Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института, том XXVII, вып. I, 1952 г.

РАЗРАБОТКА ТОНКИХ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ КРУТОПАДАЮЩИХ ПЛАСТОВ БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕРЕВЯННОЙ КРЕПИ

Доц. Е. Я. Махно

Основным недостатком существующих методов разработки тонких и средней мощности крутопадающих пластов угля является применение деревянной крепи в очистных забоях. Крепление очистных забоев производится исключительно ручным способом и представляет наиболее опасную, тяжелую и трудоемкую операцию. Так, трудовые затраты на крепление, доставку леса и управление горным давлением обычно составляют от 50 до 80% общих трудовых затрат в очистном забое.

По хронометражным наблюдениям в Кузбассе затраты времени забойщиками на добычу 1 *т* угля в лавах при крутом падении пластов распределяются следующим образом:

на бурение шпуров	1,6 *мин/т*, или	21,6%
„ разборку угля	1,1	14,8%
„ крепление очистного забоя (без лесодоставки и работ по управлению горным давлением)	4,7 „ „	63,6%
Итого.	7,4	100%

Таким образом, около двух третей чистого времени работы забойщик затрачивает на крепление. Если учесть еще лесодоставку и работы по управлению горным давлением (установку органной крепи и пр.), то суммарный расход времени на эти операции, включая крепление, составит приблизительно 80% общих трудовых затрат в очистном забое на добычу угля.

В Донбассе превалирующее распространение получили отбойные молотки, что определяет значительно большую трудоемкость работ по отбойке угля. Поэтому работы, связанные с креплением и управлением горным давлением, здесь составляют приблизительно 50—60% общих трудовых затрат в очистном забое. Но в дальнейшем, в связи с внедрением комбайнов, удельный вес этих работ значительно увеличится и достигнет также 80—85%.

Для доставки леса требуется много лесогонов.

По данным обследования 15 шахт в Донбассе на крутопадающих пластах число лесогонов в лаве в сутки составляет в среднем 8,8, а общее число их, включая лесодоставку до лавы, составляет 14% всех рабочих на этих шахтах.[1]

[1] Бурштейн Г. Я., Об улучшении использования вспомогательных рабочих на шахтах Донбасса, „Уголь“ 1951, № 12.

Наряду с значительными трудовыми затратами, на крепление очистных забоев при крутом падении пластов расходуется леса от 35—40 до 60—80 $м^3$ на 1000 $т$ добытого угля, что значительно удорожает уголь и создает дополнительные напряжения в работе железнодорожного транспорта. Общая стоимость работ по креплению составляет большую часть всех затрат на добычу угля в очистных забоях.

Из числа основных операций по добыче угля крепление является единственной, которая до сих пор производится ручным способом, что тормозит дальнейшее развитие техники угледобычи, определяет низкую производительность труда рабочих и недостаточную интенсивность отработки пластов.

Применение комбайнов и других машин для отбойки и доставки угля не сможет дать должного эффекта, если деревянная крепь не будет заменена другой, более совершенной и менее трудоемкой крепью. Поэтому для обеспечения высоких темпов развития добычи угля в СССР и резкого увеличения производительности труда шахтеров решение вопроса механизации работ по креплению очистных забоев является наиболее важным.

Решение этого вопроса может итти в основном по двум направлениям: 1) создание металлической комплектной передвижной крепи; 2) создание щитовой крепи.

Попытки применения комплектной крепи на пологом падении не дали пока положительных результатов, главным образом, вследствие трудности передвижения ее.

В существующем виде маятниковая подвесная крепь для крутого падения не решает вопроса управления горным давлением, что затрудняет ее применение.

Наиболее совершенной крепью из числа известных является щитовая. Щиты обеспечивают более надежное поддержание рабочего пространства в очистном забое и управление горным давлением с наименьшей потребностью количества рабочих и с наименьшим расходованием времени. Применение щитовой крепи может обеспечить резкое увеличение производительности труда рабочих и производительности забоев, повлечет существенное облегчение труда и тем самым исключит существующее противоречие в технике угледобычи.

Поэтому, наряду с совершенствованием комплектной крепи, следует особое внимание обратить на создание работоспособной щитовой крепи.

Система разработки

Применяющиеся в настоящее время системы разработки сложились в результате развития способов производства работ по отбойке, доставке угля, креплению забоев, управлению горным давлением. Всякие изменения, совершенствование способов ведения горных работ обязательно ведут к соответствующим изменениям и в системах разработки.

Поэтому неправильно было бы новую щитовую крепь приспосабливать к старым, существующим системам разработки и способам ведения горных работ.

Крепление и управление горным давлением представляют собой основные, наиболее трудоемкие и дорогостоящие работы в очистном забое, поэтому они должны являться одним из решающих факторов, определяющих систему разработки. Следовательно, конструированию

новой щитовой крепи должно сопутствовать одновременное конструирование и нового варианта системы разработки и новых способов отбойки и доставки угля. В результате должно быть создано такое гармоническое сочетание этих элементов, которое обеспечивало бы наибольшую производительность труда и наименьшую стоимость добычи угля.

В вышесказанном особое значение имеет расположение очистного забоя. В случае применения щитовой крепи отработка тонких и средней мощности крутопадающих пластов может производиться по простиранию или по падению. В первом случае очистной забой располагается по падению пласта, во втором — горизонтально.

В настоящее время разработка тонких и средней мощности крутопадающих пластов почти исключительно производится длинными потолкоуступными и прямолинейными забоями, расположенными по падению пласта. Это объясняется стремлением облегчить отбойку и доставку угля, и является пережитком старого, когда все работы по добыче угля производились ручным способом. Действительно, раньше, когда отбойка и доставка угля производились исключительно вручную, расположение очистного забоя по падению пласта имело неоспоримое преимущество. В настоящее время мы располагаем более совершенными, механическими способами отбойки и доставки угля, что резко изменило трудоемкость отдельных операций добычи, и поэтому вопрос о рациональном расположении очистного забоя при разработке крутопадающих пластов в ряде случаев должен быть пересмотрен. Очевидно, следует считать наиболее целесообразным такое расположение очистного забоя, которое повлечет облегчение производства всех или, во всяком случае, главнейших операций по добыче угля и тем обеспечит общее снижение трудовых затрат.

Расположение очистного забоя по падению имеет следующие преимущества:

1) доставка угля осуществляется самотеком — самым простым и дешевым способом;

2) несколько облегчается работа по отбойке угля, так как каждый отбитый кусок угля немедленно скатывается вниз и не мешает дальнейшей работе;

3) уменьшается число случаев монтажа и демонтажа щита;

4) в ряде случаев ведет к уменьшению объема подготовительных работ.

С другой стороны, расположение очистного забоя по падению пласта имеет весьма существенные недостатки:

1) чрезвычайно затрудняется передвигание щита и управление им;

2) увеличивается опасность работ;

3) ограничивается длина очистного забоя;

4) затрудняется возможность одновременного производства нескольких операций в очистном забое, что наряду с меньшей длиной его влечет уменьшение производительности забоя;

5) устройство щита получается более сложным, что снижает надежность его работы.

Наиболее существенным является первый недостаток. Попытки применения в Кузбассе как секционных жестких, так и гибких щитов, расположенных по падению пласта, показали большие трудности передвижения и особенно поддержания их на определенной высоте, что и явилось основной причиной отрицательных результатов этих

работ. В основном, вследствие указанных трудностей, до сих пор не удалось создать работоспособный щит, расположенный по падению пласта. Механизмы и устройства, потребные для поддержания и передвижения такого рода щитов, значительно сложнее и дороже машин и устройств, потребных для отбойки и доставки угля при горизонтальном расположении очистного забоя. Это сводит на нет основные преимущества расположения забоя по падению.

Подсчеты показывают, что при условии полной механизации горных работ и правильного выбора машин затраты труда на отбойку и доставку угля при горизонтальном забое могут быть небольшими, а в некоторых случаях даже меньшими, чем при забое, расположенном по падению. Горизонтальное расположение очистного забоя с отработкой пласта вниз по падению позволяет значительно упростить конструкцию щита, использовать постоянно действующий вес вышележащих пород и щита для его передвижения. Последнее является весьма важным фактором, обеспечивающим наиболее надежную работу щита.

При горизонтальном расположении забоя рабочие, а также и машины располагаются на твердом устойчивом основании, что обеспечивает наиболее удобные и безопасные условия работы. При этом возможно механизировать все процессы работ в очистном забое, применяя высокопроизводительные, освоенные в шахтах машины, что позволяет значительно увеличить производительность забоев и рабочих.

Характерным примером, подтверждающим преимущества горизонтального расположения забоев является щит проф. Чинакала, который в отличие от всех других, не горизонтально расположенных, щитов получил в кратчайший срок широкое распространение в Кузбассе, что в основном и явилось следствием удачного его расположения.

Поэтому на существующем этапе развития горной техники для обычных условий разработки тонких и средней мощности крутопадающих пластов угля более перспективно и целесообразно горизонтальное расположение очистного забоя с отработкой пластов вниз по падению. Это позволит в кратчайший срок заменить малоэффективную деревянную крепь более совершенной — щитовой.

В свете указанного наиболее рациональной системой разработки тонких и средней мощности крутопадающих пластов следует считать разработку длинными столбами по восстанию. Один из возможных вариантов такого рода системы разработки показан на рис. 1. Этаж высотой 100—200 *м* печами *42* и *43* делится на столбы размером 100—200 *м* по простиранию.

Отработка столба производится прямолинейным забоем сверху вниз начиная от вентиляционного штрека *13*. Очистной забой располагается горизонтально и длина его устанавливается в зависимости от требуемой производительности участка и по условиям проветривания. Поддержание рабочего пространства в очистном забое осуществляется посредством специального щита *1*.

Порядок отработки этажа может быть прямой и обратный. Следует предпочитать обратный, при котором уменьшаются потери угля и расходы по поддержанию выработок.

Связь между очистным забоем и откаточным штреком *12* осуществляется посредством печей *42*, *43* и *44*, располагаемых на расстоянии 20—30 *м* друг от друга. Крайние печи *42* и *43* являются ходовыми и имеют два отделения — углеспускное и ходовое. Промежуточные печи *44* предназначены для спуска угля. Печи проходятся сбоечно-

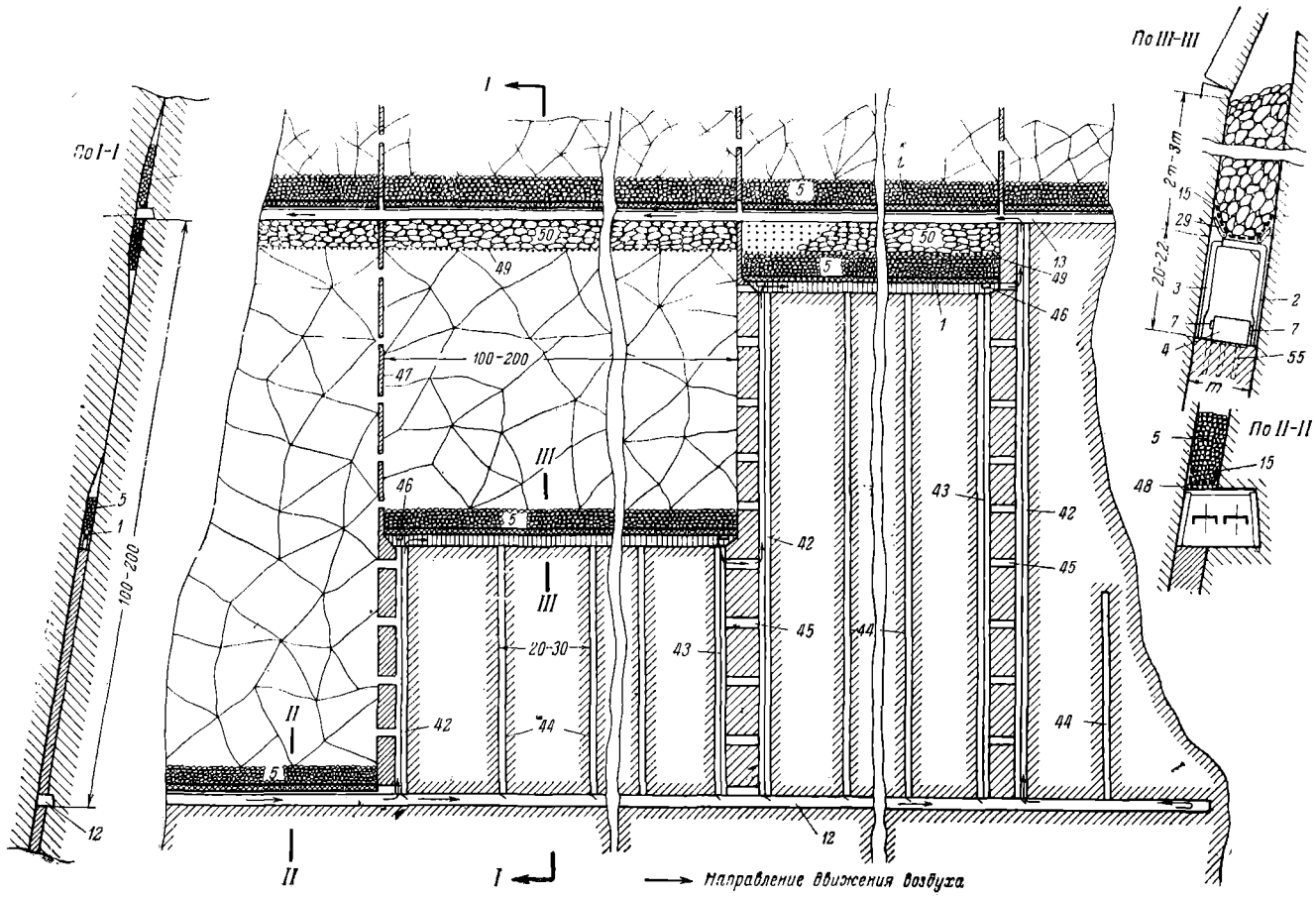

По I-I
По III-III
По II-II
I
II
III
100-200
20-30
2m-3m
20-22
Направление движения воздуха

Рис. 1

буровой машиной, при этом ходовые печи *42* и *43* расширяются посредством отбойных молотков или взрывных работ и крепятся обычной крепью.

При мягком, легко разваливающемся угле иногда может оказаться необходимым крепить и углеспускные печи *44* на всю длину или только их нижнюю часть. Ходовые печи *42* и *43* соседних столбов располагаются на расстоянии 6—8 *м* друг от друга и соединяются сбойками *45*.

Щит

При отработке столба сверху вниз может быть использован щит оградительного и поддерживающего типов (рис. 2).

Щит оградительного типа (рис. 2, *а*) имеет существенные недостатки:

1. Обрушение кровли может происходить непосредственно у груди забоя, что затруднит продвижение щита и повлечет засорение угля

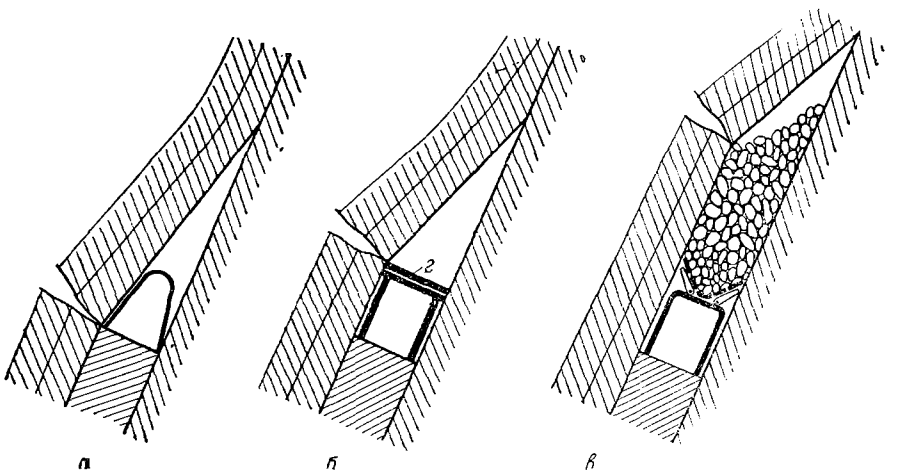


Рис. 2

породой. В случае применения породной подушки порода будет просыпаться в рабочее пространство и засорять уголь, так как форма щита исключает возможность применения манжетов. Поэтому даже при незначительных изменениях мощности пласта использование такого щита повлечет дополнительные потери угля у кровли или у почвы пласта, вследствие чего такого рода разработка будет нецелесообразной.

2. При небольшой мощности пласта габариты рабочего пространства получаются недостаточными для размещения людей, машин и пропуска воздуха.

3. Демонтаж щита весьма труден, что приводит к потерям его, а значит и к значительному расходу металла.

Более удобным в данных условиях является щит поддерживающего типа (рис. 2, *б*), при котором обрушение кровли происходит за пределами рабочего пространства. Это облегчит передвижение щита и позволит обеспечить более совершенную изоляцию рабочего пространства от просыпания породы в забой. Габариты щита позволяют более удобно разместить рабочих и машины. Но существенным недостатком обычных щитов поддерживающего типа является наличие сложной и дорогой гидросистемы высокого давления. Это усложняет

конструкцию щита, снижает степень надежности его в работе и затрудняет производство монтажа и демонтажа.

Гидросистема высокого давления необходима для обеспечения распора между кровлей и почвой пласта и замена ее любой другой известной механической системой (клиновой, винтовой и пр.) влечет резкое снижение работоспособности щита.

Рациональное распорное устройство для щитов поддерживающего типа должно сочетать в себе надежность и непрерывность действия, автоматическое передвижение вслед за щитом и простоту конструкции.

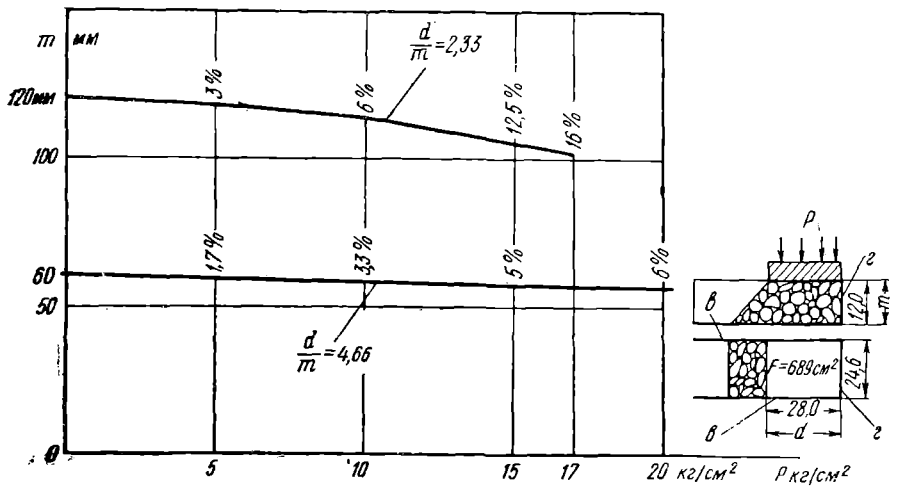


Рис. 3

В этом отношении большой интерес представляет замена гидравлического распорного устройства подвижной породной подушкой. Принципиальная схема такого рода щита показана на рис. 2, *в*, где гидравлические стойки *г* заменены породной подушкой, поддерживаемой полосой стальной сетки на опорах. Учитывая, что породная подушка представляет собой как бы часть щита, такой щит может быть отнесен к щитам поддерживающего типа, но в отличие от гидравлических он очень прост по конструкции, дешев и надежен в работе.

Породная подушка, состоящая из крепкой дробленой породы, обладает большой несущей способностью, значительно превышающей несущую способность обычной деревянной крепи и вполне может служить для ограждения рабочего пространства. В результате лабораторных исследований получены графики изменения высоты породной подушки в зависимости от удельного давления (до 200 $т/м^2$) для двух значений отношения между ее шириной и высотой (рис. 3). Исследовалась дробленая порода с коэффициентом крепости 4—5 по Протодьяконову и размерами кусков 5—12 *мм*. Порода засыпалась в массивную коробку (рис. 3), стенки которой были жестки, а стенка *г* допускала внешний выгиб до 20—25 *мм*. Исследования подтверждают большую несущую способность породной подушки. Необходимо отметить, что при увеличении размеров кусков породы несущая способность породной подушки будет возрастать.

Стальная сетка, поддерживающая породную подушку, должна быть прочна, гибка и не пропускать мелких кусков породы, засоряющей уголь. Этим требованиям удовлетворяет тканая сетка (стальное

полотно), изготовленная из стальных проволок толщиной 1—2 *мм*. Конструкция сетки показана на рис. 4. В направлении действия наибольшей нагрузки проволоки укладываются впритык друг к другу, а в направлении действия меньших нагрузок они могут быть расположены более редко. Это уменьшит вес сетки, не снижая ее прочности. Сетка собирается из полос шириной 1—1,5 *м*, при этом проволоки, расположенные впритык друг к другу, укладываются в продольном направлении. Такого рода сетка, изготовленная из проволоки толщиной 1,5 *мм*, весит 8 *кг/м²* и разрывное усилие, приходящееся на 1 *м* поперечного сечения полосы, составит приблизительно 80 *т/м* при временном сопротивлении проволоки на разрыв, равном 80 *кг/мм²*.

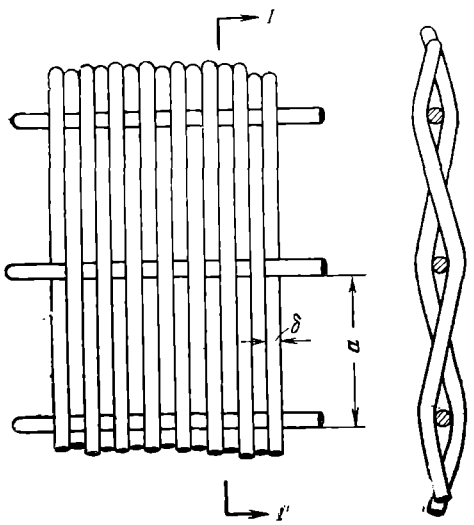


Рис. 4

Для поддержания породной подушки укладываются одна или несколько полос сетки по простиранию общей шириной, равной мощности пласта, которые обеспечивают гибкость и прочность щита в продольном направлении. Под ними, в поперечном направлении, укладываются короткие полосы сетки, концы которых загибаются вверх

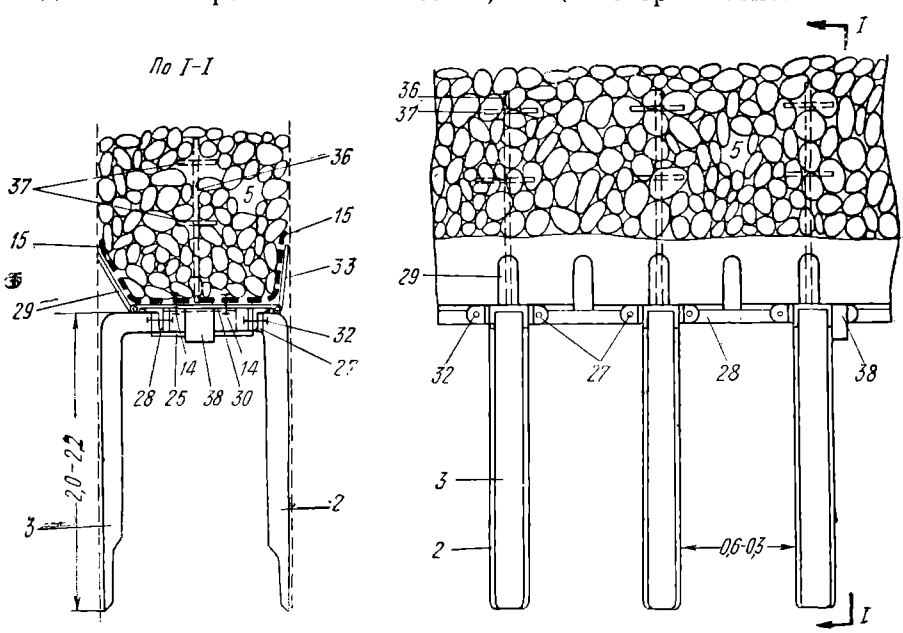


Рис. 5

и образуют манжеты *15* (рис. 5). Сетка прикрепляется к Г-образным или П-образным рамам, которые служат опорой щита. Рамы расположены на расстоянии 0,3—0,5 *м* друг от друга и связаны между

собой шарнирным соединением, состоящим из уголков *28*, ушей *27* и штырей *32*. К уголкам *28* крепятся в поперечном направлении полосы *30*, к концам которых шарнирно прикреплены ребра *29* и *33*. Сверху полос *30* укладывается стальная сетка и крепится к ним болтами *14* с таким расчетом, чтобы манжеты *15* выступали за концы ребер *29* и *33* на 0,3—0,5 *м* (рис. 1 и 5). Весом породы манжеты будут прижиматься к почве и кровле пласта, чем исключается возможность просыпания породы в рабочее пространство. Ребра *29* и *33*, скользя концами по кровле и почве, будут поддерживать сетку в местах раздутий пласта, что обеспечит нормальную работу щита при местных изменениях мощности пласта.

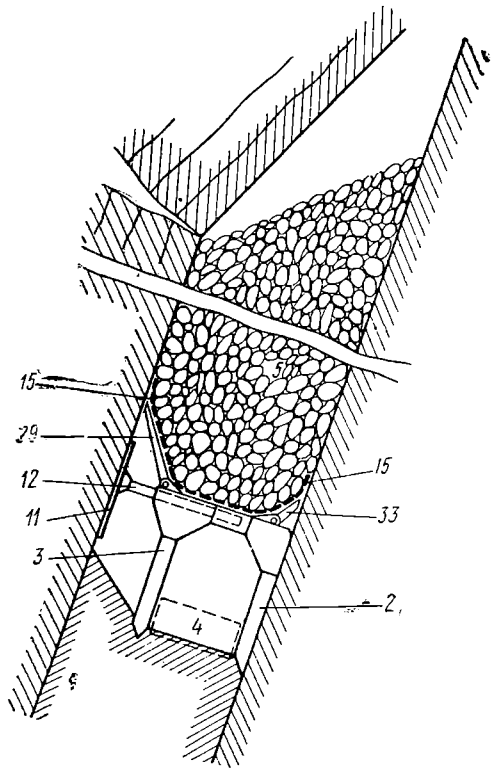


Рис. 6

При мощности пласта меньше 1,5—2 *м* следует предпочесть Г-образные опорные рамы (рис. 5). Каждая рама состоит из двух ног *2* и *3*, входящих друг в друга, для чего к ноге *2* приваривается направляющая полоса *25*. Это позволяет регулировать ширину крепи при изменении мощности пласта на 20—25%. Выдвижение ноги *3* производится автоматически, посредством сильной спиральной пружины, расположенной над полосой *25*. Изменяя винтом натяжение пружины, можно регулировать величину распора ног *2* и *3* между кровлей и почвой пласта. Распор ног может быть осуществлен и любым другим устройством: винтовым, клиновым, пневматическим, гидравлическим и пр. Основную нагрузку несет нога *2*, расположенная у почвы пласта. Нога *3* предназначена для поддержания ноги *2* и для предупреждения отваливания кусков породы от кровли пласта, для чего, при необходимости, к ноге *3* могут быть приварены листы железа, заменяющие затяжки.

При мощности пласта больше 1,8—2 *м* в раме может быть три ноги, из них одна выдвижная *12* (рис. 6). Нога *12* предназначена для поддержания щитка *11*, заменяющего собой затяжки. Ноги должны быть расположены в вертикальном положении нормально к груди забоя. Для исключения перекашивания их они могут быть соединены друг с другом гибкой связью — канатом.

Монтаж щита производится у вентиляционного штрека. Для этого в почве вентиляционного штрека пласт отрабатывается на глубину 3—4 *м*. В образованную таким образом траншею устанавливаются ноги *2* и *3* и распираются между кровлей и почвой деревянными стойками. Затем расстилается сетка, при этом манжеты заворачиваются вверх и прижимаются к кровле и почве пласта также деревянными стойками. С вентиляционного штрека выгружается мелкая

порода — заполнитель и распределяется ровным слоем вдоль щита, образуя подушку. Затем убирают распорные стойки, и этим заканчивается монтаж щита.

В дальнейшем, в начальный период отработки столба, по мере опускания щита, образующееся над ним свободное пространство заполняют дробленой породой — пока толщина породной подушки не достигнет необходимой величины. После этого дальнейшая разработка пласта производится с обрушением кровли.

Если отработка этажа осуществляется прямым ходом и при этом сохраняется вентиляционный штрек, то возводят бутовую полосу *50* (рис. 1). В этом случае, по мере отработки пласта и опускания породной подушки *5*, пространство над ней крепится деревянными стойками, затем устанавливаются костры или органная крепь *49*, служащие основанием породной полосы *50*, после чего откремленное пространство заполняется породой, подвозимой по штреку *13*.

Если под вентиляционным штреком оставляется целик угля, то монтаж щита производится аналогичным образом в просеке под целиком. При этом работы значительно упрощаются, полностью исключается необходимость в креплении очистного забоя деревянными стойками.

В конце отработки столба, когда щит достигнет уровня откаточного штрека *12*, сетку подпирают деревянными стойками, а ноги *2* и *3* отсоединяют и используют повторно.

Таким образом, потери металла сводятся к потерям сетки и частично полос *30* и ребер *29* и *33*. Сетка с породной подушкой *5* (рис. 1) оставляется в кровле штрека *12* и служит предохранительной породной полосой.

Для нормальной работы очистного забоя важнейшим условием является обеспечение систематического опускания щита вслед за отработкой пласта.

Из практики известно, что при отработке крутопадающих пластов обрушение кровли значительно отстает от груди очистного забоя и это отставание тем больше, чем прочнее боковые породы.

Так, например, до данным ДонУГИ на пологопадающих пластах на расстоянии 6 *м* от забоя опускание (по ряду шахт) достигало от 125 до 250 *мм*. На шахте же № 19—20 треста Горловскуголь на том же расстоянии опускание не превышало 30—80 *мм*, на шахте № 1—3 „Кочегарка" того же треста опускание для трех пластов составляло от 50 до 100 *мм* и только для пласта Дерезовка — 177 *мм*. Следовательно, в условиях крутого падения прогиб кровли у очистного забоя будет незначительным, она будет опираться на породную подушку *5*, а наличие гибкости щита исключает его защемление.

Породная подушка *5* представляет собой своего рода подвижную опору для боковых пород. Практика разработки крутопадающих пластов в Кузбассе с применением щитов проф. Чинакала доказала возможность нормального движения закладочного материала вслед за щитом без зависания его, без значительных смещений висячего бока пласта и поверхности. В Кузбассе установлено, что при щитовой выемке с обрушением породная подушка всегда нормально продвигается вслед за щитом, а обрушение висячего бока намного отстает от очистного забоя.

Проведенные лабораторные исследования дают право утверждать, что при правильном выборе шихты и размеров породной подушки можно обеспечить нормальное опускание ее вслед за отработкой пласта.

Проведенные исследования работы щита на моделях показали, что высота породной подушки должна превышать мощность пласта в 2—3 раза. Материалом для породной подушки должна служить крепкая, не склонная к слеживанию, легко подвижная дробленая порода. Важно, чтобы мощность пласта превышала размер кусков породы, слагающей подушку не менее чем в 8—12 раз. Очень мелкая порода обладает способностью к слеживанию, поэтому куски размером меньше 50—80 *мм*, следует отсеивать. Лучше применять породу однородную по размеру кусков. Так, при мощности пласта 1—1,5 *м* размер кусков может достигать 100—120 *мм*; при большей мощности пласта размер кусков может быть увеличен до 150—200 *мм*. Лучшей породой для подушки следует считать крупный гравий и гальку размером 80—150 *мм*.

Практически неограниченные запасы гравия и гальки имеются на побережье Азовского и Черного морей, и могут быть использованы для Донбасса.

Увеличение подвижности породной подушки можно достичь применением электрических или пневматических вибраторов. Вибраторы *38* крепятся к верхним частям рам *2* щита (рис. 5) на расстоянии 2—3 *м* друг от друга и включаются по мере необходимости. Для лучшей передачи вибраций породной подушке к рамам *2* крепятся стержни *36* с поперечными штырями *37*, расположенными в породе.

В случае образования в подушке местных сводов они будут сразу же разрушаться штырями *37* за счет веса опускающихся рам и вибраций. Известно, что в вибрирующих сыпучих телах значительно уменьшается внутреннее трение и они приобретают свойства текучести, аналогично жидкостям. Поэтому вибрируюший щит вместе с породной подушкой приобретает значительно большую подвижность, что обеспечивает ему наибольшую надежность в работе и дает возможность применять его при разработке более тонких и менее крутых пластов.

При проектировании щита необходимо знать усилия, действующие на ноги щита. При небольшой мощности пласта давление породной подушки на ноги щита не будет велико. Ввиду сложности и изменчивости явлений, протекающих в забое, определить точное значение величины давления на щит не представляется возможным. Ограничимся приближенным решением этой задачи, точность которой достаточна для большинства практических расчетов.

Давление породной подушки на щит будет складываться из двух составляющих:

1) нагрузки p', вызванной нормальной к щиту составляющей веса породной подушки;

2) бокового распора q_2, вызванного давлением q кровли и нормальной к почве пласта составляющей веса породной подушки.

Давление p', вызванное нормальной к щиту составляющей веса породной подушки может быть определено следующим образом. Выделим в породной подушке слой породы *абвг* высотой dh, расположенный перпендикулярно к почве пласта (рис. 7). Учитывая, что длина щита значительно превышает мощность пласта, на 1 *пог. м* слоя *абвг* будут действовать следующие силы.

1. Давление вышележащих слоев породы P_1

$$P_1 = pm,$$

где p — среднее значение нормального давления на площадку *аб*, $т/м^2$;

m — мощность пласта, *м*.

2. Параллельная почве пласта составляющая веса слоя *абвг* — q_2 (рис. 7)

$$q_2 = \gamma m dh,$$

где γ — объемный вес породы.

3. Реакция нижних слоев P_2

$$P_2 = (p + dp)\, m.$$

4. Сила трения F_1 породы о почву и кровлю выработки вследствие распора, вызванного давлением p

$$F_1 = 2pf\xi dh,$$

где ξ — коэффициент бокового распора;

f — коэффициент трения породы о стенки выработки.

5. Сила трения F_2 породы о почву пласта, вызванная перпендикулярной к почве пласта составляющей q_3 веса слоя *абвг* (рис. 7)

$$F_2 = mdh\gamma f \cos\alpha,$$

где α — угол падения пласта.

6. Сила трения F_3 породы о кровлю и почву пласта, вызванная давлением q кровли,

$$F_3 = 2qfdh.$$

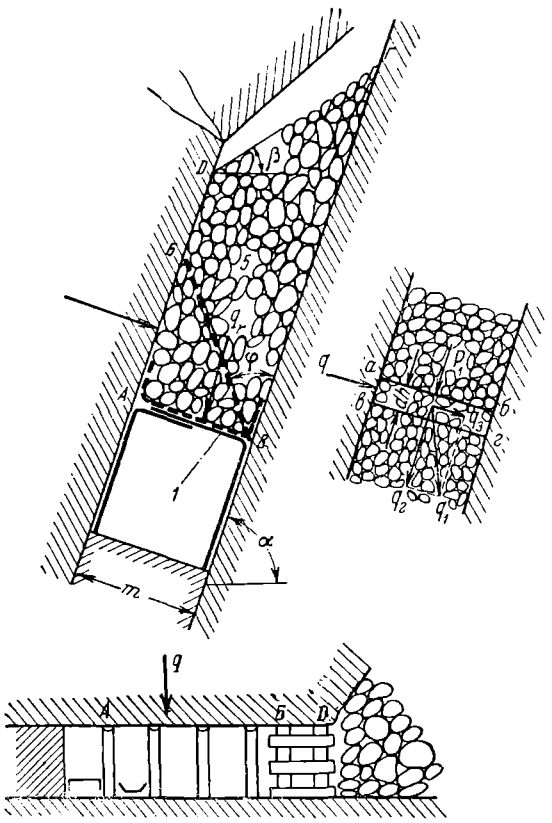


Рис. 7

Рассматривая слой *абвг* в состоянии предельного равновесия, можем написать уравнение

$$-P_1 + P_2 + F_1 + F_2 + F_3 - q_2 = 0.$$

Давление на площадку *гв* от бокового распора, вызванного давлением кровли q и нормальной к почве пласта составляющей веса породной подушки, а также реакцию нижних слоев этому давлению в уравнение не вводим, отчего равновесие не нарушается, так как всегда можно от системы сил, находящихся в равновесии, вычесть две равные и противоположно направленные силы.

Уравнение равновесия можем переписать в следующем виде:

$$-pm + (p + dp)\, m + 2p\xi fdh + m\gamma f \cos\alpha dh + 2qfdh - \gamma m dh = 0.$$

После преобразования получим

$$dh = \frac{dp}{\left(\gamma \sin\alpha - \gamma f \cos\alpha - \frac{2}{m} qf\right) - \frac{2}{m} f\xi p}.$$

Обозначим выражение $\left(\gamma \sin\alpha - \gamma f \cos\alpha - \frac{2}{m} qf\right)$ через B и выражение $\frac{2}{m} f\xi$ через A, тогда

$$dh = \frac{dp}{B - Ap} = \frac{\frac{1}{B}\, dp}{1 - \frac{A}{B} p}.$$

После интегрирования и преобразования получим:

$$p = \frac{\frac{\gamma m}{2} (\sin\alpha - f\cos\alpha) - qf}{f\xi} \left(1 - e^{-\frac{2}{m} f\xi h}\right) \quad т/м^2. \tag{1}$$

Уравнение (1) показывает, что при увеличении h приращение давления p будет асимптотически уменьшаться, поэтому максимальное значение p можно выразить:

$$p = \frac{\frac{\gamma m}{2} (\sin\alpha - f\cos\alpha) - qf}{f\xi} \quad т/м^2. \tag{2}$$

Учитывая, что над породной подушкой может быть обрушенная порода, следует значение p определять по уравнению (2). Давление q кровли на породную подушку будет изменяться в весьма широких пределах. В период, предшествующий обрушению кровли, давление q будет наибольшим, и наоборот, первое время после обрушения кровли давление q будет наименьшее, а при крепких породах может даже отсутствовать. Следовательно, давление p будет также изменяться, наибольшее значение p будет при $q = 0$, а наименьшее p — при максимальном значении q.

Работу породной подушки *5* и щита *1* (рис. 7) можно представить следующим образом. Часть породной подушки *ВБДГ* воспринимает наибольшее давление и заменяет собой как бы ряд металлических костров для поддержания и обреза кровли.

Часть породной подушки *АБВ* под действием собственного веса и давления q кровли стремится сползти вниз и поддерживается гибким щитом, играющим в этом случае роль подпорной стенки.

Таким образом, часть породной подушки *АБВ* вместе со щитом как бы заменяет призабойное крепление в лаве (рис. 7).

При разработке пологопадающих пластов давление кровли в лавах, воспринимаемое призабойной крепью, обычно не превышает 20—30 $т/м^2$, что подтверждается несущей способностью деревянной крепи лав по действующим в Донбассе паспортам.

Исследование несущей способности породной подушки (рис. 3) показывает, что жесткость деревянной крепи мало отличается от жесткости породной подушки *АБВ*, опертой на гибкий щит, поэтому давление кровли, воспринимаемое подушкой, будет также мало отличаться от давления, вопринимаемого обычной деревянной крепью.

Отсюда следует, что давление q кровли, воспринимаемое частью породной подушки *АБВ* не будет превышать 30 $\cos\alpha$ $т/м^2$.

Тогда наибольшее значение p' определится

$$p' = \frac{\gamma m(\sin\alpha - f\cos\alpha)}{2f\xi} \quad т/м^2. \tag{3}$$

Наибольшее давление на 1 *м* щита под действием перпендикулярной к нему составляющей веса породной подушки составит

$$P_1 = \frac{\gamma m^2 (\sin\alpha - f\cos\alpha)}{2f\xi}\ т/м. \qquad (4)$$

Из уравнения (2) следует, что при значительном давлении кровли значение p может оказаться отрицательным. В действительности же отрицательного давления быть не может, так как щит сам по себе не может давить на породную подушку. Это указывает на то, что при нарастании давления кровли значение p будет уменьшаться пока не достигнет значения, равного 0, после чего, при дальнейшем увеличении давления кровли действие на щит перпендикулярной к нему составляющей веса породной подушки исключается вследствие увеличения трения между частицами породы.

Значение q, при котором $p = 0$, может быть определено из уравнения (2).

Очевидно, при $p = 0$, уравнение (2) примет вид:

$$\frac{\gamma m}{2}(\sin\alpha - f\cos\alpha) = qf,$$

откуда

$$q = \frac{\gamma m}{2f}(\sin\alpha - f\cos\alpha)\ \ т/м^2. \qquad (5)$$

Как указывалось выше, щит будет также подвержен действию бокового распора от давления кровли q и перпендикулярной к почве пласта составляющей веса породной подушки.

Давление p_2 на щит от бокового распора, очевидно, будет наименьшим у кровли и наибольшим у почвы пласта. Значение распора p_2' у кровли пласта составит

$$p_2' = q\xi\ \ т/м^2.$$

Значение распора p_2'' у почвы пласта составит

$$p_2'' = q\xi + m\gamma\cos\alpha\xi = (q + m\gamma\cos\alpha)\xi\ \ т/м^2$$

и соответственно при $q = 0$ давление от бокового распора у почвы пласта составит

$$p_2''' = m\gamma\xi\cos\alpha\ \ т/м^2.$$

Давление P_2 на 1 *м* щита от бокового распора определится

$$P_2 = \frac{p_2' + p_2''}{2}\ т,$$

откуда

$$P_2 = m\xi(q + 0{,}5\gamma m\cos\alpha)\ \ т/м. \qquad (6)$$

Соответственно при $q = 0$

$$P_2 = 0{,}5m^2\gamma\xi\cos\alpha\ \ т/м. \qquad (7)$$

Общее давление на 1 *пог. м* щита будет иметь три характерных значения: при $q = 0$, при $p = 0$ и при q, равном максимуму.

Общее давление P_0' на 1 *м* щита при $q = 0$ может быть выражено уравнениями (4) и (7):

$$P_0' = \gamma m^2\left(\frac{\sin\alpha - f\cos\alpha}{2f\xi} + 0{,}5\xi\cos\alpha\right)\ \ т/м. \qquad (8)$$

Общее давление P_0'' на 1 *м* щита при $p = 0$ может быть выражено уравнениями (5) и (6)

$$P_0'' = \gamma m^2 \xi \left[\frac{1}{2f} (\sin\alpha - f\cos\alpha) + 0{,}5\alpha\cos\alpha \right] \quad т/м \tag{9}$$

Общее давление P_0''' на 1 *м* щита при максимальном значении q, когда отсутствует p, может быть выражено уравнением (6)

$$P_0''' = m\xi (q + 0{,}5\gamma m\cos\alpha) \quad т/м. \tag{10}$$

Очевидно, давление q кровли в начале и конце породной подушки будет различно, но учитывая небольшие размеры подушки, допустимо принимать в уравнении (10) среднее значение давления q, тем более, что допускаемая при этом погрешность будет увеличивать запас прочности щита.

Величина P_0', P_0'' и P_0''' при различных значениях мощности пласта приведена в табл. 1.

Таблица 1

Мощность пластов,	Давление на щит, *т/м*		
	P_0'	P_0''	P_0'''
1,0	2,45	0,42	5,5
1,2	3,50	0,58	6,6
2,5	14,8	2,13	13,7
3,5	28,7	4,0	19,2

При составлении таблицы приняты следующие значения:

$$\gamma = 1{,}7 \quad т/м^3; \quad \alpha = 60^\circ \quad \xi = 0{,}35, \quad f = 0{,}6.$$

Очевидно, при расчетах следует принимать наибольшее значение давления на щит.

Для проверки приведенных выше расчетов и соображений необходимо произвести измерение давления на щит непосредственно в забое. До накопления опыта работ при расчете щита следует пользоваться указанными выше цифрами, принимая запас прочности равным 3—4, тем более, что излишняя массивность ног не повлечет заметного увеличения расходования металла, так как после отработки столба они снимаются и используются повторно.

Приведенные расчеты показывают, что требуемая прочность ног щита не будет превышать прочности обычных металлических стоек (СГК-1), разрушающее сопротивление которых составляет 60 *т*

Это позволяет утверждать, что создание достаточно прочной конструкции щита не представляет трудностей.

В процессе моделирования щита с большой шириной манжетов *15* (рис. 5) были отмечены случаи зависания щита в моменты наибольшего давления кровли, обычно предшествовавшие ее обрушению. После уменьшения ширины манжетов *15* случаев зависания щита не наблюдалось.

Очевидно, для случая зависания щита (рис. 8) будет справедливо неравенство

$$2qa_1 f > P_0,$$

а для случая нормального движения щита неравенство

$$2qa_2f < P_0,$$

где q — давление кровли, $т/м^2$;

P_0 — давление породной подушки на щит, $т/м$;

f — коэффициент трения между манжетами и почвой или кровлей пласта;

a_1 — ширина манжетов, при которой щит зависает;

a_2 — ширина манжетов, при которой щит нормально опускается.

При этом силы трения F манжетов о почву и кровлю пласта приняты одинаковыми. Это не повлечет значительной ошибки в расчете так как при небольшой мощности и крутом падении пласта нормальная к почве пласта составляющая веса породной подушки невелика по сравнению с давлением кровли и ею можно пренебречь.

Сравнивая приведенные выше неравенства, можно утверждать, что существует такое значение ширины манжетов, при котором будет справедливо равенство

$$2qa_3f = P_0,$$

где a_3 — искомая ширина манжетов.

Другими словами, на практике возможно регулировать величину давления на ноги щита путем изменения ширины манжетов *15* (рис. 5 и 6). Это весьма важно при значительной мощности пласта, когда давление на щит большое.

Используя построения, приведенные на рис. 7, можно подойти к определению высоты AD породной подушки.

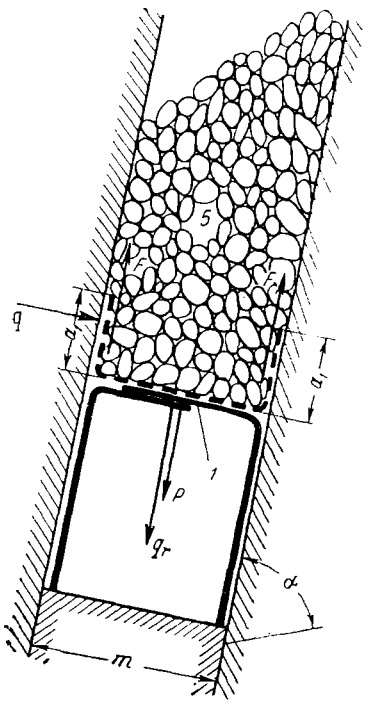


Рис. 8

$$AD = АБ + БД = \frac{m}{fg\varphi} + БД.$$

Считаем, что при мощности пласта $m < 1{,}5$ *м* величина $БД$ может быть принята равной 1 *м*, а при $m > 1{,}5$ *м* необходимо, чтобы

$$БД = 1{,}2 - 1{,}5 \text{ м}.$$

Так, при мощности пласта 1,2 *м* высота породной подушки составит

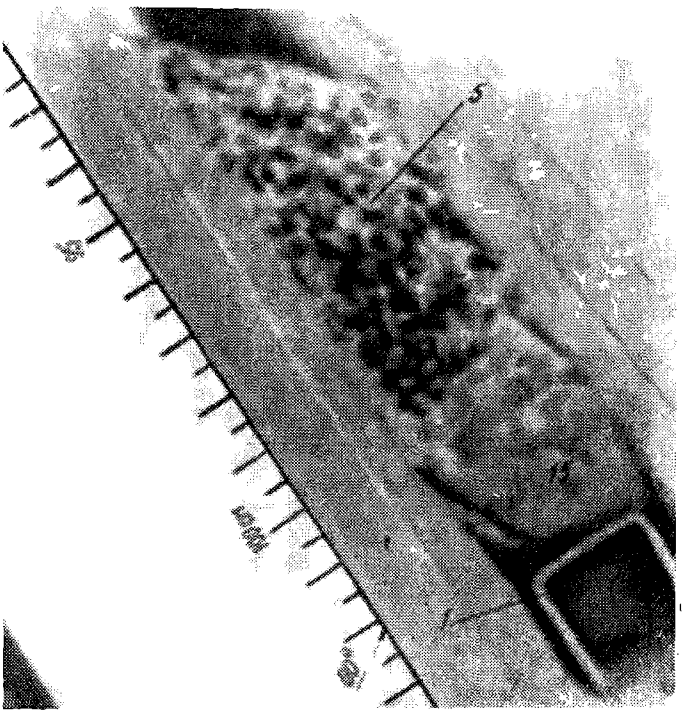
$$AD = \frac{1{,}2}{0{,}65} + 1{,}0 = 3{,}0 \text{ м}.$$

Наиболее ответственной частью при описываемом способе работ является породная подушка *5*. Она служит своего рода подвижной опорой, поддерживающей боковые породы и предохраняющей щит от защемления между почвой и кровлей пласта. Поэтому она должна быть способна выдерживать значительные давления и легко передвигаться вниз вслед за отработкой пласта.

Для изучения работы породной подушки были произведены лабораторные исследования на модели в масштабе 1 : 100 и 1 : 50 натураль-

ной величины с использованием эквивалентных материалов по методу Г Н. Кузнецова.

Прочность эквивалентных материалов соответствовала сланцам средней крепости. Всего было произведено три опыта, при каждом из них осуществлялась отработка пласта сверху вниз на полную высоту модели. Шаг передвижения щита составлял 1 *м*.



Рис

Для учета фактора времени на степень зажатия щита отработка пласта периодически приостанавливалась на срок один-три дня, а затем вновь возобновлялась. Обычно остановка отработки пласта приурочивалась к концу шага обрушения кровли, когда давление на щит наибольшее.

Размер зерен породной подушки составлял от 1 до 3 *мм* или до 0,1—0,15 мощности пласта. Угол падения пласта был принят равным 60°.

Щит *1* имел корытообразную форму, был изготовлен из листового железа толщиной 1,5 *мм* (рис. 9). К щиту прикреплялась сетка *15*, изготовленная из холста.

Размеры породной подушки *5*, сетки *15* и щита *1* могут быть определены по масштабной линейке (рис. 9). Общая глубина отработки пласта составила 60 *м*. Выше было отработано несколько пластов с обрушением кровли, самый нижний из которых расположен на расстоянии 5 *м* выше „отрабатываемого" пласта.

Первое обрушение кровли произошло на отметке 63 *м*, второе и третье — на отметках 75 и 94 *м*.

Таким образом, шаг обрушения составлял 12 и 19 *м*.

На рис. 10 приведены фотографии наиболее характерных положений щита при третьем опыте.

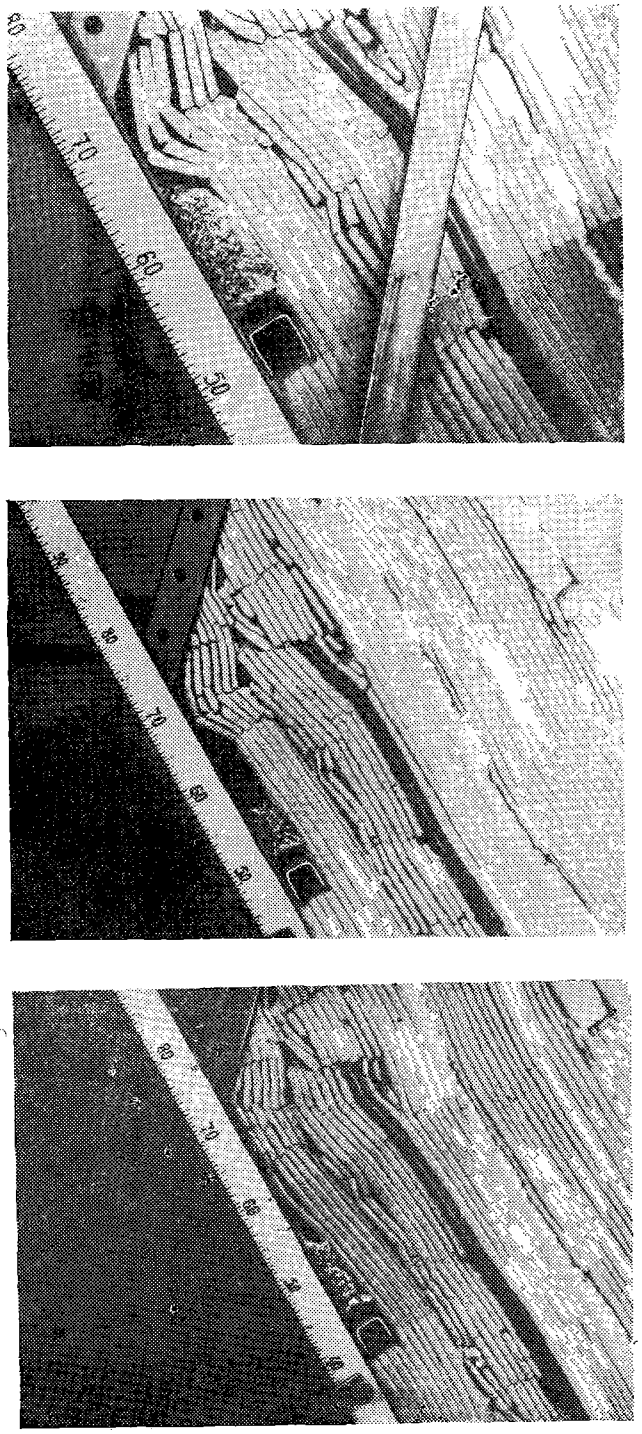
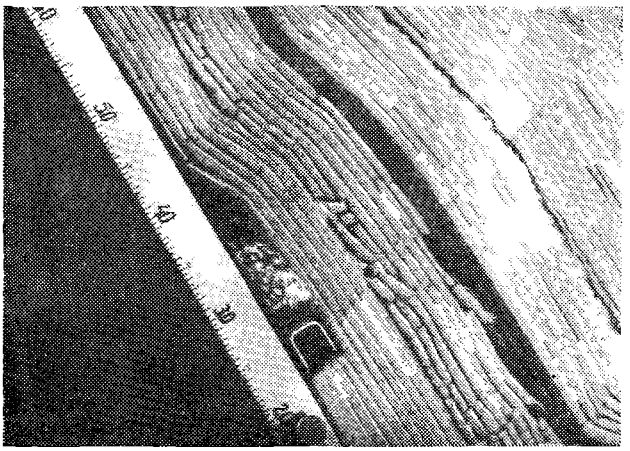
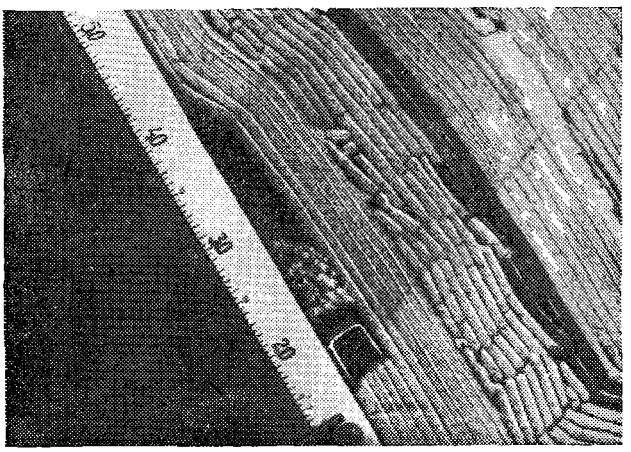
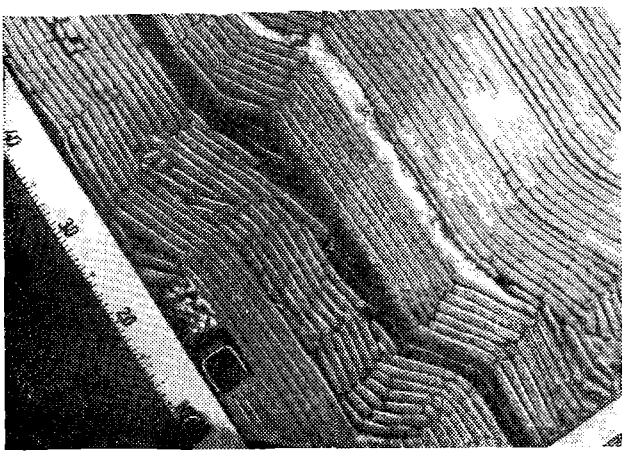


Рис. 10





д



е

При этом моделировалась отработка пласта мощностью 2 *м* в масштабе 1:50. Общая глубина отработки составила 35 *м*. Над пластом оставалась лишь трехметровая толща нетронутых пород, выше которых ранее была произведена отработка мощного пласта с обрушением кровли (рис. 10 и 11). Это, наряду с более крупным масштабом моделирования, определило значительно менее благоприятные условия для работы щита, чем при втором опыте. Как видно из фотографий (рис. 10 и 11), породы кровли здесь обрушались более беспорядочно и шаг обрушения кровли был меньший, чем при втором опыте, составляя всего 5 и 8 *м*. Высота породной подушки *5* вначале была принята равной 5 *м* (по верху), а в дальнейшем уменьшена до 3 *м* (рис. 10).

Несмотря на более тяжелые условия работы щита, определяемые неустойчивой кровлей в процессе „отработки" пласта, при третьем опыте случаев зависания щита и породной подушки не наблюдалось. По мере „отработки" пласта щит и породная подушка под влиянием собственного веса регулярно плавно опускались вниз.

Обрушение пород кровли всегда происходило выше породной подушки, причем линия обреза кровли обычно проходила по верхнему краю породной подушки (рис. 9—11). Отдельные, едва заметные трещины наблюдались на уровне средней части породной подушки, но это не мешало ее нормальному передвижению.

Манжеты *15* из сетки себя вполне оправдали, случаи просыпания мелкой породы подушки в рабочее пространство лавы отсутствовали.

Средний угол наклона β верхней поверхности породной подушки (рис. 7) составлял всего 15—20° к горизонту, что объясняется специфическим колебательным характером перемещения отдельных кусков породы при опускании породной подушки.

На основании проведенных опытов можно сделать выводы:

1. Подвижная породная подушка представляет надежную опору для боковых пород, заменяя собой как бы самопередвигающийся ряд металлических костров. Во всех случаях кровля обрушалась выше породной подушки (рис. 9—11).

2. При нормальной ширине манжетов *15* случаев защемления щита *1* или породной подушки *5* не было.

3. В процессе отработки пласта породная подушка *5* под действием собственного веса регулярно опускалась вниз вслед за щитом *1*.

4. Высота породной подушки *5* превышала мощность пласта всего в 1,5—2,5 раза.

5. Отношение поперечных размеров наиболее крупных зерен породной подушки k мощности пласта составляло от 0,10 до 0,15.

6. Конструкция щита (рис. 5), наличие манжетов из сетки полностью исключают просыпание породы подушки в рабочее пространство очистного забоя.

Воспроизвести на модели в полной мере действительное положение, которое будет иметь место в забое, не представляется возможным. Но общая картина явления, характер движения пород, щита и породной подушки воспроизводится с допустимой точностью, что позволяет сделать вывод о реальной возможности управления горным давлением при помощи описанного щита с подвижной породной подушкой.

Произведенные опыты следует рассматривать лишь как первую попытку изучения описываемого способа разработки пластов.

В дальнейшем необходимо продолжить его изучение в лаборатории и на производстве.

Отбойка и доставка угля в очистном забое

Горизонтальное расположение очистного забоя, прямолинейность его и отработка пласта в направлении сверху вниз требуют применения специальных способов отбойки и доставки угля.

В этих условиях возможно применение различных способов механизации очистных работ.

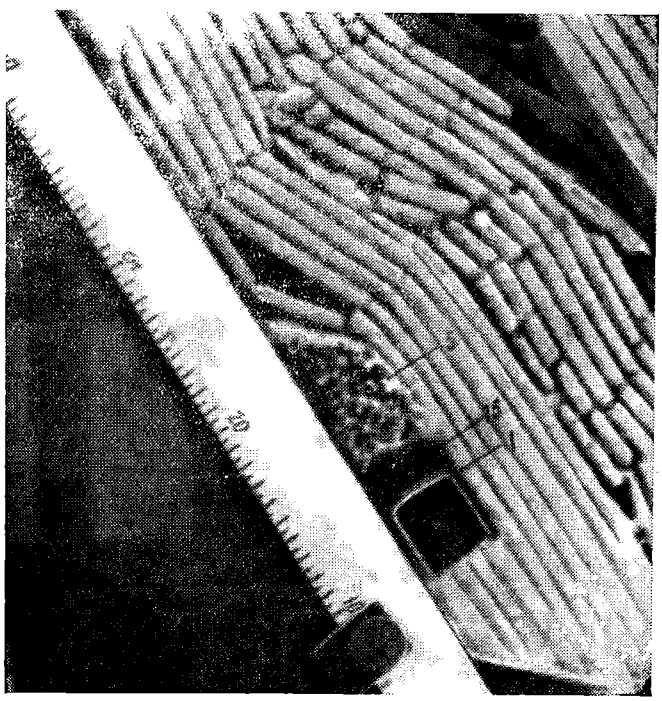


Рис. 11

1. Применение многобаровой врубовой машины в комбинации со скреперострутом. Зарубные щели *55* располагаются по падению пласта (рис. 1), ими уголь разрезается на плиты, которые в дальнейшем скалываются скреперострутом. Число зарубных щелей и расстояние между ними устанавливаются в зависимости от мощности пласта и крепости угля. Чем крепче уголь, тем расстояние между зарубными щелями *55* должно быть меньше. Глубина вруба может быть 0,8—1,2 *м* и в дальнейшем, по мере освоения работ, должна быть увеличена.

На одной машине может быть установлено от 2 до 4 баров, что обеспечит выемку пласта мощностью до 1,2—2,5 *м*.

Разрезанный на плиты уголь скалывается скреперострyгом и доставляется им до ближайшей углеспускной печи. Скреперострyг представляет собой тяжелый ящичный скрепер, снабженный зубьями или режущим лезвием, что позволяет ему не только доставлять, но и разрыхлять уголь в массиве. Скреперострyг может быть односторонним или двусторонним. В последнем случае исключается холостой ход, при переднем и заднем ходах он доставляет уголь попеременно в две соседние печи *44*.

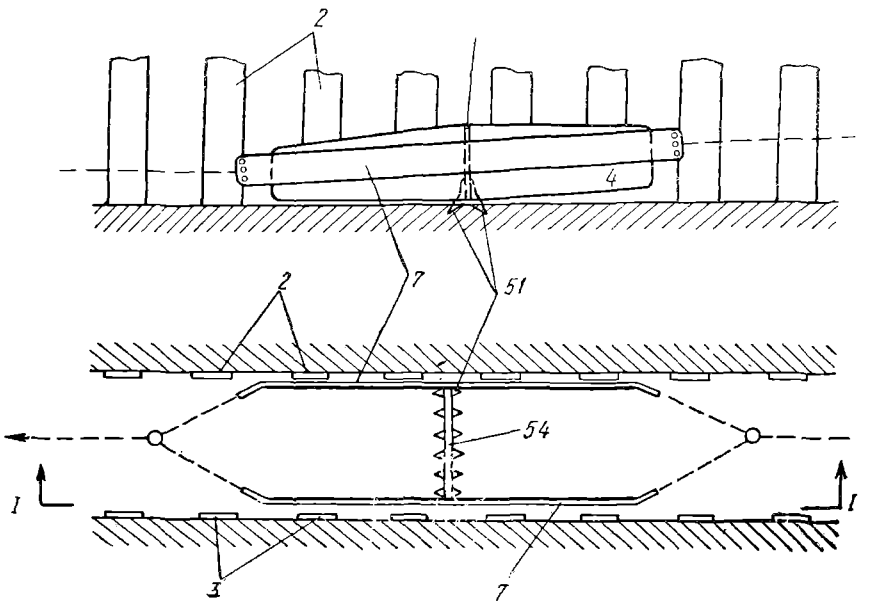


Рис. 12

Общий вид такого скреперострyга *4* показан на рис. 12. Для облегчения скалывания угля скреперострyг должен быть тяжелый и снабжен зубьями *51*, прикрепленными к задней стенке *54*. По бокам он имеет направляющие полосы *7*, которые скользят по ногам *2* и *3* щита. Ширина скреперострyга должна быть на 150—200 *мм* меньше, а длина его в 2,5—3 раза больше расстояния между ногами щита. Скорость движения скреперострyга следует ограничить 0,7 *м/сек*, Каждая лава обеспечивается двумя скреперострyговыми установками, при этом лебедки *46* (рис. 1) располагаются возле ходовых печей. Лебедка *46* и блоки крепятся к щиту и по мере отработки пласта автоматически передвигаются вниз вместе с ним.

Наиболее удобно в этих условиях применить скреперную лебедку типа СПЛ-2п, обладающую небольшими габаритными размерами (0,8×0,37×0,37 *м*) и весом 170 *кг* (без электродвигателя); надо только уменьшить скорость движения до 0,6—0,7 *м/сек* и увеличить тяговое усилие до 1000—1500 *кг*. При необходимости в газовых шахтах возможно применение пневматических двигателей.

При емкости скреперострута 0,5 *т* и расстоянии между углеспускными скважинами *44*, равном 30 *м*, производительность одностороннего скреперострута за 1 час чистой работы составит

$$\frac{3600 \cdot 0{,}5}{\frac{2 \quad 15}{0{,}7} + 2 \cdot 10} \approx 30 \quad т/час,$$

где 0,5 — емкость скреперострута, *т*;
15 — среднее расстояние доставки, *м*;
0,7 — скорость движения скреперострута, *м/сек*;
2,10 — продолжительность пауз в течение одного оборота скреперострута, сек.

При 4 часах чистой работы скреперострута в течение смены производительность его составит 120 *т/смену*.

Уменьшая расстояние между скважинами, можно увеличить его производительность.

Вначале скреперострут убирает уголь на участке, расположенном непосредственно у углеспускной скважины, затем, по мере отработки пласта, ход его удлиняется. В процессе уборки угля скреперострут постепенно слой за слоем скалывает внутренние плиты угля. Крайние плиты угля, расположенные у почвы и кровли пласта, будут скалываться ногами *2* и *3* под действием веса породной подушки и щита (в процессе опускания последнего), а частично забойщиками при помощи пневматических лопат или отбойных молотков. При этом большое значение имеет форма концов ног щита. При крепких углях ноги следует заострять, а при мягких — площадь опоры ног должна быть увеличена.

При мощности пласта 1,2 *м* и угле средней крепости количество угля, подлежащее скалыванию забойщиками, не превысит 12—20% (включая торцы очистного забоя). Чтобы при отработке конца лавы, обращенного к выработанному пространству, порода не просыпалась под щит, необходимо оставлять целик угля *47* (рис. 1) шириной 0,5—1 *м*, что составит потери угля всего 0,5—1% при длине лавы 100 *м*.

При большой склонности угля к самовозгоранию указанные целики могут быть заменены органной крепью.

2. Разрыхление угля в очистном забое может производиться также и взрывными работами. Шпуры бурятся электрическими или пневматическими сверлами. Расположение шпуров и их количество устанавливаются с расчетом обеспечения нормальной работы скреперострута, которым, так же как и в предыдущем случае, производится доставка угля к ближайшей печи.

При мощности пласта больше 2—2,5 *м* (Кузбасс) и применении щита, показанного на рис. 6, скреперострут *4* располагается между ногами щита *2* и *3*, а части забоя между ногой *3* и кровлей пласта придают наклон, обеспечивающий скатывание угля на скреперную дорожку (рис. 6). Это уменьшает площадь обнажения кровли и исключает необходимость ручной погрузки угля.

3. Разрыхление угля можно также производить, применяя машинный вруб в комбинации с взрывными работами

4. Возможно также применение гидравлической отбойки и доставки угля под щитом. В этом случае бустеры могут быть подвешены к щиту на расстоянии 5—10 *м* друг от друга. Это дает возможность работать в забое всего двум-трем рабочим. Для обеспечения гидро-

транспорта очистной забой должен иметь незначительный наклон в сторону углеспускной печи.

Применение описанного выше щита в комбинации с гидравлической разработкой обеспечит резкое увеличение производительности забоя. Необходимо также отметить, что смачивание угля понижает газоотдачу, поэтому применение гидродобычи является фактором, уменьшающим опасность внезапных выбросов угля и газа.

Не исключена возможность применения и других механизмов для отбойки угля (комбайны, струги, отбойные молотки и пр.)

Проветривание участка

Схема проветривания участка показана на рис. 1. Чистый воздух поступает в очистной забой со штрека *12* по печи *42* и выходит из него по печи *43*, сбойке *45* и печи *42* соседнего столба на вентиляционный штрек *13*.

Часть воздуха отделяется для проветривания откаточного штрека и по последней печи направляется на вентиляционный штрек (рис. 1).

В очистном забое воздух движется в узком пространстве между породной подушкой и грудью забоя, это обеспечивает весьма деятельное проветривание забоя и исключает возможность скопления газа.

Но, с другой стороны, размеры площади поперечного сечения рабочего пространства могут оказаться недостаточными для пропуска требуемого количества воздуха и могут ограничивать производительность забоя. На рис. 13 приведены кривые, показывающие суточную производительность забоя по условиям проветривания в зависимости от мощности пласта для шахт I—III категорий по газу. При построении кривых скорость движения воздуха в лаве была принята равной 4 *м/сек*, а высота рабочего пространства 2,2 *м*.

На рис. 13 видно, что по условиям проветривания производительность очистного забоя может быть весьма большой.

Так, при мощности пласта 1,2 *м* и шахте III категории по газу возможная производительность лавы составит 350 *т* в сутки.

Горизонтальное расположение очистного забоя и отработка его сверху вниз создают наиболее благоприятные условия для разработки сильно газовых пластов и пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа.

Известно, что наибольшее число внезапных выбросов угля и газа в Донбассе при крутом падении пластов наблюдается в верхних кутках уступов очистных забоев и в верхних частях подготовительных забоев, проходимых в недегазированном массиве угля. Большую роль в этом отношении играет также степень напряженного состояния пород в районе очистного забоя. Обычно пласты, опасные по внезапным выбросам, расположены в крепких породах, которые, прогибаясь в отработанном пространстве, оказывают значительное давление на пласт угля.

Существует мнение, что ослабление напряженного состояния пород, вызванное обрушением кровли, является благоприятным фактором в борьбе с внезапными выбросами.

Так, И. М. Печук указывает, что после обрушения кровли внезапные выбросы прекращались или ослабевали.

Отмечено также, что наиболее опасными по внезапным выбросам являются крутопадающие пласты мощностью более 1 *м* с мягким перетертым углем.

При описанной выше системе разработки (рис. 1) форма и расположение очистного забоя почти исключают возможность выбросов угля и газа в лаве. Единственным опасным в этом отношении местом является забой откаточного штрека *12*, который значительно опережает забой лавы. Таким образом, применение описанной системы разработки существенно снижает опасности, связанные с внезапными выбросами угля и газа, и в основном исключает необходимость производства различных предохранительных мероприятий в лаве, которые

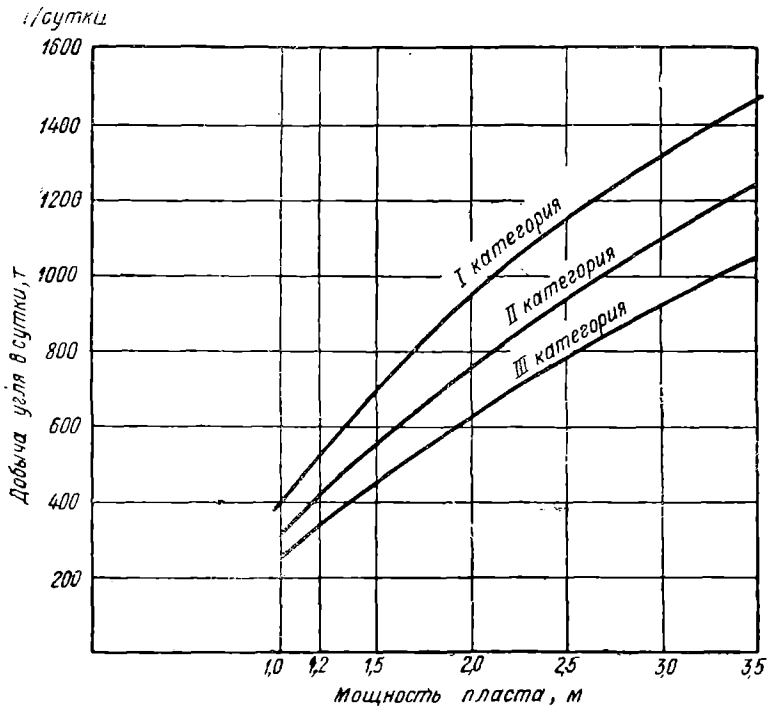


Рис. 13

в настоящее время требуют большого количества рабочих и лимитируют производительность очистного забоя.

На рис. 14 приведен вариант системы, при котором забой откаточного штрека располагается на одном уровне с границей отработанного пространства, чем еще больше уменьшается опасность выбросов угля и газа.

Вариант системы разработки для пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа

Как видно из рис. 14, такая система разработки исключает наличие внутренних кутков и нависающих частей угля как в очистных, так и в подготовительных забоях. При такой системе отсутствует необходимость проходки подготовительных выработок в недегазированных массивах угля, что резко снижает опасность внезапных выбросов угля и газа. Кроме того, отсутствие обычного призабойного крепления и костров позволяет кровле свободно обрушаться, что также увеличивает безопасность работ, значительно снижает трудовые

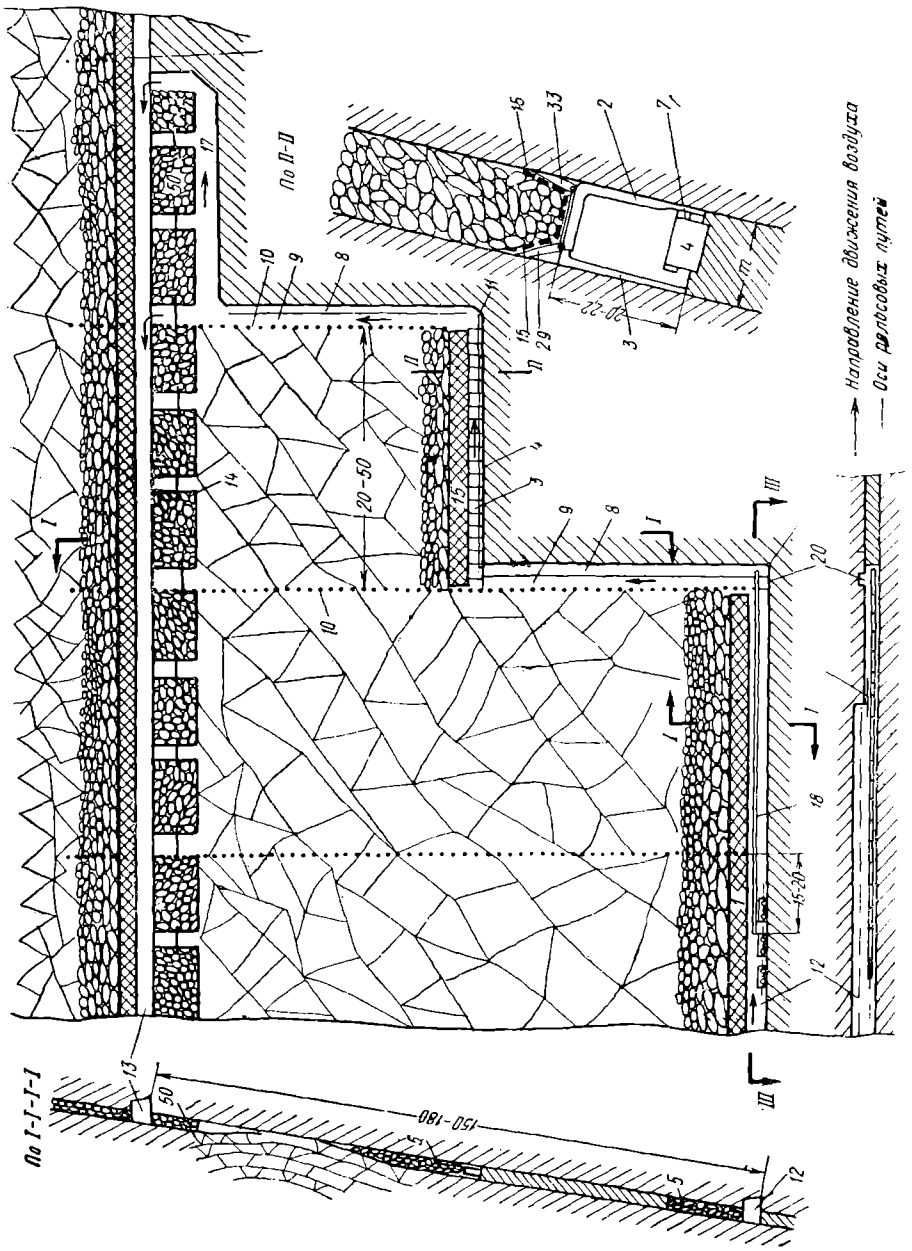

По II-II
По I-I-I-I-I
По III-III
Направление движения воздуха
Оси рельсовых путей
20-50
150-180
15-20
20-22

Рис. 14

затраты на добычу угля и уменьшает себестоимость полезного ископаемого.

Приведенная на рис. 14 система разработки отличается от предыдущей только отсутствием нарезных выработок. Работы по отбойке, доставке угля в лаве и управлению горным давлением осуществляются так же, как и при описанной выше системе. Отсутствие углеспускных скважин влечет значительное уменьшение производительности скреперострута при длинных забоях, поэтому длина лавы не должна

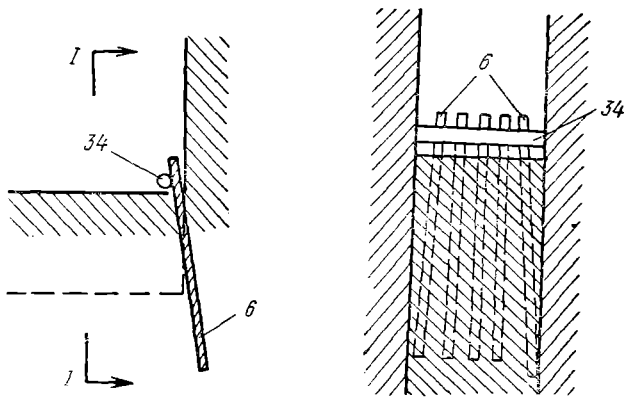


Рис. 15

превышать 50—80 *м*. Монтаж щита производится в просеке *17* раскоски вентиляционного штрека *13* (рис. 14). Проходка раскоски осуществляется с применением отбойных молотков или любым другим способом. Отбитый уголь скатывается на почву просека *17* и скрепером доставляется к печи *8*. Раскоска располагается в дегазированной зоне, поэтому нет основания опасаться там внезапных выбросов угля и газа.

В дальнейшем, в процессе отработки пласта, откреплается печь с двумя отделениями — углеспускным *8* и ходовым *9*. Печь крепится срубом, а со стороны отработанного пространства отгораживается органным рядом, предназначенным для обреза кровли.

Для удобства передвижения людей и вентиляции в месте сопряжения печи *9* со штреком *12* подрывается ниша *20*. При окончании отработки лавы щит останавливают на уровне кровли откаточного штрека *12* и к нему подвешивают скребковый конвейер *18*, служащий для доставки угля из печи *8* в вагонетки. Длина конвейера *18* должна превышать длину лавы на *12—15 м*, что при наличии двухколейного пути в штреке *12* вполне достаточно для обеспечения бесперебойной погрузки угля. Установка конвейера может быть произведена в выходной день и поэтому не вызовет перерывов в добыче угля.

Работы по проходке штрека *12* сводятся к подрывке лежачего бока и креплению, так как уголь вынимается в очистном забое при отработке лавы.

Шпуры по породе бурятся от висячего к лежачему боку пласта, а между взрываемым массивом породы и конвейером *18* становится предохранительный щит *19*, что исключает повреждение конвейером *18*

при взрыве. Таким образом, работы по проходке-подрывке штрека *12* производятся одновременно с отработкой соседней лавы, что обеспечивает планомерную добычу угля на участке. Проветривание участка показано на рис. 14. Свежий воздух поступает из штрека *12* в печь *9*, проходит очистной забой и по другой печи *9* выходит на вентиляционный штрек *13*, а часть его омывает забой раскоски.

Отсутствие внутренних кутков, нависающих частей угля и обрушение кровли обеспечивают резкое повышение безопасности в отношении внезапных выбросов угля и газа. Дополнительным мероприятием в этом отношении рекомендуется применение передового крепления нижних углов *11* (рис. 14). Схема крепления показана на рис. 15. В нижнем углу бурятся шпуры, расположенные по одной линии на небольшом расстоянии друг от друга. Углубление забоя производится под прикрытием буровых штанг *6* или труб, опирающихся на стойку *34*.

Организация работ на участке и технико-экономические показатели

Проектирование организации работ и подсчет технико-экономических показателей произведены с учетом следующих данных:

Мощность пласта, *м*	1,2
Производительность пласта, $т/м^2$	1,56
Угол падения пласта, град	60
Наклонная высота этажа, *м*	150
Длина лавы, *м*	120
Расстояние между печами-скважинами, *м*	30
Толщина породной подушки, *м*	3,5

Расположение очистного забоя и подготовительных выработок приведено на рис. 1.

Таблица 2

Наименование выработок	Общая длина выработок, *м*	Площадь сечения, *м*	Попутная добыча угля, *Т*
Ходовые печи	4	3,5	18
Углеспускные скважины	6	0,5	4
Сбойки между печами	1	2,4	3
Всего	11		25

Уголь и боковые породы средней крепости. Отбойка и доставка угля производится двух- или трехбаровой врубовой машиной МВ-60 совместно со скрепером и частичным (20%) применением пневматических молотков.

Добыча угля производится в течение двух смен в сутки, третья смена ремонтно-подготовительная. Продвигание очистного забоя за

один вруб составляет 1 *м*. Продвигание очистного забоя за сутки 2 *м* (один цикл). Скорость отработки этажа 1,6 *м/сутки*.

Объем нарезных работ за сутки представлен в табл. 2.

Общая добыча угля за сутки по участку составит

$$2 \times 120 \times 1{,}56 = 375 \ т,$$

в том числе из лавы 350 *т*, или 93,3%; из нарезных работ 25 *т*, или 6,7%.

Таблица 3

Наименование работ	Единица измерения	Щитовой забой			Потолкоуступный забой		
		объем работ	норма	количество чел./смен	объем работ	норма	количество чел.-смен
Очистной забой							
Производство вруба	$м^2$	240	40	6	—		
Скреперование		350	90	4			
Отбойка угля пневматической лопатой		70	18	3,9		—	—
Отбойка угля и крепление забоя					375	13,6	27,6
Постановка стоек в породной полосе у вентиляционного штрека	шт.	26	44	0,6			
Выкладка бутовой полосы у вентиляционного штрека	$м^3$	20	12	1,7	20	12	1,7
То же над откаточным штреком				—	20	8	2,5
Постановка костров	шт.		—		28	8,5	3,3
Доставка стоек		26	220	—	840	120	7,0
Доставка обаполов		12	280	0,2	240	160	1,5
Доставка затяжек		24	500		480	310	1,5
Переноска решетаков	*м*		—		130	50	2,6
Переноска трубопроводов					130	80	1,6
Монтаж щита и засыпка породной подушки		1,6	0,5	3,2			
Итого				19,6			49,3
Нарезной забой							
Бурение скважин	*м*	10	4	2,5			
Расширение скважин и крепление ходовых печей		4	1,2	3,3	—		
Проходка сбоек между печами		1	1,8	0,6			
Итого				6,4			
ВСЕГО				26			49,2
Добыча угля, приходящаяся на на одну чел.-смену	*т/смена*			14,4			7,6
	%			190			100

Для сравнения трудоемкости в табл. 3 приведен сравнительный подсчет трудовых затрат на суточный объем работы (один цикл) для изложенной системы и для существующего способа разработки потолкоуступным забоем с применением отбойных молотков. При потолкоуступном забое ширина крепи принята равной 0,9 *м*, управление крепи — плавным опусканием на кострах. Нормы выработки приняты существующие в Донбассе.

В табл. 4 приведено распределение трудовых затрат за сутки по основным операциям при обоих вариантах и добыче угля 375 *т/сутки*.

Табл. 4 составлена по данным табл. 3. В графу 1 вошли трудовые затраты на отбойку и доставку угля, переноску решетаков и трубопроводов; в графу 2 вошли затраты на крепление, монтаж щита, засыпку породной подушки и доставку леса.

Таблица 4

Наименование работ	Единица измерения	Щитовой забой		Потолкоуступный забой	
		чел.-смен	процент	чел.-смен	процент
Отбойка и доставка угля	В сутки На 100 *т*	13,9 3,7	77,5	19,8 5,3	44
Крепление и управление горным давлением	То же	4 1,05	22,4	25,3 6,7	56
Всего	То же	17,9 4,75	100	45,1 12	100

Из табл. 3 и 4 можно сделать следующие выводы:

1. Применение изложенной системы разработки влечет резкое увеличение производительности труда.

2. Несмотря на горизонтальное расположение лавы, трудовые затраты на отбойку и доставку угля меньше, чем при наиболее распространенном в настоящее время потолкоуступном забое. Это является следствием замены малопроизводительных отбойных молотков более мощными и производительными средствами механизации врубовыми машинами и скреперострогами.

3. Трудовые затраты на крепление и управление горным давлением при описанной системе уменьшаются в 6 раз.

4. Трудовые затраты, связанные с необходимостью проходки дополнительных выработок, компенсируются приведенными выше преимуществами.

Штат рабочих по участку и распределение их по сменам приведены в табл. 5.

Таким образом, в течение суток на участке занято 33 рабочих, что при добыче угля 375 *т/сутки* составит производительность рабочего по участку 11,3 *т/смена*.

Примерная планограмма работ показана на рис. 16.

Наличие в лаве нескольких углеспускных печей и двух скреперных лебедок (рис. 1) позволит одновременно производить и зарубку и доставку угля. Так, например, в то время когда машина рубит на

Таблица 5

Наименование квалификаций	Смены			
	I	II		всего
Очистной забой				
Машинисты врубовой машины	1	1	1	3
Помощники машиниста врубовой машины	1	1		3
Скреперисты	2	2		4
Забойщики	2	2		4
Итого	6	6		14
Прочие рабочие на участке				
Бутчики	2	—		2
Монтажники щита		3	—	3
Рабочие на буро-сбоечной машине		—	2	2
Проходчики нарезных выработок	—	—	3	3
Электрослесарь	1	1	1	3
Люковые	2	2		4
Лесодоставщики и такелажники	—	—	2	2
Всего на участке		12	10	33

участке между печами *1* и *2*, скреперострут работает между печами *2* и *3*. Канаты скреперов располагаются в верхней части щита посредством специальных блоков, подвешиваемых к щиту.

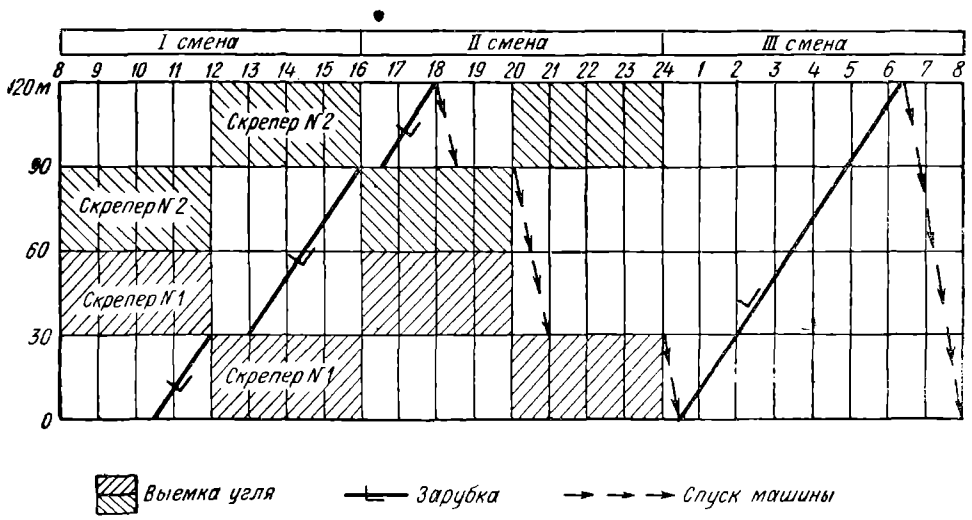


Рис. 16

Возможная производительность двух скреперов почти в 3 раза превышает производительность забоя, поэтому они могут работать с перерывами, в течение которых рабочие производят скалывание плит угля у почвы или кровли пласта, регулирование расположения ног щита и пр.

В первую и вторую смены лава обслуживается комплексной бригадой из 6 человек: 2 забойщика, 2 скрепериста и 2 рабочих, обслуживающие врубовую машину. Учитывая, что скреперные лебедки и врубовая машина не используются в течение всей смены, рабочие, обслуживающие эти машины, помогают забойщикам в их работе.

Расход леса в сутки определится следующим:

Крепление участка бутовой полосы под вентиляционным штреком	0,8 $м^3$/сутки
Крепление и обшивка ходовых печей	0,9 "
Ремонт выработок и пр.	0,2 "
Итого	1,9

Это составит 5 $м^3$ на 1000 добытого угля. В случае оставления под вентиляционным штреком целиков угля, а также при обратном порядке отработки участка, расход леса составит 3 $м^3$ на 1000 $т$.

Ежесуточно будет расходоваться 5 $м^2$ сетки весом 40 $кг$, что определит расход сетки 0,11 $кг/т$

Таблица 6

Наименование материала	Расход	Цена	Сумма, руб $Т$
Лес	0,005 $м^3/т$	150 руб $т$	0,75
Металл	0,3 $кг/т$	2 руб/$кг$	0,6
Дробленая порода для подушки	0,02 $м^3/т$	25 руб/$м^3$	0,5

Таблица 7

Наименование величин	Единица измерения	Горизонтальный забой с гибким щитом		Потолкоуступный забой	Лавы	
		врубовые машины	взрывные работы	отбойные молотки	комбаин ККП-1	взрывные работы
Мощность пласта	$м$	1,2	2,5	1,2	1,2	2,5
Длина забоя		120	100	135	135	30
Подвигание очистного забоя в сутки (среднее)	"	2,0	1,6	1,8	1,8	1,65
Среднесуточная добыча угля в лаве	$т$	350	500	375	375	140
Среднесуточная добыча угля на участке		375	520	375	375	160
Число рабочих на участке в сутки		33	35	52	45	22
то же без нарезных работ		28	29	50	43	18
Число рабочих в лаве (в сутки)		14	16	39	32	12
Производительность рабочего по участку	$т$/смена	11,3	14,9	7,2	8,3	7,3
	%	156	207	100	115	101
То же, без нарезных работ	$т$/смена	13,4	17,9	7,5	8,7	8,9
	%	179	240	100	116	118
Производительность труда рабочего по лаве	$т$/смена	25,0	31,1	9,6	11,7	13,3
	%	260	324	100	122	138
Расход леса	1000 $м^3$	3—5	2	40	40	50
Расход металла	$кг/т$	0,3	0,3	—	—	—
Расход дробленой породы	1000 $м^3$	20	30—40			

* Обрушение кровли производится через 5 циклов.
Потребное количество рабочих отдельно приведено в табл. 8.

Таблица 8

Вид очистного забоя	Горизонтальный забой с гибким щитом		Потолкоуступный забой		
Способ отбойки угля	врубовые машины	взрывные работы	отбойные молотки	комбайн ККП-1	взрывные работы
Очистной забой					
Машинисты врубовых машин и комбайнов	3			3	
Помощники машинистов	3			3	
Скреперисты	4	4		—	
Забойщики	4	6		3	
Крепильщики, костерщики, органщики		—			6
Бурильщики		2			—
Взрывники		4			2
Лесогоны		—	10	10	4
Переносчики решетаков и трубопроводов			3		
Итого	14	16	39	32	12
Прочие рабочие на участке					
Электрослесари	3	3	3	3	1
Люковые	4	4	4	4	2
Монтажники щита	3	4		—	—
Бутчики	2	—		2	—
Мотористы конвейеров	—	—	—	—	2
Прочие рабочие на участке	2	2	2	2	1
Итого	14	13	11	11	6
Всего на участке	28	29	50	43	18
Проходка печей, просеков и других промежуточных выработок					
Проходчики	3	4	2	2	4
Рабочие у буро-сбоечной машины	2	2	—		—
Итого	5	6	2	2	4
Всего, включая нарезные работы	33	35	52	45	22

Учитывая крепление сетки и амортизацию щита, общий расход металла не превысит 0,3 *кг/т*

Толщина породной подушки принимается равной 3,5 *м*, что при наклонной высоте этажа 150 *м* определит расход дробленой породы

$$\frac{3{,}5 \quad 1{,}2}{150 \quad 1{,}56} = 0{,}020 \ м^3/т$$

При существующих системах разработки в Донбассе средний расход леса составляет 0,04 $м^3/т$ стоимостью 6 *руб/т*

В данном случае стоимость материалов для крепления составит всего 1,85 *руб/т* (табл. 5), т. е. будет на 4,15 *руб/т* меньше. Учитывая экономию на заработной плате в связи с уменьшением количества рабочих (табл. 3), общее снижение себестоимости угля составит 8—10 *руб/т*.

Трудовые затраты и технико-экономические показатели при описываемой системе разработки и мощности пластов 1,2 и 2,5 *м*, в сравнении с расчетными показателями при вариантах с потолкоуступным забоем и выемкой отбойными молотками, прямолинейным забоем и комбайном ККП-1 (Донбасс), а также с прямолинейным забоем и взрывной выемкой (Кузбасс), приведены в табл. 7 и 8.

Выводы

Изложенная система может быть применена при разработке крутопадающих пластов угля мощностью от 0,8—1 до 3—3,5 *м* при угле падения больше 50—55°, при боковых породах средней крепости и крепких.

Основным достоинством системы является следующее:

1. Полная комплексная механизация работ, включая и крепление очистных забоев.

2. Высокая степень безопасности работ, что определяется наличием прочной щитовой крепи и горизонтального расположения забоев. Резкое снижение опасности работ при внезапных выбросах угля и газа.

3. Большая производительность очистного забоя.

4. Значительное увеличение производительности труда рабочих (на 50—100%).

5. Почти полное исключение расходования крепежного леса в очистных забоях.

6. Снижение стоимости угля на 8—10 *руб/т*

7 Использование в очистном забое лишь сравнительно простых, освоенных на шахтах механизмов. Для крепления очистного забоя и управления горным давлением используется самый дешевый материал — порода, вес которой, в свою очередь, используется для перемещения щита и частично для отбойки угля.

Недостатки системы, связанные с горизонтальным расположением очистного забоя, с лихвой компенсируются приведенными достоинствами.

Это указывает на необходимость проведения всестороннего изучения описанной системы разработки и организации экспериментальных работ на шахтах.

Поступило 3. . 1952 г.