*Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова т. LI, вып. 1, 1966 г.*

УДК 622.834.2

# УПРАВЛЕНИЕ ГОРНЫМ ДАВЛЕНИЕМ НА ПОЛОГИХ ПЛАСТАХ ПРИ ТРУДНООБРУШАЕМОЙ КРОВЛЕ

*В. В. Гурьянов*

Одним из направлений улучшения технико-экономических показателей добычи угля при разработке пологих пластов является широкое внедрение наиболее прогрессивного способа управления горным давлением — полного обрушения кровли при совершенных видах механизированной крепи, комплексов, а также комплектной и индивидуальной крепи. Вместе с тем, как показали исследования [Кузнецов, 1964; Давидянц, 1957; Борисов, 1964] и опыт работы ряда отечественных и зарубежных шахт, разработка пластов, имеющих в кровле прочные, труднообрушаемые породы, оказывается весьма трудоемким и далеко не безопасным (а при определенных условиях даже недопустимым) процессом.

Основной задачей управления горным давлением в очистном забое, как известно, является регулирование сдвижений непосредственной кровли в пределах призабойного пространства и основной кровли над призабойным пространством, впереди забоя и над выработанным пространством. На условия работы призабойной крепи могут оказывать влияние непосредственная и основная кровля совместно, или только одна непосредственная кровля. Исследование состояния и величин смещений кровли в призабойном пространстве до первичного обрушения пород основной кровли, а также при управлении горным давлением с помощью оставляемых целиков (камерные и камерно-столбовые системы разработки) показывает, что непосредственная кровля, не испытывающая влияния опускания основной, обладает высокой несущей способностью, и для ее поддержания достаточно легкого, простого крепления. Различают две стадии смещения основной кровли: деформирование и осадку.

А. А. Борисов указывает [1964], что действие на непосредственную кровлю основной в стадии ее деформирования сводится к возникновению изгибающего момента от собственного веса и давления вышележащей толщи, которое приводит к увеличению опускания пород непосредственной кровли и снижению их несущей способности. При осадке основной кровли наблюдаются значительные дополнительные опускания непосредственной кровли, что ведет к ее разломам, а иногда и обрушению.

Способ управления горным давлением выбирают в зависимости от величин максимально возможных смещений кровли в пределах очистного пространства. При небольших значениях общих смещений пород состояние кровли в призабойном пространстве сохраняется хорошим, и возможно применение сравнительно нетрудоемких и простых способов управления горным давлением, например, обрушение пород на призабойную крепь

(безорганная посадка кровли). При больших значениях общих смещений, приближающихся к пределам податливости крепи, поддержание кровли в призабойном пространстве становится сложным и трудоемким и зачастую не обеспечивает безопасных условий ведения очистных работ. При значениях общих смещений пород, превышающих податливость крепи, управление кровлей полным обрушением — недопустимо.

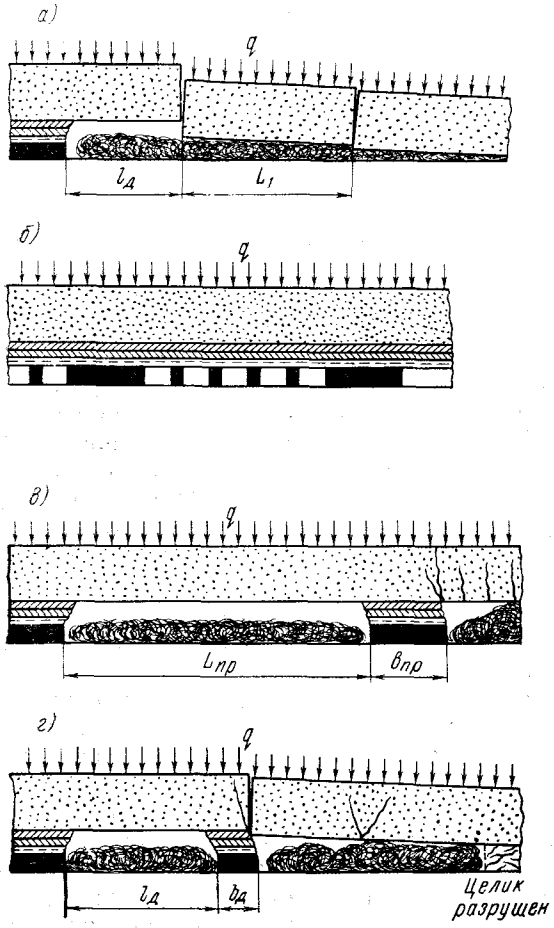



Рис. 1. Варианты управления горным давлением в очистных забоях поддержанием основной кровли с использованием ее несущей способности ($q$ — нагрузка основной кровли от веса вышележащих пород).

Два последние положения смещения пород, как показали исследования и практика работы шахт, относятся к условиям разработки пологих угольных пластов с прочными, труднообрушаемыми породами кровли (кровли типов V, VI, VIII и IX по классификации П. В. Васильева, К. И. Иванова, А. Д. Карнышева [1962]).

Опыт разработки пологих угольных пластов в рассматриваемых условиях и анализ взаимодействия системы основная кровля — непосредственная кровля — крепь показывают, что одним из путей совершенствования способа управления горным давлением при крепких породах кровли является поддержание основной кровли с использованием ее несущей способности. Главными преимуществами такого способа являются: 1) небольшие смещения кровли в пределах призабойного пространства и, как следствие, ее хорошее состояние при применении более легкой, простой и нетрудоемкой крепи и снижение травматизма от обрушения пород кровли в призабойном пространстве; 2) отсутствие специальных мероприятий по управлению кровлей и др.

Эти преимущества вытекают из условия устранения вредного воздействия на непосредственную кровлю значительных смещений основной кровли.

Управление горным давлением в очистных забоях при использовании несущей способности основной кровли может осуществляться без оставления и с оставлением целиков. Первый случай соответствует условию

$$l_д < L_1,$$

где $l_д$ — действительный пролет — вылет консоли основной кровли (рис. 1, *а*), *м*;

$L_1$ — шаг обрушения основной кровли, *м*.

Управление основной кровлей в пределах ее устойчивых пролетов с помощью целиков возможно в трех вариантах.

1. Самообрушение породы основной кровли. Порода оседает между барьерными целиками по мере деформирования и разрушения междукамерных целиков. Применяется при поддержании основной кровли барьерными, а непосредственной — междукамерными целиками (рис. 1, *б*).

2. Обрушение пород между оставляемыми целиками при максимальном использовании несущей способности основной кровли, когда (рис. 1, *в*)

$$l_д \to L_{пр}, \quad b_д \to b_{пр},$$

где $L_{пр}$ — предельный пролет основной кровли (шаг первичного обрушения, *м*;

$b_д$ — действующая ширина целика, *м*;

$b_{пр}$ — предельная ширина целика; увеличение ее не повышает, а уменьшение — снижает несущую способность основной кровли, *м*.

3. Поддержание основной кровли на целиках, когда (рис. 1, *г*)

$$L_1 < l_д < L_{пр}$$

при $b_{min} < b_д < b_{пр}$, где $b_{min}$ — минимально допустимая ширина целика, *м*.

Породы основной кровли обрушаются в последующем в выработанном пространстве из-за разрушения поддерживающих целиков под действием веса вышележащей толщи или искусственным способом (буровзрывными работами).

При значительных смещениях кровли в призабойном пространстве, допускающих вместе с тем управление кровлей полным обрушением, окончательный выбор способа управления горным давлением должен производиться путем технико-экономического сравнения его с соответствующим вариантом поддержания основной кровли с использованием ее несущей способности.

Как видно из экономического сравнения, величина действительного пролета основной кровли (рис. 2) может изменяться от $l_д < L_1$ до $L_{пр}$, а ширина поддерживающего целика от 0 до $b_{пр}$. Указанные способы управления горным давлением сравниваются только по затратам, связанным с процессами крепления и управления кровлей.

Условие эффективности способа управления горным давлением с поддержанием основной кровли при использовании ее несущей способности по сравнению с полным обрушением кровли выражается неравенством

$$C_п < C_{об}, \tag{1}$$

где $C_п$ и $C_{об}$ — затраты на 1 *т* добываемого угля, связанные, соответственно, с управлением горным давлением путем поддержания основной кровли с использованием ее несущей способности и с применением полного обрушения кровли, руб.

$$C_{об} = \frac{Z_{об}}{Lrp}, \tag{2}$$

где $Z_{об}$ — затраты на цикл. связанные с применением полного обрушения, руб.,

$$Z_{об} = Z^{I}_{об} + Z^{II}_{об} + Z^{III}_{об} + Z^{IV}_{об}; \quad (3)$$

$L$ — длина очистного забоя, *м*;
$r$ — подвигание очистного забоя за цикл, *м*;
$p$ — фактическая производительность угольного пласта при работе с полным обрушением кровли, $T/м^2$;

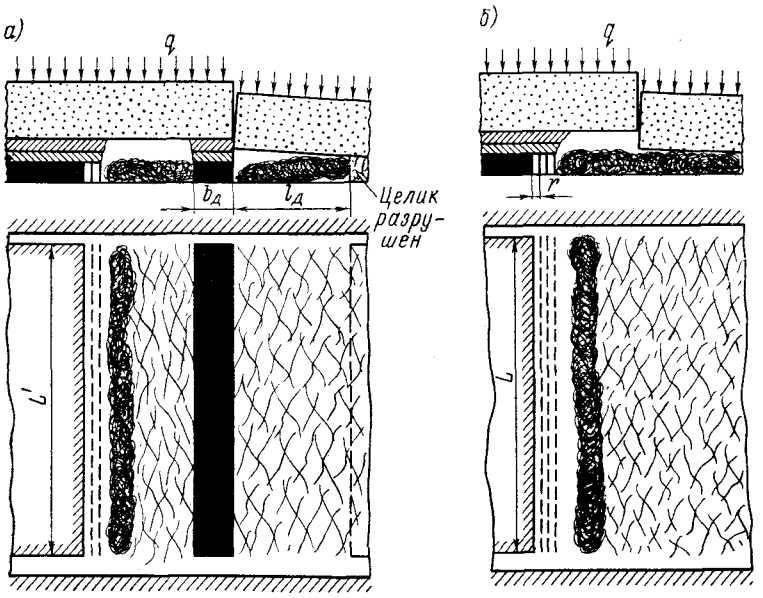



Рис. 2. Схема к экономическому сравнению способов управления горным давлением поддержанием основной кровли *а* и полного обрушения *б*.

$Z^{I}_{об}$ и $Z^{II}_{об}$, $Z^{III}_{об}$ и $Z^{IV}_{об}$ — затраты на цикл, связанные, соответственно, с расходами материалов на призабойное крепление и управление кровлей; с оплатой рабочих на креплении очистного забоя и управлении кровлей, руб.

$$C_{п} = \frac{Z_{п}}{L' l p'}, \quad (4)$$

где $Z_{п}$ — затраты, связанные с управлением горным давлением путем поддержания основной кровли с использованием ее несущей способности, в пределах одного блока (камеры, участка), руб.;
$L'$ — длина очистного забоя в блоке, *м*;
$l$ — ширина блока или расстояние между двумя целиками, *м*;
$p'$ — фактическая производительность угольного пласта в пределах блока, $T/м^2$.

В соответствии с опытом работ с поддержанием кровли целиками и обрушением $p' > p$. Для упрощения принимаем стоимость 1 *т* угля, добытого при очистной выемке и проведении разрезных выработок по углю

одинаковой (что вполне допустимо при современных методах комбайновой проходки разрезных печей),

$$Z_{\text{п}} = Z_{\text{п}}^{\text{I}} + Z_{\text{п}}^{\text{II}} + Z_{\text{п}}^{\text{III}} + Z_{\text{п}}^{\text{IV}}, \tag{5}$$

где $Z_{\text{п}}^{\text{I}}$ — затраты, связанные с расходом материалов на крепление очистного пространства, отнесенные к одному блоку, руб.;

$Z_{\text{п}}^{\text{II}}$ — затраты, связанные с оплатой труда рабочих, занятых на креплении очистного пространства, отнесенные к одному блоку, руб.;

$Z_{\text{п}}^{\text{III}}$ — затраты, учитывающие расходы по монтажу и демонтажу оборудования при переводе очистных работ из одного блока в другой, руб.;

$Z_{\text{п}}^{\text{IV}}$ — затраты, учитывающие ущерб от потерь угля в целиках, отнесенные к одному блоку, руб.

$$Z_{\text{п}}^{\text{IV}} = L' b p' \zeta, \tag{6}$$

где $b$ — ширина целика, *м*;

$\zeta$ — условная стоимость 1 *т* угля, теряемого в целике, *руб/т*.

Для случая (рис. 1, *а*), когда $b = 0$, $Z_{\text{п}}^{\text{IV}} = 0$.

Из выражения (1) имеем

$$\frac{Z_{\text{п}}}{L' l p'} < \frac{Z_{\text{об}}}{Lrp} \tag{7}$$

или

$$l > \frac{Z_{\text{п}} Lrp}{Z_{\text{об}} L' p'}$$

откуда следует, что при ширине блока (камеры)

$$l_{\text{фак}} > l = \frac{Z_{\text{п}} Lrp}{Z_{\text{об}} L' p'} \tag{8}$$

управление горным давлением путем поддержания основной кровли с использованием ее несущей способности будет экономически выгоднее полного обрушения.

В качестве конкретного примера сравним указанные способы управления кровлей для условий пласта 10 на шахте № 5/10 комбината Интауголь. В кровле пласта мощностью 2,5 *м* залегает 20-метровая толща прочного, труднообрушаемого песчаника, $p = 3{,}1$ *Т/м*$^2$; $p' = 3{,}5$ *Т/м*$^2$; $L = L' = 120$ *м*; $r = 1{,}5$ *м*; $b = 10$ *м*. На шахте сначала применяли поддержание основной кровли на целиках шириной $b = 10$ *м*, а затем перешли на полное обрушение на двухрядную органку из деревянных стоек при креплении призабойного пространства деревянными стойками (расход леса на 1000 *т* добычи 48 *м*$^3$).

Подставив приведенные значения параметров в выражение (8), получим

$$l_{\text{фак}} > l = \frac{Z_{\text{п}}\, 1{,}5 \cdot 3{,}1}{Z_{\text{об}} \cdot 3{,}5} = 1{,}3 \frac{Z_{\text{п}}}{Z_{\text{об}}}. \tag{9}$$

В условиях шахты № 5/10

$$Z_{\text{об}}^{\text{I}} + Z_{\text{об}}^{\text{II}} = \frac{48 \cdot 120 \cdot 1{,}5 \cdot 3{,}1}{1000} \cdot 25 = 700 \text{ руб.},$$

а по паспорту комплексной нормы выработки по этому забою $Z_{\text{об}}^{\text{III}} + Z_{\text{об}}^{\text{IV}} = 300$ руб. Следовательно, $Z_{\text{об}} = 1000$ руб.

Принимая ориентировочно затраты по креплению очистного пространства при поддержании основной кровли на целиках в расчете на один цикл вдвое меньшими, чем при полном обрушении, получим

$$Z_{\text{п. ц}} = \frac{1}{2}\left(Z^{\text{I}}_{\text{об}} + Z^{\text{II}}_{\text{об}}\right) = 500 \text{ руб.}$$

Тогда

$$Z^{\text{I}}_{\text{п}} + Z^{\text{II}}_{\text{п}} = Z_{\text{п. ц}}\frac{l}{r} = 330l.$$

Величину $Z^{\text{III}}_{\text{п}}$ принимаем равной 200 руб. Стоимость 1 $m$ теряемого в целиках угля для условий шахт комбината Интауголь условно можно принять равной 1,5 *руб/т*. При этом

$$Z^{\text{IV}}_{\text{п}} = 120 \cdot 10 \cdot 3{,}5 \cdot 1{,}5 = 5700 \text{ руб. и } Z_{\text{п}} = 330l + 5900.$$

Подставляя полученные значения в выражение (9), получим

$$l_{\text{фак}} > l = 1{,}3\,\frac{330l + 5900}{1000}$$

и после преобразований

$$l_{\text{фак}} > l = 12,$$

т. е. при ширине блоков (камер) более 12 *м* управление горным давлением способом поддержания основной кровли на целиках для принятых условий будет экономически более выгодным.

Как следует из выражений (7) и (8), с увеличением размеров блока (камеры) по простиранию, т. е. с увеличением предельного пролета основной кровли экономическая эффективность управления горным давлением способом поддержания основной кровли возрастает. Известно, что при поддержании кровли целиками угля величина пролета кровли зависит в известных пределах от ширины целика $l = f(b)$. Как следует из выражений (5), (8), с увеличением ширины поддерживающих целиков эффективность данного способа поддержания кровли снижается.

Таким образом, пределы эффективного применения управления горным давлением путем поддержания основной кровли на целиках окончательно можно установить, лишь зная зависимость между шириной целика и поддерживаемого им пролета.

Для совершенствования, широкого внедрения в практику и повышения экономической эффективности управления горным давлением путем поддержания основной кровли с использованием ее несущей способности необходимо: 1) вывести зависимости несущей способности основной кровли от ширины целика (при поддержании на целиках) и отношения $l_{\text{д}} : L_1$ (при поддержании без целиков); 2) установить влияние поведения кровли в выработанном пространстве на несущую способность основной кровли в рабочем блоке; 3) изыскать эффективные способы обрушения кровли в выработанном пространстве в зависимости от пролета основной кровли и ширины поддерживающего целика, не оказывающих влияния на несущую способность кровли в рабочем блоке.

## Выводы

1. При разработке пологих угольных пластов, имеющих прочную, труднообрушаемую кровлю, с управлением горным давлением полным обрушением, смещение кровли в призабойном пространстве нередко превосходит пределы податливости крепи.

2. Одним из способов управления горным давлением в таких условиях, позволяющих резко снизить величину опускания кровли в очистном пространстве, является поддержание основной кровли с использованием ее несущей способности.

3. В зависимости от степени использования несущей способности основной кровли, способа управления непосредственной кровлей в рабочем блоке и способа управления породами подработанного массива в выработанном пространстве можно применять различные варианты поддержания основной кровли.

4. При смещениях кровли в пределах очистного пространства, превышающих податливость крепи, управление горным давлением полным обрушением недопустимо. Наиболее рационален в таком случае один из вариантов поддержания основной кровли.

5. При возможности полного обрушения кровли окончательный выбор способа управления горным давлением должен определяться экономическим сравнением способа полного обрушения кровли и поддержания основной кровли с использованием ее несущей способности.

6. Для совершенствования, широкого внедрения в практику и повышения экономической эффективности поддержания основной кровли с использованием ее несущей способности необходимо изучить зависимость несущей способности основной кровли от ряда производственно-технических факторов (размеров и формы обнажений, размеров поддерживающих целиков, влияния выработанного пространства и т. д.).

## ЛИТЕРАТУРА

Борисов А. А. Расчеты горного давления в лавах пологих пластов. Недра, 1964.

Васильев П. В., Иванов К. И., Карнышев А. Д. Управление кровлей на пологих пластах. Госгортехиздат, 1962.

Давидянц В. Т. Управление кровлей полным обрушением. Углетехиздат, 1957.

Кузнецов Г. Н. О механизме взаимодействия боковых пород и крепи в очистных выработках полого-падающих угольных пластов. Сб. Исследования горного давления применительно к механизированным крепям. Углетехиздат, 1954.