

A 622.28  
A159

75

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЗБАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

АБОРНЕВ Владимир Алексеевич

УДК 622.285 + 622.273.217.5

**ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ПАРАМЕТРОВ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ  
МЕХАНИЗИРОВАННОЙ КРЕПИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ  
МОЩНЫХ КРУТЫХ ПЛАСТОВ УГЛЯ С ЗАКЛАДКОЙ**

Специальность 05.15.02 — «Подземная разработка  
месторождений полезных ископаемых»

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Кемерово 1986

13.05.86

СЧЗ

Работа выполнена в Кузбасском политехническом институте.

Научный руководитель  
кандидат технических наук, профессор П. Ф. Лукьянов.

Официальные апоненты:  
доктор технических наук, профессор Л. А. Зиглин,  
кандидат технических наук, старший научный сотрудник  
А. Е. Родионов.

Ведущее предприятие — Всесоюзное промышленное объединение «Кузбассуголь».

Защита диссертации состоится 12 июня 1986 года в 14 час. на заседании специализированного совета К.063.70.01 по приложению ученой степени кандидата технических наук Кузбасского политехнического института по адресу: 650026, ул. Весенняя, 28.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кузбасского политехнического института.

Автореферат разослан 12 мая 1986 года.

Ученый секретарь специализированного  
совета кандидат технических наук,  
доцент В. В. КУРЕХИН

13.1x

# 6675  
A1:

Актуальность работы. "Основные направления экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года" предусматривают техническое перевооружение предприятий за счет комплексной механизации и автоматизации производственных процессов. "Довести уровень добычи угля из комплексно-механизированных очистных забоев до 78-80 процентов...".

Добыча угля с применением комплексной механизации на Прокопьевско-Киселевском угольном месторождении не превышает 10% подземной добычи. Более того, для разработки с закладкой изготовлены лишь опытные образцы механизированных комплексов. Произведенными испытаниями опытных образцов механизированных комплексов с гидрофицированными крепями на шахтах "Ноградская", "Зиминка", а также за рубежом на шахтах ИП установлено, что они не обеспечивают: во-первых, поддержание угольного забоя и уплотнение краевой части закладочного массива; во-вторых, реакция крепи концентрируется на отдельных участках контура очистной выработки, а передвижка крепи производится за счет сцепления с боковыми породами, при этом проявляется эффект "топтания", что ведет к разрушению непосредственных слоев боковых пород и, кроме того, гидрофицированные крепи - металлические, а длина внемочного поля не превышает 150-200 м, следовательно, удельный вес монтажно-ремонтных работ будет одним из важнейших технико-экономических показателей работы механизированного комплекса. Всё перечисленное подтверждает необходимость поиска и разработки принципиальной схемы механизированной крепи и определения её технологических параметров.

Цель работы. Разработка исходных положений и обоснование основных параметров пневматической механизированной крепи для выемки угля по восстанию из мощных крутых пластов с закладкой.

Идея работы заключается в том, что силы реакции крепи равны по величине и противоположны по направлению силам остаточных напряжений контура очистной выработки.

Основные научные положения, разработанные автором, и их новизна:

- установлена закономерность формирования деформаций очистной выработки и характер распределения сил реакции крепки;

- разработана принципиальная схема и конструкция пневматической механизированной крепи;

6675

- разработана методика определения технологических параметров пневматической механизированной крепи;
- определены силовые параметры и надежность работы пневматической механизированной крепи.

Методы исследования. Обобщение и анализ работы существующих индивидуальных и механизированных крепей и научных направлений их совершенствования, лабораторные и аналитические исследования.

Обоснованность и достоверность научных положений, сформулированных в работе, базируется на достаточно большом экспериментальном материале, полученному в шахтных и лабораторных условиях, а также подтверждены аналитическим расчетом надежности работы механизированной крепи. Коэффициент готовности гидрофицированных крепей изменяется от 0,85 до 0,95, а коэффициент технического использования механизированной пневматической крепи по реакции горному давлению и уплотнению закладочного массива 0,852, в том числе по факторам:

- реакция горному давлению 0,958;
- уплотнение закладочного массива 0,891.

Значение работы:

- научное значение работы состоит в установлении зависимости, характеризующей изменение показателей технологических параметров крепи и ее принципиальной схемы как функции горного давления, напряжений и деформации очистной выработки;
- практическое значение работы заключается в разработке механизированной пневматической крепи (а.с. 796450), технологической схемы очистных и монтажно-демонтажных работ с ее применением, разработаны рабочие чертежи для изготовления опытного образца механизированной пневматической крепи.

Реализация выводов и рекомендаций. Результаты проведенных исследований использованы при составлении отраслевой методики (МУП СССР) по определению технологических параметров механизированной пневматической крепи. Изгос ована действующая модель крепи. Подготовлена документация на изготовление опытного образца пневматической механизированной крепи.

Внедрение в производство разработанной механизированной пневматической крепи позволит дать экономии народному хозяйству до 2,5 руб. на одну тонну добываемого угля.

Алгоритм работы. Основные положения, выводы и рекомендации диссертационной работы докладывались и были одобрены на

XXI региональном научно-координационном совещании по проблемам горного давления (II семинар "Взаимодействие механизированных крепей с боковыми породами") в г. Новосибирске (1980 г.), на научно техническом совете отдела разработки с закладкой КузНИИ в г. Прокопьевске (1980 г.), на Всесоюзной конференции по механике горных пород в г. Днепропетровске (1981 г.), на III Всесоюзном семинаре "Взаимодействие механизированных крепей с боковыми породами" в г. Новосибирске (1982 г.), на Всесоюзной научно-технической конференции "Состояние и перспективы применения пневматических конструкций из мягких оболочек в горном деле" в г. Днепропетровске (1983 г.), на заседании кафедры "Разработка месторождений полезных ископаемых подземным способом" КузПИ в г. Кемерово (1984 г., 1985 г., 1986 г.).

Действующая модель пневматической механизированной крепи экспонировалась на зональной, республиканской выставках НТП.-75 и -80 и ВДНХ СССР 1981 г., где автор был отмечен, соответственно, двумя дипломами первой степени и серебрянной медалью.

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано десять статей в научных изданиях, в том числе три авторских свидетельства.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов, заключения и четырех приложений, содержит 140 страниц машинописного текста, включая 6 таблиц, 34 рисунка и список литературы из 112 наименований.

#### Основное содержание работы

В мировой практике известны примеры применения опытных образцов комплексной механизации при отработке крутопадающих пластов с закладкой выработанного пространства.

В СССР для добычи угля из мощных пластов крутого падения Прокопьевско-Киселевского месторождения Кузбасса разработан ряд механизированных комплексов: КЗ (КузНИИ, ВНИИ, Сибгипротормаш); АСКП и АСКВ (ИГД им. А.А. Скочинского); КВЗ (КузНИИ, Сибгипротормаш, ПО "Прокопьевскуголь") и другие. Промышленные испытания опытных образцов проведены на шахте "Ноградская" (АСКВ) и на шахте "Зиминка" (КВЗ). Промышленные испытания опытных образцов АСКВ и КВЗ были прекращены в связи с создавшейся аварийной ситуацией. Произошло расслоение кровли и ее разрушение над секциями крепи, а затем и над краевой частью угольного пласта.

На шахте "Луккштрассе" (ФРГ) была испытана передвижная крепь с самотечной закладкой на пласте мощностью 2,3-3,2 м с углом падения  $54^{\circ}$ . Забой продвинулся на 70 м по простирианию. Производительность труда рабочего очистного забоя составила 20, по участку - 8,7 т/выход. На шахте "Варнхт" (ФРГ) был испытан очистной механизированный комплекс при отработке пластов мощностью 1,0-1,8 м с углом падения  $54^{\circ}$  столбами по восстаник с гидравлической закладкой. Был применен комплекс из трехстоечной гидроцилиндрированной крепи и комбайна с буровым исполнительным органом. Комплексом было отработано последовательно три столба. Производительность труда рабочего по забою составила 26,1, а по участку 23,0 т/выход. По результатам испытаний были разработаны требования к крепям для отработки жестких пластов с закладкой.

Исходя из анализа указанных работ для достижения цели поставлены и решены следующие задачи:

1. Установить закономерности распределения деформаций и напряжений по контуру рабочего пространства при отсутствии реакции крепи;
2. Установить закономерности распределения деформаций и напряжений по контуру рабочего пространства в зависимости от реакции крепи;
3. Разработать методику расчета технологических параметров пневматической механизированной крепи;
4. Выбрать технологическую схему очистных работ с применением пневматической механизированной крепи и подготовить документацию для ее изготовления.

Для решения поставленных в работе задач была разработана механизированная пневматическая крепь облегченного типа (а.с. 796450). Суть крепи состоит в том, что механизмы распора и передвижки выполнены из эластичных пневматических баллонов, находящихся в постоянном контакте с контуром очистной выработки. Эластичные пневматические баллоны закреплены с наружной стороны арки транспортного отделения. Арка транспортного отделения выполнена в виде цилиндра, состоящего из

шарнирно-соединенных сегментов и служит для ограждения опасного пространства, где находится обслуживающий персонал, перемещается выемочная машина, размещаются транспортные средства и коммуникации.

Отличительными особенностями пневматической механизированной крепи являются:

1. равномерное распределение по контуру очистной выработки реакции крепи горному давлению;

2. равномерное распределение реакции крепи позволяет:

– полностью оградить призабойное пространство от обрушившихся пород;

– уплотнить краевую часть закладочного массива;

– исключить концентрированные нагрузки, а, следовательно, снизить металлоемкость крепи;

3. передвижка крепи осуществляется с постоянным подпором за счет отталкивания от закладочного массива;

4. снижает опасность возможных газодинамических проявлений.

Принцип работы крепи заключается в следующем. В рабочем положении (рис. 1) в эластичных герметичных баллонах 5 и 12 рабочее тело (воздух) находится под рабочим давлением (поз. I). При выемке угля над очередной секцией крепи из верхней полости баллона 12 удаляем сжатый воздух путем подключения этой полости к вакуум-насосу (поз. II). Баллон занимает крайнее положение у опорных лыж 4, далее (при абсолютном давлении менее 0,05 МПа под колпаком клапана срабатывает клапан в перегородке полостей баллонов 12) доводим давление воздуха в нижней полости до атмосферного. Под действием сил тяжести, арка транспортного отделения 6, а также при помощи тяг II и кронштейнов 13 складывается, образуя пространство для работы выемочной машины по отбойке и погрузке угля. Опорные лыжи 4 удерживаются от смещения пневмальным соединением с лыжами соседних секций крепи.

После того, как выемочная машина прошла очередную секцию крепи, отбив и погрузив уголь, в нижнюю полость баллона 12 подается рабочее тело с избыточным давлением (поз. III). Нижняя полость баллона 12 расправляется и ладит на опорные

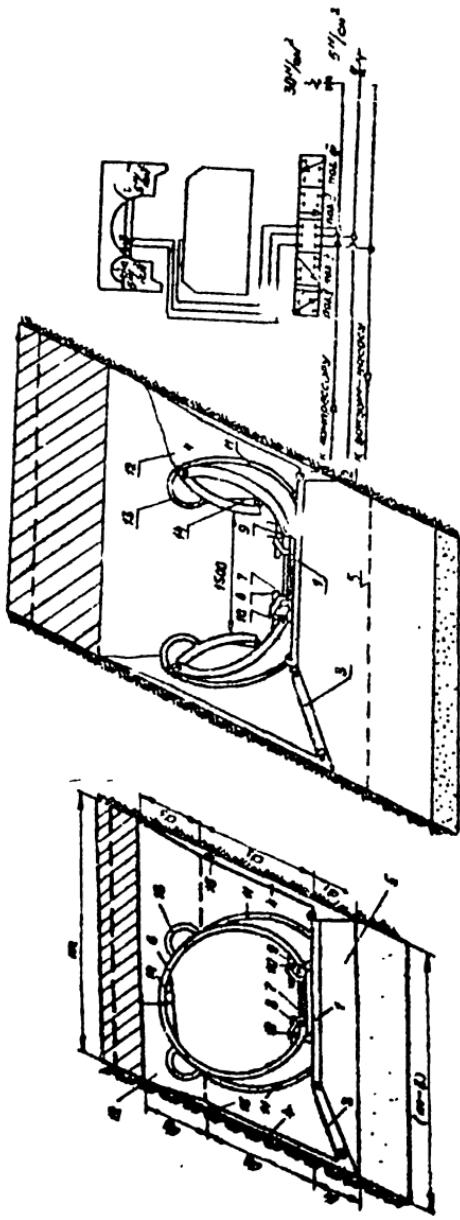


Рис.4. Секция механизированной пневматической крепи и схема её управл-ия :

1 - основание, 2 - неподвижная трапеция, 3 - подвижная трапеция, 4 - опорные лыжи, 5 - механизм передвижки (эластичная пневматическая оболочка), 6 - арка транспортного отделения, 7 - скребковый конвейер, 8 - ходовой трактик, 9 - кабелеуказчик, 10 - пуль-тровод, 11 - тига, 12 - механизм распора (эластичная пневматическая двухполостная оболочка), 13 - кронштейн, 14 - проушины с фиксирующим клином, 15 - панельное соединение

лыжи 4 и арку транспортного отделения 6. Последняя под действием избыточного давления и при помощи тяг 11 и кронштейнов 13 занимает первоначальное положение. Срабатывает клапан, смонтированный в перегородку баллона 12, и расправляется верхняя полость, заполнив образовавшееся пространство. В баллоне 5 подается воздух под рабочим давлением. Одновременно в баллоне 12 понижается давление в нижней и верхней полостях (поз.У). За счет разности давления в баллонах 12 и 5 секция механизированной крепи перемещается вверх на шаг передвижки, деформируя баллон 12. Доводим избыточное давление воздуха в баллоне 12 до рабочего. При помощи вакуум-насоса удаляется воздух из баллона 5 (поз.У), который, деформировавшись, прижимается с нижней стороны к основанию I, образуя пространство для закладочного материала. Подаем закладочный материал, который заполняет выработанное пространство. В этот период секция крепи удерживается от смещения за счет скрепления лыж 4 с боковыми породами. После окончания закладочных работ подаем рабочее тело под рабочим давлением в баллон 12 (поз.Ш). Секция механизированной крепи подготовлена для выемки следующей стружки угля (поз.І).

Анализ результатов исследования горного давления в окрестности очистной выработки аналитическим, численным и экспериментально-аналитическим методами доказал, что они получены для случаев плавного опускания кровли. При управлении горным давлением полной закладкой выработанного пространства исследования были направлены на определение напряженно-деформированного состояния горного массива без оценки критических деформаций контура очистной выработки /Б.В.Власенко, Г.И.Григорюк, С.В.Кузнецов, Ю.М.Либерман, В.Е.Меренков, Р.Л.Салганик, Р.И.Халикова-Малькова и др./. Важные результаты, к которым относятся: кинематическая закономерность поведения боковых пород, деформационный критерий устойчивости угольного пласта и сдвижение краевой части закладочного массива, получены в КузНМИ, ВНИМИ, ИГД СО АН СССР и ИГД им. А.А.Скочинского.

Наиболее полная характеристика системы отображается в поведении горного и закладочного массивов на контуре очистной выработки, так как краевая часть угольного пласта, закладочного массива и боковых пород является областью экстремальных напряжений, деформаций, перемещений и областью возможного взаимодействия с механизированной крепью, которая способствует нейтрализации остаточных напряжений, сохранению напряженно-деформированного состояния в горном массиве и первоначальному формированию линий активного распора в закладочном массиве.

Боковые породы и угольный пласт первоначально находятся в упруго напряженном состоянии. Вследствие длительности неизменного положения системы ( $\Delta t$  – время в цикле, в течение которого на данном отрезке очистного забоя  $\Delta L$  никаких работ по очистной выемке не производят), появляются остаточные напряжения, происходит переход массива из упругого в пластическое состояние. В зависимости от механических свойств эти изменения протекают с разл. иной скоростью. Однако для каждого материала на любом определенном уровне можно выделить интервал с упругими деформациями. То есть, при одних и тех же нагрузках в различных материалах контура имеются свои уровни упругого состояния, и, так как скорость перехода с одного уровня на другой различна, то при решении поставленной задачи указанные условия достигались путем изменения пригрузок.

Для охвата всего спектра возможных сочетаний материала, слагающего контур, расчетная схема выразилась в виде определятеля третьего порядка. Члены определятеля были заданы физико-механическими параметрами боковых пород, угольного пласта и закладочного массива ( $E$ ,  $\nu$ ,  $G_{cm}$  – соответственно модуль упругости, коэффициент Пуассона, предел прочности).

Изменение линейных размеров выработки выражлось в изменении ширины призабойного пространства соответственно: 3,0; 3,5; 4,0 м.

Исследования проводились на моделях двух вариантов:

– крепление призабойного пространства отсутствует, данная модель позволила определить относительную величину де-

формации контура выработки, интенсивность и направление смещений различных точек контура;

- призабойное пространство закреплено, данная модель позволила построить эпиру сил остаточных напряжений очистной выработки.

Проведенные исследования позволили определить полную энергию деформации контура очистной выработки. Полная энергия деформации контура ( $\mathcal{E}$ ) выражалась в виде:

$$\mathcal{E} = \sum_{i=1}^n A_i = A_x + A_y + A_z, \quad (1)$$

где  $A_x = \int f(x) dx$  - доля затрачиваемой энергии на сближение боковых пород;

$A_y = \int f(x_1) dx_1$ , - доля затрачиваемой энергии на деформацию краевой части угольного пласта;

$A_z = \int f(x_2) dx_2$  - доля затрачиваемой энергии на деформацию краевой части закладочного массива.

Энергия сближения боковых пород ( $A_x$ ) является аргументом, тогда как суммарная энергия ( $A_y + A_z$ ) сдвиговых деформаций краевых частей угольного пласта и закладочного массива является функцией

$$\sum A_{y,z} = f(A_x). \quad (2)$$

Теснота связи аргумента с функцией определена коэффициентом корреляции, равным 0,805.

Корреляционное уравнение аппроксимируется в виде:

$$A_{y,z} = \sqrt{2,72} A_x \quad (3)$$

Первая производная выражения (3) есть отношение приращения аргумента ( $A_x$ ) к приращению функции ( $\sum A_{y,z}$ ):

$$\kappa = \lim_{\Delta A_x \rightarrow 0} \frac{\Delta A_{y,z}}{\Delta \sum A_{y,z}}. \quad (4)$$

Исследование на экстремум выражения (3) позволило получить коэффициент распределения остаточных напряжений по контуру очистной выработки.

В идеальных условиях приращение энергии деформации по контуру распределено равномерно ( $K=1$  при  $\Delta A_k = \Delta \sum A_{y,z}$ ). Следовательно, для нейтрализации энергии деформации контура очистной выработки необходима равная ей и равномерно распределенная по контуру противодействующая энергия механизированной крепи. При ( $K>1$ ) энергоемкость механизированной крепи будет отлична от величины энергии деформации контура очистной выработки в  $K$  раз, т.е. расчетное рабочее сопротивление крепи необходимо увеличить в  $K$  раз для того, чтобы оно удовлетворяло учету контура с максимальным проявлением остаточных напряжений.

Появление зон активных деформаций на контуре очистной выработки, т.е. превращение горного массива из упруго-пластичной связной среды в среду пластических деформаций и разрушений, вызывает образование вывалов породы, отжима угля, сдвиговые деформации закладочного массива и, как правило, приводит "чайкой" в аварийное состояние.

Общая энергия деформации контура, определяющая энергозатраты крепи и изменение внутренней энергии массива, складывается из потенциальной энергии нависающего горного массива и потенциальной энергии упругих деформаций. Последняя представляет внутреннюю энергию напряженно деформированного состояния массива.

Состав энергии баланса (ИГД СО АН СССР) при взаимодействии межкрепи с боковыми породами имеет вид:

$$\mathcal{E}' - \mathcal{E}'' - \mathcal{E}' = 0, \quad (5)$$

где

- $\mathcal{E}'$  — энергия нависающего массива;
- $\mathcal{E}''$  — энергоемкость крепи;
- $\mathcal{E}'$  — изменение внутренней энергии массива.

Тогда проявление энергии сближения боковых пород над краевой частью угольного пласта ( $\mathcal{E}_y'$ ), над закладочным массивом ( $\mathcal{E}_z'$ ) и над призабойным пространством ( $\mathcal{E}_n'$ ) различны по величине и расходятся по аналогии (5) на изменение внутреннего состояния и взаимодействие с крепью:

$$\mathcal{E}'_y = \mathcal{E}''_y + \mathcal{E}'''_y,$$

$$\mathcal{E}'_z = \mathcal{E}''_z + \mathcal{E}'''_z,$$

где

$\mathcal{E}''_y, \mathcal{E}''_z$  - энергия, расходуемая на изменение внутреннего состояния угольного пласта и закладочного массива, соответственно;

$\mathcal{E}'''_y, \mathcal{E}'''_z$  - энергия деформации контура.

Следовательно, энергетический баланс системы "горный массив - крепь - закладка" запишется в развернутом виде:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_n + \mathcal{E}''_y + \mathcal{E}''_z + \mathcal{E}'''_y + \mathcal{E}'''_z, \quad (7)$$

где суммарная энергия ( $\Sigma \mathcal{E}$ ) является высвободившейся энергией ( $\mathcal{E}''$ ) и которая определяет энергоемкость механизированной крепи.

Используя методику определения высвободившейся энергии разработанную ИГД СО АН СССР имеем:

$$\mathcal{E} = 0,533 L Z H_f B \cos \alpha, \quad (8)$$

где

$L$  - длина очистной выработки;

$Z$  - величина сближения боковых пород на изучаемом участке;

$H$  - мощность расслоившихся пород кровли;

$f$  - усредненная объемная масса расслоившихся пород кровли;

$B$  - мощность слоя с повышенными механическими свойствами, выделенного в зоне расслоения пород кровли;

$\alpha$  - угол падения пласта.

Домножим правую часть выражения (8) на коэффициент бокового распора ( $f$ ), получим выражение для определения высвободившейся энергии деформации краевой части угольного пласта и закладочного массива:

$$\mathcal{E}'_y = 0,533 L Z^2 H_f f_y B \cos \alpha,$$

$$\mathcal{E}'_z = 0,533 L Z^2 H_f f_z B \cos \alpha. \quad (9)$$

где

$\delta$  - коэффициент бокового распора по А.Н.Делишку: для связного массива выражается через коэффициент Пуассона ( $\delta_y = \frac{v}{1-v}$ ),  
для сыпучего - через угол внутреннего трения  $\delta_3 = \tan^2(\frac{\pi}{2} - \frac{\rho}{\sigma})$ .

Полная высвободившаяся энергия деформации контура очистной выработки определяется из выражения:

$$\mathcal{E}' = 0,533 L H_2 B \cos \alpha (Z_{\delta_y}^4 + Z_1^2 Z_3^2). \quad (10)$$

Выделившаяся при деформации контура и воспринимаемая механизированной пневматической крепью энергия расходуется на трение, возникающее на контакте системы "горный массив -- крепь -- закладка", на деформацию эластичной оболочки, металлической конструкции, рабочего тела (воздуха), а также на трение в шарнирах конструкции.

Доминирующее место в восприятии нагрузок занимает энергия упругих деформаций рабочего тела. Кроме того, изменение энергоемкости крепи осуществляется избыточным давлением воздуха. Энергоемкость всей конструкции незначительно отличается от энергоемкости сжатия рабочего тела и определяется последней с точностью, достаточной для практических расчетов.

Энергоемкость рабочего тела определяется по режиму упругих деформаций. Коэффициент сжимаемости воздуха ( $\beta$ ) имеет вид:

$$\beta = \bar{V}_a V_a P^{-1}, \quad (II)$$

где

$\bar{V}$  - объем рабочего тела; равен объему габаритного пространства без объема занятого эластичной оболочкой и металлической конструкцией крепи;

$\Delta P$  - приращение давления.

Изменение энергоемкости сжатого рабочего тела имеет вид:

$$\frac{d\mathcal{E}''}{dV} = \beta^{-1} \ln V_a \delta (\beta P). \quad (I2)$$

Тогда полную энергоемкость сжатого рабочего тела крепи определим из выражения:

$$\mathcal{E}'' = \beta^{-1} \exp(\beta P) V (\ln V - 1). \quad (I3)$$

Таким образом, приравнивая правую часть уравнения (13) и правую часть уравнения (10), домноженную на коэффициент ( $K$ ) распределения остаточных напряжений по контуру очистной выработки, получим уравнение для определения рабочего давления в пневмосистеме крепи:

$$P_p > \frac{C_{nK} + C_{n\beta} + C_n(C_n U + U)}{\beta} . \quad (14)$$

Несущая способность крепи

$$R = \beta \cdot S . \quad (15)$$

где

$S$  — площадь контакта пневмоэлементов с контуром очистной выработки,  $\text{м}^2$ .

Для рассмотренных условий силовые параметры крепи (по удельному давлению) составят:

- рабочее давление в пневмосети крепи  $\beta = 0,3-0,4 \text{ МПа}$ ,
- несущая способность крепи  $R_H = 0,375-0,500 \text{ МПа}$ ,
- усилие развивающее крепью при передвижке,  $0,360 \text{ МПа}$ ,
- остаточная несущая способность крепи при передвижке  $R_o = 0,15-0,17 \text{ МПа}$ .

В отличие от современных механизированных крепей предлагаемая крепь находится в режиме непрерывной эксплуатации с полным перекрытием контура очистной выработки.

Количество движения крепи  $N$  определяется по формуле:

$$N = \beta \cdot S \cdot T , \quad (16)$$

где

$T$  — время работы крепи в цикле, с.

Показателем надежности крепи, находящейся в режиме непрерывной эксплуатации, служит коэффициент технического использования.

Коэффициент технического использования крепи ( $K_t$ ) выражается в виде отношения суммарного количества движения

крепи в цикле к суммарному количеству движения крепи, плюс сумма дефицита количества движения крепи при выполнении отдельных технологических операций в цикле

$$K_1 = \frac{N}{N + \sum (N - N_i)}, \quad (17)$$

где

$N_i$  - количество движения крепи в цикле с учетом технологических операций.

Дефицит количества движения крепи при выполнении отдельных технологических процессов выразится в следующем виде:

$$\Delta N_i = N - N_i; \quad (18)$$

- рабочее состояние системы - дефицит количества движения крепи

$$\Delta N_0 = 0; \quad (19)$$

- состояние системы в период работы выемочной машины

$$\Delta N_1 = T_1 \beta (S - S_1); \quad (20)$$

- состояние системы в районе двух соседних секций крепи впереди и за работающей выемочной машиной

$$\Delta N_2 = T_2 \{ S \beta - [ \beta (S_2 - S_3) + \beta \cdot S_1 ] \}; \quad (21)$$

- состояние системы в районе двух последующих секций впереди и за работающей выемочной машиной

$$\Delta N_3 = T_3 \{ S \beta - [ (S_2 - S_3) \beta + \beta \cdot S_1 ] \}; \quad (22)$$

- состояние системы в период формирования очередного слоя закладочного массива

$$\Delta N_4 = T_4 \beta (S - S_2 - S_3); \quad (23)$$

- состояние системы в период передвижки крепи

$$\Delta N_5 = T_5 [ P_0 S - ( \beta S_2 + \beta \cdot S_1 ) ], \quad (24)$$

где

$T_1, T_2, T_3$  - время, затраченное на выполнение определенного процесса технологического цикла;

$S_1, S_2, S_3$  - площади контакта отдельных пневмоэлементов крепи с контуром выработки;

$\beta, P_0$  - ступени избыточного давления в пневмоэлементах, определяемые технологическим процессом.

Очистные работы с предложенными крепью ведутся столбами по восстановлению с закладкой выработанного пространства. Внемочное поле оконтуривается фланговыми скатами. Скаты соединяются квадратными сечениями с полувымыми штреками на вентиляционном и откаточном горизонтах (рис. 2).

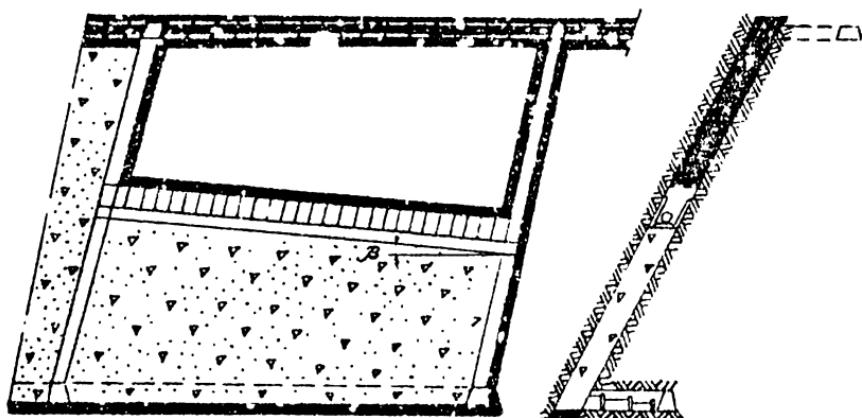


Рис. 2. Технологическая схема очистных работ

В комплекс оборудования входит выемочная машина ВМ-4И (КНИИ). Выемочная машина работает по челночной схеме.

Передвижка комплекса осуществляется волнообразно, вслед за подвижением выемочной машины.

Формирование закладочного массива возможно двумя способами:

– путем подачи закладки по пульповоду, расположенному на секциях крепи, непосредственно за каждую секцию или группу секций,

– путем намыва массива с флангового ската на всю длину очистного забоя, при этом угол  $\beta$  равен углу намыва.

Транспортирование угля по забойному конвейеру до ската. Просветривание за счет общешахтной депрессии.

Коэффициент технического использования пневматической механизированной крепи, работающей по вышеизложенной технологической схеме составляет  $K_t = 0,851$ , в том числе:

– противостоять горному давлению  $K_t' = 0,958$ ,

- уплотнить краевую часть закладочного массива  
 $\kappa_f = 0,891$ .

#### Основные выводы и рекомендации

В результате теоретических и экспериментальных исследований получено решение актуальной научно-практической задачи по обоснованию принципиальной схемы и расчету основных параметров пневматической механизированной крепи для разработки мощных крутых пластов с закладкой выработанного пространства местными материалами для условий Прокопьевско-Киселевского месторождения Кузбасса.

1. Установлено, что основными причинами неудовлетворительного состояния контура очистной выработки при существующих технологиях разработки являются: несоответствие реакции крепи фактическим напряжениям, наличие концентрированных нагрузок приложения реакции крепи и отсутствие активного взаимодействия краевой части закладочного массива с боковыми породами.

2. Предложена и разработана пневматическая механизированная крепь (а.с. 796450), суть которой состоит в том, что механизмы распора и передвижки выполнены из эластичных баллонов, находящихся в постоянном контакте с контуром очистной выработки, закрепленных с наружной стороны арки транспортного отделения. Арка транспортного отделения выполнена в виде цилиндра из шарнирно-соединенных сегментов и служит для ограждения безопасного пространства, где находятся люди, перемещается выемочная машина и размещаются транспортные средства и коммуникации.

Отличительными особенностями крепи являются:

- равномерное по контуру очистной выработки распределение реакции крепи горному давлению, что позволяет исключить концентрированные нагрузки, снизить металлоемкость крепи и опасность возможных газодинамических проявлений, уплотнить краевую часть закладочного массива и поддерживать угольный забой;

– передвижка крепи осуществляется с постоянным подпором за счет отталкивания от закладочного массива.

3. Установлено, что для горно-геологических условий Прокопьевско-Киселевского месторождения силовые параметры пневматической механизированной крепи должны составлять:

- несущая способность 0,375-0,5 МПа;
- остаточный подпор при передвижке 0,15-0,17 МПа;
- усилия для передвижки 0,36 МПа;
- давление в пневмосистеме 0,3-0,4 МПа.

4. Предложена <sup>техническая</sup> схема разработки мощных крутопадающих пластов угля по восстанию с признаком пневматической механизированной крепи и полной закладкой выработанного пространства местными материалами, позволяющая снизить усадку на 5-12%.

Коэффициент технического использования пневматической механизированной крепи в предложенной технологической схеме составляет 0,851, в том числе по реакции горному давлению 0,958 и по уплотнению краевой части закладочного массива 0,891.

5. Расчетный экономический эффект от применения пневматической механизированной крепи при разработке мощных (3,5-5,0 м) пластов угля крутого падения с закладкой выработанного пространства достигает 2,5 рубля на 1 тонну добываемого угля.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Абориев В.А., Михайлов В.Н. Контуар очистной выработки с точки зрения характеристики системы "горный массив - крепь закладка" // УП Всесоюзная конференция по механике горных пород: Тезисы докладов. - М., 1981. - С.27.

2. Абориев В.А. Секция механизированной крепи // Всероссийская выставка-смотр научного и технического творчества: Проспект - Ульяновск, 1980. - С.21.

3. Абориев В.А. Механизация очистных работ / Кузбасский политехнический институт : Учебное пособие. - Кемерово, 1980. - 8 с.

4. Аборнев В.А., Бобер Е.А. О совершенствовании технологии разработки крутых пластов // Подземная разработка мощных угольных пластов. Межвузовский сб. - Кемерово, 1978. - Вып.6. - С.23-30.

5. Аборнев В.А. Секция механизированной крепи // ВДНХ СССР: Проспект. - М., 1981. - 4 с.

6. А.с. 496450 СССР МКИ<sup>3</sup> Е 21 Д 23/00 Секция механизированной крепи / В.А.Аборнев. (СССР). Заявлено 15.06.77; Опубл. 15.11.81. Бюл. № 2 - 2 с. ил.

7. А.с. 899957 СССР МКИ<sup>3</sup> Е 21 Д 23/15 Способ разработки мощных крутых и наклонных угольных пластов / Ю.А.Рыжков, Н.Ф.Лукьянов, В.А.Аборнев (СССР). Заявлено 30.05.80; Опубл. 30.01.82. Бюл. № 3 - 3 с. ил.

8. Временная методика по расчету основных параметров пневматической механизированной крепи для разработки мощных пластов крутого падения с закладкой выработанного пространства / А.И.Петров, В.В.Егопин, П.В.Егоров, В.А.Аборнев, Ю.А.Рыжков / ВПО Кузбассуголь, Минуглепром СССР. Утверждена 21.03.83, Кемерово, 1983. - 18 с.

9. Рыжков Ю.А., Аборнев В.А. Параметры пневматической механизированной крепи для разработки мощных пластов // Состояние и перспективы применения пневматических конструкций из мягких оболочек в горном деле.: Тезисы докладов I Всероссийского семинара.- Днепропетровск, 1983. - С.88-89.

ОП 01270 Заказ 625 Тираж 100 экз. Печать офсетная  
Объем 1п.л. Формат 60x84/16

Типография Кузбасского политехнического института  
650027 Кемерово, ул. Красноармейская, 115