Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XXXVI, вып. 1, 1958 г.

ПОВЫШЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ МЕДНОКОЛЧЕДАННЫХ РУДНЫХ ТЕЛ ПРИ СЛОЕВОМ ОБРУШЕНИИ

Н. П. ВЛОХ

В конце 1955 г. Ленинградский горный институт был привлечен для участия в работе института «Унипромедь» по усовершенствованию систем разработки на медных рудниках Урала. В предлагаемой статье рассматривается один из изученных институтом вопросов.

Работа выполнялась доц. Н. Н. Поляковым, доц. Е. Я. Махно и автором статьи под руководством проф. П. И. Городецкого. Конструкция передвижной крепи и гибкого перекрытия разработана совместно доц. Е. Я. Махно и автором, все лабораторные опыты, наблюдения на рудниках и расчеты выполнены автором статьи.

1. Особенности разработки медноколчеданных месторождений

Медноколчеданные месторождения Урала залегают в полосе зеленокаменных пород восточного склона Урала. По форме рудные тела делятся на линзообразные (рудники им. III Интернационала, Красноуральские и Кировградские) и жилообразные (рудники Дегтярский и Карабашский). Линзообразные рудные тела имеют длину от 30 до 400 *м*, а жилообразные — до 4500 *м* (Дегтярский рудник). Угол падения рудных тел изменяется от 35 до 90°, и мощность их в местах раздувов достигает 100—110 *м*, а в пережимах уменьшается до 1 *м*.

Колчеданные руды по содержанию меди делятся на серноколчеданные и медноколчеданные. В первых содержится до 50% серы, во вторых — меньше. Руды крепкие, но разбиты множеством трещин, которые снижают их устойчивость.

Медноколчеданные руды делятся на массивные и вкрапленные. Контакт массивных руд с вмещающими породами выражен четко, а контакт вкрапленных руд трудно прослеживается. Вмещающие породы представлены в основном кварцево-серицитовыми и хлорито-серицитовыми сланцами в висячем боку и кварцевыми альбитофирами, порфиритами и кварцево-серицито-хлоритовыми сланцами в лежачем боку. Крепость и устойчивость их ниже крепости и устойчивости колчеданных руд. Но по мере удаления от контактов рудных тел и с глубиной залегания крепость и устойчивость вмещающих пород увеличиваются.

Склонность руды к самовозгоранию из-за высокого содержания в ней серы и опасность в отношении взрыва колчеданной пыли усложняют разработку колчеданных месторождений Урала. Наличие (иногда значительное) колчедана и обрушенной деревянной крепи в выработан-

ном пространстве при свободном доступе воздуха вызывает эндогенные пожары. Практика показывает, что наибольшее число пожаров приходится на системы с обрушением и системы с креплением и закладкой, так как при системах с обрушением потери руды достигают 20—25%, а расход леса 0,10—0,18 $м^3/м^3$ руды. Значительное число пожаров, приходящееся на системы с креплением и закладкой, объясняется расходом большого количества крепежного леса (0,18—0,25 $м^3/м^3$ руды), большими потерями рудной мелочи в закладке, а в ряде случаев и значительным содержанием серы в закладке [11].

В поисках производительных и пожаробезопасных систем разработки на колчеданных рудниках Урала применялись различные системы, начиная от разработки с естественным поддержанием выработанного пространства и кончая комбинированными, но и при этих системах разработки были пожары.

Из опыта уральских рудников видно, что безопасных в пожарном отношении систем разработки нет. Пожарная опасность определяется количеством оставленной руды и крепежного леса в выработанном пространстве. В настоящее время наиболее широко применяемой системой разработки на медноколчеданных рудниках Урала является слоевое обрушение с профилактическим заиливанием. Практикой рудников и исследованиями института «Унипромедь» установлено, что заиливание, как профилактическое мероприятие по предупреждению подземных пожаров дает возможность относительно безопасного в пожарном отношении применения системы слоевого обрушения. Однако существующие варианты системы слоевого обрушения требуют большого расхода крепежного леса, не позволяют механизировать крепление, дают невысокую производительность труда и малую интенсивность разработки. С целью улучшения показателей на некоторых рудниках (Дегтярском, Блявинском, Белореченском и др.) увеличивалась высота слоя с 2,2 до 3,0 *м* и применялась выемка слоев лавой вместо выемки заходками. Это дало, как видно из табл. 1, в условиях выемки междукамерного целика на Дегтярском руднике положительные результаты [1, 5].

Таблица 1

Показатель	Слоевое обрушение с выемкой слоя при высоте слоя, *м*		
	2,5	3	
	заходками	заходками	лавой
Расход леса, $м^3/м^3$	0,12—0,15	0,11—0,12	0,08—0,10
Расход ВВ, $кг/м^3$	0,8 —1,2	0,7 —0,9	0,6 —0,7
Производительность забойщика, $м^3$/*смена*	2,0 —2,8	2,7 —4,9	5,9 —6,4
Среднегодовое понижение очистных работ, *м*	14—17	16—20	26

Как известно, выемка лавой в рудной промышленности впервые при слоевом обрушении была применена в 1938 г. (Дегтярский рудник) [6], но она не привилась: во-первых, потому, что скорость подвигания лав в сутки была незначительной (0,25—0,30 *м*), в результате чего развивалось большое давление обрушенных пород, и, во-вторых, применявшееся межслоевое перекрытие и крепь под ним не обеспечивали нормальных и безопасных условий выемки слоя. Небольшая скорость подвигания забоя определялась местами излишне большой длиной лав (30 *м* и более), тем, что уборка отбитой руды производилась скрепером малой емкости

даже при большой длине скреперования, а все крепление выполнялось вручную. В результате продолжительность одного цикла доходила до 4 суток, а поддержание выработанного пространства от посадки до посадки достигало 12 суток. Давление обрушенных пород на крепь увеличилось за это время настолько, что вызывало на восьмые-десятые сутки самопосадки лав (шахта Большевик). В тех же лавах, где посадка производилась через 5—6 суток, а скорость подвигания забоя в сутки была не менее 0,8—1,0 *м* (Дегтярский и Белореченский рудники), самопосадок не наблюдалось [1, 6, 9].

Следовательно, одним из факторов, позволяющим избежать большого давления на крепь и самопосадки, является достаточно большая скорость подвигания лавы в сутки. Это подтверждается практикой угольных шахт. Так, на шахте 3—3 бис в Прокопьевском районе, где применяется слоевая система разработки с обрушением и выемкой слоя лавами по простиранию, подвигание забоя лавы в сутки составляет около 6 *м*, причем большого давления обрушенных пород на крепь и самопосадок не наблюдается [3].

Хорошая и прочная конструкция межслоевого перекрытия, а также способ поддержания этого перекрытия являются не менее важными факторами, позволяющими успешно отрабатывать слои лавами. До сего времени в качестве материала для межслоевого перекрытия (настила) в рудной промышленности применяется почти исключительно дерево. Настил из дерева редко устраивается надлежащим образом, а поэтому не обеспечивает нормальных условий работ в забое. Чтобы избежать завалов и упростить крепление лавы, на почву укладываются 4,5-метровые прогоны (лежни) на расстоянии 1—1,2 *м* друг от друга, а сверх прогонов 3—3,5-метровый накатник. [1].

Известны случаи, когда с целью уменьшения расхода леса и снижения пожароопасности межслоевое перекрытие устраивалось из рудничных рельсов (рудники на острове Кипре) или из металлической сетки (рудники Дегтярский, им. III Интернационала, Золотушинский и железные рудники Верхнего Озера США)[5].

Однако на колчеданных рудниках металлическая сетка распространения не получила, так как под действием рудничных кислотных вод она быстро выходит из строя.

Были предприняты попытки применения так называемого связанного мата, когда деревянные элементы соединялись между собой металлическими звеньями (связанный мат Остроушко, Евсеева и др.)[8]. Применение этих конструкций связанного мата дальше производственных испытаний не пошло вследствие или недостаточной прочности или сложности сборки (настилки) в производственных условиях.

Идея же применения связанного мата заслуживает внимания, так как при этом снижается расход и устраняются потери леса в выработанном пространстве, а также устраняются работы по укладке перекрытия на каждом слое.

В качестве забойной крепи, поддерживающей перекрытие, до последнего времени обычно применялись деревянные оклады и стойки, и в отдельных случаях — металлические стойки [5]. Крепление и деревянными, и металлическими стойками требует больших затрат ручного труда. Так, при выемке 3-метрового слоя на Дегтярском руднике (бригада А. Сушкова) на крепление заходки в среднем уходило 45% от общего времени одного цикла, а на крепление лавы — 37%. Уменьшить затраты ручного труда по креплению, в частности, можно за счет применения металлической передвижной крепи (щитов), механически передвигаемой вслед за забоем. Например, на угольных шахтах, как показывают рас-

четы, щиты [2, 12], передвигаемые вслед за выемкой, уменьшают затраты ручного труда по креплению очистного пространства, снижают и почти исключают потери леса в выработанном пространстве. В связи с этим и был разработан вариант слоевого обрушения с применением гибкого перекрытия и передвижной механизированной крепи (применительно к условиям Дегтярского рудника на Урале).

2. Разработка медноколчеданных рудных тел слоевым обрушением с применением гибкого перекрытия и передвижной крепи

На Дегтярском руднике в настоящее время применяется в основном система слоевого обрушения и система разработки камерами с отбойкой из подэтажных выработок. Слоевым обрушением в 1955 г. было получено около 69% общей добычи рудника, за пятилетие 1955—1960 гг. планируется 60—65%. Следовательно, усовершенствование слоевого обрушения и повышение эффективности системы имеет для рудника первостепенное значение. Применение связанного гибкого перекрытия и передвижной крепи требует пересмотра всех конструктивных элементов системы слоевого обрушения.

Для надлежащего обоснования оптимальной высоты слоя, величины ухода лавы, конструкции гибкого перекрытия и передвижной крепи, а также для выявления взаимодействия передвижной крепи с гибким перекрытием были проведены соответствующие расчеты и лабораторные исследования [9].

При выборе конструкции перекрытия сначала испытывались перекрытия с наибольшей гибкостью во всех направлениях (сетка, ткань), затем гибкость уменьшалась в одном направлении (сетка или ткань с «лежнями», уложенными на определенном расстоянии друг от друга и параллельно длине забоя) и, наконец, испытывались полужесткие перекрытия, гибкость которых как в одном, так и в другом направлении уменьшалась в различной степени. Установлено, что наиболее приемлемым для работы с передвижной крепью является перекрытие (конструкции Е. Я. Махно), состоящее из деревянных коротких стоек-чурок, укладываемых в шахматном порядке и соединяемых металлическими или винипластовыми (рис. 1) стержнями [9]. Диаметр чурок принят 25 *см*, а длина 60 *см*. На расстоянии 15 *см* от каждого конца в чурках просверливаются отверстия диаметром 50 *мм*. В эти отверстия вставляются металлические стержни диаметром 22 *мм*, имеющие антикоррозийное покрытие резиной Д-10-Н или стержни, изготовленные из винипласта. Полученное перекрытие имеет хорошую гибкость вдоль длины чурок (вдоль подвигания забоя) и незначительную — поперек чурок (по длине забоя).

Техническая характеристика перекрытия

Разрывная прочность перекрытия:	
поперек чурок (вдоль стержней)	50 *т/м*
вдоль чурок (поперек стержней)	22,5 *т/м*
Расход леса на перекрытие	0,2 $м^3/м^2$
Расход металла на перекрытие (при варианте стальных стержней) .	10,5 $кг/м^2$

При выборе формы передвижной крепи первоначально испытывалась модель щита, напоминающего щит Журавлева, но было установлено, что такой щит при перемещении тянет за собой перекрытие и опрокидывается на забой. Для устранения этих недостатков передвижной крепи (щиту) придана треугольная форма (рис. 2). Каждая секция крепи имеет высоту 2,5 *м*, ширину 2,1 *м* и длину 3,2 *м*. Угол α между

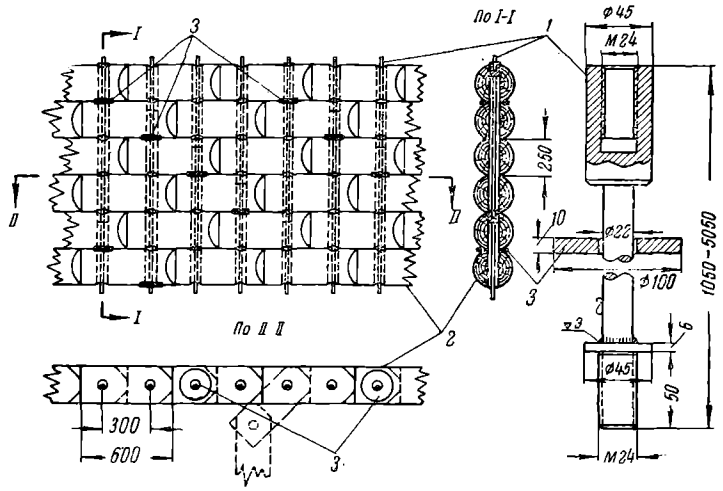


Рис. 1. Гибкое перекрытие:
— стержни; *2* — короткие стойки-чурки; *3* — стопорные шайбы

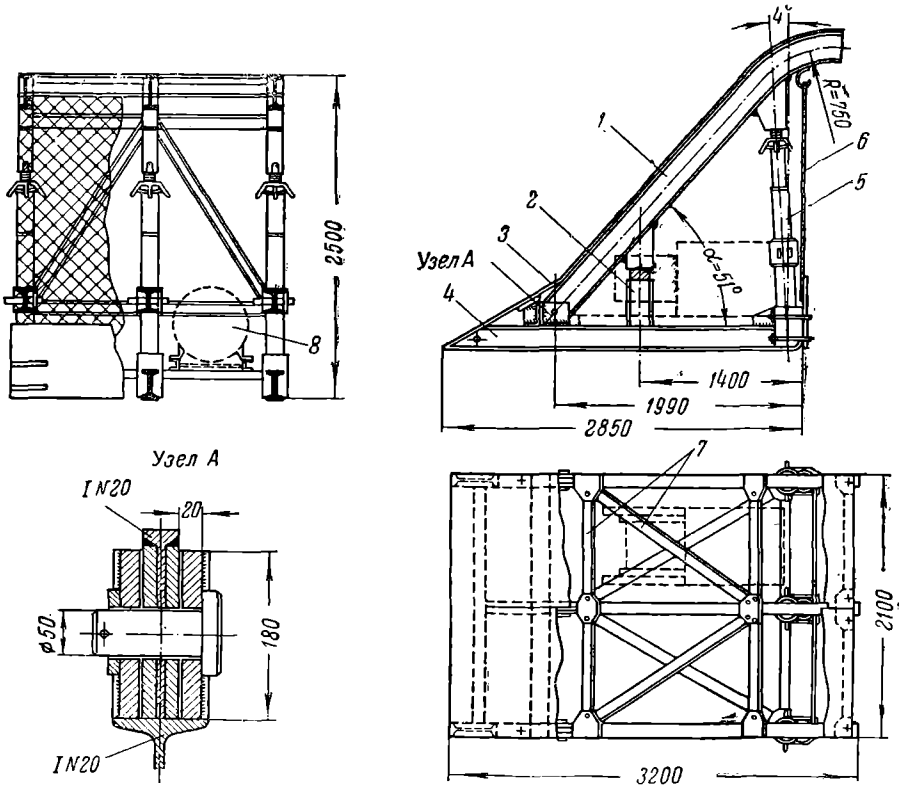


Рис. 2. Передвижная крепь:

1 — оградительная рама; *2* — промежуточная опора; *3* — железные листы, покрывающие крепь; 4 — рама-салазки; *5* — стойки от крепи ППК-2; *6* — оградительная сетка из тросов диаметром 4,8 *мм*; *7* — распорки из швеллеров № 10; *8* — скреперная лебедка 2ЛСЭ-14

ограждительной рамой и рамой-салазками выбирался по условию самотормозящегося клина, т. е.

$$\alpha = \varphi_1 + \varphi_2 = 31 + 20 = 51°,$$

где $\varphi_1 = 31°$ — угол трения стали по дереву;
$\varphi_2 = 20°$ — угол трения стали по колчедану.

Конструкция секции крепи состоит из ограждительной рамы, рамы-салазок и трех поддерживающих стоек (рис. 2). Ограждительная рама и рама-салазки изготовляются из трех двутавровых балок № 20, которые соединены швеллерами. Ограждительная рама одной стороной соединяется с рамой-салазками при помощи шарнирного соединения, а второй — опирается на три поддерживающие податливые стойки с винтовой раздвижкой и клиновым замком конструкции Гипроуглемаша (стойки от крепи ППК-2). По данным ДонУГИ, испытание этих стоек на стенде показало, что начальный момент податливости соответствует нагрузкам в пределах 15—37 *т*.

Для уборки руды из лав и для передвижения крепи в одной (крайней) секции монтируется на выдвижной раме скреперная лебедка мощностью 14 *квт* (2 ЛСЭ-14).

При расчете отдельных элементов секции крепи принято давление обрушенных пород 7 *т/м²* и запас прочности 2,2—4,0.

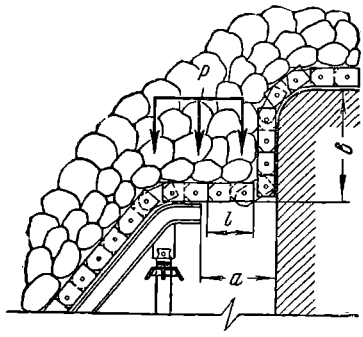


Рис. 3. Схема для определения превышения *в* и шага забоя *а*

Лабораторные исследования, проведенные Е. Я. Махно в Ленинградском горном институте [4], И. Д. Ривкиным и В. П. Запольским в Кривом Роге [10], а также замеры давления в шахтных условиях на щитовую крепь КузНИУИ [7], на щит Журавлева [12] и Щ-50 [2] показали, что во всех этих случаях давление обрушенных пород на крепь составляет 6—7 *т/м²*.

Для нормальной работы и свободного передвижения крепи под гибким перекрытием предлагаемой конструкции необходимо иметь определенное отношение превышения слоя *в* к уходу забоя за один цикл *а* и уход забоя к длине элемента *l* перекрытия (рис. 3). Лабораторными работами и расчетами установлено, что отношение $в : а$ должно быть не менее 1,0, а отношение $а$ l не должно превышать 1,5. При таких отношениях гибкое перекрытие не будет провисать впереди крепи принятой конструкции и тем обеспечит ее свободное передвижение. На рис. 4 показан общий вид отработки слоя с применением перекрытия и передвижной крепи на модели.

При длине элемента перекрытия 0,6 *м* уход забоя за один цикл может быть $а = 1{,}5 \times 0{,}6 = 0{,}9$ *м*; принимаем 0,8 *м*.

Известно, что с увеличением высоты слоя повышается производительность труда и производительность забоя (табл. 1), но при этом возможны затруднения с выемкой верхней части слоя *в*, т. е. выше крепи, что может ограничивать увеличение высоты слоя. Поэтому этот размер пока, до получения практических данных, следует принять не более 1,5—2,0 *м*. Следовательно, при превышении, равном 1,5 *м*, общая высота слоя будет $1{,}5 + 2{,}5 = 4{,}0$ *м* (где 2,5 *м* — высота крепи), а отношение $в : а$

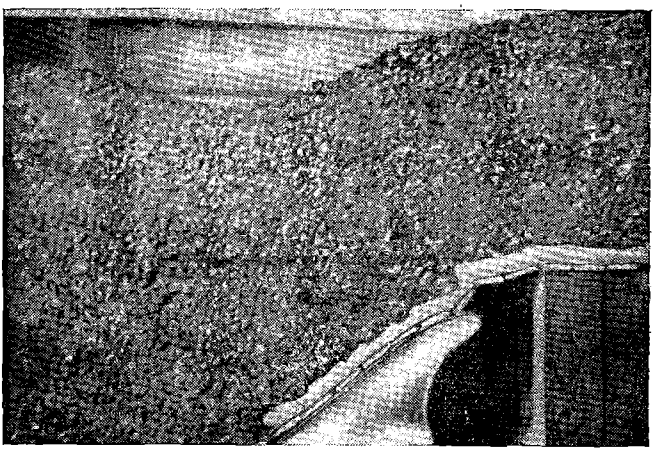


Рис. 4. Щит и перекрытие на модели

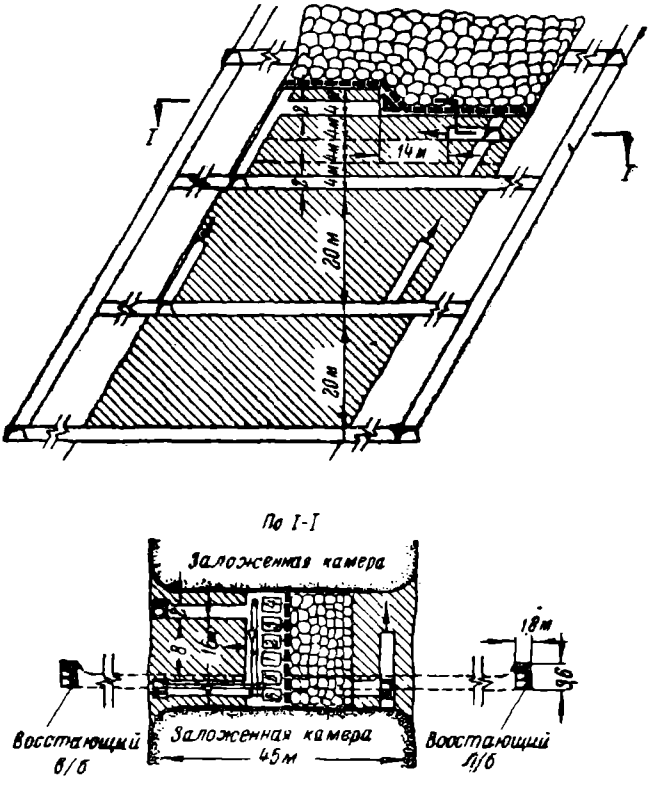


Рис. 5. Отработка междукамерного целика

составит 1,5 0,8 = 1,9, что выше допустимого минимума этого отношения, установленного лабораторными опытами для выбранной конструкции гибкого перекрытия и принятого ухода забоя (шага лавы).

Длина лавы при выемке междукамерных целиков определяется их шириной, а при отработке блоков — продолжительностью одного цикла и скоростью подвигания забоя за сутки. Разработанный вариант системы слоевого обрушения, применительно к выемке междукамерного целика в условиях Дегтярского рудника, показан на рис. 5. Сборка межслоевого гибкого перекрытия производится при выемке первого слоя заходками. Для равномерного распределения давления обрушенных пород на перекрытие целесообразно на него уложить настил из накатника, горбылей или досок.

Для сравнения эффективности предлагаемого варианта с применяемым на руднике был произведен расчет отработки междукамерного целика размерами в плане 45×16 *м*, высотой 60 *м* при угле падения рудного тела 60° (рис. 5)[9]. Результаты этого подсчета в табл. 2 сопоставляются с проектными и фактическими данными по участку № 12 шахты № 2 Дегтярского рудника.

Таблица 2

Показатель	Слоевое обрушение		
	с передвижной крепью и гибким перекрытием	с выемкой слоя заходками	
	проектные данные	проектные данные	фактические данные за сентябрь 1956 г.
Площадь слоя, $м^2$	720	760	760
Высота слоя, *м*	4,0	3,0	3,0
Число слоев в этаже	15	20	—
Расход на 1 $м^3$ руды:			
леса, $м^3$	0,028	0,132	0,10
металла, *кг*	0,36	—	—
ВВ, *кг*	0,58	0,64	1,00
Число смен в сутки	3	3	3
Продолжительность рабочей смены, час.	6	6	6
Число циклов в сутки	1,5	1,0	—
Число забойных рабочих по выемке слоя в сутки, чел.	16	42	41
Производительность забойного рабочего в смену, $м^3$	5,4	2,6	2,98
Себестоимость очистных работ на 1 $м^3$ руды по заработной плате и расходу крепежного материала, руб.	17,0	33,8	—
Скорость опускания очистных работ в год, *м*	28	16	—

К достоинствам предлагаемого варианта системы разработки, кроме вытекающих из таблицы, следует отнести: 1) снижение пожароопасности системы за счет повышения интенсивности отработки рудных тел и значительного уменьшения расхода леса; 2) резкое сокращение ручного труда по креплению лавы и устройству гибкого перекрытия, так как крепление очистного пространства сводится здесь к передвижению отдельных секций крепи при помощи лебедки, а гибкое перекрытие опускается со слоя на слой по мере подвигания очистных работ.

Наиболее трудоемким при рассматриваемом варианте следует считать монтаж и демонтаж передвижной крепи, а также первоначальное

устройство гибкого перекрытия и наращивание его со стороны висячего бока. Но эти работы не являются препятствием к практическому применению предлагаемого варианта.

С увеличением длины отрабатываемой площади относительный объем монтажных и демонтажных работ сокращается и эффективность варианта системы увеличивается.

Слоевое обрушение с гибким перекрытием и передвижной крепью можно рекомендовать, после опытной отработки отдельных блоков, для применения на ряде уральских медных рудников. Система может быть применена и в других горнопромышленных районах, как заменяющая старые варианты слоевого обрушения.

Использованная литература

1. Влох Н. П. и Меклер Л. С. Усовершенствование конструкции гибкого настила. Горный журнал, 1956, № 7.
2. Крупейников Г. А. и Зиглин Л. Н. Результаты промышленного испытания передвижного механизированного щита Щ-50 в Подмосковном бассейне. Уголь, 1952, № 12.
3. Коровин Т. Д. и Файнер И. А. Опыт применения системы разработки горизонтальными слоями с обрушением. Углетехиздат, 1956.
4. Махно Е. Я. Давление сыпучей породы на опору. Горный журнал, 1956, № 4.
5. Меклер Л. С. и Чернышев Б. С. Передовой опыт забойных бригад медного рудника. Горный журнал, 1955, № 6.
6. Меклер Л. С., Осинников Н. Н., Тимощенко Г Н. Система слоевого обрушения лавами. Металлургиздат, 1940.
7. Меняйлов В. Е. Горное давление на механизированную крепь. Углетехиздат, 1956.
8. Остроушко И. А. Произведенные испытания связанного мата. Горный журнал, 1941, № 5.
9. Поляков Н. Н., Городецкий П. И., Махно Е. Я., Влох И. П. Участие в научно-исследовательских работах института «Унипромедь» по усовершенствованию существующих и изысканию новых систем разработки медноколчеданных месторождений Урала. Рукопись. Фонды ЛГИ, 1956.
10. Ривкин И. Д. и Запольский В. П. Давление обрушенных пород на рудный массив. Горный журнал, 1952, № 3.
11. Середа Б. К. и Бубок К. Г. Внедрять высокопроизводительные системы разработки медноколчеданных месторождений. Горный журнал, 1956, № 6.
12. Степанов И. Н. Передвижное крепление очистных забоев. Углетехиздат, 1951.