирующий распределитель
ИД	индикатор давления
ИК	индивидуальная крепь
КМОЗ	комплексно механизированный очистной забой
КПД	коэффициент полезного действия
ОЗ	очистной забой
ОК	обратный клапан
ОМК	очистной механизированный комплекс
ПГД	повышенное горное давление
ПГС	поршневая полость гидростойки
ПК	предохранительный клапан
Р	распределитель
РК	разгрузочный клапан
СМК	секция механизированной крепи
ТЭП	техничo-экономические показатели
ШГС	штоковая полость гидростойки

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

адаптивная система: Система автоматического управления, которая в процессе функционирования способна изменять своё поведение или состояние (приспосабливаться) при непредвиденном изменении свойств управляемого объекта, цели управления или условий окружающей среды, сохраняя свою работоспособность.

боковые породы: Горные породы, непосредственно примыкающие к поверхности, ограничивающей полезное ископаемое. Образуют кровлю и почву пласта (*жилы, залежи*) при пологом и наклонном залеганиях.

горное давление: Силы, возникающие в массиве, окружающем горную выработку. В нетронутым массиве горное давление (напряжение) вызывается собственным весом пород и тектоническими силами, а также температурными градиентами.

забутовка: Процесс заполнения пространства между крепью и боковыми стенками выработки щебнем или песком.

управление горным давлением: Совокупность мероприятий по регулированию проявлений горного давления в рабочем пространстве очистного забоя в целях обеспечения безопасных производственных условий для эффективной и наиболее полной выемки полезного ископаемого. Эти мероприятия сводятся к погашению выработанного пространства: полным обрушением кровли, частичной или полной закладкой выработанного пространства, плавным опусканием кровли.

импульсное регулирование: Является одним из видов прерывистого регулирования, при этом импульсы могут отличаться амплитудой (высотой), длительностью (широтой) и знаком в зависимости от конструкции предохранительного клапана.

конвергенция пород: Сближение пород кровли и почвы.

коэффициент трещиноватости: Величина, характеризующая трещиноватость горных пород. Выражается отношением объема трещин к объему образца породы (в %), или числом трещин на единицу длины по определенному направлению.

коэффициент затяжки кровли: Отношение площади перекрытий (площади верхняков, затяжки) в выработке к площади кровли, поддерживаемой кровлей.

критическая скорость опускания (смещения) кровли: Величина скорости опускания кровли, при которой в горных породах появляются трещины, заколы и вывалы.

очистные работы: Комплекс процессов, операций, производимых в очистных выработках с целью извлечения полезного ископаемого.

очистной забой (лава): При разработке месторождений подземным способом, передвигающаяся в пространстве поверхность полезного ископаемого или вмещающих его пород, с которой непосредственно осуществляется их выемка.

подвигание забоя: Расстояние, на которое перемещается забой выработки за определенный промежуток времени (смена, сутки, месяц и т.д.). Показатель, формирующий интенсивность разработки месторождения.

рабочая характеристика гидростоек СМК: Комплексная характеристика, состоящая из характеристик: регулирования сопротивления, принудительного распора, процесса передвижки крепи, нарастающего сопротивления, в зависимости от выполнения функций крепления выработанного пространства в лаве, управления горным давлением и ограждения рабочего, пространства очистного забоя от проникновения в него обрушенных пород кровли, обеспечения передвижения к забою конвейера и комбайна.

топтание: Процесс периодического нагружения и разгрузки боковых пород при передвижении механизированных крепей и проходческих комбайнов, вызывающий нарушение устойчивости выработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. 1305373 СССР, МПК: E21D 23/00. Секция пневмобаллонной крепи [Текст] / Мурзин Г.С., Матвиец Ю.В., Фролов Б.А. (СССР). – 4005427/22-03; заявлено 20.11.85; опубл. 23.04.87, Бюл. № 15. – С. 3.
2. А.с. 396472 СССР, МПК: E21D 23/08, E21D 23/12, E21D 23/00. Пневмобаллонная крепь [Текст] / Коваленко Н.С., Лепихов А.Г., Зиновенко В.И. (СССР). – 1496829/22-3; заявлено 02.12.70; опубл. 29.08.73, Бюл. № 36. – С. 2.
3. А.с. 443997 СССР, МПК: E21D 23/00. Секция механизированной крепи [Текст] / Заикин Е.К., Грицаюк Б.И., Цыплаков Б.В., Романов П.Д., Крашкин И.С., Попов В.Л. (СССР). – 1881229/22-03; заявлено 12.02.73; опубл. 25.09.74, Бюл. № 35. – С. 2.
4. А.с. 662730 СССР, МПК: E21D 23/00. Секция безразгрузочной крепи [Текст] / Потураев В.Н., Червоненко А.Г., Степанюк А.И., Гурин И.А., Харченко Н.Н., Агапов Н.Д., Сущенко А.И. (СССР). – 2509777/22-03; заявлено 12.07.77; опубл. 15.05.79, Бюл. № 18. – С. 2.
5. А.с. 752031 СССР, МПК: E21D 23/00. Пневмобаллонная крепь [Текст] / Докукин А.В., Гончаревич И.Ф., Карлебо Б.С., Сиукаев Ф.А., Дарыкин И.Н. (СССР). – 2138495/22-03; заявлено 02.06.75; опубл. 30.07.80, Бюл. № 28. – С. 4.
6. А.с. 832001 СССР, МПК: E21D 23/00. Секция механизированной крепи [Текст] / Долинский А.М. (СССР). – 2632181/22-03; заявлено 19.06.78; опубл. 23.05.81, Бюл. № 19. – С. 3.
7. А.с. 891957 СССР, МПК: E21D 23/10. Пневмобаллонная крепь [Текст] / Потураев В.Н., Червоненко А.Г., Харченко Н.Н. (СССР). – 2914689/22-03; заявлено 23.04.80; опубл. 23.12.81, Бюл. № 47. – С. 3.
8. Абрамов И.Л. Виды и причины газодинамических явлений на угольных шахтах / И.Л. Абрамов // Вестник Кузбасского государственного университета. – 2015. - № 1 (107). – С. 16-17.

9. Агафонов В.В. Выбор высокопродуктивных средств комплексной механизации и технологических схем ведения очистных работ / В.В. Агафонов, В.П. Абрамов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2007. - № 6. - С. 161–167.
10. Адаптация секции механизированной крепи совершенствованием механической характеристики гидропривода ее гидростоек / В.В. Буюевич, В.В. Габов, Н.В. Бабырь, Д.А. Задков, А.В. Стебнев // Горное оборудование и электромеханика. – 2016. - № 3. - С. 28-34.
11. Адаптивность секций механизированных крепей и их режимы работы / В.В. Буюевич, В.В. Габов, Д.А. Задков, О.В. Кабанов // Сборник трудов «Высокие интеллектуальные технологии и инновации в НИУ» Политехнический университет. – СПб. – 2014. - т.3. - С. 23-28.
12. Александров Б.А. Оценка эффективности совершенствования механизированных крепей с позиции качества их взаимодействия с боковыми породами / Б.А. Александров, Ю.А. Антонов, Г.Д. Буялич // Уголь. - 2000. - № 7. - С. 44–46.
13. Александров Б.А. Повышение устойчивости крепи на наклонных пластах / Б.А. Александров, Г.Д. Буялич, В.И. Шейкин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. - 2004. - № 6.1. - С. 52–55.
14. Алексеев К.Ю. Развитие угольной отрасли России (О Долгосрочной программе развития угольной промышленности России на период до 2030 года) / К.Ю. Алексеев // Уголь. - № 8. – 2011. – С. 6-14.
15. Антипов И.В. Физико-техническое обоснование параметров высокопроизводительных угледобывающих комплексов нового поколения / И.В. Антипов // Физико-технические проблемы горного производства: Сб. науч. тр. - 2008. - Вып. 11. - С. 69-80.
16. Антипов И.В. Геомеханические и технологические основы создания нового уровня крепей очистных забоев тонких пологих пластов: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.15.02. - [Место защиты: Донецкий научно-исследовательский угольный институт (Донуги)] - Донецк - 1996.- 39 с.: ил.

17. Антонов Ю.А. Особенности взаимодействия механизированных крепей с кровлей в бесстоечном пространстве / Ю.А. Антонов, М.Г. Лупий, Б.А. Александров // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2003. - № 3. - С. 47-49.
18. Афанасьев В.Я. Показатели работы угольной промышленности России в области механизации очистных работ / В.Я. Афанасьев, Ю.Н. Линник, В.Ю. Линник // Уголь. - 2011. - № 6. - С. 44-46.
19. Афанасьев В.Я. Прогноз горно-геологических условий залегания угольных пластов и безопасности их отработки на период до 2030 года / В.Я. Афанасьев, В.Ю. Линник // Уголь. – 2011. - № 1. - С. 61-63.
20. Балабышко А.М. Повышение надежности гидроприводов механизированных крепей угледобывающих комплексов / А.М. Балабышко, Л.И. Кантович // Горное оборудование и электромеханика. – 2009. - № 1. - С. 15-19.
21. Баранов С.Г. Механизм воздействия на механизированную крепь пород кровли при различных схемах разрушения ее над выработанным пространством / С.Г. Баранов, М.А. Розенбаум // Записки горного института. – 2012. - Т. 198 - С. 100-103.
22. Безимпульсное управление режимом работы гидростоек секций гидрофицированной крепи очистного механизированного комплекса / В.В. Бувечич, В.В. Габов, Д.А. Задков, О.В. Кабанов // «Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности». Сборник трудов 12-ой Международной научно-технической конференции «Чтения памяти В.Р. Кубачека», г. Екатеринбург, УГГУ. - 2014. - С. 43-47.
23. Безимпульсное управление режимом работы гидростоек секций гидрофицированной крепи очистного механизированного комплекса / В.В. Бувечич, В.В. Габов, Д.А. Задков, О.В. Кабанов // Горное оборудование и электромеханика. – 2015. - № 3. - С. 26-30.
24. Брагин Е.П. Давление горных пород на механизированную крепь очистного забоя / Е.П. Брагин, В.Г. Виткалов, Фам Чунг Нгуен // Горный

- информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2010. - № 10. - С. 37–40.
25. Буевич В.В. Безимпульсное управление горным давлением / В.В. Буевич // Освоение минеральных ресурсов Севера: проблемы и решения: Труды 11-ой международной научно-практической конференции 11-12 апреля 2013 г. - Воркутинский горный институт (филиал) ФГБ ОУ ВПО «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». – Воркута. - 2013. - С. 373-375.
 26. Буевич В.В. Статически адаптируемая секция крепи механизированного комплекса / В.В. Буевич, В.В. Габов, О.В. Кабанов // Материалы 1-ой Международной конф. «Горная электромеханика-2014. «Актуальные проблемы повышения эффективности...». – Пермь. - 2014. - С. 66-70.
 27. Буялич Г.Д. Влияние параметров начального распора крепи на схемы взаимодействия её с трудноуправляемой кровлей / Г.Д. Буялич, В.И. Шейкин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – Отд. вып. 3: Горное машиностроение. – С. 82–87.
 28. Взаимодействие механизированных крепей с боковыми породами / И.А. Кияшко, С.А. Саратикянц, Н.П. Овчинников и др. // М.: Недра. - 1990. - 128 с.: ил.
 29. Виленкин Е.С. Концепция пространственно-распределенной системы децентрализованного событийного управления технологическим процессом добычи угля очистным забоем / Е.С. Виленкин // Уголь. - 2013. - № 2. - С. 29-31.
 30. Винников Е.И. Метод исследований структурных схем очистных механизированных комплексов / Е.И. Винников, Г.И. Коломоец // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2007. - № 2. - С. 329-333.
 31. Выемочные модули фронтальных модульных комплексов для подземной добычи угля / В.В. Габов, Д.А. Задков, В.В. Буевич, С.А. Пальцев // Горный

- информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2015. – Специальный выпуск № 60-1. - С. 31-41.
32. Горное дело: Терминологический словарь / Г.Д. Лидин, Д.Р. Каплунов, Л.Д. Воронина и др. // - 4-е изд. доп. и перераб. - М.: Недра. - 1990. – 694 с.: ил.
 33. ГОСТ 31561-2012. Крепи механизированные для лав. Основные параметры. Общие технические требования. Методы испытания. М.: Стандартиформ, 2013. – 31 с.
 34. ГОСТ 33164.1-2014. Оборудование горно-шахтное. Крепи механизированные. Секции крепи. Общие технические условия. М.: Стандартиформ, 2015. – 54 с.
 35. ГОСТ 33164.3-2014. Оборудование горно-шахтное. Крепи механизированные. Системы управления гидравлические. Требования безопасности и методы испытаний. М.: Стандартиформ, 2015. – 46 с.
 36. ГОСТ Р 54976-2012. Оборудование горно-шахтное. Термины и определения. М.: Стандартиформ, 2014. – 28 с.
 37. Добриян А.А. Оценка кинетических параметров щитовых крепей с раздельной передвижкой перекрытий и оснований / А.А. Добриян // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2000. - № 5. – С. 88-92.
 38. Докукин А.В. Механизированные крепи и их развитие / А.В. Докукин, Ю.А. Коровкин, Н.И. Яковлев // М.: Недра. - 1984. – 288 с.
 39. Дудукалов В.П. Управление опорным давлением изменением параметров переходных процессов периодического подвигания лавы / В.П. Дудукалов, А.М. Вандышев // Уголь. - 2012. - № 10. - С. 81-82.
 40. Ермолаев А.М. Определение предельной нагрузки на очистной забой по газовому фактору в сверхкатегорных шахтах / А.М. Ермолаев, П.В. Егоров, А.А. Ермолаев// Уголь. 2006. - № 11. - С. 6-7.
 41. Жихорь Е.А. Оценка взаимодействия механизированных крепей с боковыми породами с позиции их адаптивности / Е.А. Жихорь // Адаптивность

- механизированных крепей. Вопросы горного давления. – Новосибирск. – 1983. – Вып. 41. – С. 111-113.
42. Завод горных машин «Глиник» - комплексный поставщик оборудования для очистных забоев / А. Зяра, Р. Слюсаж, А. Крет, К. Дзик // Глюкауф. – 2008. - № 1 (2). – С. 74 – 80.
 43. Исследование влияния длины очистного забоя на проявление горного давления на механизированную крепь /П.В. Егоров, С.Г. Костюк, В.М. Колмагоров, В.П. Белов, К.В. Раскин, Л.М. Синельников // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2004. (6.1). С. 99–103.
 44. Кариман С.А. О создании шахты с высокими технико-экономическими показателями / С.А. Кариман // Уголь. – 2015. - № 7. – С. 18-23.
 45. Клишин В.И. Адаптация механизированных крепей к условиям динамического нагружения / В.И. Клишин – Новосибирск: Наука, 2002. – 200 с.
 46. Клишин В.И. Испытания инерционных средств защиты гидростоек на динамическое нагружение / В.И. Клишин // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1999. - № 6. – С. 58 – 62.
 47. Клишин В.И. Повышение адаптации однорядной механизированной крепи к условиям нагружения / В.И. Клишин, Ю.В. Матвиец // ФТПРПИ. - 1993. – Новосибирск. -№ 2. - С. 23 – 29
 48. Клишин В.И. Создание устройств защиты гидравлических стоек механизированных крепей от динамических нагрузок / В.И. Клишин, Ю.М. Леконцев, Т.М. Тарасик // Горные машины и автоматика. – 2003. - № 11. – С. 5 – 9.
 49. Клишин В.И. Стендовые испытания гидростоек на динамические нагрузки / В.И. Клишин, Т.М. Тарасик // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2001. - № 1. – С. 84 – 91.
 50. Кожухов Л.Ф. Исследование взаимодействия механизированных крепей с боковыми породами при регулировании начального распора / Л.Ф. Кожухов,

- В.С. Баринов, Р.П. Журавлев // Адаптивность механизированных крепей. Вопросы горного давления. – Новосибирск. – 1983. – Вып. 41. – С. 52-55.
51. Коровкин Ю.А. Механизированные крепи очистных забоев / Под. Ред. Ю.Л. Худина. - М.: Недра, 1990. – 413 с.: ил.
52. Коровкин Ю.А. Научные основы создания и применения механизированных крепей очистных забоев для пологих и наклонных пластов: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.06. - [Место защиты: Институт горного дела им. Скочинского А.А.] – Москва - 1993.- 42 с.: ил.
53. Коршак А.А. Основы нефтегазового дела: Учебник для вузов. -3-е изд., испр. и доп. / А.А. Коршак, А.М. Шаммазов - Уфа: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2005. – 528 с.: ил.
54. Кравченко В.И. Безопасность при управлении горным давлением в лавах пологих пластов / В.И. Кравченко – М.: Недра, 1975. – 221 с.: ил.
55. Крашкин И.С. Щитовые механизированные крепи – история создания и эволюция развития / И.С. Крашкин // Уголь. - 2013. - № 2. - С. 32-36.
56. Леконцев Ю.М. Взаимодействие системы крепь-порода при регулируемом начальном распоре механизированной крепи / Ю.М. Леконцев, Г.Д. Буялич // Адаптивность механизированных крепей. Вопросы горного давления. – Новосибирск. – 1983. – Вып. 41. – С. 56-58.
57. Лившиц В.И. Разработка научных основ создания механизированных крепей нового технического уровня (по материалам исследований КузНИУИ) / В.И. Лившиц // Адаптивность механизированных крепей. Вопросы горного давления. – Новосибирск. – 1983. – Вып. 41. – С. 15-20.
58. Линник В.Ю. Сравнительный анализ эффективности применения очистного оборудования угольных шахт / В.Ю. Линник // Уголь. – 2011. - № 7. – С. 16-18.
59. Матарадзе Э.Д. К выбору параметров гидростойки, адаптивной к динамическим воздействиям / Э.Д. Матарадзе, А.М. Рагутский // Взаимодействие механизированных крепей с боковыми породами. Вопросы

- горного давления. – Новосибирск: ИГД СО РАН. – 1985. – Вып. 43. – С. 55 – 59.
60. Матвеев В.А. Анализ взаимодействия консолей механизированных крепей с породами непосредственной кровли в очистных забоях / В.А. Матвеев, Ю.В. Турук // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. - Выпуск № 4. - С. 28-32.
61. Машины и оборудование для шахт и рудников. Справочник. / С.Х. Клорикьян, В.В. Старичнева, М.А.Сребный и др. // М. - Издательство Московского государственного горного университета. - 1994. - с. 471.
62. Механизированные двухстоечные крепи института «Донгипроуглемаш» для пластов мощностью 0,85-4,5 м / И.В. Косарев, Г.В. Андреев, А.Л. Непомнящий, И.Г. Вассерман // Уголь. – 2006. - № 7. -С. 12-17.
63. Мохначук И.И. Создание высокопроизводительной очистной технологии повышенной безопасности для пологих пластов мощностью 1-7 м / И.И. Мохначук // Уголь. - 2011. - №4. - С. 30-34.
64. Мышляев Б.К. О качестве очистного оборудования / Б.К. Мышляев, И.В. Титов // Горное оборудование и электромеханика. – 2008. - № 3. - С. 15-17.
65. Мышляев Б.К. Техничко-экономический анализ современных механизированных крепей / Б.К. Мышляев, И.В. Титов // Горное оборудование и электромеханика. – 2008. - № 12. - С. 6-10.
66. Мышляев Б.К. Струг или комбайн – для выемки маломощных пластов / Б.К. Мышляев, И.В. Титов // Уголь. – 2011. - № 7. – С. 24-26.
67. Напряженно-деформированное состояние вмещающих пород в период вторичных посадок кровли / И.В. Антипов, Н.В. Бондаренко, И.А. Турбор, А.В. Савенко // Физико-технические проблемы горного производства: Сб. научн. тр. — 2014. — Вып. 17. — С. 92-102.
68. Новый политехнических словарь / Гл. ред. А.Ю. Ишлинский. – М.: Большая Российская энциклопедия, 2000. – 671 с.: ил.

69. Нодельман А.А. Рациональное использование энергетических возможностей гидропривода механизированных крепей / А.А. Нодельман // Адаптивность механизированных крепей. Вопросы горного давления. – Новосибирск. – 1983. - Вып. 41. - С. 125-128.
70. Обоснование требований к гидросистемам механизированных крепей третьего поколения / Г.Д. Буялич, Ю.А. Антонов, М.Г. Лупий, Б.А. Александров // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2003. - Выпуск № 3. - С. 49-50.
71. Определение напряженно-деформированного состояния горных пород при разработке угольных пластов опасных по гео- и газодинамическим явлениям / В.Н. Захаров, С.С. Кубрин, Г.Н. Фейт, Д.И. Блохин // Уголь. - 2012. - № 10. - С. 34-36.
72. Орлов А.А. Крепление и управление кровлей в комплексно-механизированных очистных забоях / А.А. Орлов, С.Г. Баранов, Б.К. Мышляев. - М.: Недра, 1993. – 284 с.: ил.
73. Основы создания и эффективной эксплуатации систем жизнеобеспечения очистного оборудования для угольных шахт: монография / С.С. Гребенкин, В.В. Косарев, С.Е. Топчий, Н.И. Стадник, В.И. Зензеров, В.В. Стеблин, Б.А. Перепелица, В.Н. Поповский под общей редакцией Гребенкина С.С. и Косарева В.В. // Донецк: «ВИК». - 2009. – 372 с.
74. Особенности взаимодействия с кровлей механизированных крепей третьего поколения / Б.А. Александров, Р.П. Журавлев, Ю.А. Антонов, Г.Д. Буялич // Вестник Кузбасского государственного технического университета. - 2003. - № 5. - С. 43–47.
75. Очистные работы на шахтах Российской Федерации: Справочное пособие / Разумняк Н.Л., Козловчунас Е.Ф., Петров А.И., Мышляев Б.К. – М.: Недра, 1995. – 159 с.: ил.:
76. Пак Г.А. Взаимосвязь обрушений основной кровли с газодинамическими явлениями на угольных шахтах / Г.А. Пак, Н.А. Дрижд, В.Н. Долгоносов // Уголь. – 2014. - № 1. – С. 56-58.

77. Пат. 2503816 Российская Федерация, МПК E21D23/16. Гидрофицирование крепь с дросселирующим распределителем и рекуперацией энергии / Габов В.В., Кабанов О.В., Буевич В.В.: заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». - № 2012124418/03; заявл. 13.06.2012; опубл. 27.03.2014, бюл. № 9.
78. Пат. 2510460 Российская Федерация, МПК E21D23/16. Гидрофицированная крепь с регулируемым сопротивлением и рекуперацией энергии / Буевич В.В., Габов В.В., Кабанов О.В.: заявитель и патентообладатель ФГБОУ высшего профессионального образования «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». - №2012131355/03; заявл. 20.07.2012; опубл. 10.01.2014, бюл. № 1.
79. Пермяков П.Н. Очистной механизированный комплекс МК / П.Н. Пермяков - М.: Недра. 1966. - 215 с.
80. Повышение эффективности подземных горных работ путем комплексного управления геомеханическими и газодинамическими процессами угольных шахт / С.Б. Алиев, В.Н. Долгоносков, В.В. Мельник, Ф.К. Низаметдинов, Г.А. Пак // Уголь. - 2012. - № 2. - С. 11-14.
81. Подколзин А.А. Оптимизация динамических характеристик гидросети механизированной крепи / А.А. Подколзин, В.П. Сафронов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2013. Выпуск № 12-2. - С. 294-298.
82. Подколзин А.А. Совершенствование гидросистемы секции механизированной крепи / А.А. Подколзин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2014. - Выпуск № 2. – С. 49-54.
83. Полежаев В.П. Выбор и расчет параметров структурных схем механизированных крепей поддерживающе-оградительного типа / В.П. Полежаев, В.П. Лазуткина // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2002. - №9. - С. 1–4.

84. Пономаренко Ю.В. Расчет и конструирование гидроприводов механизированных крепей / Ю.В. Пономаренко, А.А. Баландин, Н.Т. Богатырев // М.: Машиностроение. - 1981. - 327 с.
85. Пономаренко Ю.Ф. Гидро-распределители механизированных крепей / Ю.Ф. Пономаренко, В.М. Кувшинов, Е.И. Панчук // М.: Недра. 1990. 155 с.
86. Предварительный и оперативный прогноз допустимых нагрузок на очистной забой при интенсивной отработке газоносных угольных пластов / С.В. Сластунов, Г.Г. Каркашадзе, Г.П. Ермак, Е.П. Ютяев // Уголь. – 2015. - №3. - С. 30-35.
87. Проверка адекватности математической модели проявления опорного давления в очистных забоях №1382 и №1384, ее характеристика и рекомендации к практическому применению для пласта «Байкаимский» шахты им. 7 Ноября ОАО «СУЭК-Кузбасс» в сложных зонах / И.Л. Харитонов, А.В. Ремезов, С.В. Новоселов, Р.О. Кочкин // Уголь. – 2015. - № 2 (1067). - С. 22- 25.
88. Проектирование и конструирование горных машин и комплексов: Учебник для вузов / Г.В. Малеев, В.Г. Гуляев, Н.Г. Бойко и др. – М.: Недра, 1988. – 368 с.
89. Прокопенко С.А. Разработка конструкции энергокрепей для очистного механизированного комплекса / С.А. Прокопенко // Уголь. – 2014. - № 6. - С. 16-19.
90. Проявление горного давления в очистных выработках при применении механизированных крепей / С.Т. Кузнецов, А.А. Орлов, Ф.П. Глушихин, Н.М. Садыков – М.: Недра, 1966. – 319 с.
91. Путь шахты «Талдинская-Западная-1» к Всероссийскому рекорду – один миллион тонн из лавы за месяц / В.Б. Артемьев, Е.П. Ютяев, А.А. Мешков, М.Г. Лупий, С.В. Ясюченя, К.Н. Копылов, В.Н. Демура // Уголь. - 2013. - № 8. - С. 92-93.

92. Рахутин В.С. Повышение адаптивности крепей на основе мягких оболочек / В.С. Рахутин, Э.А. Федоренко // Адаптивность механизированных крепей. Вопросы горного давления. – Новосибирск. – 1983. – Вып. 41. – С. 104-106.
93. Режимы работы насосных станций типа СНД для механизированных крепей / В.В. Косарев, Н.И. Стадник, Ю.И. Варшавский, И.В. Косарев, С.В. Никитин // Горное оборудование и электромеханика. – 2008. - № 2. - С. 7-11.
94. Рогов Е.И. Математические модели адаптации процессов и подсистем угольной шахты / Е.И. Рогов, Г.И. Грицко, В.Н. Вылегжанин // Алма-Ата, Наука КазССР. – 1979. – 240 с.
95. Ройтер М. Инициирование разупрочнения труднообрушаемой кровли в автоматизированных лавах / М. Ройтер, Ю.А. Векслер // Уголь. -2012. - № 10. - С. 4-8.
96. Ройтер М. Электрогидравлическая система управления марсо в удароопасных лавах / М. Ройтер, Ю.А. Векслер // Уголь. – 2011. - № 12. – С. 26-28.
97. Рябков Н.В. Краткие результаты эксплуатации механизированных крепей китайской машиностроительной фирмы ООО «Чжэнчжоуская группа ГШО» в лицензионных границах ООО «Шахта Чертинская-Коксовая» / Н.В. Рябков, А.В. Ремезов // Уголь. - 2016. - № 1. - С.26-28.
98. Савенко Ю.Ф. Изыскание эффективных способов и средств механизации процессов управления горным давлением при разработке пологих угольных пластов Донбасса: Дис. ... док. Техн. наук: 05.311. – Коммунарск. 1970. – 293 с.
99. Система автоматического управления крепью (САУК) как средство адаптации крепи к различным горно-геологическим условиям шахт Кузбасса / В.И. Клишин, У. Кисслинг, М. Ройтер, А.О. Вессел // Вестник КузГТУ. - 2014. - №1. - С. 34-39.
100. Системный анализ, инновации и разработки фирмы marco GmbH – залог успешной эксплуатации механизированного комплекса в сложных горно-

- геологических условиях шахт Кузбасса / Н.А. Быков, И.А. Сальвассер, В.Н. Шмат, А.О. Вессель // Уголь. – 2014. - № 3. –С. 44-45.
101. Стадник Н.И. Особенности и функциональная модель мехатронного очистного комплекса / Н.И. Стадник, А.В. Сергеев, В.П. Кондрахин // Горное оборудование и электромеханика. – 2008. - № 5. – С. 32-40.
102. Стаднюк Е.Д. Шахтные инструментальные наблюдения конвергенции вмещающих пород в действующих очистных забоях / Е.Д. Стаднюк // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. 2013. - № 3. - С. 126–135.
103. Стариков А.П. Газодинамические явления в угольных шахтах: природа происхождения, методы управления и пути снижения опасных проявлений / А.П. Стариков, М.П. Зборщик, В.И. Пилюгин // Уголь. – 2010. - № 12. – С. 3-6.
104. Степанов Ю.А. Адаптация и развитие метода конечных элементов для расчета параметров напряженно-деформированного состояния углепородного массива / Ю.А. Степанов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2011. - Выпуск № 4. - С. 31-34.
105. Суслов Н.И. Гидравлические системы передвижки механизированных крепей с подпором кровли: Экспресс информ. / Н.И. Суслов // ЦНИЭИуголь. – М., 1980. - 28 с.
106. Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2015 года / И.Г. Таразанов // Уголь. - 2016. - №3. - С. 58-72.
107. Титов Н.В. Влияние производственных процессов на состояние кровли в очистном забое / Н.В. Титов, Ю.В. Турук, С.Д. Васильев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2010. - Выпуск № 4. - С. 215-219.
108. Указания по управлению горным давлением в очистных забоях угольных шахт: Утв. Министерством угольной промышленности СССР. – Л.: ВНИМИ. – 1988. – 280 с.

109. Ульянов В.В. Что нужно сделать для увеличения продуктивной работы механизированных комплексов / В.В. Ульянов, А.В. Ремезов // Уголь. 2016. - № 7. - С. 32-33.
110. Федаш А.В. Результаты эксплуатационных испытаний механизированной крепи / А.В. Федаш, Г.И. Козовой, А.М. Рыжов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. - Выпуск № 1. - С. 69-72.
111. Фролов Б.А. Методы повышения адаптивности механизированных крепей. / Б.А. Фролов, В.И. Клишин, В.С. Верин // Новосибирск: Наука, 1983. - 109 с.
112. Фролов Б.А. Описание динамических процессов в гидростойках механизированных крепей. / Б.А. Фролов, Г. Сунег, В.И. Клишин // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых Новосибирск: Наука. - 1984. - №6. – С. 83-89.
113. Хорин В.Н. Гидравлические системы механизированных крепей / В.Н. Хорин, С.В. Мамонтов, В.Я. Каштанова // М.: Недра. – 1971. - 288 с.
114. Хорин В.Н. Расчет и конструирование механизированных крепей / В.Н. Хорин – М.: Недра, 1988. - 255 с.: ил.
115. Чекулаев В.В. Обоснование параметров взаимодействия механизированной крепи с неустойчивой кровлей при применении пневматических контактирующих элементов: Дис. ... канд. техн. наук: 05.15.02, 05.05.06. - Тула. 1986. – 207 с.
116. Шинкевич М.В. Уточнение технологических решений на основе информации об изменениях давления в стойках механизированной крепи при отработке выемочного столба / М.В. Шинкевич, А.А. Черепов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2013. - Выпуск № 3. - С. 16-20.
117. Ягодкин Г.И. О влияниях механизации очистных работ на производительность труда / Г.И. Ягодкин // Научн. Тр.: ИГД им. Скочинского. - 1983. – Вып. 223. - С.75-78.

118. Якоби. О Практика управления горным давлением / О. Якоби. - М.: Недра, 1987. – 566 с.
119. Антипов И.В. Взаимосвязь технологических операций в лаве с геомеханическими процессами в горном массиве / И.В. Антипов, Е.Д. Стаднюк, С.В. Козырь // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. — 2015. — № 15. — С. 9-20.
120. Антипов И.В. Особенности формирования опорного давления в процессе работы одиночной лавы / И.В. Антипов, Н.И. Лобков, А.В. Савенко // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. — 2015. — № 15. — С. 58-67
121. Adaptation of the mechanized roof support to changeable rock pressure / V.V. Gabov, V.V. Buevich, D.A. Zadkov, P.A. Vasilieva // Eurasian Mining. TU Bergakademie Freiberg, Germany. Volume 1, 2012, p. 135-140
122. Irresberger H.V. Schreitausbau für den Steinkohlenbergbau ein Handbuch für die Praxis / H.V. Irresberger, F.S. Gräwe, P.S. Migenda // [Essen]. Verl. Glückauf. – 1994. – 339 S. III., graph. Darst.
123. Langosch U. Longwall Roof Control by Calculation of the Shield Support Requirements / U. Langosch, U. Ruppel, U. Wyink //, in Aziz, N (ed), Coal 2003: Coal Operators' Conference, University of Wollongong & the Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2003, p.: 162-172.
124. Novák P. Roof support control in longwall technology / P. Novak, J. Babjak // 14th Coal Operators' Conference, University of Wollongong, The Australasian Institute of Mining and Metallurgy & Mine Managers Association of Australia – 2014. - p.: 34-41.
125. Peng S.S. Longwall Mining, 2nd edition, 2006 published by: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. (SME), p. 621
126. Vatavu S. Constructive and Calculus particularities for the hydraulic props of powered roof support / S. Vatavu, N. Vatavu // Annual of the University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, Sofia, Bulgaria, Vol. 49, Part III, Mechanization, electrification and automation in mines, 2006, p.: 7-10.

СПИСОК ИЛЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРИАЛА

Перечень рисунков

РИСУНОК 1.1 – ИЗМЕНЕНИЕ НАГРУЗОК НА КОМПЛЕКСНО МЕХАНИЗИРОВАННЫЙ ЗАБОЙ.....	18
РИСУНОК 1.2 – СХЕМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОСНОВНОЙ КРОВЛИ, НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ КРОВЛИ И МЕХАНИЗИРОВАННОЙ КРЕПИ	21
РИСУНОК 1.3 – ИЗМЕНЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ МАССЫ СЕКЦИЙ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ С ТЕЧЕНИЕМ ВРЕМЕНИ.	22
РИСУНОК 1.4 - РОСТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА РАБОЧЕГО В ОЧИСТНОМ ЗАБОЕ И РОСТ УРОВНЯ МЕХАНИЗАЦИИ ОЧИСТНЫХ РАБОТ В УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ	28
РИСУНОК 1.5 - СЕКЦИЯ ЩИТОВОЙ КРЕПИ И.А. ЖУРАВЛЕВА	29
РИСУНОК 1.6 – ОБРАЗЕЦ, ИСПЫТАННЫЙ НА ШАХТЕ ПОДМОСКОВНОГО БАССЕЙНА.....	29
РИСУНОК 1.7 – СЕКЦИЯ ЩИТОВОЙ КРЕПИ ТИПА «Щ».....	30
РИСУНОК 1.8 – СЕКЦИЯ ЩИТОВОЙ КРЕПИ «МОСБАСС»	31
РИСУНОК 1.9 – СЕКЦИЯ ОГРАДИТЕЛЬНО-ПОДДЕРЖИВАЮЩЕГО ТИПА Щ-57.....	31
РИСУНОК 1.10 – СЕКЦИЯ ОГРАДИТЕЛЬНО-ПОДДЕРЖИВАЮЩЕГО ТИПА ОМК.....	32
РИСУНОК 1.11 – СЕКЦИЯ ОГРАДИТЕЛЬНО-ПОДДЕРЖИВАЮЩЕГО ТИПА АК.....	32
РИСУНОК 1.12 – СЕКЦИЯ ОГРАДИТЕЛЬНО-ПОДДЕРЖИВАЮЩЕГО ТИПА Щ-58К.....	33
РИСУНОК 1.13 – СЕКЦИЯ ОГРАДИТЕЛЬНО-ПОДДЕРЖИВАЮЩЕГО ТИПА МК.....	33
РИСУНОК 1.14 - СХЕМА КОМПОНОВКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗОН В ОЧИСТНОМ ЗАБОЕ.....	36
РИСУНОК 1.15 – ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ВЫЕМКИ УГЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫМ КОМПЛЕКСОМ	37
РИСУНОК 1.16 – ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОГО И ФАКТИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ.....	41
РИСУНОК 1.18 - СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ ГС К СИСТЕМЕ ГИДРОПРИВОДА СМК.....	44
РИСУНОК 1.19 - РАБОЧАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СТОЙКИ	45
РИСУНОК 1.20 – ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА МЕХАНИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ГИДРОСТОЕК СМК ОТ ДИНАМИЧЕСКИХ ПЕРЕГРУЗОК.....	56

РИСУНОК 1.21 – ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА БЕЗЫНЕРЦИОННОГО УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ГИДРОСТОЙКИ СМК ОТ ДИНАМИЧЕСКИХ ПЕРЕГРУЗОК.....	57
РИСУНОК 1.22 - ПНЕВМОБАЛОННАЯ КРЕПЬ.....	59
РИСУНОК 1.23 - СЕКЦИЯ БЕЗРАЗГРУЗОЧНОЙ КРЕПИ	60
РИСУНОК 1.24 - СЕКЦИЯ БЕЗРАЗГРУЗОЧНОЙ КРЕПИ	60
РИСУНОК 1.25 - АДАПТИВНАЯ К ВНЕШНИМ НАГРУЗКАМ СМК.....	62
РИСУНОК 2.1 - СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	66
РИСУНОК 2.2 - ДЕФОРМАЦИОННО-СИЛОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОСТОЙКИ СЕКЦИИ КРЕПИ.....	77
РИСУНОК 2.3 - РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИДРОСТОЙКИ СМК.....	80
РИСУНОК 2.4 - ГИДРОСИСТЕМА ГИДРОСТОЙКИ С БЛОКОМ БЕЗЫМПУЛЬСНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ	84
РИСУНОК 2.5 – ПОРШНИ ГИДРОТРАНСФОРМАТОРА, СОЕДИНЕННЫЕ ШТОКОМ.....	86
РИСУНОК 2.6 - ГИДРОСИСТЕМА ГИДРОСТОЙКИ С ДРОССЕЛИРУЮЩИМ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕМ И РЕКУПЕРАЦИЕЙ ЭНЕРГИИ.....	88
РИСУНОК 2.7 СВЯЗЬ ВАЛОВОГО ВНУТРЕННЕГО ПРОДУКТА С ПОТРЕБЛЕНИЕМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПО СТРАНАМ МИРА	89
РИСУНОК 2.8 ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ.....	90
РИСУНОК 2.9 - РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ КРЕПЬ - ОЧИСТНОЙ ЗАБОЙ	93
РИСУНОК 2.10 - СХЕМА КОНВЕРГЕНЦИИ ПОРОД КРОВЛИ И ПОЧВЫ, СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА КРОВЛЮ СО СТОРОНЫ СТОЕК, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ.	94
РИСУНОК 3.1 - СХЕМА ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ	99
РИСУНОК 3.2 - РАЗМЕРЫ ВНУТРЕННИХ ПОЛОСТЕЙ ГИДРОТРАНСФОРМАТОРА ДАВЛЕНИЯ	100
РИСУНОК 3.3 – СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ БЛОКА БЕЗЫМПУЛЬСНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ГИДРОСТОЙКИ	103
РИСУНОК 3.4 – ГИДРОТРАНСФОРМАТОР ДАВЛЕНИЯ.....	105
РИСУНОК 3.5 – РЕГУЛИРУЕМЫЙ ДРОССЕЛЬ (ШАЙБА).....	106

Перечень таблиц

ТАБЛИЦА 1.1 – КЛАССИФИКАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ СЕКЦИЙ КРЕПИ..	17
ТАБЛИЦА 1.2 – РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЕКЦИЙ КРЕПИ В СООТВЕТСТВИИ С КЛАССИФИКАЦИЕЙ.....	19
ТАБЛИЦА 1.3 – ПРОГРАММА ИССЛЕДОВАНИЙ СМК ПЕРВОГО, ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ.....	24
ТАБЛИЦА 1.4 - ЭТАПЫ ЭВОЛЮЦИИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ КРЕПИ.....	29
ТАБЛИЦА 1.5 - РАСЧЕТНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УГЛЯ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА И ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД (КЛАССИФИКАЦИЯ)	37
ТАБЛИЦА 1.6 - ПАРАМЕТРЫ СРЕДЫ И АГРЕГАТА КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ АДАПТАЦИИ.....	51
ТАБЛИЦА 2.1 - СРАВНЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК.....	81
ТАБЛИЦА 2.2 – СООТНОШЕНИЯ ДАВЛЕНИЙ И УСИЛИЙ.....	86

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Патент на изобретение № 2510460

(Справочное)

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2510460

ГИДРОФИЦИРОВАННАЯ КРЕПЬ С РЕГУЛИРУЕМЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ И РЕКУПЕРАЦИЕЙ ЭНЕРГИИ

Патентообладатель(ли): *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный минерально-сырьевой университет "Горный" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2012124418

Приоритет изобретения **13 июня 2012 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **27 марта 2014 г.**

Срок действия патента истекает **13 июня 2032 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 510 460** ⁽¹³⁾ **C2**(51) МПК
E21D 23/16 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: **2012124418/03**, **13.06.2012**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
13.06.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **13.06.2012**(43) Дата публикации заявки: **20.12.2013** Бюл. № 35(45) Опубликовано: **27.03.2014** Бюл. № 9(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2079667 C1, 20.05.1997. SU 629349 A1, 25.10.1978. SU 881342 A1, 15.11.1981. CS 8703258 A, 16.08.1988. CN 201581912 U, 15.09.2010.**

Адрес для переписки:

**199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
ФГБОУ ВПО "Национальный минерально-сырьевой университет "Горный", отдел ИС и ТТ**

(72) Автор(ы):

**Буевич Владимир Владимирович (RU),
Габов Виктор Васильевич (RU),
Кабанов Олег Васильевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Национальный минерально-сырьевой
университет "Горный" (RU)**

RU 2 5 1 0 4 6 0 C 2

RU 2 5 1 0 4 6 0 C 2

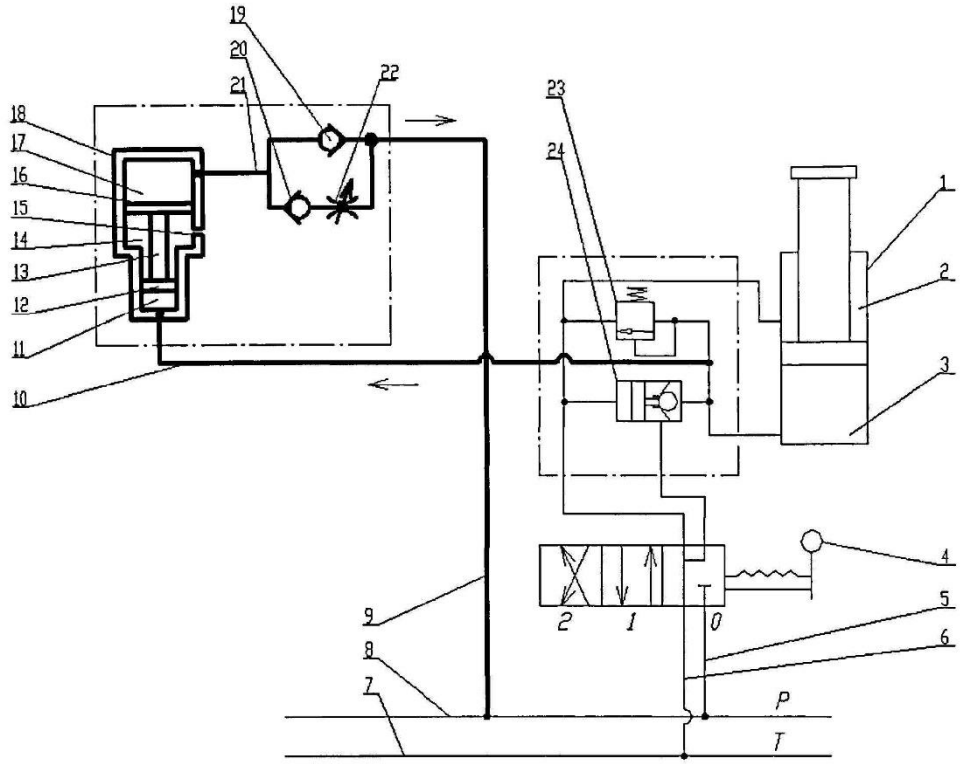
(54) ГИДРОФИЦИРОВАННАЯ КРЕПЬ С РЕГУЛИРУЕМЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ И РЕКУПЕРАЦИЕЙ ЭНЕРГИИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к горному делу, а именно к области крепления кровли очистных выработок с помощью секций механизированных крепей.

Гидрофицированная крепь с регулируемым сопротивлением и рекуперацией энергии содержит гидростойку с подключенными к ее поршневой полости предохранительным клапаном и гидрозамком и гидроблок управления. Между поршневой полостью гидростойки и напорной магистралью установлен мультипликатор, состоящий из корпуса, большого и малого поршней, жестко соединенных между собой штоком, камер большого и малого поршней и промежуточной камеры, расположенной между ними. Кроме того, устройство содержит регулируемый дроссель и двумя обратными клапанами,

которые установлены между мультипликатором и напорной магистралью. При этом камера большого поршня мультипликатора соединена с напорной магистралью через две параллельные линии, в одной из которых установлены последовательно расположенные регулируемый дроссель и обратный клапан, а в другой линии - обратный клапан. Камера малого поршня мультипликатора соединена с поршневой полостью гидростойки, а промежуточная камера мультипликатора соединена с атмосферой через компенсационное отверстие. Техническим результатом является повышение надежности работы и точности поддержания режима работы гидростойки, а также циклическая передача (рекуперация) гидравлической энергии в напорную магистраль. 1 ил.



Фиг.1

RU 2510460 C2

RU 2510460 C2

RUSSIAN FEDERATION



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 510 460** ⁽¹³⁾ **C2**

(51) Int. Cl.
E21D 23/16 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012124418/03, 13.06.2012

(24) Effective date for property rights:
13.06.2012

Priority:

(22) Date of filing: 13.06.2012

(43) Application published: 20.12.2013 Bull. 35

(45) Date of publication: 27.03.2014 Bull. 9

Mail address:

199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 linija, 2,
FGBOU VPO "Natsional'nyj mineral'no-syr'evoj
universitet "Gornyj", otdel IS i TT

(72) Inventor(s):

**Buevich Vladimir Vladimirovich (RU),
Gabov Viktor Vasil'evich (RU),
Kabanov Oleg Vasil'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija "Natsional'nyj
mineral'no-syr'evoj universitet "Gornyj" (RU)**

(54) **HYDRAULIC SUPPORT WITH VARIABLE RESISTANCE AND ENERGY RECOVERY**

(57) Abstract:

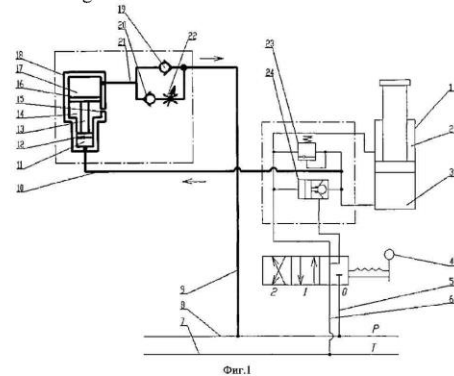
FIELD: mining.

SUBSTANCE: hydraulic support with variable resistance and energy recovery includes a hydraulic prop with a safety valve and a hydraulic lock connected to its piston cavity, and a hydraulic control unit. Between the piston cavity of the hydraulic prop and a pressure line there installed is a multiplying gear consisting of a housing, big and small pistons rigidly attached to each other with a stock, chambers of big and small pistons and an intermediate chamber located between them. Besides, the device includes an adjustable throttle and two check valves, which are installed between the multiplying gear and the pressure line. The chamber of the large piston of the multiplying gear is connected to the pressure line through two parallel lines, in one of which an adjustable throttle and a check valve is installed in series, and in the other line a check valve is installed. The chamber of the small piston of the multiplying gear is connected to the piston cavity of the hydraulic prop, and the

intermediate chamber of the multiplying gear is connected to atmosphere through a compensation opening.

EFFECT: improved operating reliability and accuracy of maintaining an operation mode of a hydraulic prop; cyclic transfer of hydraulic energy to the pressure line.

1 dwg



RU 2 5 1 0 4 6 0 C 2

RU 2 5 1 0 4 6 0 C 2

RU 2 510 460 C2

Изобретение относится к горному делу, а именно к области крепления кровли очистных выработок с помощью секций механизированных крепей.

Известна «Гидравлическая стойка шахтной крепи» (пат. RU №2023163, д.пр. 26.11.1990), включающая цилиндр с выдвигной частью, который имеет входной канал в рабочую полость, соединенную с гидрозамком с разгрузочным упором в загрузочной его полости, дифференциальный предохранитель, имеющий герметичный ввод, обратный клапан, пружины и толкатель, установленный с возможностью взаимодействия одного конца с обратным клапаном, в которой дифференциальный предохранитель, установленный на наружной стороне цилиндра, снабжен корпусом и установлен соосно с гидрозамком в его загрузочной полости с возможностью контакта разгрузочного упора гидрозамка с другим концом толкателя, который установлен с возможностью осевого перемещения в герметичном отверстии, выполненном в корпусе, и снабжен кольцевым пояском, расположенным между корпусом и пружиной, причем загрузочная полость гидрозамка сообщена с подклапанной полостью обратного клапана посредством сквозного продольного канала, выполненного в теле толкателя, а входной канал в рабочую полость стойки сообщен с заклапанной полостью обратного клапана посредством продольных пазов, выполненных на наружной поверхности дифференциального предохранителя.

Недостаток устройства заключается в том, что оно не обеспечивает рекуперации энергии при оседании кровли и сглаживание динамических нагрузок, а предохранительный клапан работает в импульсном режиме, следствием чего является переменная скорость опускания стойки и кровли.

Известна «Гидравлическая стойка шахтной крепи» (пат. RU №2065058, д.пр. 20.04.1994), включающая гидроцилиндр с поршневой и штоковой полостями и предохранительное устройство, содержащее корпус, выполненный с каналами для соединения поршневой полости гидростойки со сливом и расположенный в гидравлически уравновешенный золотник с пружиной, установленной во внутренней полости его с возможностью силового взаимодействия с крышкой корпуса, выполненной с центральным цилиндрическим выступом, имеющим радиальный канал и входящим во внутреннюю полость золотника, перекрывая ее с образованием гидравлической полости для уравновешивания золотника, и регулируемый клапан для соединения этой полости со сливом при динамических нагрузках на стойку. Регулируемый клапан расположен в цилиндрическом выступе крышки, его золотник выполнен с проточкой в средней части, а полость, образованная этой проточкой со стенками выступа, имеет два радиальных канала, один из которых постоянно соединен с гидравлической полостью, уравновешивающей золотник, а другой канал расположен с возможностью соединения этой гидравлической полости с поршневой полостью гидростойки через клапанную полость.

Недостатки заключаются в сложности обслуживания и настройки, отсутствии рекуперации энергии, отсутствии возможности изменения жесткости рабочей характеристики крепи.

Известна "Гидравлическая система управления секцией механизированной крепи» (пат. RU №2079667, д.пр. 26.01.1995), принятая за прототип и включающая гидростойку с подключенной к ее поршневой полости предохранительным клапаном и гидрозамком, гидроблок управления, подключенный к напорной и сливной магистралям и связанный линиями управления с поршневой и штоковыми полостями гидростойки, устройство повышения давления сообщенное с поршневой полостью гидростойки, устройство повышения давления выполнено в виде гидроцилиндра,

RU 2 510 460 C2

внутри которого установлены поперечная стенка с центральным отверстием, отделяющая камеру высокого давления от камеры управления, подвижный поршень, разделяющий камеру управления и камеру низкого давления, подвижной шток, прикрепленный одним концом к поршню со стороны камеры управления и пропущенный сквозь отверстие поперечной стенки в камеру высокого давления, и выдвигной шток-индикатор, прикрепленный одним концом к поршню со стороны камеры низкого давления, другой конец которого пропущен через отверстие, выполненное в стенке гидроцилиндра, при этом камера низкого давления сообщена с напорной магистралью секции, камера управления сообщена с линией управления поршневой полостью гидростойки в гидроблоке управления, а камера высокого давления снабжена запорным регулируемым клапаном, вход которого сообщен с ней, а выход - с поршневой полостью гидростойки непосредственно, и сообщена через обратный клапан с линией управления поршневой полостью гидростойки в гидроблоке управления.

Недостатки заключаются в том, что гидравлическая система управления секцией механизированной крепи сглаживает динамические нагрузки только при распоре стоек и не влияет на рабочую характеристику стойки при оседании кровли, а также не обеспечивает рекуперацию гидравлической энергии.

Техническим результатом изобретения является возможность непрерывного статического регулирования, что повышает надежность работы и точность поддержания режима работы гидростойки, а также циклическая передача (рекуперация) гидравлической энергии в напорную магистраль.

Технический результат достигается тем, что гидрофицированная крепь с регулируемым сопротивлением и рекуперацией энергии, включающая гидростойку с подключенными к ее поршневой полости предохранительным клапаном и гидрозамком, гидроблок управления, подключенный к напорной и сливной магистральям и связанный линиями управления с поршневой и штоковой полостями гидростойки, между поршневой полостью гидростойки и напорной магистралью установлен мультипликатор, состоящий из корпуса, большого и малого поршней, жестко соединенных между собой штоком, камер большого и малого поршней и промежуточной камеры, расположенной между ними, а также регулируемым дросселем и двумя обратными клапанами, которые установлены между мультипликатором и напорной магистралью, при этом камера большого поршня мультипликатора соединена с напорной магистралью через две параллельные линии, в одной из которых установлены последовательно расположенные регулируемый дроссель и обратный клапан, а в другой линии - обратный клапан, камера малого поршня мультипликатора соединена с поршневой полостью гидростойки, а промежуточная камера мультипликатора соединена с атмосферой через компенсационное отверстие.

Устройство поясняется чертежами, где на фиг.1 показана гидрокинематическая схема гидрофицированной крепи с регулируемым сопротивлением и рекуперацией энергии.

Гидростойка 1 с поршневой полостью 3 и штоковой полостью 2 соединена с предохранительным клапаном 23 и гидрозамком 24 одностороннего действия. Гидроблок управления 4 подключен к напорной 8 и сливной 7 магистральям и связан линиями управления 5 с поршневой 3 и линией 6 со штоковой 2 полостями гидростойки 1. Мультипликатор 18 содержит камеру большого поршня 17, большой поршень 16, жестко соединенный штоком 13 с малым поршнем 12, камеру малого

поршня 11, промежуточную камеру 14 с компенсационным отверстием 15. Площади поршней 12 и 16 мультипликатора 18 рассчитываются исходя из условия равновесия. Камера 17 большого поршня 16 соединена с напорной магистралью 8 через гидрوليнию 9 и две параллельные линии 21, в одной из которых установлены последовательно расположенные регулируемый дроссель 22 и обратный клапан 20, обеспечивающие переток жидкости под давлением из большой камеры 17 мультипликатора 18 в напорную магистраль 8 при нагрузке на гидрофицированную крепь больше нижней границы зоны регулирования, увеличивая податливость или уменьшая жесткость гидростойки 1, а в другой гидрوليнии обратный клапан 19, обеспечивающий переток жидкости из напорной магистрали 8 в большую камеру 17 мультипликатора 18 и перемещение штока 13 мультипликатора 18 в исходное положение при разгруженной гидростойке 1 гидрофицированной крепи. Камера 11 малого поршня 12 сообщена с поршневой полостью 3 гидростойки 1 гидрوليнией 10. Промежуточная камера 14 сообщена с атмосферой через компенсационное отверстие 15.

Гидрофицированная крепь работает следующим образом. Один цикл работы включает несколько операций. На протяжении всего цикла в промежуточной камере 14 сохраняется постоянное атмосферное давление. Через компенсационное отверстие 15 воздух выходит в атмосферу, таким образом исключается возможность изменения давления в промежуточной камере 14, за счет изменения объема.

Первая операция это разгрузка гидростойки 1 и передвижка гидрофицированной крепи. Для передвижки крепи гидроблок 4 переключается в позицию 2 (передвижка), жидкость из напорной магистрали 8 поступает по гидрوليнии 5 в штоковую полость 2 гидростойки 1, а поршневая полость 3 соединяется со сливной магистралью 7 по гидрوليнии 6 через гидрозамок 24, гидростойка опускается. Из напорной магистрали 8 жидкость по гидрوليнии 9, гидрوليнии 21 и обратный клапан 19 подается в камеру 17 мультипликатора 18, где поддерживается давление напорной магистрали 8.

В камере 11 поддерживается остаточное давление поршневой полости 3 за счет связи поршневой полости 3 и камеры 11 гидрوليнией 10, при этом сила F_{12} действующая со стороны малого поршня 12, много меньше силы F_{16} , действующей со стороны большого поршня 16 (1). Мультипликатор 18 устанавливается в исходное положение, поршни 12 и 16 передвинуты в крайнее нижнее положение. Объем V_{11} камеры 11 принимает минимальное значение, а объем V_{17} камеры 17 - максимальное значение, мультипликатор готов к работе, регулируемый дроссель 22 при этом закрыт.

Тогда соотношение сил примет вид:

$$F_{12} \ll F_{16}; \quad (1)$$

$$F_{12} = P_{11} \cdot S_{12}; \quad (2)$$

$$F_{16} = P_{17} \cdot S_{16}; \quad (3)$$

$$P_{17} = P_8; \quad P_{11} = P_3. \quad (4)$$

где P_{11} - давление в камере 11, S_{12} - площадь малого поршня камеры 12, P_{17} - давление в камере 17, S_{16} - площадь большого поршня 16, P_8 - давление в напорной магистрали 8, P_3 - давление в полости 3 гидростойки 1.

Вторая операция - это распор гидростойки 1 гидрофицированной крепи. Для распора гидростойки 1 гидроблок 4 переключается в позицию 1 (рабочее положение), жидкость из напорной магистрали 8 по гидрوليнии 5 поступает через гидрозамок одностороннего действия 24 в поршневую полость 3 гидростойки 1 и по линии 10 - в

RU 2 510 460 C2

камеру 11, в камере 17 поддерживается давление напорной магистрали, давление в поршневой полости 3 достигает величины соответствующей начальному распору. Давление в камере 11 увеличивается, при этом сила F_{12} меньше силы F_{16} , соотношение (1) примет вид (5). Дроссель по прежнему закрыт:

$$F_{12} < F_{16} \quad (5)$$

Раздвижка гидростойки 1 заканчивается ее распором через основание и перекрытие в почву и кровлю. По окончании процесса распора гидрораспределитель 4 переводится в позицию 0 (нейтраль). Поршневая полость 3 отключается от напорной магистрали 8. При оседании кровли давление в полости 3 гидростойки 1 растет, а соответственно, растет давление в камере 11 и достигает нижнего диапазона регулирования (7), соотношение (5) примет вид (6):

$$F_{12} = F_{16} \quad (6)$$

$$P_{11} = P_8 \frac{S_{16}}{S_{17}} \quad (7)$$

Регулируемый дроссель 22 приоткрывается.

Третья операция - это управление горным давлением. В режиме управления горным давлением поршни 12 и 16 находятся в нижнем положении. При опускании кровли давление в полости 3 гидростойки 1 растет и условие равновесия сил (6), при котором поршни 12 и 16 остаются неподвижными, принимает вид:

$$F_{12} > F_{16} \quad (8)$$

Шток 13 начинает перемещаться вверх, поднимая поршни 12 и 16, вытесняя жидкость из камеры 17 через обратный клапан 20 и регулируемый дроссель 22 в напорную магистраль 8. Чем больше давление P_{11} , тем больше сила F_{12} , тем больше открывается регулируемый дроссель 22 и тем быстрее перемещается поршень 12, шток 13 и поршень 16. Это ограничивает рост давления в поршневой полости 3.

Регулируемый дроссель 22 и обратный клапан 20 обеспечивают переток жидкости под давлением из большой камеры 17 мультипликатора 18 в напорную магистраль 8 при нагрузке на гидростойку 1, больше нижней границы зоны регулирования, увеличивая податливость или уменьшая жесткость гидростойки 1. Так как в режиме опускания кровли регулируемый дроссель 22 не перекрывается, а его открытие регулируется пропорционально давлению в поршневой полости 3 гидростойки 1, то давление в полости 3 может изменяться при плавном опускании кровли, от верхней границы до нижней границы диапазона регулирования, не вызывая срабатывания предохранительного клапана 23. Становится возможен переход от динамического импульсного регулирования на непрерывное статическое регулирование, что повышает надежность работы и точность поддержания режима работы гидростойки 1. Также исключается топтание кровли, которое возникает при периодическом срабатывании предохранительного клапана.

Объем камеры 17 уменьшается, а камеры 11 увеличивается. При этом происходит циклическая передача вытесняемой жидкости объемом V под давлением P из большой камеры 17 мультипликатора 18 через регулируемый дроссель 22 с расходом Q (9) или гидравлической энергии $E(10)$, в напорную магистраль 8:

$$Q = \beta \cdot \varepsilon \cdot S \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_{17} - P_8)} \quad (9)$$

где β - коэффициент расхода, S - площадь сечения отверстия дросселя; ε - степень открытия дросселя; ρ - плотность жидкости; P_{17} - давление в камере 17 большого

RU 2 510 460 C2

поршня 16; P_8 - давление в напорной магистрали 8.

Величина рекуперированной энергии:

$$E = V_{17} \cdot (P_{16} - P_8) \quad (10)$$

5 где V_{17} - объем камеры 17, P_{17} - давление в камере 17 большого поршня 16, P_8 -
давление в напорной магистрали 8.

При резком блоковом опускании кровли и недостаточной пропускной способности
регулируемого дросселя 22 возможен упор поршня 16 в верхнюю часть
мультипликатора 18, значение давления P_3 , а соответственно и P_{11} , может выйти за
10 верхнюю границу диапазона регулирования. Это аварийный режим работы и в
данном случае сработает предохранительный клапан 23. Гидрофицированная крепь
начнет работать в режиме равного сопротивления с импульсной рабочей
характеристикой. Однако быстрый переток жидкости при максимально открытом
15 дросселе 22 в напорную магистраль 8 снизит давление в поршневой полости 3, по
сравнению со схемой без мультипликатора и регулируемого дросселя 22. При этом
снизятся предельные динамические нагрузки испытываемые гидростойкой 1.

При окончании цикла выемки гидрофицированная секция разгружается,
соотношение (8) принимает вид (1), а поршни 12 и 16 занимают исходное положение.
20 Мультипликатор готов для нового цикла.

Формула изобретения

Гидрофицированная крепь с регулируемым сопротивлением и рекуперацией
энергии, включающая гидростойку с подключенными к ее поршневой полости
25 предохранительным клапаном и гидрозамком, гидроблок управления, подключенный
к напорной и сливной магистралям и связанный линиями управления с поршневой и
штоковой полостями гидростойки, отличающаяся тем, что она снабжена
мультипликатором, установленным между поршневой полостью гидростойки и
30 напорной магистралью и состоящим из корпуса, большого и малого поршней, жестко
соединенных между собой штоком, камер большого и малого поршней и
промежуточной камеры, расположенной между ними, а также регулируемым
дросселем и двумя обратными клапанами, которые установлены между
35 мультипликатором и напорной магистралью, при этом камера большого поршня
мультипликатора соединена с напорной магистралью через две параллельные линии, в
одной из которых установлены последовательно расположенные регулируемый
дроссель и обратный клапан, а в другой линии - обратный клапан, камера малого
40 поршня мультипликатора соединена с поршневой полостью гидростойки, а
промежуточная камера мультипликатора соединена с атмосферой через
компенсационное отверстие.

45

50

ПРИЛОЖЕНИЕ Б**Патент на изобретение № 2503816**

(Справочное)

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2503816

**ГИДРОФИЦИРОВАННАЯ КРЕПЬ С ДРОССЕЛИРУЮЩИМ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕМ И РЕКУПЕРАЦИЕЙ ЭНЕРГИИ**

Патентообладатель(и): *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный минерально-сырьевой университет "Горный" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2012131355

Приоритет изобретения 20 июля 2012 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 10 января 2014 г.

Срок действия патента истекает 20 июля 2032 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 503 816** ⁽¹³⁾ **C1**(51) МПК
E21D 23/16 (2006.01)**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2012131355/03, 20.07.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
20.07.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 20.07.2012

(45) Опубликовано: 10.01.2014 Бюл. № 1

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2079667 C1, 20.05.1997. SU 800386 A1,
30.01.1981. SU 1129374 A1, 15.12.1984. SU
1145148 A1, 15.03.1985. FR 2368604 A,
19.05.1978. GB 1593832 A, 22.07.1981.

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
ФГБОУВПО "Национальный минерально-
сырьевой университет "Горный", отдел
интеллектуальной собственности и
трансфера технологий (отдел ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

Габов Виктор Васильевич (RU),
Кабанов Олег Васильевич (RU),
Бувич Владимир Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Национальный минерально-сырьевой
университет "Горный" (RU)

RU 2 503 816 C1

RU 2 503 816 C1

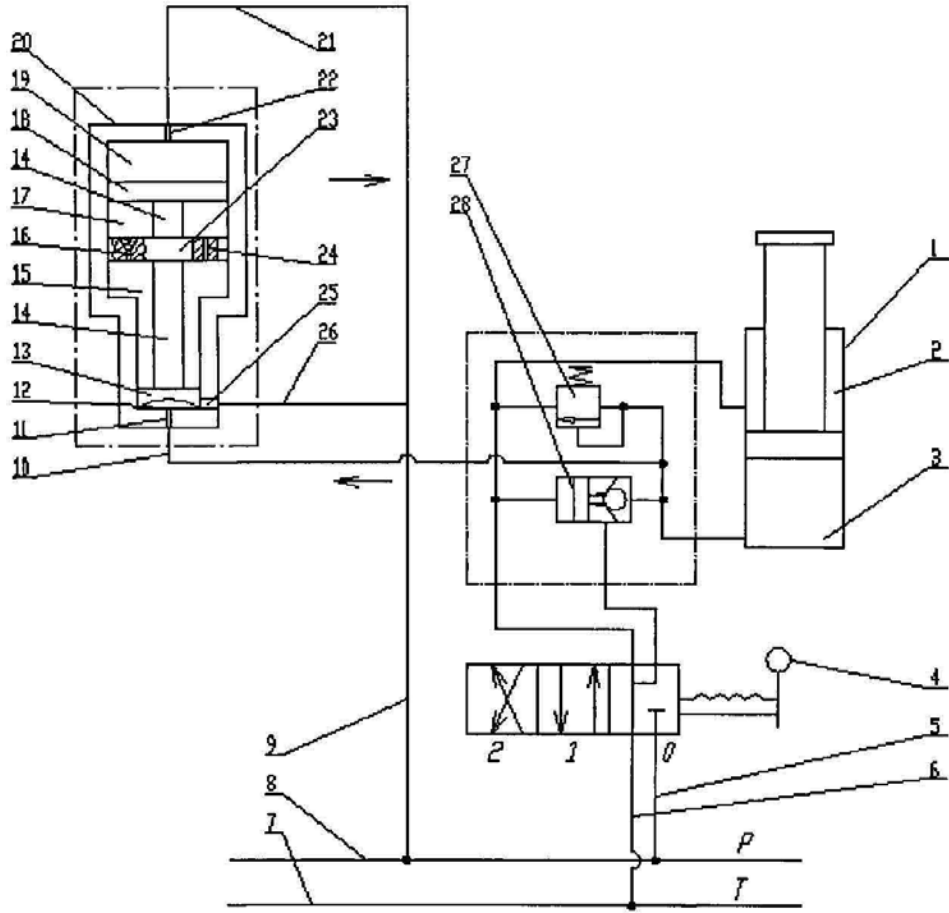
(54) ГИДРОФИЦИРОВАННАЯ КРЕПЬ С ДРОССЕЛИРУЮЩИМ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕМ И РЕКУПЕРАЦИЕЙ ЭНЕРГИИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к горному делу, а именно к области крепления кровли очистных выработок с помощью секций механизированных крепей.

Гидрофицированная крепь с дросселирующим распределителем и рекуперацией энергии содержит гидростойку с подключенными к ее поршневой полости предохранительным клапаном и гидрозамком и гидроблок управления, подключенный к напорной и сливной магистралям. Между поршневой полостью гидростойки и напорной магистралью установлен дросселирующий распределитель, состоящий из корпуса с тремя отверстиями, большого, среднего и малого поршней, жестко соединенных между собой

штоком, а также четырех камер, образуемых указанными поршнями. При этом камера малого поршня соединена через нижнее отверстие с поршневой полостью гидростойки, а через боковое отверстие, выполненное с перекрытием его малым поршнем, она соединена с напорной магистралью. Камера большого поршня через верхнее отверстие соединена с напорной магистралью, а верхняя и нижняя смежные камеры среднего поршня соединены между собой обратным клапаном и дросселем, установленными на среднем поршне. Техническим результатом является повышение надежности работы и точности поддержания режима работы гидростойки, а также рекуперация гидравлической энергии в напорную магистраль. 1 ил.



Фиг.1

RU 2503816 C1

RU 2503816 C1

RUSSIAN FEDERATION



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 503 816** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) Int. Cl.
E21D 23/16 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012131355/03, 20.07.2012

(24) Effective date for property rights:
20.07.2012

Priority:

(22) Date of filing: 20.07.2012

(45) Date of publication: 10.01.2014 Bull. 1

Mail address:

199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 linija, 2,
FGBOUVPO "Natsional'nyj mineral'no-syr'evoj
universitet "Gornyj", otdel intellektual'noj
sobstvennosti i transfera tekhnologij (otdel IS i TT)

(72) Inventor(s):

**Gabov Viktor Vasil'evich (RU),
Kabanov Oleg Vasil'evich (RU),
Buevich Vladimir Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija "Natsional'nyj
mineral'no-syr'evoj universitet "Gornyj" (RU)

(54) **HYDRAULICALLY-ASSISTED SUPPORT WITH THROTTLING DIRECTION CONTROL VALVE AND ENERGY RECOVERY**

(57) Abstract:

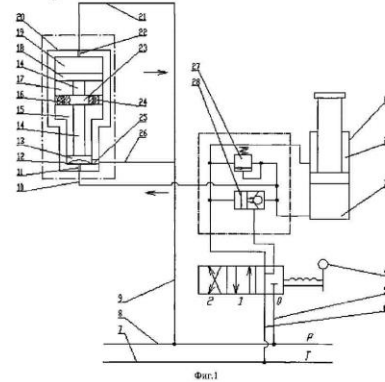
FIELD: mining.

SUBSTANCE: hydraulically-assisted support with a throttling direction control valve and energy recovery includes a hydraulic prop with a safety valve and a hydraulic lock, which are connected to its piston cavity, and a control hydraulic unit connected to delivery and drain main lines. Between piston cavity of hydraulic prop and delivery main line there installed is a throttling direction control valve consisting of a body with three holes, large, average and small pistons rigidly attached to each other with a stock, as well as four chambers formed with the above pistons. Chamber of small piston is connected through the lower hole to piston cavity of hydraulic prop, and through the side hole to the delivery main line. Chamber of large piston is connected through the upper hole to the delivery main line, and upper and lower adjacent chambers of average piston are connected to each other with a

check valve and a throttle, which are installed on average piston.

EFFECT: improving operating reliability and accuracy of maintaining an operation mode of a hydraulic prop; recovery of hydraulic energy to a delivery main line.

1 dwg



RU 2 5 0 3 8 1 6 C 1

RU 2 5 0 3 8 1 6 C 1

RU 2 503 816 C1

Изобретение относится к горному делу, а именно к области крепления кровли очистных выработок с помощью секций механизированных крепей.

Известна «Гидравлическая стойка шахтной крепи» (пат. RU №2023163, д.пр. 26.11.1990) включающая цилиндр с выдвигной частью, который имеет входной канал в рабочую полость, соединенную с гидрозамком с разгрузочным упором в загрузочной его полости, дифференциальный предохранитель, имеющий герметичный ввод, обратный клапан, пружины и толкатель, установленный с возможностью взаимодействия одного конца с обратным клапаном, в которой дифференциальный предохранитель, установленный на наружной стороне цилиндра, снабжен корпусом и установлен соосно с гидрозамком в его загрузочной полости с возможностью контакта разгрузочного упора гидрозамка с другим концом толкателя, который установлен с возможностью осевого перемещения в герметичном отверстии, выполненном в корпусе, и снабжен кольцевым пояском, расположенным между корпусом и пружиной, причем загрузочная полость гидрозамка сообщена с подклапанной полостью обратного клапана посредством сквозного продольного канала, выполненного в теле толкателя, а входной канал в рабочую полость стойки сообщен с заклапанной полостью обратного клапана посредством продольных пазов, выполненных на наружной поверхности дифференциального предохранителя.

Недостаток устройства заключается в том, что оно не обеспечивает рекуперации энергии при оседании кровли и сглаживание динамических нагрузок, а предохранительный клапан работает в импульсном режиме, следствием чего является переменная скорость опускания стойки и кровли.

Известна «Гидравлическая стойка шахтной крепи», (пат. RU №2065058, д.пр. 20.04.1994) включающая гидроцилиндр с поршневой и штоковой полостями и предохранительное устройство, содержащее корпус, выполненный с каналами для соединения поршневой полости гидростойки со сливом, и расположенный в гидравлически уравновешенный золотник с пружиной, установленной во внутренней полости его с возможностью силового взаимодействия с крышкой корпуса, выполненной с центральным цилиндрическим выступом, имеющим радиальный канал и входящим во внутреннюю полость золотника, перекрывая ее с образованием гидравлической полости для уравновешивания золотника, и регулируемый клапан для соединения этой полости со сливом при динамических нагрузках на стойку. Регулируемый клапан расположен в цилиндрическом выступе крышки, его золотник выполнен с проточкой в средней части, а полость, образованная этой проточкой со стенками выступа, имеет два радиальных канала, один из которых постоянно соединен с гидравлической полостью, уравновешивающей золотник, а другой канал расположен с возможностью соединения этой гидравлической полости с поршневой полостью гидростойки через клапанную полость.

Недостатки заключаются в сложности обслуживания и настройки, отсутствии рекуперации энергии, отсутствии возможности изменения жесткости рабочей характеристики крепи.

Известна "Гидравлическая система управления секцией механизированной крепи» (пат. RU №2079667, д.пр. 26.01.1995), принятая за прототип и включающая гидростойку с подключенной к ее поршневой полости предохранительным клапаном и гидрозамком, гидроблок управления, подключенный к напорной и сливной магистралям и связанный линиями управления с поршневой и штоковыми полостями гидростойки, устройство повышения давления сообщенное с поршневой полостью гидростойки, устройство повышения давления выполнено в виде гидроцилиндра,

RU 2 503 816 C1

внутри которого установлены поперечная стенка с центральным отверстием, отделяющая камеру высокого давления от камеры управления, подвижный поршень, разделяющий камеру управления и камеру низкого давления, подвижной шток, прикрепленный одним концом к поршню со стороны камеры управления и пропущенный сквозь отверстие поперечной стенки в камеру высокого давления, и выдвигной шток-индикатор, прикрепленный одним концом к поршню со стороны камеры низкого давления, другой конец которого пропущен через отверстие, выполненное в стенке гидроцилиндра, при этом камера низкого давления сообщена с напорной магистралью секции, камера управления сообщена с линией управления поршневой полостью гидростойки в гидроблоке управления, а камера высокого давления снабжена запорным регулируемым клапаном, вход которого сообщен с ней, а выход - с поршневой полостью гидростойки непосредственно, и сообщена через обратный клапан с линией управления поршневой полостью гидростойки в гидроблоке управления.

Недостатки заключаются в том, что гидравлическая система управления секцией механизированной крепи сглаживает динамические нагрузки только при распоре стоек и не влияет на рабочую характеристику стойки при оседании кровли, а также не обеспечивает рекуперацию гидравлической энергии.

Техническим результатом изобретения является возможность непрерывного статического регулирования, что повышает надежность работы и точность поддержания режима работы гидростойки, а также рекуперация гидравлической энергии в напорную магистраль.

Технический результат достигается тем, что в гидрофицированную крепь с дросселирующим распределителем и рекуперацией энергии, включающую гидростойку с подключенными к ее поршневой полости предохранительным клапаном и гидрозамком, гидроблок управления, подключенный к напорной и сливной магистральям и связанный линиями управления с поршневой и штоковой полостями гидростойки, между поршневой полостью гидростойки и напорной магистралью установлен дросселирующий распределитель, состоящий из корпуса с тремя отверстиями, большого, среднего и малого поршней, жестко соединенных между собой штоком, а также четырех камер, образуемых указанными поршнями, при этом камера малого поршня соединена через нижнее отверстие с поршневой полостью гидростойки, а через боковое отверстие, выполненное с перекрытием его малым поршнем, она соединена с напорной магистралью, камера большого поршня через верхнее отверстие соединена с напорной магистралью, а верхняя и нижняя смежные камеры среднего поршня соединены между собой обратным клапаном и дросселем, установленными на среднем поршне.

Устройство поясняется чертежами, где на фиг 1 показана гидрокинематическая схема гидрофицированной крепи с дросселирующим распределителем и рекуперацией энергии. Гидростойка 1 с поршневой полостью 3 и штоковой полостью 2 соединена с предохранительным клапаном 27 и гидрозамком 28 одностороннего действия. Гидроблок управления 4 подключен к напорной 8 и сливной 7 магистральям и связан линиями управления 5 с поршневой 3 и линией 6 со штоковой 2 полостями гидростойки 1.

Дросселирующий распределитель содержит корпус 20 с тремя отверстиями 11, 25, 22, большой 18, средний 23 и малый 13 поршни, жестко соединенные между собой штоком 14, а также четыре камеры 12, 15, 17, 19, образуемые этими поршнями. Камера 12 малого поршня 13 соединена через нижнее отверстие 11 и гидролинию 10 с

поршневой полостью 3 гидростойки 1, а через боковое отверстие 25 в корпусе 20, выполненное с перекрытием его малым поршнем 13, через гидролинию 26 и 9 с напорной магистралью 8. Камера 19 большого поршня 18 через верхнее отверстие 22 и гидролинии 21, 9 соединена с напорной магистралью 8. Верхняя 17 и нижняя 15 смежные камеры среднего поршня 23 соединены между собой обратным клапаном 16 и дросселем 24, установленными на среднем поршне 23.

Гидрофицированная крепь работает следующим образом. Один цикл работы включает несколько операций.

10 Первая операция это разгрузка гидростойки 1 и передвижка гидрофицированной крепи. Для передвижки крепи гидроблок 4 переключается в позицию 2 (передвижка), жидкость из напорной магистрали 8 поступает по гидролинии 5 в штоковую полость 2 гидростойки 1, а поршневая полость 3 соединяется со сливной магистралью 7 по гидролинии 6 через гидрозамок 28, гидростойка 1 опускается. Из напорной
15 магистрали 8 жидкость по гидролинии 9, гидролинии 21 подается в поршневую камеру 19 большого поршня 18, где поддерживается давление напорной магистрали 8. В камере 12 поддерживается остаточное давление поршневой полости 3 за счет связи поршневой полости 3 и камеры 12 гидролинией 10, при этом сила F_{13} действующая со
20 стороны малого поршня 13, много меньше силы F_{18} действующей со стороны большого поршня 18 (1). Шток 14 перемещается вниз, опуская поршни 13, 23, 18 происходит быстрый переток жидкости через дроссель 24 и обратный клапан 16 установленные в среднем поршне 23 из камеры 15 в камеру 17.

25 Дросселирующий распределитель устанавливается в исходное положение, поршни 13, 23 и 18 передвинуты в крайнее нижнее положение, дросселирующий распределитель готов к работе. Тогда соотношение сил примет вид:

$$F_{13} \ll F_{18}; \quad (1)$$

$$F_{13} = P_{12} \cdot S_{13}; \quad (2)$$

$$30 F_{18} = P_{18} \cdot S_{18}; \quad (3)$$

$$P_{18} = P_8; P_{12} = P_3. \quad (4)$$

где P_{12} - давление в камере 12, S_{13} - площадь малого поршня камеры 12, P_{18} - давление в камере 18, S_{18} - площадь большого поршня 18, P_8 - давление в напорной
35 магистрали 8, P_3 - давление в полости 3 гидростойки 1.

Вторая операция это распор гидростойки 1 гидрофицированной крепи. Для распора гидростойки 1 гидроблок 4, переключается в позицию 1 (рабочее положение), жидкость из напорной магистрали 8, по гидролинии 5 поступает через гидрозамок одностороннего действия 28, в поршневую полость 3 гидростойки 1, и по линии 10 в
40 камеру 12. В камере 19 через отверстие 22 гидролинию 21 и 9 поддерживается давление напорной магистрали. Давление в поршневой полости 3 достигает величины соответствующей начальному распору. Давление в камере 12 увеличивается, при этом сила F_{13} меньше силы F_{18} соотношение (1) примет вид (5). Шток 14 неподвижен.

$$45 F_{13} < F_{18} \quad (5)$$

Раздвижка гидростойки 1 заканчивается ее распором через основание и перекрытие в почву и кровлю. По окончанию процесса распора, гидрораспределитель 4 переводится в позицию 0 (нейтраль). Поршневая полость 3 отключается от напорной
50 магистрали 8. При оседании кровли давление в полости 3 гидростойки 1 растет, а соответственно растет давление в камере 12 и достигает нижнего диапазона регулирования (7), соотношение (5) примет вид (6):

$$F_{13} = F_{18}; \quad (6)$$

RU 2 503 816 C1

$$P_{12} = P_{19} \frac{S_{18}}{S_{18}}; \quad (7)$$

Третья операция это управление горным давлением. В режиме управления горным давлением, поршни 13, 18 и 23 находятся в нижнем положении. При опускании кровли, давление в полости 3 гидростойки 1 растет и условие равновесия сил (6) при котором поршни 13, 18 и 22 неподвижны, принимает вид:

$$F_{13} > F_{18}; \quad (8)$$

Шток 14 начинает перемещаться, вверх поднимая поршни 13, 18 и 23, жидкость начинает переток и камеры 12 через отверстие 25 по гидролиниям 26 и 9 в напорную магистраль 8. При этом средний поршень 16 сопротивляется перемещению штока 14 вверх. Жидкость перетекает из камеры 17 в камеру 15 только через дроссель 24, обратный клапан 16 закрыт, таким образом повышается плавность изменения кривой роста давления. Чем больше давление P_{12} , тем больше сила F_{13} , тем быстрее перемещается поршень 13, шток 14 и поршни 13, 18, 23. Это ограничивает рост давления в поршневой полости 3.

Дросселирующий распределитель обеспечивают переток жидкости под давлением из камеры 12 малого поршня 13 в напорную магистраль 8 при нагрузке на гидростойку 1 больше нижней границы зоны регулирования, увеличивая податливость или уменьшая жесткость гидростойки 1. Давление в полости 3 может изменяться при плавном опускании кровли, от верхней границы, до нижней границы диапазона регулирования, не вызывая срабатывания предохранительного клапана 27.

Становится возможен переход от динамического импульсного регулирования на непрерывное статическое регулирование, что повышает надежность работы и точность поддержания режима работы гидростойки 1. Также исключается топтание кровли, которое возникает при периодическом срабатывании предохранительного клапана 27.

Энергия рекуперации определяется как объем V вытесненной из поршневой полости 3 гидростойки 1 жидкости через камеру малого поршня 12 в напорную магистраль 8 умноженный на давление P_8 в напорной магистрали:

$$E = V_{\Delta} \cdot P_8; \quad (10)$$

где V_{Δ} - объем вытесненной жидкости, P_8 - давление в напорной магистрали 8.

При резком блоковом опускании кровли и недостаточной расходной характеристики отверстия 25 возможен упор поршня 18 в верхнюю часть корпуса дросселирующего распределителя 20, значение давления P_3 , а соответственно и P_{12} может приблизиться к верхней границе диапазона регулирования. В данном случае малый поршень 13 сместиться вверх и полностью откроет отверстие 25. Тогда жидкость пойдет напрямую из камеры 12 по гидролинии 26 и 9 в напорную магистраль. При этом снизится величина давления P_{12} и P_3 .

Если величина давления P_3 . В полости 3 гидростойки 1 продолжит нарастать, и значение давления выйдет за верхнюю границу диапазона регулирования, наступит аварийный режим работы и в этом случае сработает предохранительный клапан 27. Гидрофицированная крепь начнет работать в режиме равного сопротивления с импульсной рабочей характеристикой. Однако быстрый переток жидкости через отверстие 25 снизит давление в поршневой полости 3, по сравнению со схемой без золотника управления. При этом снизятся предельные динамические нагрузки испытываемые гидростойкой 1.

При окончании цикла выемки гидрофицированная секция разгружается,

RU 2 503 816 C1

соотношение (8) принимает вид (1), а поршни 13, 23 и 18 занимают исходное положение, шток 14 перемещается вниз.

Дросселирующий распределитель 20 готов для следующего цикла работы.

5

Формула изобретения

Гидрофицированная крепь с дросселирующим распределителем и рекуперацией энергии, включающая гидростойку с подключенными к ее поршневой полости предохранительным клапаном и гидрозамком, гидроблок управления, подключенный
10 к напорной и сливной магистралям и связанный линиями управления с поршневой и штоковой полостями гидростойки, отличающаяся тем, что между поршневой полостью гидростойки и напорной магистралью установлен дросселирующий распределитель, состоящий из корпуса с тремя отверстиями, большого, среднего и
15 малого поршней, жестко соединенных между собой штоком, а также четырех камер, образуемых указанными поршнями, при этом камера малого поршня соединена через нижнее отверстие с поршневой полостью гидростойки, а через боковое отверстие, выполненное с перекрытием его малым поршнем, она соединена с напорной
20 магистралью, камера большого поршня через верхнее отверстие соединена с напорной магистралью, а верхняя и нижняя смежные камеры среднего поршня соединены между собой обратным клапаном и дросселем, установленными на среднем поршне.

25

30

35

40

45

50