Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLII, вып. I, 1960 г.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИБКИХ ЩИТОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Е. Я. Махно

В течение последнего десятилетия гибкие щиты получили широкое распространение при разработке крутопадающих угольных пластов в Кузбассе, где они успешно конкурируют с другими способами разработки. Щитовая разработка в рудной промышленности во многих случаях может заменить малопроизводительную и дорогую разработку слоевым обрушением.

Предлагаемая статья рассматривает, в порядке постановки вопроса, схемы применения гибких щитов при выемке междукамерных целиков и при разработке отдельных участков.

1. Выемка междукамерных целиков при пологом и наклонном падении

При выемке междукамерного целика (рис. 1) вначале у висячего бока вынимается с обрушением кровли монтажный слой *1* толщиной 1,5—2 *м* и укладывается гибкий щит *2*. Посредине целика под щитом проходится траншея *3*, соединяющая откаточный штрек *4* с вентиляционным. Выемка целика производится горизонтальными слоями толщиной 1—1,5 *м* в нисходящем порядке под прикрытием гибкого щита. Отбитая взрывом руда скреперным конвейером *5* доставляется по траншее на откаточный штрек. По мере выемки руды щит опускается под действием собственного веса и давления вышележащей породы, надежно перекрывая траншею.

Характерной особенностью такого рода щитовой разработки является существенное упрощение очистных работ и возможность взрывания руды одновременно по всей длине слоя, что позволяет значительно повысить эффективность работы забоя и производительность труда рабочих.

Выбор конструкции гибкого щита. В Кузбассе широко распространены гибкие щиты Н. А. Чинакала [1], сконструированные для условий разработки крутопадающих угольных пластов, значительно отличающихся от условий разработки пологопадающих рудных месторождений. Совершенно очевидно, что и в данном случае щиты должны конструироваться на базе опыта применения их в Кузнецком бассейне, но с учетом различия условий разработки.

Весьма важно придать щиту максимальную гибкость. Поскольку щит будет подвержен действию значительных масс перемещающейся вниз обрушенной породы, чем жестче будет конструкция, тем больше нагрузки он будет испытывать. Следовательно, гибкость и податливость

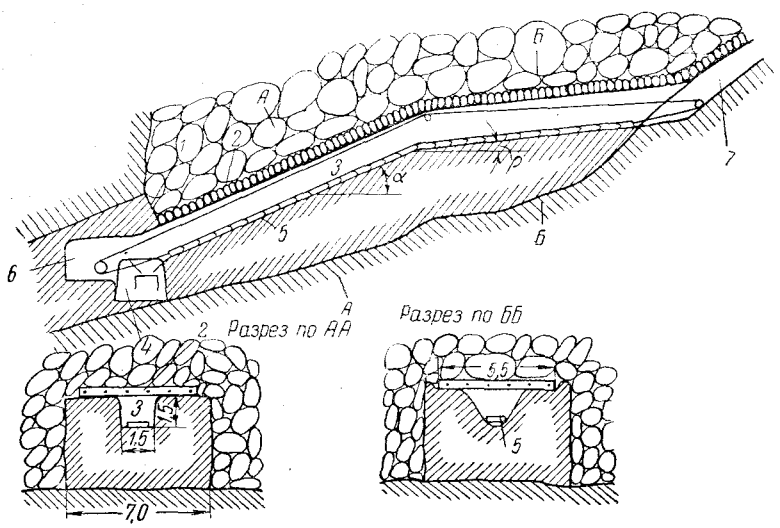


Рис. 1. Схема выемки междукамерного целика с применением гибкого щита:
α — угол падения пласта; ρ — угол наклона очистного забоя

конструкции определяют прочность и надежность щита. В рассматриваемых условиях для создания рабочего пространства в траншее необходимо, чтобы в поперечном направлении щит был жестким (см. рис. 1). Поэтому конструкция щита должна предусматривать гибкость только в продольном направлении и такой щит следует отнести к полугибким.

Учитывая указанное, считаем, что для разработки пологопадающих

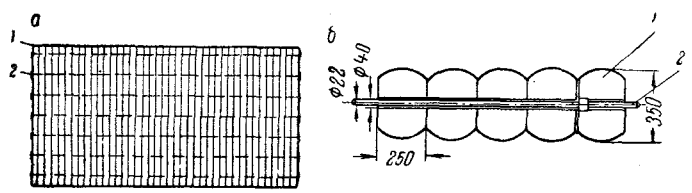


Рис. 2. Дерево-нагельный щит:
а — общий вид щита; *б* — деталь щита

рудных месторождений целесообразно использовать дерево-нагельный полугибкий щит (рис. 2, *а* и *б*). Он состоит из ряда расположенных впритык друг к другу бревен *1*, соединенных между собой металлическими нагелями *2*. Нагели пропущены через отверстия, расположенные в нейтральном слое бревен, что практически сохраняет прочность их при поперечном изгибе. Толщина нагелей и расстояние между ними устанавливаются в зависимости от требуемой прочности щита в продольном направлении. Нагели (рис. 3) изготовляются составными и длина каждого из них принимается в пределах 1—3 *м*, учитывая допустимую ширину рабочего пространства в монтажном слое и удобства сборки

щита. При массовом изготовлении наиболее целесообразна конструкция нагелей, показанная на рис. 2. Можно использовать нагели, состоящие из двух стальных стержней с нарезанными концами, соединенными планками с двумя отверстиями. Эти нагели более гибкие, их проще изготовить в шахтных мастерских. При необходимости можно смонтировать два щита, расположив их один над другим, что в два раза увеличит прочность.

Техническая характеристика щитов

Наименование	Предлагаемый деревонагельный щит		Гибкий щит, применяющийся в Кузбассе	
	однорядный	двухрядный	однорядный	двухрядный
Ширина щита, *м*	5,5	7,0	6,5	7,0
Поперечное сечение бревен, *мм*	250 × 360	250 × 360	—	300 × 340
Расход леса на 1 $м^2$ площади щита, $м^3$	0,33	0,66	0,52	0,56
Расход металла на 1 $м^2$ площади щита, *кг*	3.15	6,3	52,2	52,0

Определение размеров щита. Обеспечение необходимой прочности является основным требованием, предъявляемым к рациональной конструкции щита. При размерах и расположении нагелей, показанных на рис. 3, разрывная прочность в продольном направлении составит 15 *т* для однорядного и 30 *т* для двухрядного щита на 1 *пог. м* его ширины.

Вследствие гибкости щита в продольном направлении и разработки рудного тела в направлении сверху вниз щит по всей длине будет опираться своими торцами на массив руды. По-

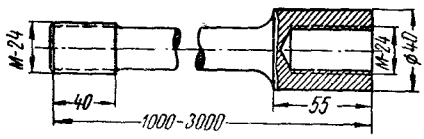


Рис. 3. Нагель

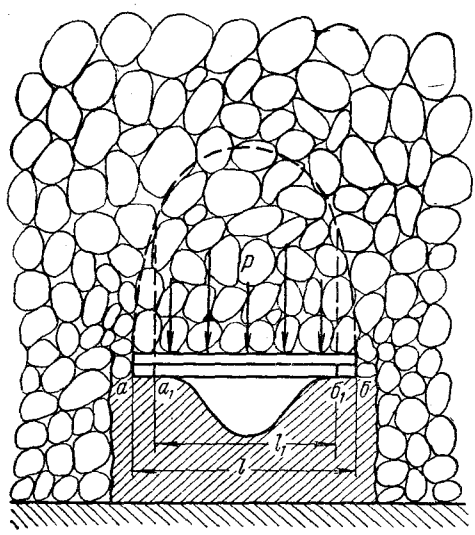


Рис. 4. Схема к расчету щита

этому при правильном управлении щитом больших нагрузок на него в продольном направлении ожидать нет основания и указанная выше прочность нагелей заведомо достаточна.

Более ответственную задачу представляет определение прочности щита в поперечном направлении. Вследствие жесткости бревен он будет испытывать в этом направлении наибольшие напряжения. На рис. 4 приведена расчетная схема щита. Каждый брус щита можно рассматривать как балку на двух опорах с неравномерно распределенной нагрузкой. Обычно расчет производится с учетом того, что крепь имеет достаточно прочное основание. В данном случае в процессе отработки

пласта щит и расположенные выше обрушенные породы находятся в движении, причем направление давления породы на щит в основном должно совпадать с направлением перемещения щита.

Как показывают лабораторные исследования, давление на щит будет непрерывно меняться: при опускании щита оно будет наименьшим а при остановках — возрастающим [2]. При этом эпюра давления приобретет вид полуовала с весьма неправильной и изменчивой формой очертания.

В этих условиях имеют практический смысл только приближенные методы расчета. Учитывая указанное, давление на щит можно подсчитать по формуле

$$P = k\gamma l^2, \ т/м, \tag{1}$$

где P — давление, приходящееся на 1 *пог. м* щита, *т/м*;
γ — объемный вес давящей породы, $т/м^3$;
l — расстояние между опорами щита, *м*;
k — коэффициент, определяемый экспериментальным путем; для пород средней подвижности с коэффициентом внутреннего трения 0,7 — 0,85 значение $k = 0{,}7$.

Эпюра давления занимает промежуточное место между прямоугольной и треугольной. Поэтому с допустимой погрешностью величина изгибающего момента

$$M = \frac{Pl}{7}, \ тм. \tag{2}$$

При взрывных работах невозможно обеспечить правильную форму очистного забоя, поэтому точки опор щита также не будут постоянны. В действительности они будут расположены на некотором расстоянии от краев щита в точках a_1 и $б_1$ (см. рис. 4). Во время работы величины aa_1 и $бб_1$ могут быть небольшими, поэтому при расчете целесообразно принимать значение l_1, равное ширине щита l.

Учитывая указанное, допустимая ширина щита

$$l = \frac{7\sigma n W}{P}, \ м, \tag{3}$$

где σ — допускаемое напряжение на изгиб брусьев щита; для временных сооружений при толщине соснового бруса больше 160 *мм* может быть принято $\sigma = 1500$ $т/м^2$, что обеспечивает трехчетырехкратный запас прочности;
n — число брусьев в 1 *пог. м* длины щита;
W — момент сопротивления одного бруса.

Выемка верхнего слоя. Верхний слой вынимается с целью образования щели, необходимой для монтажа щита, и создания породной подушки. Затраты на добычу руды в верхнем слое будут значительно большими, чем под щитом, поэтому толщина верхнего слоя должна быть возможно меньшей: 1,5 — 1,8 *м*. Выемку верхнего слоя можно производить по восстанию или падению, но следует предпочитать выемку верхнего слоя по восстанию, что дает существенное облегчение работ по монтажу щита и созданию породной подушки, большее использование веса породы при обрушении кровли и обеспечивает более безопасные условия в очистном забое.

Один из возможных вариантов выемки верхнего слоя показан на рис. 5. Вначале у кровли рудного тела проходится восстающий, который гезенками соединяется с этажными штреками. Затем вынимается верх-

ний слой и одновременно, с опережением на 4—6 *м*, проходится траншея в почве восстающего. Руда отбивается взрывными работами и доставляется на откаточный штрек по траншее при помощи скрепера или скреперного конвейера.

Крепление рабочего пространства в этих условиях целесообразно производить штанговой крепью с частичным применением деревянных стоек. Два ряда стоек располагаются по бокам целика, а 3—4 стойки устанавливаются в средней части забоя в качестве «сторожей». В виде поддерживающей и посадочной крепи можно использовать стойки ОКУ-03, получившие широкое применение в угольной промышленности. Стойки устанавливаются на рассстоянии 1—1,5 *м* одна от другой (см. рис. 5). Для более равномерной передачи давления на щит под основа-

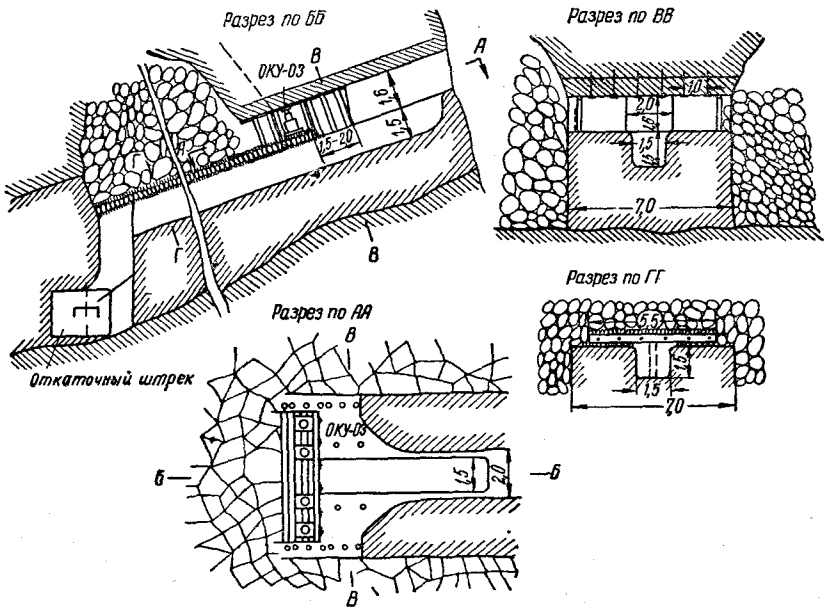


Рис. 5. Схема выемки монтажного слоя

ние стоек ОКУ-03 насыпается слой мелкой породы толщиной 0,2—0,3 *м*. Передвижение стоек производится при помощи простейших ручных тягальных устройств. Описанный способ крепления обеспечивает значительное свободное пространство в средней части забоя, что облегчает производство монтажа щита, и в этих условиях представляет существенное преимущество.

В процессе отработки верхнего слоя подготовленные на поверхности брусья доставляются в очистной забой с вентиляционного штрека по восстающему и производится монтаж щита.

Очень важно создать на щите подушку из мелкокусковатых обрушенных пород. С этой целью предусматривается принудительное обрушение кровли (взрыванием) за каждым циклом при выемке верхнего слоя.

Выемка под щитом. Очистной забой представляет собой траншею, перекрытую щитом (см. рис. 1). Для отбойки руды шпуры бурятся из траншеи (рис. 6). Вначале взрываются шпуры в почве траншеи сразу по всей длине очистного забоя. Затем руда убирается и, следовательно, траншея углубляется, после чего взрываются шпуры в опорных цели-

ках. При этом отбитая взрывом руда скатывается в траншею, а щит под влиянием собственного веса и веса расположенной выше породы опускается.

Большое внимание при взрывных работах следует уделять управлению опусканием щита. Если все шпуры в опорных целиках взорвать одновременно, то и щит на всем протяжении очистного забоя опустится одновременно в вертикальном направлении. При этом на участке сопряжения щита с лежачим боком возникнут значительные растягивающие напряжения, которые могут привести к разрыву нагелей и прорыву породы в рабочее пространство. С противоположной стороны очистного забоя, в месте перегиба щита у висячего бока, в щите возникают сжимающие усилия, которые могут привести к образованию складок, что также недопустимо.

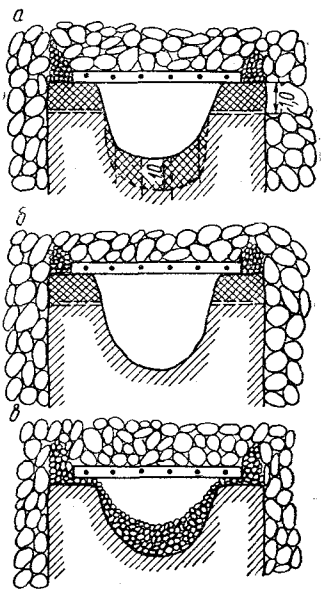


Рис. 6. Последовательность опускания щита. Положение забоя:
а — начальное; *б* — после углубки траншеи; *в* — после взрывания опорных целиков

Для исключения указанного следует взрывать шпуры в опорных целиках последовательно, начиная от висячего бока — поочередно в правом и левом опорных целиках. Для этого целесообразно применить огневое взрывание с промежутком между взрыванием двух соседних шпуров в каждом опорном целике 3—5 *сек*. Шпуры, расположенные друг против друга в правом и левом опорных целиках, должны взрываться по возможности одновременно.

При таком порядке взрывания шпуров щит, опускаясь вниз, будет в то же время волнообразно перемещаться вдоль очистного забоя в направлении от висячего к лежачему боку пласта. Это исключит складкообразование и возможность возникновения в нагелях больших напряжений. Управление щитом может быть облегчено уменьшением угла ρ (см. рис. 1) между кровлей пласта и линией очистного забоя. Для этого очистной забой следует располагать с наклоном до 10—12° в сторону направления доставки руды. С этой же целью необходимо плавно закруглять сопряжение линии очистного забоя с кровлей и почвой пласта. С целью обеспечения второго выхода из очистного забоя и деятельного проветривания по мере отработки пласта в почве его подрывается траншея 7 (см. рис. 1), соединяющая очистной забой с вентиляционным штреком. Она не требует крепления, так как будет перекрываться на всем протяжении щитом. Проведение траншеи необходимо также для обеспечения выемки части рудного тела, примыкающей к лежачему боку.

Доставка руды. В рассматриваемых условиях возможна скреперная доставка. Но при существующих размерах поперечного сечения траншеи применение больших скреперов невозможно, использование же скреперных устройств малой производительности нецелесообразно.

При щитовой разработке производительность очистного забоя практически определяется только возможностями буровзрывных работ и технических средств доставки руды. Практика щитовой разработки угольных пластов в Кузнецком бассейне показывает примеры доведения производительности очистного забоя длиной 20—30 *м* до 500—600 $м^3$ угля в сутки, что еще не является пределом. Поэтому обязательным условием щитовой системы при разработке пологопадающих залежей

является применение высокопроизводительного непрерывного транспорта руды в очистном забое и по восстающему. Только при этом условии могут быть полностью использованы большие возможности, кроющиеся в самом принципе щитовой разработки.

С указанной целью целесообразно использовать скреперный конвейер с возвратно-поступательным движением. Он состоит из небольшой емкости скреперов, шарнирно соединенных друг с другом при помощи тяг (рис. 7). Изогнутая форма задней стенки скрепера исключит зарывание его в разрыхленную руду при переднем ходе и значительно уменьшит сопротивление перемещению при обратном ходе.

Не исключена возможность также применения скреперов с откидными стенками, но они сложнее по конструкции и менее надежны в работе.

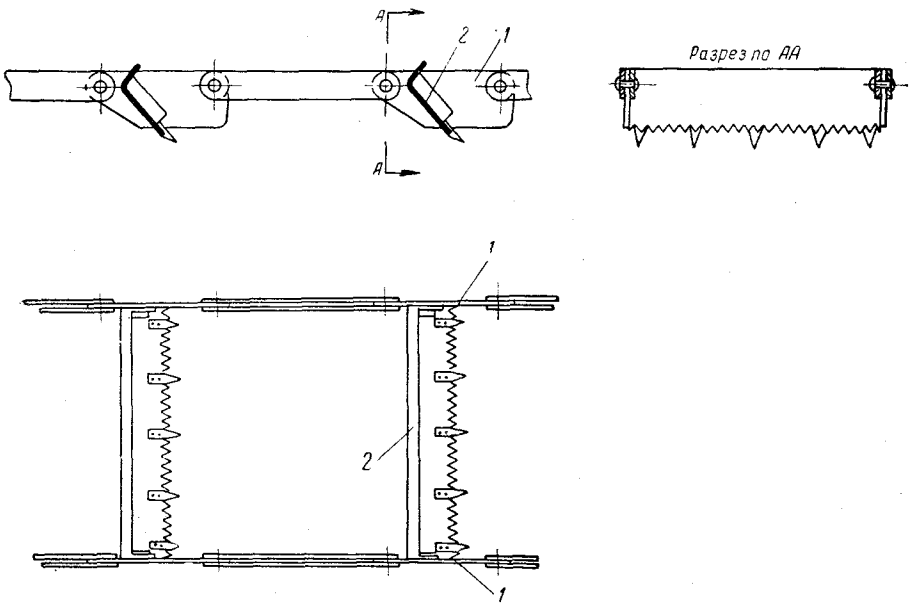


Рис. 7. Скреперный конвейер. Стенки скрепера:
1 — боковые; *2* — задняя

Величина хода скреперного конвейера должна в 1,5—2 раза превышать расстояние между скреперами. Производительность конвейера возрастает с увеличением угла наклона почвы в направлении доставки. Длина скреперного конвейера соответствует суммарной длине очистного забоя и восстающего. По мере выемки междукамерного целика конвейер укорачивается удалением отдельных скреперов у откаточного штрека. Скреперный конвейер приводится в движение при помощи канатов и специального привода, расположенного в камере *6*, представляющей продолжение восстающего (см. рис. 1).

Направление хвостового каната осуществляется блоками, подвешенными к щиту. Хвостовой блок расположен в конце очистного забоя у лежачего бока пласта и перемещается по мере отработки.

При полезной емкости одного скрепера 0,04 $м^3$, перемещение руды за один ход конвейера на 1 *м* (ход 1,5 *м*) и скорости перемещения 0,6 *м/сек* производительность конвейера составит примерно 40 $м^3$/*час*. Для этого потребуется тяговое усилие привода 3000—4000 *кг*.

Описанный скреперный конвейер выгодно отличается от известных типов конвейеров простотой конструкции и обслуживания. Обеспечивается полная механизация навалки и доставки руды в очистном забое, что наряду с непрерывностью работы и значительной производительностью скреперного конвейера определит увеличение производительности и высокие технико-экономические показатели.

Все это свидетельствует о перспективности такого рода конвейеров, которые могут найти широкое распространение в рудной промышленности.

2. Разработка отдельных участков с применением щитов

Комбинированная система разработки, когда основная масса руды добывается камерами, а щиты используются лишь для междукамерных целиков, при неустойчивых боковых породах может оказаться невозможной. Разработку таких участков часто производят системой слоевого обрушения в обычном ее варианте. В этом случае производительность можно повысить, применяя выемку всего участка полосами по падению

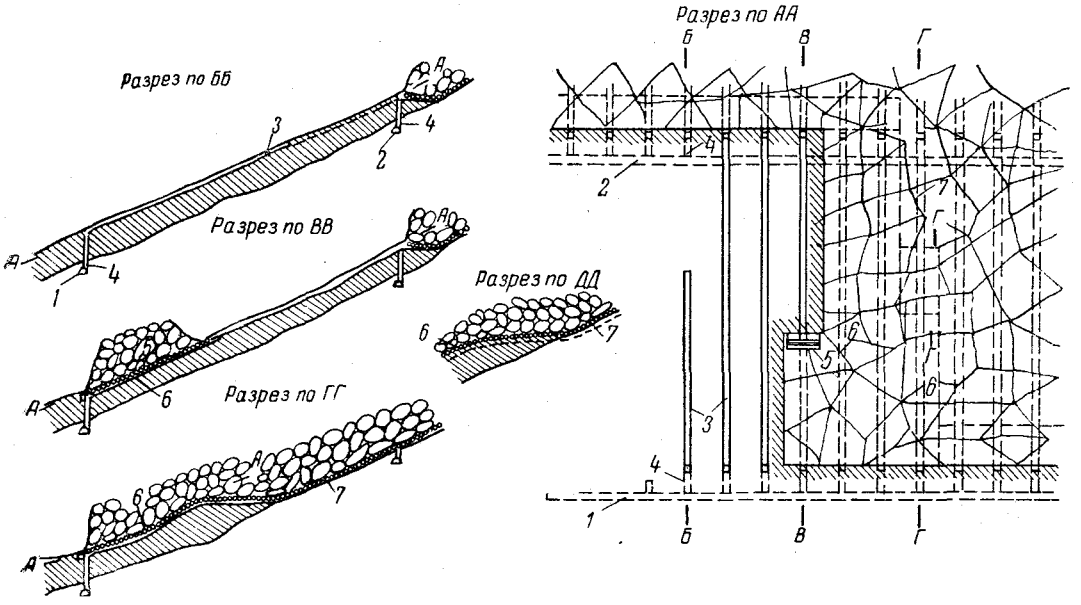


Рис. 8. Схема разработки участка с применением гибкого щита

с использованием щитов (рис. 8). Подготовка этажа производится этажными штреками *1* и *2*, расположенными в рудном теле, или полевыми. Последний вариант показан на рис. 8. В пределах каждой полосы проходится восстающий *3* у кровли рудного тела, который соединяется с откаточным *1* и вентиляционным *2* штреками при помощи гезенков *4*.

Ширина полосы принимается на 1—2 *м* больше ширины щита. Выемка каждой полосы производится аналогично выемке междукамерного целика. Вначале вынимается верхний слой у кровли рудного тела и монтируется щит *5*. Одновременно проходится траншея *6*. По окончании этих работ щит укладывается впритык к ранее уложенному щиту при отработке верхнего этажа и соединяется с ним в одно целое.

Выемка полосы производится в обратном направлении по падению рудного тела, как это видно на рис. 8. Отбитая руда доставляется по траншее к гезенку при помощи скреперного конвейера, как было описано выше. Выемка полос должна производиться в определенном порядке, причем одновременно в работе находится три полосы. В первой производится проходка гезенков *4* и восстающего *3*, во второй вынимается верхний слой и монтируется щит *5*, третья полоса вынимается под прикрытием щита. Для обеспечения нормального ведения горных работ необходимо иметь одну-две полосы нарезанными и одну-две — с отработанным верхним слоем и уложенным щитом (см. рис. 8). Каждый очистной забой траншеей *7* соединяется с вентиляционным штреком, что обеспечивает проветривание и позволяет производить выемку полос независимо одна от другой.

3. Разработка крутопадающих рудных тел с применением щитов

Основным недостатком описанных выше вариантов щитовой разработки является необходимость предварительной выемки верхнего слоя и монтажа щита на всем протяжении висячего бока рудного тела. При

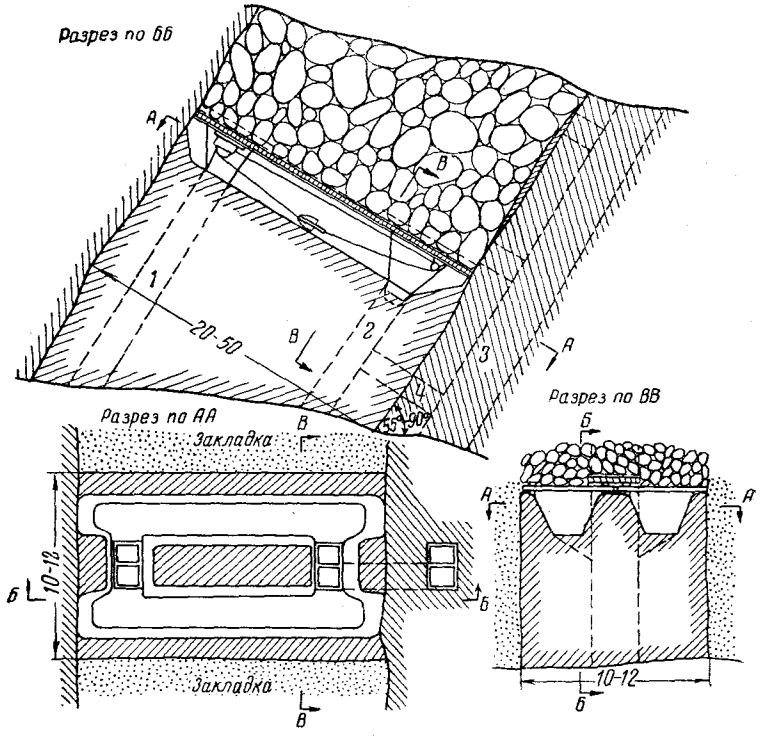


Рис. 9. Схема выемки междукамерного целика при крутом падении

разработке крутопадающих месторождений этот недостаток можно свести к минимуму и тем резко повысить эффективность применения щитов. На рис. 9 приведена схема разработки мощного крутопадающего рудного тела комбинированной системой, когда основная масса руды добывается в камерах с последующей закладкой, а щиты применяются при выемке междукамерных целиков. Если мощность рудного тела

в пределах одного междукамерного целика на участке между откаточным и вентиляционным штреками изменяется незначительно, отпадает необходимость монтирования щита у висячего бока рудного тела и можно ограничиться укладкой его только на вентиляционном горизонте.

На рис. 9 показана выемка междукамерного целика с применением сдвоенного щита Н. А. Чинакала. В этом случае возможно также использование сдвоенного дерево-нагельного щита, который обладает большей гибкостью. Один из вариантов подготовки междукамерного целика следующий. Посредине целика, у висячего и лежачего боков, проходятся восстающие *1* и *2*. Для обеспечения обособленного проветривания очистного забоя, а также сообщения с вентиляционным горизонтом, целесообразно пройти еще восстающий *3* в породах лежачего бока. Он соединяется с восстающим *2* при помощи сбоек *4*, проходимых на расстояниях 8—10 *м*. По окончании нарезных работ приступают к выемке слоя у вентиляционного горизонта и монтажу щита. Положение щита при укладке должно быть перпендикулярно лежачему и висячему бокам рудного тела. Поэтому при угле падения последнего меньше 70—75° укладку щита легче производить в направлении от лежачего бока к висячему. Наличие в кровле и в боках рыхлой породы исключает возможность применения штанговой крепи и тем затрудняет монтаж щита. В этих условиях выемку монтажного слоя необходимо производить с применением деревянной стоечной крепи, как это делается в Кузнецком бассейне.

Наличие в кровле монтажного слоя рыхлых пород облегчает их обрушение и позволяет создать высококачественную породную подушку, что существенно улучшает условия работы щита в дальнейшем.

Выемка междукамерного целика производится сверху вниз под прикрытием щита. Рабочим местом являются траншеи под щитом, расположенные по обеим сторонам восстающих *1* и *2*. Отбойка руды производится буровзрывными работами, а доставка ее до ближайшего восстающего осуществляется скреперными устройствами, расположенными в каждой траншее. Скреперные лебедки прикрепляются непосредственно к щиту (рис. 9) и опускаются вместе с ним по мере выемки междукамерного целика. Вначале углубляются траншеи, а затем подрываются опорные целики, и щит опускается. Взрывание шпуров производится сразу по всей длине траншеи. При возникновении опасности упирания щита в лежачий бок рудного тела необходимо взрывать шпуры в несколько приемов: вначале во всех трех опорных целиках на участке, непосредственно примыкающем к почве рудного тела, а затем все остальные. В этом случае часть щита, примыкающая к лежачему боку, опустится раньше. В результате возникнет перегиб щита и он несколько отодвинется от лежачего бока.

Таким же образом можно отодвигать щит и от висячего бока рудного тела. Как показывает практика применения щитов Н. А. Чинакала на шахтах Кузнецкого бассейна, надежное управление их опусканием может быть обеспечено при угле падения рудного тела, начиная от 55° и больше.

При невыдержанной мощности рудного тела применение описанного выше варианта щитовой разработки повлечет значительные потери или разубоживание полезного ископаемого. Для исключения этого выемку междукамерного целика можно производить комбинированным способом: щитами и слоевым обрушением или щитами и подэтажным обрушением. Одна из схем комбинированной выемки показана на

рис. 10. В этом случае с применением щита вынимается основная масса руды. В процессе выемки щит перемещается вдоль лежачего бока — впритык к последнему. В местах, где мощность рудного тела значительно превышает длину щита, у висячего бока остаются неотработанные участки, из которых руда извлекается или слоевым обрушением *1* и *2*, или подэтажным обрушением *3* и *4*. В первом случае из траншей проходятся орты до висячего бока, откуда обычными заходками производится выемка слоя. Орты являются как бы продолжением траншей. Заходки и орты крепятся деревянными стойками. При необходимости используется предварительная крепь (настил). Добытая руда доставляется по обоим ортам и траншеям к ближайшему рудоспуску при помощи тех же скреперов, которые используются при очистных работах под щитом.

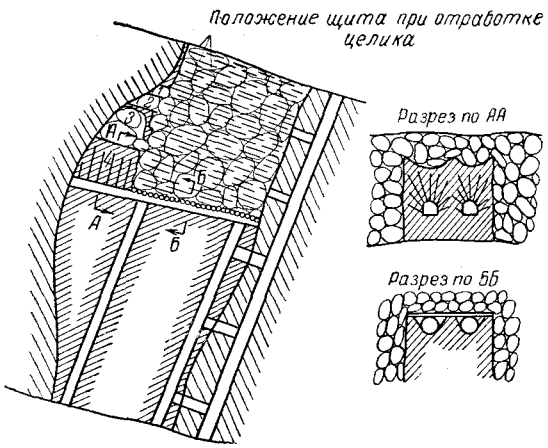


Рис. 10. Схема выемки междукамерного целика при невыдержанном залегании рудного тела:
1 и *2* — участки, вынимаемые слоевым обрушением; *3* и *4* — участки, вынимаемые подэтажным обрушением

Очевидно, слоевое обрушение целесообразно применять для доработки рудного тела у висячего бока при небольшом увеличении мощности пласта (3—5 *м*). При значительных местных раздувах доработку рудного тела у висячего бока можно производить подэтажным обрушением. Доработка рудного тела слоевым обрушением снижает технико-экономические показатели разработки всего участка, так как во время доработки необходимо останавливать очистной забой под щитом. В несколько меньшей мере этот недостаток будет иметь место при подэтажном обрушении. Если мощность рудного тела уменьшается в направлении сверху вниз, то более целесообразно длину щита принять вначале соответствующей наибольшей мощности рудного тела. В этом случае при уменьшении мощности лишняя часть щита завернется вверх у висячего бока и будет прижата к нему боковым давлением обрушенной породы. Чтобы эта часть щита не препятствовала нормальному опусканию всего щита, ее следует отделить от последнего.

В некоторых случаях может оказаться целесообразным разделение этажа на два или три подэтажа и выемка каждого из них отдельными щитами, монтируемыми в верхней части подэтажей. Очевидно, в каждом отдельном случае разработки необходимо учесть условия залегания рудного тела на данном участке и отдать предпочтение тому из вариантов, который обеспечит наиболее экономичную работу.

4. Технико-экономические показатели

Подсчет технико-экономических показателей, приведенных в таблице, произведен с учетом трехсменной работы при двухчасовом перерыве между ними, используемом для взрывания. В течение суток предусматривается одно опускание щита на высоту 1 *м*. В первую смену производится бурение шпуров, во вторую — выдается руда, полученная при

углубке траншеи, а в третью — выдается руда от подрывки опорных целиков.

Из описанного выше следует, что щитовая разработка имеет следующие преимущества по сравнению с выемкой слоевым обрушением: 1) увеличение производительности очистного забоя; 2) более высокую безопасность и облегчение труда горнорабочих; 3) повышение производительности труда; 4) уменьшение расхода материалов, что наряду с повышением производительности труда определяет снижение себестоимости руды.

Кроме того, предлагаемый вариант щитовой системы отличается большой гибкостью. Он может применяться при значительных изменениях мощности, невыдержанном залегании и любых углах падения рудного тела.

Таблица

Наименование	Показатели при выемке междукамерных целиков		
	с применением щитов		слоевым обрушением
Мощность рудного тела, *м*	7	30	7
Угол падения рудного тела, град.	20	60	20
Длина вынимаемого целика, *м*	70	60*	70
Ширина вынимаемого целика, *м*	7	12—13	7
Промышленные запасы руды, $м^3$	2940	25 000	2940
Длина подготовительных выработок на 1000 $м^3$ промышленных запасов, *м*	48	13,0	69,2
Продолжительность подготовки целика, месяц	2	2	1
Продолжительность выемки целика, месяц	1	3	3,5
Среднесуточная добыча руды на участке погашения, $м^3$	116	320	25—30
В том числе из щитового забоя, $м^3$	83	300	—
Производительность труда забойного рабочего, $м^3$/*смена*:			
при нарезке целика	2,5	1,43	—
при выемке верхнего слоя	1,6	—	—
в щитовом забое	8,4	12.5	—
средняя по участку	4 1	8,4	2,0—2.7
Расход леса на 1 $м^3$ руды, $м^3$	0,051	0,02	0,08—0,1
Расход металла на 1 $м^3$ руды, *кг*	0,5	0 1—0,2	—
Потери руды, %	5—10	5—10	5—10

* Высота этажа.

Существенным недостатком данной системы при пологом залегании рудного тела является необходимость отдельной выемки верхнего слоя и монтажа щита. Эти работы наиболее трудоемки и значительно снижают общие показатели всей системы. Поэтому чем больше мощность рудного тела, тем больше будет эффективность щитовой разработки. Технико-экономические показатели, приведенные в таблице, подсчитаны для мощности пласта, равной 7 *м*. Очевидно, трудовые затраты на проходку восстающего, выемку верхнего слоя и монтаж щита допустимо считать постоянными, не зависящими от мощности рудного тела. Так как постоянны и затраты на добычу 1 $м^3$ руды в очистном забое под щитом, изменение эффективности щитовой выемки

междукамерного целика возрастает с увеличением мощности рудного тела.

Подсчеты показывают, что при пологом падении щитовая разработка может успешно конкурировать с системой слоевого обрушения при мощности рудного тела порядка 6 *м* и более. Что касается крутого падения, то во всех случаях, где щитовую разработку можно применить, она будет выгоднее слоевого обрушения.

Щитовая разработка в угольной промышленности показала высокую эффективность и содействовала общему прогрессу техники угледобычи. Нет сомнения, что замена старой системы слоевого обрушения разработкой с применением щитов в рудной промышленности также даст значительный толчок совершенствованию техники разработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дзюбенко В. Г. и Чинакал О. Н. Гибкий бессекционный щит повышенной прочности. «Уголь», 1957, № 2.

2. Махно Е. Я. Вопросы разработки тонких и средней мощности пластов с применением щитовой крепи. Углетехиздат, 1957