Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института, том XXIX, вып. I, 1953 г.

ВОПРОСЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ МОЩНЫХ КРУТОПАДАЮЩИХ ПЛАСТОВ ДЛИННЫМИ СТОЛБАМИ ПО ПРОСТИРАНИЮ БЕЗ РАЗДЕЛЕНИЯ НА СЛОИ

Доц. Е. Я. Махно

ВВЕДЕНИЕ

В угледобывающей промышленности разработка мощных пластов представляет наибольшие трудности.

Применяемые в настоящее время системы разработки можно разделить на две группы: 1) системы с разделением пласта на слои (горизонтальные, диагональные, наклонные); 2) системы, предусматривающие отработку пласта сразу на полную мощность (камерно-столбовая, камеры с магазинированием угля, разработка с применением щитов Чинакала, системы ВУГИ и др.).

Системы первой группы характерны большой трудоемкостью и незначительной интенсивностью отработки пласта. Но при этом достигается наибольшая полнота выемки угля, особенно при системах с закладкой выработанного пространства.

При системах второй группы, наоборот, обеспечивается более высокая производительность труда рабочих и большая интенсивность отработки пласта, но потери угля достигают недопустимо больших размеров.

При увеличении высоты рабочего пространства крепление очистных забоев и управление горным давлением представляют все бóльшие и бóльшие трудности.

При разработке крутопадающих пластов пока что единственным более или менее надежным и освоенным способом поддержания рабочего пространства и управления горным давлением, обеспечивающим выемку угля с небольшими потерями, является применение деревянной крепи в очистных забоях. Но крепление очистных забоев деревянными стойками можно применять при мощности пласта не более 3—4 *м*. Поэтому разделение мощного пласта на слои должно рассматриваться как вынужденная искусственная операция, преследующая цель сделать возможным применение деревянных стоек для крепления очистного забоя и управления горным давлением.

С другой стороны, основным недостатком существующих методов разработки крутопадающих пластов является применение деревянной крепи в очистных забоях. Крепление очистных забоев производится исключительно ручным способом и представляет наиболее тяжелую и трудоемкую операцию. Трудовые затраты на крепление, доставку леса и управление горным давлением обычно составляют от 50 до 80% общих трудовых затрат в очистном забое.

Из числа основных операций по добыче угля крепление является единственной операцией, которая до сих пор производится ручным способом, что тормозит дальнейшее развитие техники угледобычи. Поэтому, для обеспечения высоких темпов развития добычи угля в СССР механизация крепления очистных забоев является наиболее важной.

Насущные задачи социалистической промышленности требуют создания нового, более совершенного способа крепления и управления горным давлением, обеспечивающего безопасность работ, резкое увеличение производительности труда рабочих и интенсивности отработки пластов.

По своему существу системы, предусматривающие разработку мощных пластов без разделения на слои, являются более совершенными. При этих системах разработки применение обычной деревянной крепи в очистных забоях само собой исключается. Это является основным фактором, обеспечивающим их высокую эффективность.

Необходимо отметить, что при разработке пластов с разделением на слои преимущества, вытекающие из наличия большой мощности пласта, не используются. Наоборот, большая мощность пласта является нежелательным фактором. Чем мощнее пласт, тем труднее его разрабатывать, тем отработка пласта менее производительна и более дорога. Это является следствием порочности самой системы разработки с разделением пласта на слои.

Большую мощность пласта можно и необходимо использовать. Это позволит значительно увеличить интенсивность отработки месторождений и снизить трудовые затраты на добычу угля. Поэтому в деле совершенствования методов разработки мощных крутопадающих пластов наиболее перспективным направлением следует считать совершенствование известных и создание новых систем, предусматривающих отработку пласта без разделения на слои с максимальным использованием естественных условий: большой мощности пласта, крутого падения и пр.

Системы разработки мощных крутопадающих пластов без разделения на слои, в свою очередь, могут быть разделены на три группы: 1) системы, предусматривающие отработку пласта камерами (системы инженеров И. Н. Кознина, Г. А. Ломова и др.); 2) системы, предусматривающие разработку пласта полосами по падению или по восстанию (система профессора Чинакала, система ВУГИ); 3) системы, предусматривающие разработку пласта длинными столбами по простиранию (система инженера П. И. Кокорина [1, 2, 3] и др.).

Предлагаемая статья посвящена третьей группе систем, предусматривающих разработку мощных крутопадающих пластов длинными столбами по простиранию без разделения на слои. Эти системы отличаются наибольшей простотой, универсальностью и высокой эффективностью.

I. СИСТЕМА ИНЖЕНЕРА П. И. КОКОРИНА

Система инженера П. И. Кокорина предназначена для разработки крутопадающих пластов и представляет собой видоизмененный вариант разработки подэтажными штреками, имеющий широкое распространение в рудной промышленности. Существенным отличием этой системы является наличие гибкого перекрытия, отделяющего породу в отработанном пространстве от угля.

Общий вид системы приведен на рис. 1. Участок делится на подэтажи высотой 6—8 *м*. После проходки разрезной печи в конце каждого подэтажного штрека монтируются тяжелые длинные (10 *м*) фермы,

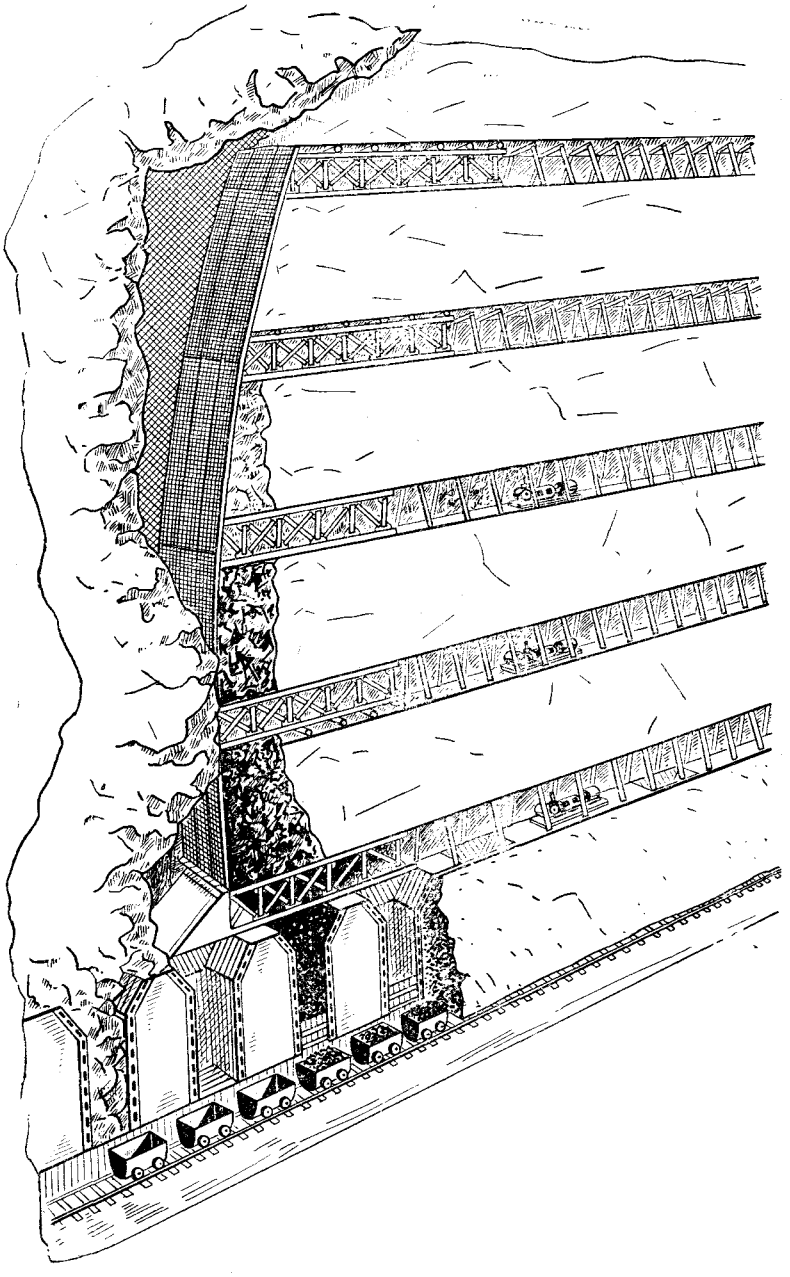


Рис. 1. Общий вид разработки крутопадающего пласта по системе инженера П. И. Кокорина

предназначенные для поддержания сетки. Отбойка угля осуществляется буро-взрывными работами. При этом шпуры бурятся из подэтажных штреков. Отбитый уголь перекрывается по всей длине забоя сеткой, чем исключается смешивание его с породой. По мере отбойки угля фермы перемещаются при помощи мощных лебедок типа МКБУ, установленных на каждом подэтажном штреке. Породы кровли при этом свободно обрушаются и заполняют выработанное пространство. Отработка пласта может также производиться с полной закладкой.

Характерной особенностью системы инж. П. И. Кокорина является исключение работ по поддержанию и управлению кровлей в очистном забое, представляющих собой самые тяжелые и трудоемкие работы. Крепь в очистном забое отсутствует, кровля поддерживается только на массиве угля и по мере отработки пласта самообрушается. Эта особенность резко отличает систему инженера П. И. Кокорина от всех применяющихся в настоящее время систем разработки угольных месторождений.

Отсутствие работ по креплению очистных забоев и управлению кровлей должно значительно увеличить производительность и облегчить труд. Рабочие располагаются только в узких закрепленных выработках, что существенно повышает безопасность работ. Форма очистного забоя позволяет в максимальной степени использовать крутое падение пласта для доставки и погрузки угля.

Это свидетельствует о том, что система инженера П. И. Кокорина на много превосходит применяющиеся системы разработки и создание ее представляет значительное достижение советской техники.

В настоящее время система инженера П. И. Кокорина прошла экспериментальную проверку на шахтах Кузбасса, которая показала, что основные принципы, заложенные при ее конструировании, правильны.

В процессе экспериментальных работ установлена возможность:

1) отработки пластов без крепления очистного забоя, при условии заполнения выработанного пространства обрушенной породой или закладкой;

2) создания достаточно прочной сетки, способной обеспечить надежное отделение угля от обрушенной породы;

3) обеспечение нормального выпуска угля, расположенного между грудью забоя и сеткой.

Практическое подтверждение указанных положений, представляющих главнейшие принципиальные особенности системы инженера П. И. Кокорина, доказывает большую перспективность ее и требует продолжения работ по освоению этой системы, ликвидации выявленных недостатков, созданию новых вариантов.

Главнейшие недостатки системы, выявленные в процессе экспериментальных работ, следующие:

1) провисание сетки у кровли пласта, приводящее к высыпанию породы под сетку и засорению угля, что ограничивает применение системы лишь при весьма крутом падении (75—90°) и выдержанных по мощности пластах;

2) трудность поддержания потолочины;

3) наличие весьма тяжелых и громоздких ферм, предназначенных для поддержания сетки;

4) большой объем подготовительных работ.

Эти недостатки могут быть исключены или во всяком случае значительно смягчены применением самоподдерживающегося гибкого щита

(сетки). Ниже приводятся два варианта применения самоподдерживающего щита, разработанные и проверенные на моделях кафедрой разработки пластовых месторождений Ленинградского горного института.

II. ВАРИАНТ РАЗРАБОТКИ С САМОПОДДЕРЖИВАЮЩИМСЯ ГИБКИМ ЩИТОМ (СЕТКОЙ)

Общий вид разработки с самоподдерживающимся гибким щитом показан на рис. 2.

Система предусматривает разработку пластов мощностью от 3—4 до 15—20 *м* с углом падения от 50—55 до 90°. В качестве примера рассмотрен случай разработки крутопадающего пласта горизонтальной

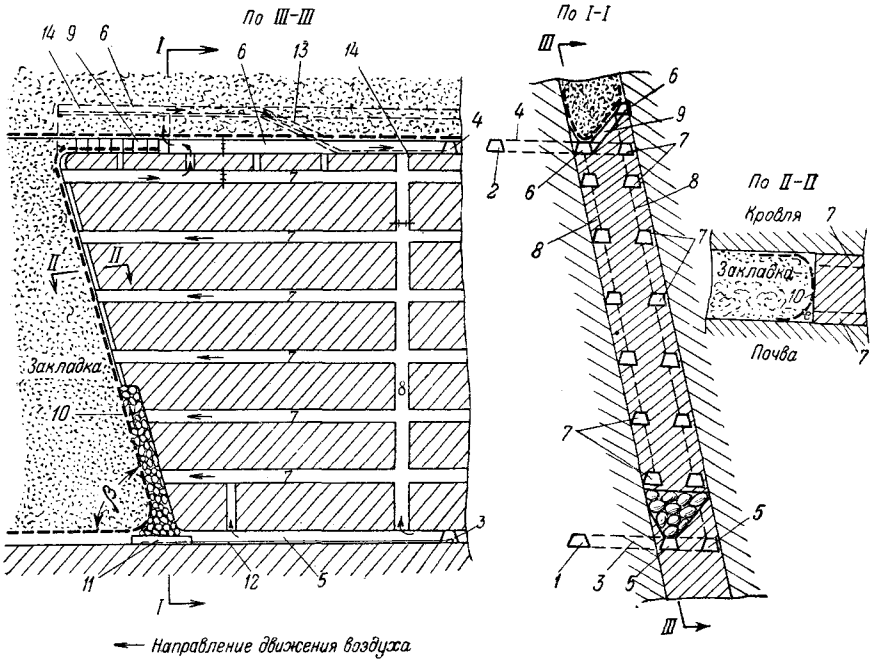


Рис. 2. Вариант разработки с самоподдерживающим гибким щитом:

1 — полевой откаточный штрек; *2* — полевой вентиляционный штрек; *3* — участковый квершлаг откаточный; *4* — участковый квершлаг вентиляционный; *5* — нижние пластовые штреки; *6* — верхние пластовые штреки; *7* — выемочные штреки; *8* — печи; *9* — забой по верхнему слою; *10* — гибкий щит (сетка); *11* — передвижная воронка; *12* — ленточный конвейер для доставки угля; *13* — наклонная сбойка; *14* — ленточный конвейер для доставки породы

мощностью 15 *м* (пласт Мощный в Кузбассе). Этаж высотой 100—120 *м* подготавливается полевыми штреками — откаточным и вентиляционным, соединенными с пластом участковыми квершлагами. Отработка этажей производится односторонними участками на передний квершлаг. По пласту в пределах отрабатываемого и подготавливаемого участков проходятся нижние пластовые штреки на откаточном горизонте и верхние пластовые — на вентиляционном, которые соединяются печами через каждые 50—75 *м*. У висячего и лежачего боков пласта на расстоянии 6—8 *м* друг от друга проходятся выемочные штреки.

Отработка этажа производится одним забоем (лавой) сразу на полную мощность (рис. 2) с закладкой выработанного пространства.

Препятствием для смешивания угля с материалом закладки служит гибкий щит (сетка).

Отбойка угля производится буро-взрывными работами из выемочных штреков. Отбитый уголь под влиянием собственного веса скатывается на нижний пластовый штрек и конвейером доставляется к ближайшему участковому квершлагу.

1. Проходка подготовительных выработок

Нижние и верхние пластовые штреки (рис. 2) проходятся или обычным способом с применением механического бурения и погрузки угля, или при помощи комбайнов.

Печи и выемочные штреки проходятся буро-сбоечной машиной с последующим расширением их буро-взрывными работами. При бурении горизонтальных скважин буро-сбоечная машина подвешивается на канате в печах и может перемещаться вверх или вниз при помощи лебедки, установленной на вентиляционном штреке. Это значительно сокращает время, необходимое на монтаж, демонтаж и перемещение машины. Уборка угля при проходке выемочных штреков осуществляется скрепером гребкового типа, что почти полностью исключает ручную погрузку. Такой способ проходки выемочных штреков позволяет довести скорость подвигания забоя до 10—12 *м* в сутки (за три смены) и обеспечить безопасную работу в условиях газовых шахт.

Согласно опытным данным, в Кузбассе длина горизонтальных скважин, буримых машинами СБМ-3у, может быть принята 50—75 *м*, что и определяет расстояние между печами [5].

2. Гибкий щит

Гибкий щит представляет собой своего рода эластичную перемычку, отделяющую уголь от закладки и препятствующую их смешиванию. Кроме того, для обеспечения нормального проветривания

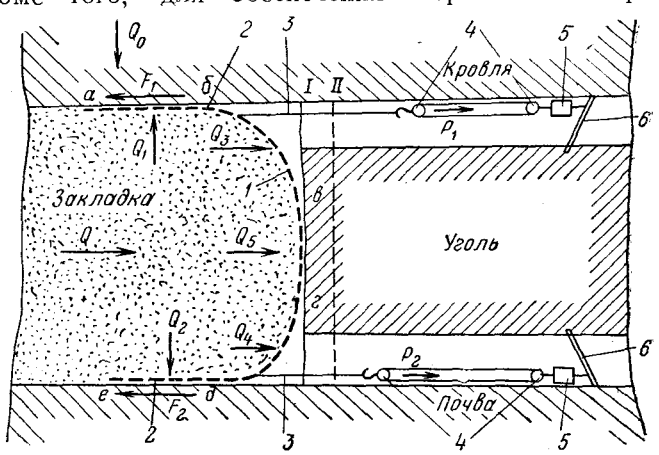


Рис. 3. Схема передвижения щита:

1 — гибкий щит (сетка); *2* — манжеты щита; *3* — канат; *4* — талевые блоки; *5* — лебедка; *6* — упора

очистного забоя необходимо наличие свободного пространства *е* (рис. 3) между закладкой и грудью забоя, что также обеспечивается наличием гибкого щита.

Принципиальная схема работы щита показана на рис. 3. Ширина щита (сетки) превышает мощность пласта, поэтому его бока заги-

баются, образуя манжеты *аб* и *ед*, которые прижимаются закладкой к лежачему и висячему бокам пласта и тем самым препятствуют передвижению щита к груди забоя.

При такой конструкции щита отпадает необходимость в тяжелых, громоздких фермах для его поддержания. Сетка сама себя поддерживает вследствие трения между манжетами и висячим и лежачим боками пласта.

Важнейшим условием нормальной работы щита является обеспечение управляемости им. В противном случае, в процессе отработки пласта щит может сползти на почву, что приведет к прорыву породы у кровли пласта.

Во время работы щит находится под действием силы Q — составляющей давления закладки и направленной по простиранию пласта. Она стремится передвинуть щит в направлении отработки пласта. При положении *I* очистного забоя (рис. 3) средняя часть щита будет опираться на уголь и давить на него с силой Q_5. При этом будет справедливо равенство

$$Q = Q_3 + Q_4 + Q_5,$$

где Q_3 — параллельная составляющая силы Q, действующая на провисающую часть щита *бв* у кровли пласта;

Q_4 — параллельная составляющая силы Q, действующая на провисающую часть щита *гд* у почвы пласта.

Манжет *аб* щита будет прижат к кровле пласта действием давления кровли Q_0 и давления закладки Q_1. Манжет *ед* будет прижат давлением закладки Q_2 к почве пласта.

Очевидно, для обеспечения управляемости щита необходимо, чтобы удовлетворялось условие

$$Q_3 \leqslant F_1 \quad \text{и} \quad Q_4 \leqslant F_2, \tag{1}$$

где F_1 — сопротивление перемещению манжеты у кровли пласта;

F_2 — сопротивление перемещению манжеты у почвы пласта.

Это условие должно иметь место и в случае, когда $Q_3 + Q_4 = Q$, т. е. при положении *II* очистного забоя, когда средняя часть щита не опирается на уголь. Эти условия могут быть всегда обеспечены на практике за счет изменения сил Q, F_1 и F_2. Так, уменьшая или увеличивая угол β (рис. 2), можно уменьшить или увеличить силу Q.

Необходимую величину тормозящих сил F_1 и F_2 можно установить за счет изменения ширины манжет *аб* и *ед* (рис. 3).

В каждом конкретном случае, в зависимости от мощности пласта, угла падения его, физико-механических свойств материала закладки, можно подобрать необходимое сочетание приведенных выше величин, при котором обеспечивается неравенство (1).

Возможность управления гибким щитом была проверена на модели в лаборатории Ленинградского горного института (январь—март 1951 г.). Мелкий сухой песок, представляющий закладку, загружался между двумя наклоненными листами стекла, заменяющими кровлю и почву пласта (рис. 4). Угол падения принимался 60 и 75°. Масштаб модели 1 : 50. Высота «этажа» 80 *м*, длина «участка» 120 *м*, мощность «пласта» 12 *м*. Торцевая стенка перекрывалась полосой холста с манжетами, заменявшего гибкий щит (сетку). Передвижение щита осуществлялось путем подтягивания за манжеты попеременно то у лежачего, то у висячего боков. Коэффициент трения между манжетой щита и стеклом (кровлей, почвой) составлял всего 0,29—0,37.

В результате лабораторных работ установлено следующее:

1. Несмотря на небольшой коэффициент трения между манжетами «щита» и «кровлей» и почвой зажатые манжеты являются вполне на-

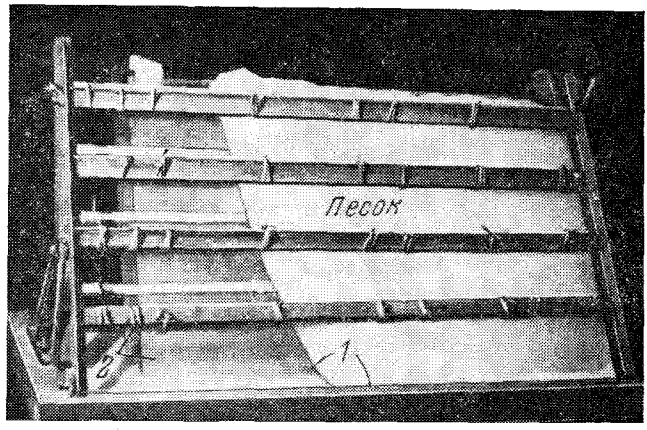


Рис. 4. Модель отработки пласта:
1 — сетка; *2* — листы стекла

дежным основанием для поддержания щита не только при величине угла $\beta \leqslant 90°$ (рис. 2), но и при увеличении угла β до 110—120° (рис. 4).

2. Передвижением щита путем подтягивания его поочередно за манжеты у лежачего и висячего боков пласта полностью исключается опасность смещения его к почве пласта, т. е. щит становится вполне управляемым.

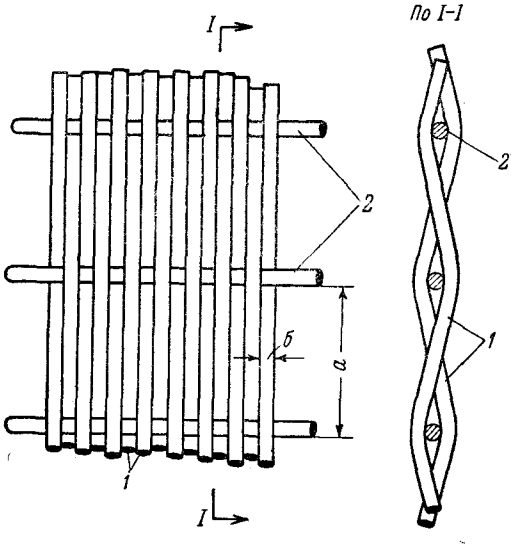


Рис. 5 Конструкция сетки:
1 — продольные проволоки; *2* — поперечные проволоки

«Кровлей и «почвой» в модели служили листы гладкого стекла, что снижало тормозящее действие манжет и тем самым ухудшало условия работы щита по сравнению с шахтными. Это лишний раз подтверждает, что создание управляемого, самоподдерживающегося щита является вполне реальным.

Щит должен обладать достаточной прочностью и не пропускать мелких частиц породы. Этим требованиям удовлетворяет тканая сетка, так называемое стальное полотно, изготовленное из стальных проволок толщиной 1,5—2,0 *мм*. Для уменьшения расходования металла проволоки, расположенные по направлению действия наибольших нагрузок, укладываются впритык, а поперечные размещаются на некотором расстоянии друг от друга (рис. 5). Такого рода сетка, изготовленная из

проволок толщиной 2 *мм*, при $a = 25$ *мм* весит около 13 *кг/м*^{2} и разрывное усилие, приходящееся на 1 *м* поперечного сечения сетки, составит около 150 *т/м* при временном сопротивлении проволоки на разрыв 100 *кг/мм*^{2}.

Для удобства монтажа сетка изготовляется из полос шириной 1,0—1,5 *м*.

При сборке щита соединение полос сетки может быть произведено двояко.

1. Полосы сетки укладываются по поверхности щита в два слоя (рис. 6, *а*). Во внешнем слое полосы располагаются перпендикулярно к длинной оси щита и воспринимают поперечные усилия. Во внутреннем слое полосы располагаются вдоль длинной оси щита и воспринимают продольные усилия. В каждом слое полосы располагаются параллельно и впритык друг к другу. Оба слоя вместе прошиваются проволокой и таким образом образуют одну гибкую и прочную оболочку щита.

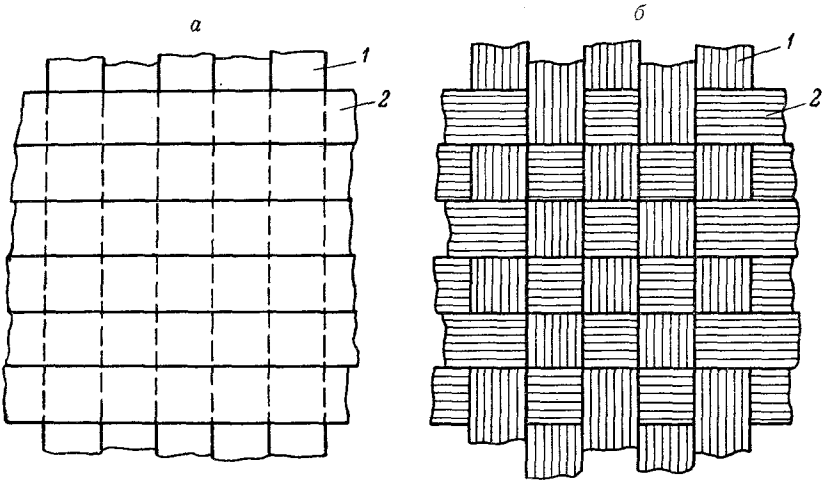


Рис. 6. Соединение полос сетки:
1 — поперечные полосы сетки; *2* — продольные полосы сетки

2. Полосы сетки укладываются тоже в два слоя, но «в переплет» (рис. 6, *б*). Как показывает практика использования металлической сетки в Кузбассе, такой способ соединения полос менее трудоемок, но он не дает вполне гладкой поверхности щита. При первом способе соединения полос сетки, хотя и более трудоемком, образуется более гладкая поверхность щита, что уменьшает трение его о кровлю и почву пласта и тем самым обеспечивает более надежную работу щита.

При отработке этажа щит, наряду с передвижением по простиранию, одновременно увлекаемый закладкой, будет постепенно опускаться вниз. Поэтому необходимо его систематически наращивать на вентиляционном горизонте. Для этого под старой сеткой между верхней парой пластовых штреков отрабатывается слой угля толщиной 1,5—2,0 *м* с наклоном от лежачего к висячему боку (см. рис. 2).

Полосы сетки укладываются на почве наклонного забоя одним из способов, приведенных на рис. 6. На сетку ставятся стойки призабойной крепи или костры, которые убираются по мере отработки этажа. Манжеты щита складываются «гармошкой» и подвешиваются к кровле и почве пласта. Трудной задачей при разработке мощных крутопадающих пластов является поддержание потолочины в верхней части очистного

забоя. Наиболее надежным способом поддержания потолочины следует считать ее цементацию, которая производится на откаточном горизонте, где нижняя часть сетки по мере отработки пласта располагается на крепи нижнего пластового штрека и целике угля (см. рис. 2).

Для удобства выгрузки угля верхней поверхности целика придается наклон 40—45° в направлении к штреку. Таким образом, цементируемая часть отработанного и заполненного закладкой пространства будет иметь треугольную форму, что значительно облегчает поддержание потолочины.

Необходимо также отметить, что цементация потолочины обеспечит сохранение нижнего пластового штрека, т. е. исключит необходимость проходки так называемых «минусовых» штреков и вследствие исключения межэтажных целиков существенно уменьшит потери угля.

3. Очистные работы

Отработка этажа производится одним забоем по схеме лава-этаж. Для уменьшения давления закладки на щит забой лавы располагается диагонально (см. рис. 2). Уголь отбивается буро-взрывными работами,

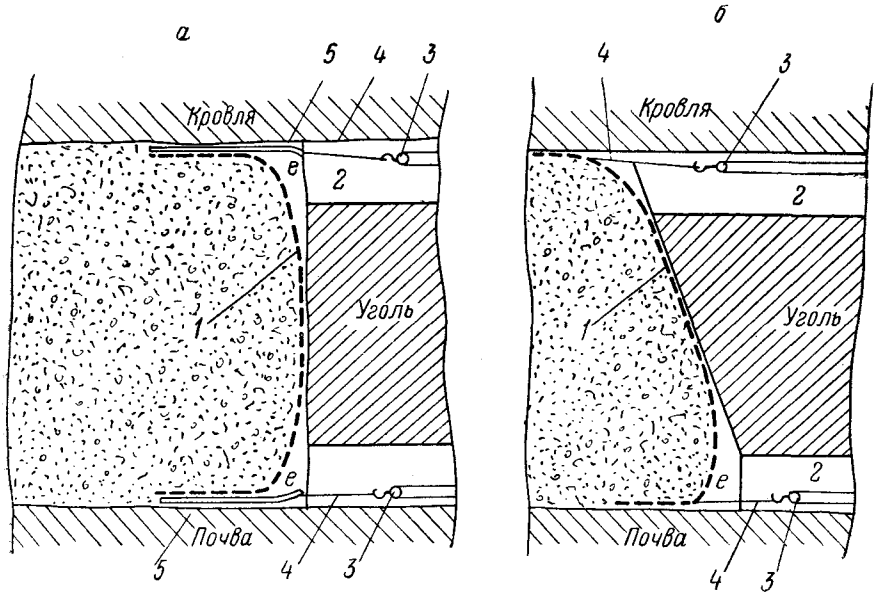


Рис. 7. Поперечное сечение очистного забоя:
1 — гибкий щит (сетка); *2* — выемочный штрек; *3* — талевый блок; *4* — канаты; *5* — лыжи

при этом рабочие располагаются только в выемочных штреках. Взрывание производится в восходящем порядке, отбитый уголь магазинируется между сеткой и грудью забоя, а частично скатывается по поверхности щита вниз и попадает в металлическую передвижную воронку. В случае образования сводов в замагазинированной части забоя они могут быть разрушены посредством внеочередного взрывания массива угля на этом участке.

В процессе отработки этажа передвижение щита производится посредством лебедок и талевых блоков, расположенных в выемочных штреках (см. рис. 3). Один из блоков прикрепляется к лебедке и упоре,

а другой — к канату, которым прошиты манжеты щита. При скорости перемещения щита 0,01—0,02 *м/сек* и мощности двигателя 3—5 *квт* тяговое усилие, развиваемое лебедкой, составит примерно 15 *т*, что является вполне достаточным.

Замена тяжелых и громоздких ферм талевыми блоками с небольшими лебедками значительно облегчает производство работы, обеспечивает большую свободу размещения людей в выемочных штреках.

При неровной почве или кровле к манжетам сетки целесообразно прикрепить лыжи (рис. 7, *а*). Они исключают возможность прогиба сетки в углублениях при местных неровностях почвы или кровли пласта и тем самым облегчают ее передвижение. Лыжи, кроме того, препятствуют отслаиванию кровли или почвы в свободном пространстве между сеткой и грудью забоя, играя роль передвигающейся затяжки. Это предохраняет уголь от засорения породой.

Как указывалось, работы ведутся с полной закладкой отработанного пространства. Закладочный материал подается посредством ленточного конвейера по верхнему пластовому штреку и самотеком распределяется по забою. Треугольная форма верхней части очистного забоя (см. рис. 2, разрез по *1—1*) обеспечивает наиболее равномерное распределение закладочного материала в выработанном пространстве и хорошее подбучивание потолочины, что, в свою очередь, облегчает ее поддержание. Для лучшего подбучивания верхнего угла забоя может быть использована метательная машина.

Передвижение щита к груди забоя целесообразнее производить в нисходящем порядке, начиная от вентиляционного штрека. При этом материал закладки будет перемещаться вниз, заполняя отработанное пространство. В зависимости от крепости угля и угла падения пласта очистному забою может быть придана одна из форм, приведенных на рис. 7, *а, б*.

4. Транспорт угля и породы на участке

Производительность очистного забоя при описываемой системе разработки будет определяться, главным образом, техническими возможностями транспортных средств по выдаче угля и доставке породы для закладки.

Для обеспечения высокой интенсивности работ выгрузку угля из очистного забоя наиболее целесообразно производить в специальную передвижную воронку через щель, прорываемую в кровле штрека (см. рис. 2 и 8). Дном воронки служит короткий скребковый конвейер или пластинчатый питатель, который передает уголь на ленточный конвейер, доставляющий его до участкового квершлага. Дальше уголь транспортируется также ленточным конвейером до группового штрека, где перегружается в вагонетки. При помощи специальной лебедки воронку передвигают по мере отработки забоя. При этом щель в кровле штрека автоматически перекрывается опускающимся щитом и тем самым исключается возможность высыпания породы.

Такой способ транспортирования угля на участке имеет следующие преимущества:

1) обеспечивает высокую интенсивность выгрузки угля из лавы (до 200—300 *т/час*);

2) позволяет иметь стационарные, хорошо оборудованные углепогрузочные пункты на групповых штреках;

3) обеспечивает высокую степень автоматизации и механизации работ и производительности труда. Так, при сменной производитель-

ности лавы 1000—1500 *т* для обслуживания транспорта угля на участке, включая погрузку в вагонетки, требуется всего два-три человека.

Аналогичным образом доставляется порода для закладки из группового вентиляционного штрека по участковому квершлагу, наклонной сбойке и верхнему пластовому штреку (см. рис. 2).

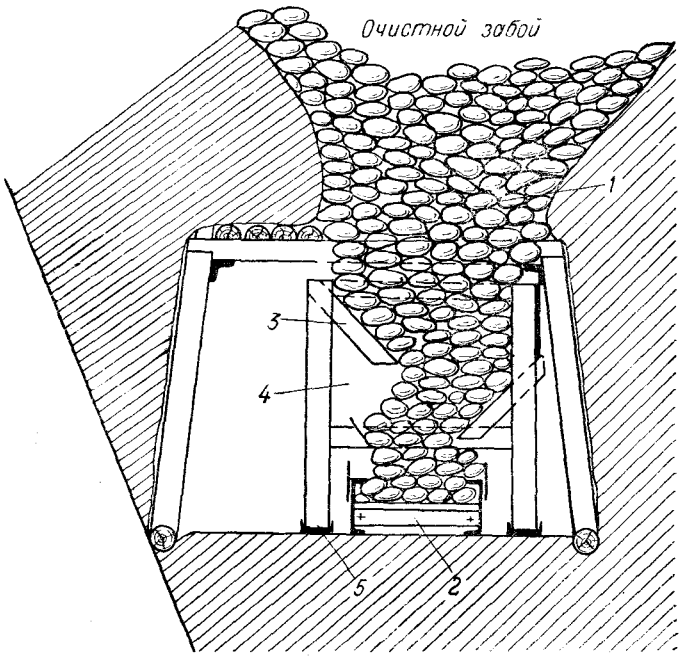


Рис. 8. Сопряжение очистного забоя с нижним пластовым штреком:

1 — щель для выгрузки угля из очистного забоя; *2* — скребковый транспортер; *3* — передвижная воронка; *4* — щель для дробления крупных кусков угля; *5* — салазки

5. Проветривание участка

Схема проветривания участка показана на рис. 2. Чистый воздух подводится по участковому квершлагу, затем по нижним пластовым штрекам, печам и выемочным штрекам поступает в очистной забой, омывает его и в верхней части лавы расходится по следующим трем направлениям: 1) проходит через сетку и попадает в забой верхнего слоя, а затем по верхнему пластовому штреку — к вентиляционному квершлагу; 2) по верхнему выемочному штреку, расположенному у почвы пласта, по специальным сбойкам (рис. 2) поступает на верхний пластовый штрек, расположенный также у почвы пласта, и направляется в забой верхнего слоя, омывает его, а затем по второму верхнему пластовому штреку у кровли пласта и наклонной сбойке поступает к вентиляционному квершлагу; 3) поступает в верхний выемочный штрек, расположенный у кровли пласта, и направляется к вентиляционному квершлагу.

Вдоль по лаве воздух перемещается в свободном пространстве *е* (см. рис. 7) у кровли и главным образом у почвы пласта, требуемые размеры которого можно обеспечить за счет соответствующего перемещения щита и величины угла β наклона забоя (см. рис. 2).

Наличие большого числа выемочных штреков позволяет направить необходимое количество воздуха в любую часть лавы, используя для этого простейшие вентиляционные устройства.

Работы, связанные с отбойкой угля, передвижением щита и пр. производятся рабочими, находящимися в выемочных штреках. Таким образом, исключается необходимость пребывания рабочих в очистном забое-лаве, т. е. повышается степень безопасности работ. Как указывалось выше, проходка выемочных штреков может производиться при помощи сбоечно-буровых машин с последующим расширением скважин, что также повышает безопасность работ и допускает применение этой системы разработки в газовых шахтах.

6. Общая организация работ и технико-экономические показатели

Наличие большого числа выемочных штреков позволяет одновременно производить все операции, связанные с добычей угля: бурение шпуров, взрывание, передвижение щита, выгрузку угля, закладку отра-

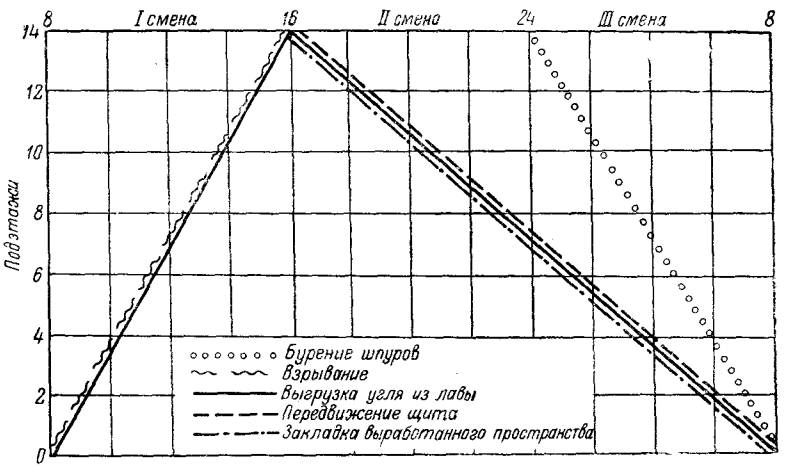


Рис. 9. Планограмма работ в лаве

ботанного пространства. Это дает возможность применить наиболее совершенную организацию работ в лаве, предусматривающую обеспечение круглосуточного непрерывного потока угля, и позволяет довести производительность одной лавы до размеров, в несколько раз превышающих показатели лучших лав.

В этих условиях производительность лавы в основном будет определяться производительностью конвейеров по выдаче угля и доставке породы. В настоящее время расположение в штреке ленточного конвейера производительностью 200 *т/час* трудностей не представляет. При 5 часах работы такого конвейера сменная производительность лавы будет 1000 *т* или 3000 *т/сутки*.

Среднесуточное продвижение очистного забоя составит

$$\frac{3000}{100 \cdot 15 \cdot 1{,}3 \cdot 0{,}98} = 1{,}57 \simeq 1{,}6 \text{ м},$$

где 15 — горизонтальная мощность пласта, *м*;
1,3 — объемный вес угля *т/м*^{3};
0,98 — коэффициент извлечения угля;
100 — высота этажа, *м*;

Таблица 1

Наименование квалификации	Число рабочих по сменам			Всего
	I	II	III	
Лава				
Бурильщики	—	—	12	12
Взрывники	4	—	—	4
Помощники взрывников	6	—	—	6
Рабочие по передвижке щита	—	2	2	4
Закладчики	—	2	2	4
	10	4	16	30
Верхний забой				
Забойщики	—	2	—	2
Крепильщики щитов	—	5	—	5
	—	7	—	7
Подготовительные работы				
Проходчики	15	15	15	45
Машинисты буро-сбоечных машин	2	2	2	6
Взрывники	2	2	2	6
	19	19	19	57
Вспомогательный персонал				
Люковые у лавы	2	2	2	6
Люковые на подготовительных работах	1	1	1	3
Мотористы транспортеров на откаточных штреках	1	1	1	3
Мотористы транспортеров на вентиляционных штреках	1	2	1	4
Бригада по ремонту и переноске транспортеров и лебедок	3	3	—	6
Дежурные электрослесари	1	1	1	3
Такелажники	3	—	—	3
Прочие	2	2	2	6
	14	12	8	34
Всего				128

Добыча угля на участке за сутки распределится следующим образом:

из очистных работ	3000 *т* — 90%
из подготовительных работ . . .	300 *т* — 10%
общая	3300 *т* — 100%

Один из возможных вариантов организации работ в лаве приведен на рис. 9. В первой смене производится последовательное взрывание всех подэтажей, начиная с нижнего, и выпуск одной трети отбитого угля. Остальная часть отбитого угля (около 2000 *т*) остается к концу первой смены замагазинированной между щитом и грудью забоя по всей длине лавы. Во вторую и третью смены осуществляется выпуск замагазинированного угля, начиная сверху вниз. Одновременно производится передвигание щита, начиная с верхнего подэтажа, и закладка выработанного пространства.

Шпуры бурятся во второй или третьей сменах. Потребное число рабочих на участке приведено в табл. 1.

При добыче из очистных работ 3000 *т/сутки* производительность рабочего по лаве составит примерно 100 *т/смену*, по участку — 26 *т/смену*, т. е. в 6—8 раз превысит производительность рабочего по участку при существующих системах с закладкой.

III. ВАРИАНТ РАЗРАБОТКИ С НАПРАВЛЯЮЩИМИ ОПОРАМИ ДЛЯ ЩИТА

Подготовка и отработка этажа с применением направляющих опор для щита производится так же, как в описанном варианте с самоподдерживающимся гибким щитом (рис. 10).

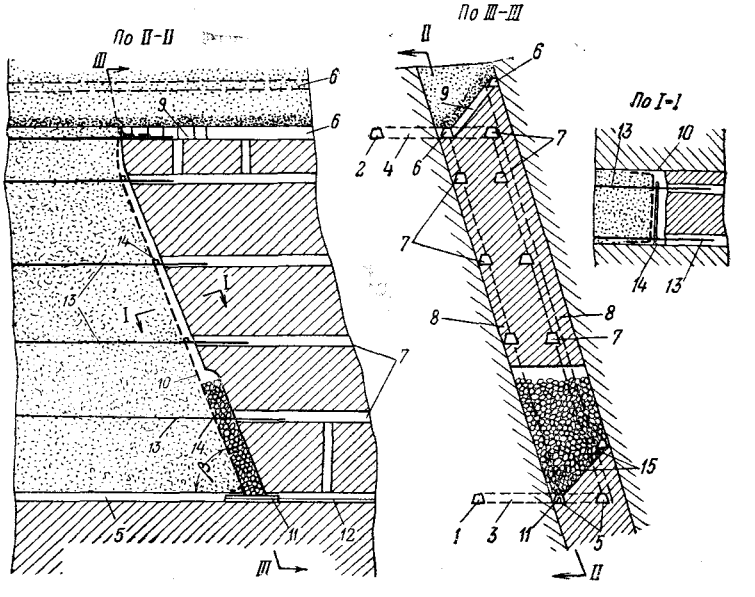


Рис. 10. Вариант разработки с направляющими опорами для щита:
1 — полевой откаточный штрек; *2* — полевой вентиляционный штрек; *3* — участковый квершлаг откаточный; *4* — участковый квершлаг вентиляционный; *5* — нижний пластовый штрек; *6* — верхний пластовый штрек; *7* — выемочный штрек; *8* — печи; *9* — забой по верхнему слою; *10* — гибкий щит (сетка); *11* — передвижная воронка; *12* — ленточный конвейер для доставки угля; *13* — направляющие опоры для щита; *14* — поперечная балка; *15* — вспомогательные штреки

Особенностью настоящего варианта является применение направляющих опор для щита. Опоры могут быть гибкими — в виде стальных

тросов, один конец которых закреплен в выемочных штреках, а другой в закладке, или жесткими — в виде металлических балок[1], опирающихся с одной стороны на почву выемочных штреков, а с другой на массив закладки. Жесткие опоры более просты, они укладываются на почву штрека и крепятся обычными стойками. По мере отработки пласта они наращиваются путем присоединения новых балок.

Гибкие канатные опоры требуют сложного якорного крепления, но являются более легкими, что определяет меньший расход металла.

Опоры располагаются попарно в выемочных штреках у почвы и кровли пласта и, как указывалось, служат для поддержания щита. Для этого на каждой паре опор укладывается поперечная балка, к которой прикрепляется щит. По мере отработки пласта поперечные балки подвигаются ближе к забою, а вместе с ними передвигается и щит. Передвижение поперечных балок и щита производится, как и в предыдущем случае, посредством талевых блоков, расположенных в выемочных штреках.

Если в нижней части отработанного и заполненного рыхлой породой участка крутопадающего пласта образуется свободное пространство, то при заполнении его придет в движение не вся масса породы, а лишь слой у кровли пласта. Это объясняется, во-первых, стремлением породы передвигаться по вертикали вниз, и, во-вторых, тем, что сопротивление перемещению породы у кровли пласта меньше, чем у почвы. Указанное подтверждается многочисленными наблюдениями в шахтах при разработке крутопадающих пластов с применением щитов Н. А. Чинакала.

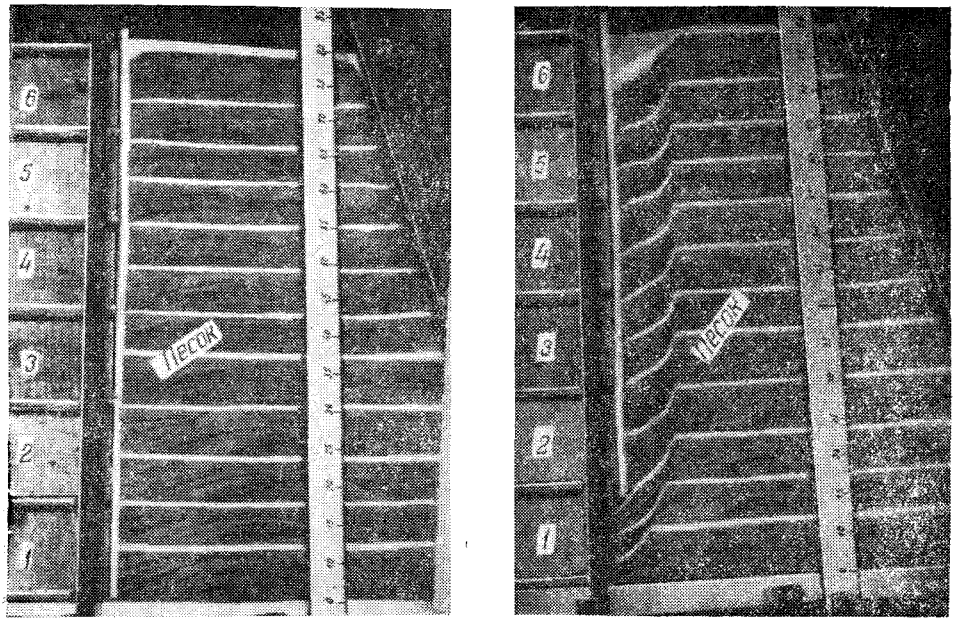
Картину такого рода перемещения породы легко воспроизвести и на модели. На рис. 11 приведены фотоснимки модели отработки крутопадающего пласта (60°) мощностью 10 *м* с наклонной высотой этажа 40 *м* (6 подэтажей) в масштабе 1 : 50. Отработанное пространство заполнено мелким песком (закладка) с маркирующими белыми полосами. После отработки первого (нижнего) подэтажа на 2 *м* сместился лишь узкий слой породы у кровли пласта, а толща песка у почвы осталась неподвижной за исключением участка, непосредственно примыкающего к первому подэтажу, где перемещение песка произошло по вертикали. Если очистной забой расположить наклонно под углом $\beta°$ (см. рис. 10), то ширину смещающегося слоя закладки можно уменьшить. Таким образом, балки, расположенные у лежачего бока пласта, получат более надежную опору и не будут подвержены действию перемещающейся породы, за исключением непродолжительного времени отработки пласта в непосредственной близости к балке.

Балки, расположенные у висячего бока пласта, будут находиться в зоне перемещающихся пород, что ухудшает условия их работы. Очевидно, чем меньше будет ширина передвигающегося слоя породы, тем меньше будет пролет балки, тем она будет представлять более надежную опору для щита. Уменьшить пролет балки можно двумя способами: 1) уменьшением угла наклона забоя β; 2) расположением балок на некотором расстоянии от кровли пласта, для чего выемочные штреки со стороны висячего бока следует проходить ближе к середине пласта.

Небольшой прогиб балок в выработанном пространстве не может существенно затруднить передвижение щита. Применение направляющих опор исключает необходимость наращивания щита, что представляет существенное преимущество. При этом щит может быть изготовлен более прочным, так как это не вызовет значительного увеличения расходования металла. Наличие направляющих опор и поперечных балок

[1] Применение жестких металлических балок в качестве опор предложено студентом Ленинградского горного института Г. А. Бусовым.

облегчает и делает более надежным управление щитом, а также позволяет регулировать размер свободного пространства *е*, необходимого для проветривания забоя.



а *б*

Рис. 11. Перемещение породы (закладки) при разработке нижнего подэтажа:
а — начальное положение забоя; *б* — после отработки первого подъэтажа на 2 *м*

Таким образом, вариант с применением направляющих опор, сохраняя высокие технико-экономические показатели предыдущего варианта, отличается простотой и тем самым обеспечивает большую надежность всего технологического процесса по добыче угля.

IV. РАЗРАБОТКА МОЩНЫХ КРУТОПАДАЮЩИХ ПЛАСТОВ ДЛИННЫМИ СТОЛБАМИ ПО ПРОСТИРАНИЮ С ПРИМЕНЕНИЕМ УГЛЕОТБОЙНЫХ МАШИН

В приведенных выше вариантах отбойка угля осуществлялась взрывными работами. Между тем на настоящем этапе развития техники угледобычи более совершенным и прогрессивным следует считать механический способ отбойки угля, обеспечивающий большую степень безопасности и более высокую производительность работ, исключающий простои в работе (заряжание, взрывание, проветривание), облегчающий управление всеми процессами, связанными с добычей угля, включая поддержание кровли.

На рис. 12 приведена схема отработки этажа длинными столбами по простиранию с применением углеотбойных машин. Подготовка этажа производится аналогично предыдущим вариантам. Этаж отрабатывается одним прямолинейным забоем сразу на полную мощность пласта. Отбойка угля производится тремя углеотбойными машинами. Средняя углеотбойная машина обслуживает среднюю часть пласта между направляющими опорами, а две боковые машины отбивают уголь в остающихся частях пласта у кровли и почвы. Углеотбойные машины работают

по принципу крупного скола, аналогично комбайну ККП-1. Средняя углеотбойная машина состоит из длинного бара и двух редукторов с двигателями (корпусы), расположенными по его краям. Оба корпуса машин, посредством лебедки и каната, передвигаются в специальных направляющих; при этом бар отбивает слой угля толщиной 0,25—0,35 *м*.

Однокорпусные боковые машины с консольными барами работают аналогично. Располагая бары боковых машин под различным углом к направлению их перемещения, можно увеличивать или уменьшать

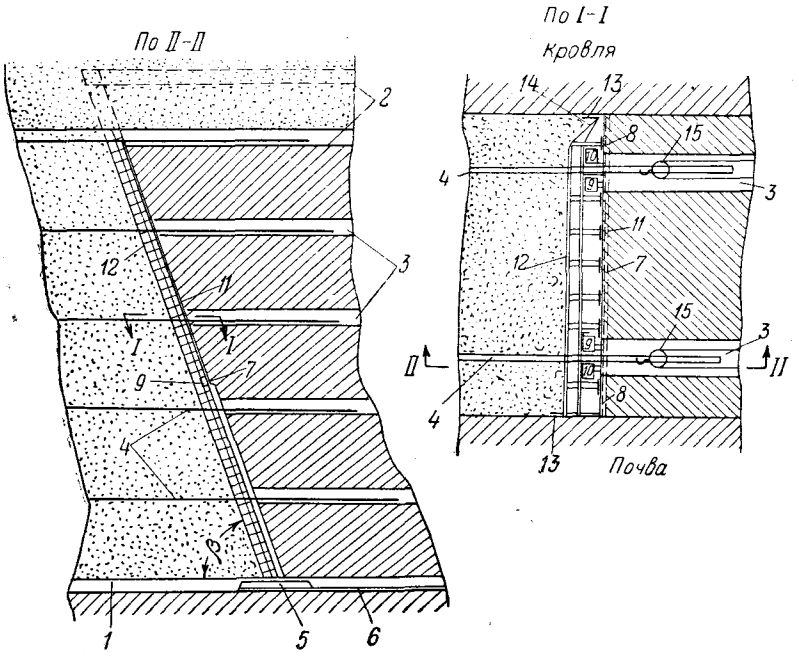


Рис. 12. Разработка мощного крутопадающего пласта длинными столбами по простиранию с применением углеотбойных машин:

1 — нижний пластовый штрек; *2* — верхние пластовые штреки; *3* — промежуточные штреки; *4* — направляющие опоры; *5* — передвижная воронка; *6* — ленточный конвейер для доставки угля; *7* — отбойный бар средний; *8* — консольные отбойные бары; *9* — корпус средней углеотбойной машины; *10* — корпус боковой углеотбойной машины; *11* — поддерживающие рамы; *12* — ферма; *13* — манжет; *14* — треугольный край фермы; *15* — талевые блоки

ширину полосы забоя, обслуживаемую машиной. Это исключает потери угля при местных изменениях мощности пласта.

Отбойка угля производится при движении машин как снизу вверх, так и сверху вниз, что обеспечивает непрерывный поток угля из забоя. При пласте мощностью 15 *м*, скорости подачи машин всего 0,6 *м/мин* и толщине отбиваемого слоя угля 0,3 *м* суммарная производительность трех машин составит около 200 *т/час*.

В СССР известны случаи успешной работы врубовых машин с консольными барами длиной до 6 *м*, поэтому возможность изготовления и нормальной работы указанных углеотбойных машин не вызывает сомнений [9].

Углеотбойные машины, как известно, передвигаются в направляющих, которые прикреплены к ферме, лежащей на откосе закладки (рис. 12). Ферма состоит из отдельных секций — полков (аналогичных полкам ВУГИ), из которых каждый опирается на пару направляющих опор и может передвигаться по ним при помощи талевых блоков, рас-

положенных в промежуточных штреках. Угол откоса закладки должен незначительно превышать угол естественного откоса (не более 6—10°). В этом случае полки будут опираться в основном на закладку и нагрузка на направляющие опоры будет невелика. Фермы снизу и сверху обшиты листовым железом. Нижняя обшивка предохраняет от проникновения породы закладки внутрь фермы, а по верхней обшивке, как по желобу, отбитый уголь скатывается вниз.

В случае отслаивания глыбы угля будут оставаться на поддерживающих рамах, расположенных на ферме (рис. 12), и при очередном проходе углеотбойных машин будут разрабатываться в обычном порядке. Край фермы у висячего бока пласта имеет треугольную форму, что сводит до минимума ширину обнажения кровли и исключает возможность засорения угля. С этой же целью по бокам фермы шарнирно прикреплены манжеты (рис. 12).

По мере передвижения углеотбойных машин производится и передвижение ферм. Одновременно по верхнему пластовому штреку подается порода для закладки (аналогично предыдущим вариантам). Таким образом, все операции, связанные с добычей угля в очистном забое, производятся одновременно, обеспечивая непрерывный поток угля.

Выгрузка угля из очистного забоя может осуществляться так же, как и при ранее описанных вариантах. Для этого в нижнем пластовом штреке располагается передвижная воронка, из которой уголь попадает на ленточный конвейер.

Применение углеотбойных машин исключает необходимость содержания многочисленного штата бурильщиков и взрывников, что определяет более высокую производительность труда этого варианта по сравнению с предыдущими (табл. 2).

Таблица 2

Показатель	Единица измерения	Горизонтальные слои	Щиты Чинакала	Длинные столбы по простиранию с применением		
				самоподдерживающего гибкого щита	направляющих опор для щита	углеотбойных машин
Мощность пласта	*м*	15	8	15	15	15
Угол падения	град.	60	60	60	60	60
Высота этажа	*м*	100	100	100	100	100
Среднесуточная добыча угля в одном очистном забое	*т*	100	800	3000	3000	3000
То же, на участке	»	500	850	3300	3300	3300
Добыча угля из подготовительных выработок	%	25	6	10	10	10
Скорость отработки этажа	*м/сутки*	0,26	0,8	1,6	1,6	1,6
Производительность рабочего в очистном забое	*т/смена*	10	40	100	100	150
То же, по участку	»	5	8—10	26	26	30
Потери угля	%	5	20	3—5	3—5	3—5
Расход леса	$м^3$/1000 *т*	50—60	10	2	2	2
Расход металла	*кг/т*	—	1,0	0,25	0,5	0,5
Расход ВВ в очистном забое	»	0,3	0,3	0,3	0,3	—

Сравнивая данный вариант разработки мощных пластов с предыдущими, можно отметить следующие его достоинства:

1) отсутствие в очистном забое взрывных работ и, следовательно, связанных с ними недостатков;

2) отработка пласта тонкими слоями (0,3 *м*), сокращающая до минимума ширину обнажения кровли, и, как следствие, — исключение работ по поддержанию кровли у груди забоя;

3) при отбойке уголь разбивается на транспортабельные куски, что исключает всякие неполадки, связанные с расклиниванием глыб угля, дополнительным дроблением их и пр.;

4) наличие свободного пространства между откосом закладки и грудью забоя, обеспечивающее деятельное проветривание лавы.

Выводы

Задачи, поставленные XIX съездом КПСС требуют от работников угольной промышленности быстрейшего создания новых, более совершенных систем разработки мощных крутопадающих пластов, обеспечивающих значительный рост добычи угля, резкое повышение производительности и облегчение труда, а также полностью гарантирующих безопасность работ.

Одним из возможных направлений в создании более рациональных систем является совершенствование известных и создание новых вариантов разработки длинными столбами по простиранию без разделения пласта на слои. Эта группа систем, наряду, со своей простотой, отличается высокой производительностью и экономичностью разработки. Примерами такого рода систем являются приведенные три варианта разработки мощных крутопадающих пластов, обладающие следующими преимуществами:

1. Значительным увеличением интенсивности отработки пласта и производительности забоев.

Так, добыча угля в одном очистном забое может быть доведена до 3000 *т/сутки* и больше, что соответствует производительности современной крупной шахты.

Это упрощает все горное хозяйство и коренным образом изменяет лицо шахты.

2. Высокой степенью концентрации работ.

На шахте производительностью 3000—4000 *т/сутки* достаточно иметь 2—3 очистных забоя и это позволит резко уменьшить численность вспомогательного персонала и соответственно повысить производительность труда.

3. Полной комплексной механизацией горных работ, включая крепление очистных забоев, существенно облегчающей труд горнорабочих.

4. Увеличением производительности труда рабочих по участку в 4—6 раз по сравнению с существующей.

5. Повышением степени безопасности работ.

6. Наиболее полным использованием естественных условий месторождения (например, большой мощности пласта и крутого падения).

7. Отработкой пласта с полной закладкой и с незначительными потерями, что исключает возможность возникновения подземных пожаров от самовозгорания угля.

Приведенные положения указывают на большую перспективность такого рода систем и на необходимость их детального изучения и экспериментального опробования в шахтных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбачев Г. Ф. Пути совершенствования систем разработки мощных пластов южного Кузбасса. Углетехиздат, 1949.
2. Мисик М. Ф. Результаты промышленных испытаний системы разработки подэтажными штреками с применением изолирующей сетки. Углетехиздат, 1951.
3. Парусимов В. Ф. и Новиков К. П. Системы разработки каменноугольных пластов Кузбасса. Углетехиздат, 1950.
4. Протодьяконов М. М. Давление горных пород и рудничное крепление. Госгориздат, 1933.
5. Пшенко М. М. и Вишневский Б. П. Бурение горизонтальных и наклонных скважин с помощью сбоечно-буровых машин. БТИ. Углетехиздат, 1950.
6. Степанов И. И. Передвижное крепление очистных забоев. Углетехиздат, 1951.
7. Цытович Н. А. Механика грунтов. Стройиздат, 1951.
8. Чинакал Н. А. Система разработки с щитовым креплением. Гостоптехиздат, 1943.
9. Чернышев Г. И. Работа врубовых машин с длинными барами на шахтах Печорского бассейна. «Уголь», 1952, № 1.

Поступило 15/XII 1952 г.