

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ**

**МОСКОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНАЯ  
АКАДЕМИЯ ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ**

**А.К.Порцевский**

## **ПОДЗЕМНАЯ РАЗРАБОТКА УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Учебное пособие по курсу лекций  
для студентов специальности 0902

**“Технология и комплексная механизация  
подземной разработки месторождений полезных ископаемых”**

Москва - 1998 г.

**Введение**

Общая добыча угля в СССР в период расцвета достигала 700 млн.т в год. Крупнейшие месторождения находятся: Донбасс (37% объема добычи), Кузбасс (18%), Урал (9%), Восточная Сибирь (9%), Караганда (6%), Подмосковье (6%), Печора (4%).

Основные свойства угля - крепость, сланцеватость, кливаж (в пластах - система трещин тектонического происхождения), склонность к возгоранию, химический состав, газоносность...

Минимальная вынимаемая мощность пластов угля - 0.45 м, максимальная мощность - немногим более 30 м. Средняя мощность разрабатываемых пластов 0.9-2.2 м.

Добыча угля в пологих пластах составляет около 70%, в наклонных пластах - 14%, в крутых пластах - 16% общей подземной добычи угля.

Максимальная глубина добычи угля достигает 1 км (в Донбассе), средняя глубина работ от 150 до 300 м.

Большинство угольных шахт опасно по газу и пыли.

## **Вскрытие и подготовка шахтного поля**

Вскрытие угольного месторождения производится так же как и рудного - вертикальными (скиповыми и клетевыми) или наклонными стволами, штольнями.

По месту расположения стволы могут быть: а) центрально-сдвоенными; б) центрально-отнесенными; в) отнесенными; г) фланговыми; д) секционными.

При центрально-сдвоенной схеме меньше потери угля в общем охранном целике двух стволов (между стволами расстояние 40-50 м). При центрально-отнесенной схеме стволы располагают внутри шахтного поля симметрично относительно центра тяжести запасов месторождения, в этом случае улучшается вентиляция выработок. При отнесенной схеме вскрытия стволы расположены также симметрично центра тяжести запасов месторождения, но за пределами зоны сдвижения, чтобы избежать потерь угля в охранных целиках (обычно используется при крутом падении пластов угля). При фланговой схеме выдачной ствол расположен в центре шахтного поля, а два вентиляционных ствола - на флангах, за пределами зоны сдвижения. При секционной схеме шахтное поле делят на отдельно-проветриваемые секции размером по простиранию-падению 2.5x1 км, для каждой секции проходят отдельный вентиляционный ствол, а выдачной ствол может быть один (или два) на все шахтное поле.

Горизонтальное и пологое месторождение вскрывается одним горизонтом, а крутопадающее - несколькими горизонтами; наклонные пласты также вскрываются одним горизонтом, при этом от выдачного ствола по падению проходят капитальный уклон, а по восстанию - капитальный бремсберг.

Глубокие месторождения (свыше 2 км) вскрываются вертикальными стволами с последующей их углубкой, чтобы проходкой не задерживать добычу угля. При крутом падении пласта или свиты пластов для перепуска угля к стволу проводится капитальный гезенк (аналогичен рудоспуску) и каждый горизонт вскрывается этажным квершлагом.

От выдачного и вентиляционного ствола горизонтально проходят главные штреки, от них по падению-восстанию проходят выемочные штреки (бремсберг-уклоны) с расстоянием между ними до 200-400 м (длина одной-четырех лав). По выемочным (откаточным) штрекам транспортируют уголь ленточным конвейером, а по главным штрекам - вагонетками или снова конвейером.

Вертикальная высота этажа при разработке тонких и средней мощности крутопадающих пластов принимаются равной 120-150 м, при разработке мощных пластов 80-100 м. В любом случае наклонная высота этажа не должна превышать 1000-

1200 м. Подготовка очередного этажа должна опережать выемку на 6 месяцев и более.

В зависимости от угла падения наклонный выдочный ствол оборудуют: при углах падения до  $18^{\circ}$  - конвейерами, при углах до  $35^{\circ}$  - рельсовым транспортом (аналогичен фуникулеру).

При разработке пологих пластов до  $12^{\circ}$  подготовку шахтного поля осуществляют выемочными и панельными штреками с отработкой пластов длинными блоками по восстанию (падению). При углах  $13-18^{\circ}$  выемка пластов производится длинными столбами по простиранию, а подготовка - панельными штреками, пройденными из капитального бремсберга или уклона. Наклонные и крутые пласты отрабатываются по восстанию (падению) с подготовкой выемочными бремсбергами (уклонами).

## Годовая производительность добычи угля

1. По числу одновременно работающих забоев:

$$A_{\Gamma} = L_{\text{оч}} * v_{\text{оч}} * m * \gamma * k, \quad \text{т/год}$$

где  $L_{\text{оч}}$  - общая длина очистных забоев (лав), м

$$L_{\text{оч}} = N_{\text{лав}} * L_{\text{лав}}; \quad ;$$

$N_{\text{лав}}$  - число одновременно работающих лав, шт.;

$L_{\text{лав}}$  - длина лавы, обычно 100-180 м;

$v_{\text{оч}}$  - скорость подвигания очистных работ в лаве, 300-500 м/год;

$m$  - мощность пласта, м;

$\gamma$  - плотность пласта, т/м<sup>3</sup>;

$k$  - коэффициент, учитывающий потери угля в лаве, обычно 0.9-0.98.

Производительность пласта  $p = m * \gamma, \quad \text{т/м}^2$

2. По сроку службы шахты:

$$A_{\Gamma} = Z / T, \quad \text{т/год}$$

где  $Z$  - промышленные запасы шахтного поля, т;

$T$  - срок службы шахты, не менее 10-15 лет.

Обычная суточная производительность угольных шахт:

- Донецкий бассейн 3-8 тыс. т/сут;

- Карагандинский бассейн 5-10 тыс. т/сут;

- Кузнецкий бассейн 6-12 тыс. т/сут.

3. По пропускной способности горных выработок:

- капитальный бремсберг (уклон)

$$P = \lambda * k_{\text{ф}} * B_{\text{л}}^2 * v_{\text{л}} * \gamma_{\text{н}} * t / k_{\text{н}}, \quad \text{т/сутки}$$

где  $\lambda$  - коэффициент уменьшения производительности транспортировки с увеличением угла наклона бремсберга (уклона):

при  $\alpha < 10^{\circ}$  -  $\lambda = 1$ ;

при  $\alpha = 10-15^{\circ}$  -  $\lambda = 0.95-0.9$  ;

при  $\alpha = 16-18^{\circ}$  -  $\lambda = 0.85-0.9$  ;

при  $\alpha = 19-22^{\circ}$  -  $\lambda = 0.8-0.85$  ;

$k_{\phi}$  - коэффициент, зависящий от формы конвейера;

$B_{л}$  - ширина конвейерной ленты; м;

$V_{л}$  - скорость движения ленты, м/час;

$\gamma_{н}$  - насыпная плотность угля,  $\gamma_{н} = \gamma / 1.4$  т/м<sup>3</sup>;

$t$  - время работы конвейера в сутки, час;

$k_{н}$  - коэффициент неравномерности работы конвейера, 1.3-1.6.

- околоствольный двор с локомотивным транспортом

$$P = 3600 * z * k_y * t / (t_{cp} * k) \quad , \quad \text{т/сутки}$$

где  $z$  - число вагонеток в составе;

$k_y$  - коэффициент, учитывающий подачу к стволу в вагонетках и породы тоже;

$t$  - время пропуска по двору одного состава, час.;

$t_{cp}$  - средний промежуток времени между подачей двух составов, час.;

$k$  - коэффициент неравномерности пропуска составов.

- подъем

$$P_{сут} = Q * n_c * T_c / k_{н.п} \quad , \quad \text{т/сутки}$$

где  $Q$  - полезная масса скипа, т;

$n_c$  - число подъемов скипа в сутки;

$T_c$  - чистое время работы подъема в сутки, час

$$T_c = (t_{см} - 0.1) * n * k_{осм} \quad , \quad \text{час}$$

$t_{см}$  - продолжительность смены. час;

$n$  - число смен работы подъема;

$k_{осм}$  - коэффициент, учитывающий время, затрачиваемое на осмотр стволов и скипов,  $k_{осм} = 0.93$ ;

$k_{н.п}$  - коэффициент неравномерности работы подъема,  $k_{н.п} = 1.2-1.5$ ;

- вентиляция

$$P_{час} = \Sigma Q_{час} / (q * k_{ут}) \quad , \quad \text{т/час}$$

где  $\Sigma Q_{час}$  - суммарное количество воздуха, проходящего по группе параллельных основных выработок (в секции), м<sup>3</sup>/час;

$q$  - газообильность шахты, м<sup>3</sup>/т;

$k_{ут}$  - коэффициент, учитывающий утечки воздуха ;

- поверхностный транспорт

$$P_{час} = Q_{час} * t / k_{н.к} \quad , \quad \text{т/сутки}$$

где  $Q_{час}$  - производительность конвейерной установки на поверхности, м<sup>3</sup>/час;

- t** - время работы конвейера в сутки, час;  
**K<sub>н.к</sub>** - коэффициент неравномерности работы конвейера.

## Классификация систем разработки угольных месторождений

В большинстве классификаций (Л.Д.Шевяков, Б.И.Бокий) за основной квалификационный признак принят порядок проведения очистных и подготовительных выработок, их взаимосвязь во времени и пространстве. При делении систем на группы учитывается способ управления горным давлением: обрушением или плавным опусканием налегающих пород, закладкой выработанного пространства.

### А. Системы разработки тонких и средней мощности пластов

1. Сплошные системы разработки
2. Столбовые системы:
  - длинными столбами;
  - короткими столбами.
3. Камерные системы разработки
4. Комбинированные системы:
  - камерно-столбовая;
  - сплошная со столбовой (парные штреки).

### Б. Системы разработки мощных пластов

1. Системы разработки без разделения пласта на слои:
  - длинными (или короткими) столбами;
  - камерные;
  - комбинированные.
2. Системы разработки с разделением пласта на слои:
  - наклонными слоями;
  - горизонтальными слоями;
  - поперечно-наклонными слоями;
  - комбинированные.

### Удельный вес добычи угля различными системами разработки (в 60-ых годах)

Угольный бассейн	Сплошная	Длинными столбами	Слоевая	Короткие столбы, камерно-столбовая, камерная	Щитовая система
Всего по СССР, в том числе:	46	37	9	3	4
Донбасс	80	19	---	1	---
Кузбасс	7	53	9	8	23
Караганда	41	25	33	0.1	0.7
Подмосковье	---	97	2	0.5	---
Печора	18	62	15	5	---
Урал	35	21	35	10	---

Разработка угля ведется, управляя горным давлением: обрушая кровлю, закладывая выработанное пространство и плавно опуская налегающие пласты.

Средняя длина лав на угольных шахтах - от 90 до 150 м, среднее подвигание забоя - 32 м/месяц, максимальное подвигание достигает 50-60 м в месяц.

## **Основные производственные процессы очистной выемки**

Очистная выемка включает следующие основные процессы: подрубка пласта, отбойка, погрузка, доставка угля до откаточного штрека, крепление забоя, закладка или обрушение кровли в выработанном пространстве.

### **Подрубка угля**

(сейчас практически не используется)

Врубная машина предназначена для образования нижней (очень редко верхней) горизонтальной щели в угольном пласте, чтобы разгрузить пласт от горного давления. Для этого используются специальная врубная машина, имеющая перпендикулярный к корпусу исполнительный орган - бар длиной 1.6-2.5 м с режущей цепью. Врубная машина вдоль всего забоя канатом, прикрепленным к какой-нибудь стойке, подтягивает сама себя и при этом подрубает пласт угля.

### **Отбойка угля**

Отбойка угля производится пневматическими или электрическими отбойными молотками либо на мощных крутопадающих пластах короткими шпурами с ВВ (шаг шпуров 1-5 м, глубина 1.5-2 м, взрывчатка - патрон аммонита) либо специальными угольными очистными комбайнами (комбайн производит подрубку, отбойку, погрузку и доставку угля к откаточному штреку, исполнительный орган комбайна - шнекового или барабанного типа, сопротивление угля резанию до 300 кН/м) или угольными стругами (уголь срезается стружкой за стружкой, как на токарном станке, комплект резцов закреплен на тележке, перемещаемой вдоль забоя цепью). Крутопадающие мощные пласты обрабатываются проходческими комплексами слоями снизу вверх или сверху вниз, с закладкой выработанного пространства.

## **Область применения различных очистных комбайнов**

<b>Комбайн</b>	<b>Вынимаемая мощность пласта, м</b>	<b>Угол падения пласта, град.</b>	<b>Ширина захвата комбайна, м</b>
<b>К 103</b>	0.56-1.18	до 35	0.63; 0.71
<b>БКТ</b>	0.55-1	до 35	0.8
<b>КА 80</b>	0.7-1	до 35	0.8
<b>МК 67М</b>	0.63-1.05	до 20	0.8
<b>2К52М</b>	1-1.81	до 35	0.63; 0.8
<b>КШЗМ</b>	1.6-3.6	до 35	0.5; 0.63
<b>А70М</b>	0.4-1.4	более 40	0.9
<b>Темп 1</b>	0.6-1.5	45-90	0.9
<b>К56МГ</b>	1.9-2.5	до 15	2-3.4

## Угледобывающие комбайновые комплексы

Таблица

Комплекс	Мощность пласта, м	Угол падения пласта, град.	Длина очистного забоя, м	Добычная машина	Забойный конвейер	Механизированная крепь	Насосная станция	Ресурс до 1 капремонта, тыс. ч
1KM 103	0.71-0.95 0.85-1.2	35 12	170	K103	СП202В1	1МК103	СНТ32	21
1КД80 ("Донбасс-80")	0.8-1.05 0.9-1.25	35 10	170	КА80	СПЦ151	КД80	СНТ32	22
КМК97М	0.75-1.05 0.9-1.25	20 12	175	K103 1К101У	СП202 СПЦ161	МК97М	СНУ5	26
1KM88	1.0-1.3	15 8	200	1К101 РКУ10	СП87ПМ	1М88	СНУ5	21
КМ87-УМВ	1.25-1.95	10 10	200	1ГШ68Е	СП87ПМ	2М87-УМВ	СНУ5	21
КМ87-УМП	1.05-1.38 1.25-1.95	20 10	200	1К101У 1ГШ68	СП87ПМ	М87-УМП	СНУ5	21
КМ87-УМН	1.05-1.38 1.25-1.95	35 10	200	1К101У 1ГШ68	СП87ПМ	М87-УМН	СНУ5	21
КМ87-УМА	1.25-1.95	20 10	200	1ГШ68	СП87ПМ	М87-УМА	СНУ5	21
КМТ	1.1-1.5 1.35-2.0	35 8	200	1К101У 1ГШ68	СП87ПМ	МТ	СНУ5	21

Примечания. 1. Максимальная сопротивляемость угля резанью для всех комбайнов не должна превышать 300 кН/м.

2. Ширина захвата угля одним шнеком (барабаном) составляет 0.63 м или 0.8 м, у комбана два шнека (барабана).

3. Рабочая скорость подачи в пределах 0-5 м/мин.

## Добычные угольные комбайны

Таблица

Комбайн	Расчетная производительность, т/мин	Мощность пласта, м	Забойный конвейер	Механизированная крепь	Масса, т
КА-80	3	0.85-1.2	СПЦ-151	“Донбасс-80”	10.6-10.8
МК-67М	1.2	0.7-1	СП-48М, СПЦ-151, СП-202, СП-63М	“Донбасс-М”, М-97	9.4-9.8
К-103	1.5-2.1	0.6-1.2	СП-202В1	1МК-103	10.3-11.4
1К-101У	1.2	0.78-1.3	СП-87ПМ	1МК-97Д, М-88, “Донбасс-М”	9.3
2К-52МУ	1.5	1.1-1.9	СП-87ПМ, СП-202, СП-63М	КМ-87УМП, КМ-87УМН	10.2-11.8
1ГШ-68	2	1.3-2.5	СУ-ОКП, КИЗМ	М87УМ, 1МКМ, 2М81Э, МК75	16.2-18.6
2ГШ-68Б	2.5-2.8	1.3-2.5	СУ-МК-75, СП-87ПМ, СП-301	МК75, М130, ОКП-70, 1УКП, М138	18.8-20.8
КШ-1КГУ	2-3	1.4-2.8	КМ-3М, СУ-ОКП, КМ81-02БМ	СМКМ, 1ОКП, 2ОКП, МК75, 2М81Э	10.8-13.9
2К-ШЗ	6	2-4.1	СУ-ОКП, СУ-ОКП-70, КМ81-02БМ	2ОКП, 2ОКП-70, 2М8-1Э, 2УКП, М130	30.4-31.3

Примечание. Все комбайны предназначены для применения на пластах с углом падения до 35° при подвигании по простиранию и до 10° при подвигании лавы по падению





по простиранию - при работе по падению или восстанию	до 10	до 10	до 10	до 10	до 10	до 10	до 10	до 10	до 10
---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

### Сравнительные характеристики очистных угольных комбайнов для крутых и крутонаклонных тонких пластов

Параметры	“Поиск-2р”	“Темп-1”
Диапазон вынимаемой мощности пласта, м	0.36-0.75	0.65-1.4
Ширина (глубина) захвата, м	0.9	0.9; 1.0
Скорость резания, м/мин	0.76-1.95	0.76-1.95
Скорость перемещения (подачи), м/мин	0-5.9	0-5.9
Угол падения пласта, град.: - при работе по простиранию (снизу вверх - рабочий ход, сверху вниз - холостой)	35-85	30-85

Теоретическая производительность угледобывающего комбайна:

$$Q = 60 * N_{пл} * B_з * \gamma * v, \text{ т/ч}$$

где  $N_{пл}$  - вынимаемая мощность пласта, м;

$B_з$  - ширина (глубина) захвата исполнительного органа, м;

$\gamma$  - плотность полезного ископаемого, т/м<sup>3</sup>;

$v$  - рабочая скорость перемещения (подачи), м/мин.

### Сравнительные характеристики угольных стругов

Параметры	УСТ2М	СО75	СН75	УСВ2
Вынимаемая мощность пласта, м	0.55-1	0.6-1.2	0.65-1.2	0.9-2
Длина очистного забоя, м	до 200	до 200	до 200	до 250
Скорость передвижения струга, м/с	0.6-1.5	0.7-1.7	0.7-1.7	1-1.7
Угол падения пласта, град.: - при работе по простиранию - при работе по падению или восстанию	0-25 0-6	0-25 0-6	0-25 0-6	0-25 0-6
Скорость движения скребкового конвейера, м/с	0.5-1.1	0.5-1.3	0.5-1.3	0.5-0.9

Теоретическая производительность стругового угольного комплекса:

$$Q = 3600 * N_{пл} * h * \gamma * v, \text{ т/ч}$$

где  $N_{пл}$  - вынимаемая мощность пласта, м;

$h$  - толщина стружки, до 0.1 м;

$\gamma$  - плотность полезного ископаемого, т/м<sup>3</sup>;

$v$  - рабочая скорость передвижения струга, м/с.

### **Погрузка и доставка угля**

Погрузка производится самонавалом, т.е. отбитый шнековым или барабанным исполнительным органом комбайна уголь под собственной тяжестью попадает на скребковый конвейер, вплотную придвинутый к груди забоя (иногда уголь подгребается на скребковый конвейер плугом-лемехом). Скребки на единой цепи перемещают уголь по рештаку вдоль забоя лавы до откаточного штрека. На откаточном штреке передвижной перегружатель грузит уголь на стационарный ленточный конвейер. Длина скребкового конвейера достигает 250 м, производительность - до 260 т/час.

### **Управление кровлей**

Кровля бывает непосредственной и основной, непосредственная расположена над самим пластом (обычно это забалансовый уголь с пропластками).

Основное свойство кровли угольного пласта - способность к обрушению. Непосредственная кровля после удаления крепи сразу же обрушается, основная кровля может выдерживать длительное время большие обнажения без крепления.

При добыче угля в рабочем пространстве на крепь оказывает первичное давление непосредственная кровля. Вторичное давление от основной кровли в рабочем пространстве не проявляется и оказывает влияние лишь на обрушение основной кровли в незакрепленное выработанное пространство.

Если основная кровля не склонна к обрушению, тогда или подрывают ее взрывчаткой или выработанное пространство погашают закладкой (чтобы не было опасных деформаций в массиве).

<b>Распределение добычи угля при различных способах управления кровли:</b>	
Полное обрушение	80%
Частичное обрушение и частичная закладка	17%
Полная закладка	0.7%
Плавное опускание кровли	2.3%

Призабойная крепь должна обладать свойствами: обладать высоким сопротивлением сжатию и регулируемой податливостью.

1. Деревянная призабойная крепь - ряды через 0.7-1 м отдельных стоек диаметром 0.15-0.2 м, на стойках кровлю поддерживают верхняки. Перед обрушением кровли стойки выбивают.

2. Металлические стойки высотой от 0.8 до 3 м - механически выдвигаемые стойки нарастающего (за счет системы клиньев) или постоянного сопротивления (за счет винтового механизма).

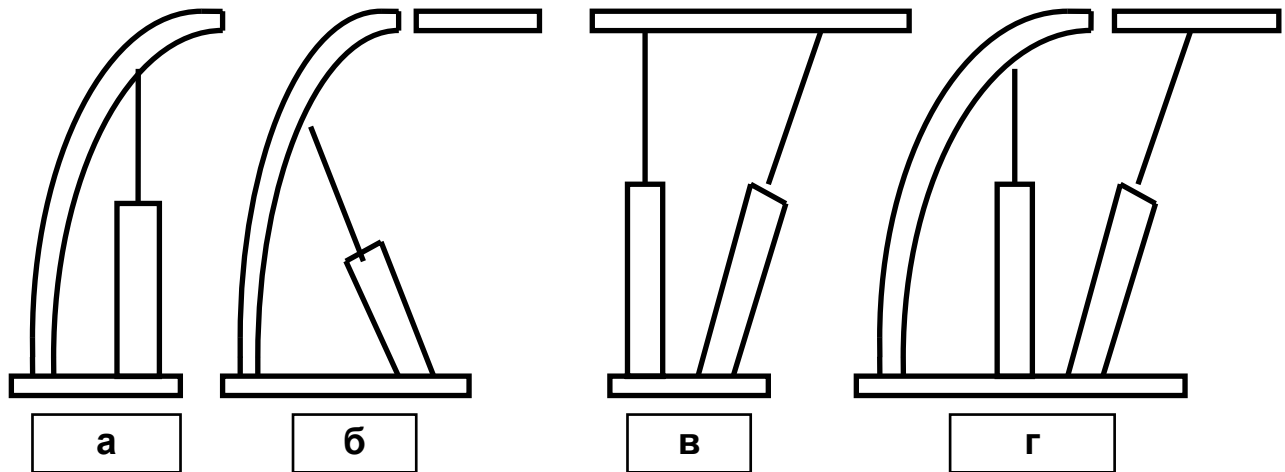
3. Гидравлические стойки высотой 0.35-2 м - постоянное сопротивление возникает за счет давления масла, регулируемого выпускным клапаном. Податливость при рабочем сопротивлении 40-140 мм.

4. Комплектные крепи - гидравлические стойки с общими металлическими верхняками (труба, тавр, двутавр).

5. Передвижная механизированная крепь (щит) - каждая секция имеет основание, две гидравлические стойки, поддерживающий кровлю щит, и другой щит, ограждающий рабочее пространство от обрушенных пород. Передвижка на величину подвигания забоя производится двумя горизонтальными гидродомкратами.

Гидромеханизированная крепь бывает следующих типов:

- а) оградительная; б) поддерживающая; в) оградительно-поддерживающая;
- г) поддерживающе-оградительная.

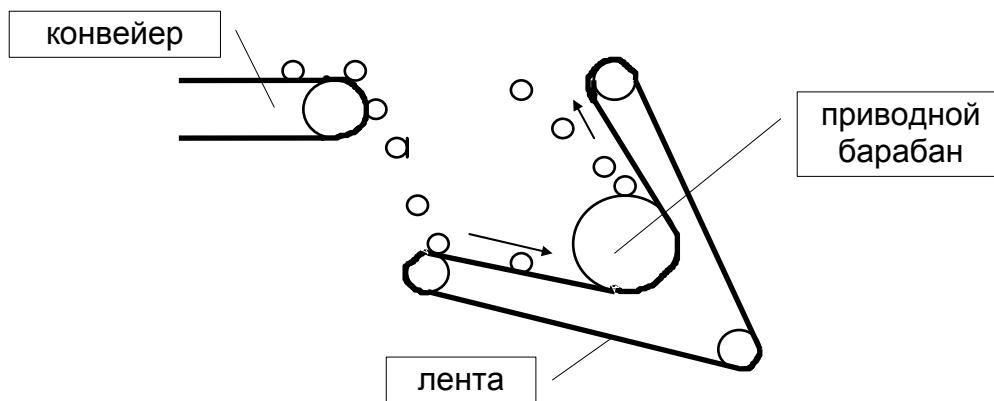


6. Агрегатная крепь - тот же механизированный щит, но в едином комплекте с добычными (выемочными) и доставочными (конвейером) агрегатами, управляемыми дистанционно.

Крепление рабочего пространства перемещается по мере подвигания забоя лавы (в очистных комбайнах эти процессы совмещены), а выработанное пространство кровлю искусственно обрушают. При разработке пластов с частичной закладкой в выработанное пространство подается порода, полученная при проходке полевых выработок. Обычно этой породой выкладывают полосы вдоль штреков, бремсбергов, чтобы исключить потери угля в целиках. Полная закладка пластов при сплошной системе разработки производится в исключительных случаях.

### Закладка выработанного пространства

На угольных шахтах используют сухую закладку (при пологом падении - бутовыми полосами) - обычно это измельченная порода из терриконов или из проходческих забоев, отставание закладки от забоя 3-4 м. Расстояние между бутовыми полосами изменяется от 3 до 12 м и между полосами основная кровля должна быть устойчива. При крутом падении пласта закладка (заполняется все выработанное пространство) доставляется под собственной тяжестью. При пологом - забрасывается метательными машинами, например, ленточно-барабанными. Порода забрасывается на расстояние до 10-15 м.



Закладка может забрасываться и энергией сжатого воздуха, такие закладочные машины работают примерно как пневмозарядчики ВВ.

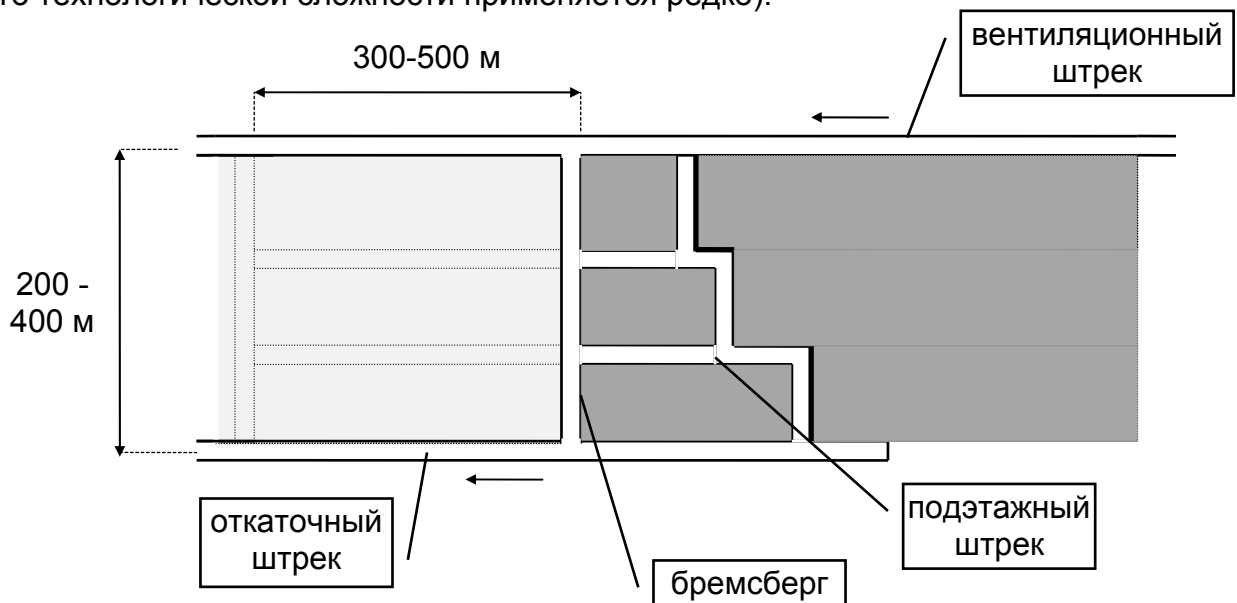
## СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ

Особенность - выемка угля ведется лавой практически без подготовительных выработок и без деления шахтного поля на блоки (подготовительные и очистные работы ведутся одновременно). Условия применения - относительно устойчивые боковые породы, малая и редко средняя мощность пласта, угол падения - любой.

Система часто используется на месторождениях с повышенной газоносностью, т.к. здесь почти нет восстающих, где обычно скапливается метан. Выемка ведется, как правило, по простиранию месторождения, с лавой сразу на всю наклонную длину этажа или же с разделением лавы на подэтажи.

Сущность системы: шахтное поле обрабатывают бремсберговыми полями длиной 300-500 м, длина лавы (подэтажа) не превышает 200-350 м, расстояние между вентиляционным и откаточным штреком 200-400 м. Вентиляционный штрек проходится до начала очистных работ в этаже, а откаточный - одновременно с добычей, опережая лаву на 50-100 м.

Для перепуска угля с верхних подэтажей на откаточный штрек в выработанном пространстве сооружается бремсберг (наклонная выработка по восстанию пласта) шириной 3-4 м и высотой 2.5 м и подэтажные горизонтальные штреки. Расстояние между бремсбергами 300-500 м. В другом варианте бремсберг и подэтажные штреки проходятся не в выработанном пространстве, а впереди, в угольном массиве (этот вариант не используется на загазованных шахтах). В третьем варианте добыча угля ведется в обе стороны от бремсберга, пройденного по угляю (этот вариант из-за его технологической сложности применяется редко).



Подготовительные выработки сохраняют либо целиками либо специально выложенными полосами из обрушенных пород или закладки (бутовые полосы шириной до 10 м). Часто параллельно откаточному штреку проходят специальный вентиляционный просек, чтобы основной поток воздуха не загрязнялся угольной пылью в откаточном штреке.

При спокойном залегании пласта без тектонических нарушений этаж целесообразно обрабатывать одним забоем-лавой без деления этажа на бремсберговые поля, без проходки подэтажных штреков. Длина лавы ограничена лишь безопасностью передвижения людей, доставкой материалов и проветриванием (скорость воз-

духа должна быть не более 4 м/с и не менее 0.5 м/с), поэтому длина лавы принимается в пределах 200-350 м.

### **Сплошная система при крутом падении пласта**

Особенность разработки крутых пластов - большая опасность сползания комбайна, обрушение угля и породы в рабочее пространство, поэтому выемка ведется лавой по простиранию пласта. Из-за опасности скопления метана у забоя ограничивается наклонная высота этажа 120-150 м. Разделение на подэтажи обычно не производится. Тонкие пласты обрабатываются очистными комбайнами "Темп-1" или "Поиск-2р", мощные - обрабатываются слой за слоем проходческими комбайнами.

### **Сравнительная характеристика проходческих комбайнов избирательного действия (телескопическая стрела с резцовой коронкой)**

Параметры	1ПКЗр	1ГПКС	4ПП2М	4ПП5
Площадь сечения выработки, м <sup>2</sup>	5.3-12	5.3-30	9-25	10-30
Размеры выработки:				
- высота	2.1-3.2	2.1-3.6	2.6-4.5	2.8-5
- ширина	2.8-4	2.8-4.7	3.6-6.5	3.8-6.5
Техническая производительность:				
- по углю, т/мин	1.4	2	3.5	3.5
- по породе, м <sup>3</sup> /мин	---	0.8	0.35	0.47
Коэффициент крепости, не более	4	5	6	7-8
Скорость передвижения, м/с	0.023	0.113	0.033	0.033
Масса, т	12.5	19	45	75

Удельный вес сплошных систем разработки снижается за счет перехода на столбовые системы разработки.

## **2. Столбовые системы**

Главное отличие от сплошных систем - здесь заранее проходят в нетронутым массиве сквозные вентиляционный, откаточный штрек и бремсберги. Таким образом шахтное поле заранее разбивается на блоки-столбы шириной до 500 м и длиной до 1.5-2 км. Часто параллельно откаточному штреку проходят специальный вентиляционный просек, чтобы основной поток воздуха не загрязнялся в откаточном штреке.

### **Система разработки длинными столбами**

Варианты системы: с разделением или без деления этажа на подэтажи, с выемкой на передний или задний бремсберг, с односторонними или двухсторонними выемочными полями. При падении пласта до 12° обычно обработка ведется по падению (восстанию), при более крутом падении - по простиранию или же по падению, но с щитовыми перекрытиями.

Наклонная высота подэтажа принимается в диапазоне 80-150м, а наклонная высота этажа (состоящего из 2-3 подэтажей) может достигать 300-500 м, длина столба не превышает 1.5-2 км при длине лавы 100-130 м. Обычно проходят два параллельных бремсберга, один - для доставки угля к откаточному штреку, другой - людской ходок.



Рис. Система разработки длинными столбами по простиранию с выемкой столбов к заднему бремсбергу

Выемка столбов к переднему (заднему) бремсбергу отличается от двухсторонней выемки от бремсберга отличается, в основном, только расположением бремсберга: или у границ или в центре бремсбергового поля (блока). При поэтажной выемке выемка угля на верхнем подэтаже должна опережать выемку на нижнем подэтаже на 10-40 м. Столбы могут выниматься лавой или отдельными заходками (например, проходческими комбайнами избирательного действия). Отработка этажа в обратном порядке (от флангов к углевыдачному стволу) в отличие от прямого порядка позволяет сразу же извлекать целики у вентиляционного штрека.

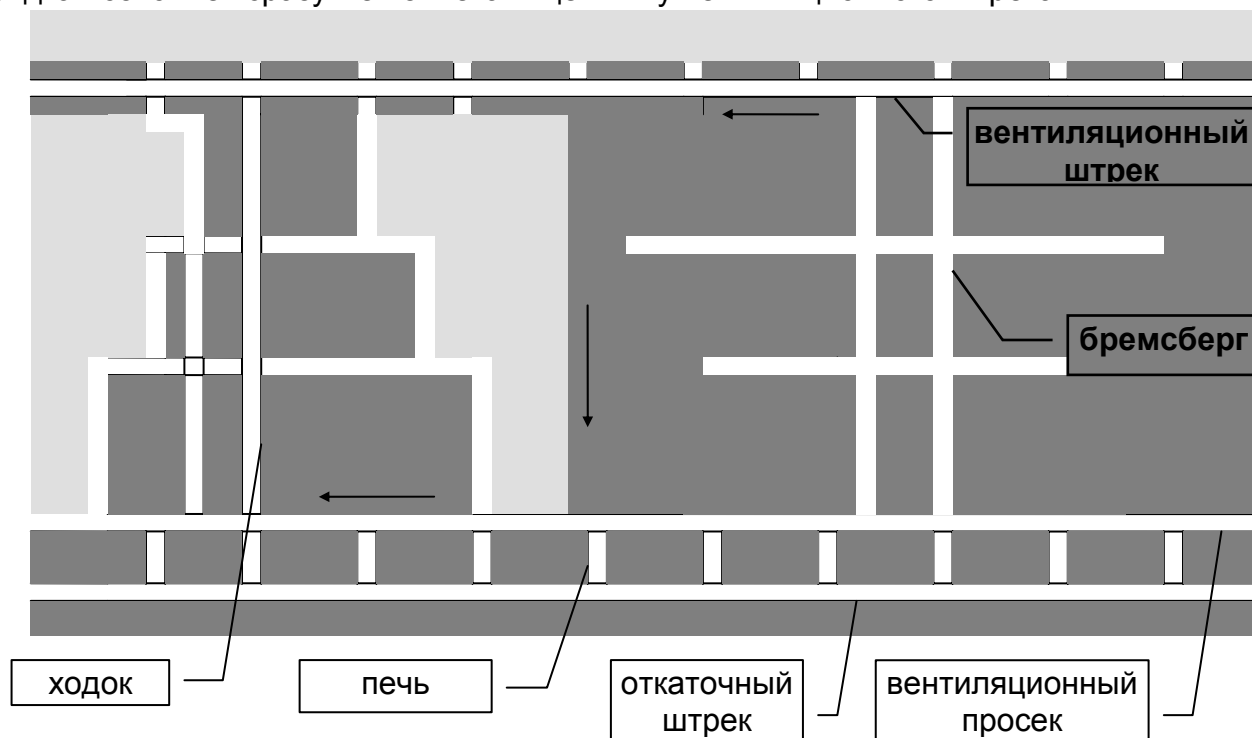


Рис. Система разработки длинными столбами по простиранию с двухсторонними бремсбергами

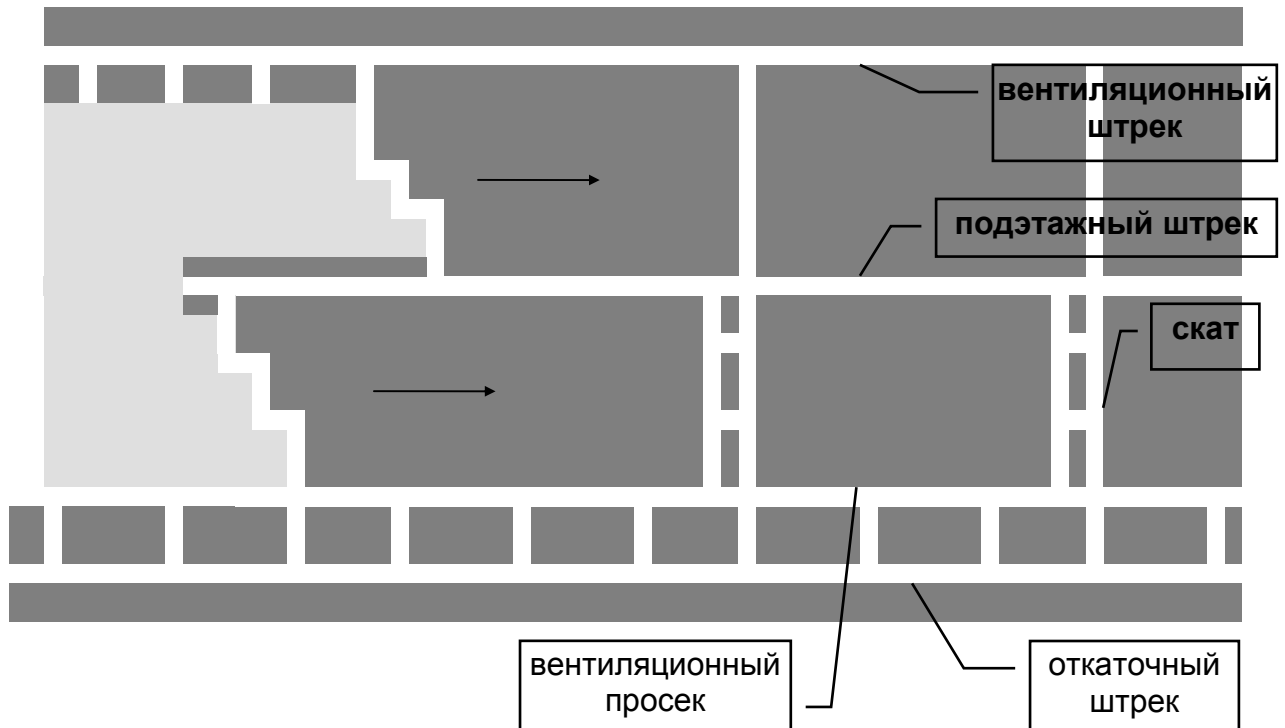


Рис. Система разработки длинными столбами по простиранию при крутом падении пласта, разделении этажа на подэтажи и двухсторонней (от ската) выемкой

Варианты системы: длинные столбы по простиранию с разделением или без деления этажа на подэтажи, длинные столбы по простиранию с выемкой столбов полосами по восстанию и временным магазинированием угля или с выемкой полосами по падению.

Достоинства системы: независимость проходческих и очистных работ друг от друга, возможность дополнительно разведать запасы месторождения при проходке выработок, заранее осушить обводненные участки, заранее снизить выделения метана из угля.

Недостатки: большие первоначальные затраты на подготовительно-нарезные работы, высокие затраты на проветривание выработок, потери угля в целиках (шириной от 5 до 10 м) вентиляционного и откаточного штрека.

## **Б. Системы разработки мощных пластов**

Если пласт невозможно отработать сразу на всю мощность, то его разделяют на слои средней мощности и выемку их ведут отдельно друг от друга. Варианты: а) пласт делят на слои параллельно почве-кровле пласта; б) пласт делят на слои горизонтальными плоскостями; в) поперечно-наклонные слои (под углом 30-40° к горизонту). Слои отрабатывают в нисходящем или восходящем порядке. По способу управления горным давлением различают системы с обрушением кровли или с закладкой выработанного пространства, причем при восходящем порядке возможна только закладка.

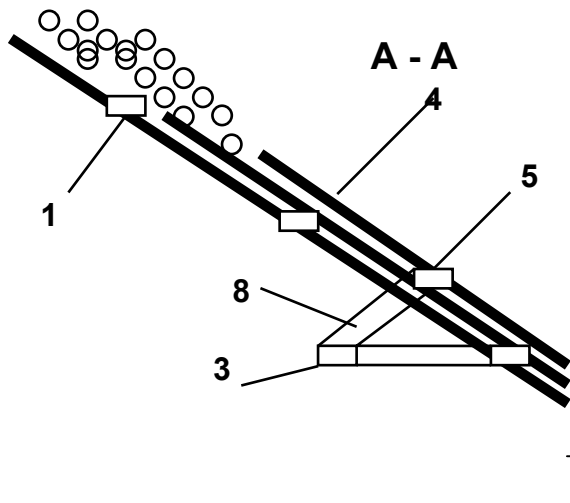
### **1. Система разработки наклонными слоями**

Пласт разбивается через 3-5 м на слои, параллельные почве-кровле. Слои отрабатываются либо последовательно один за другим, либо одновременно с опережением, обычно верхнего слоя, на 20-25 м на крутых пластах и на 60-80 м на пологих, причем порядок отработки слоев - любой (нисходящий или восходящий).

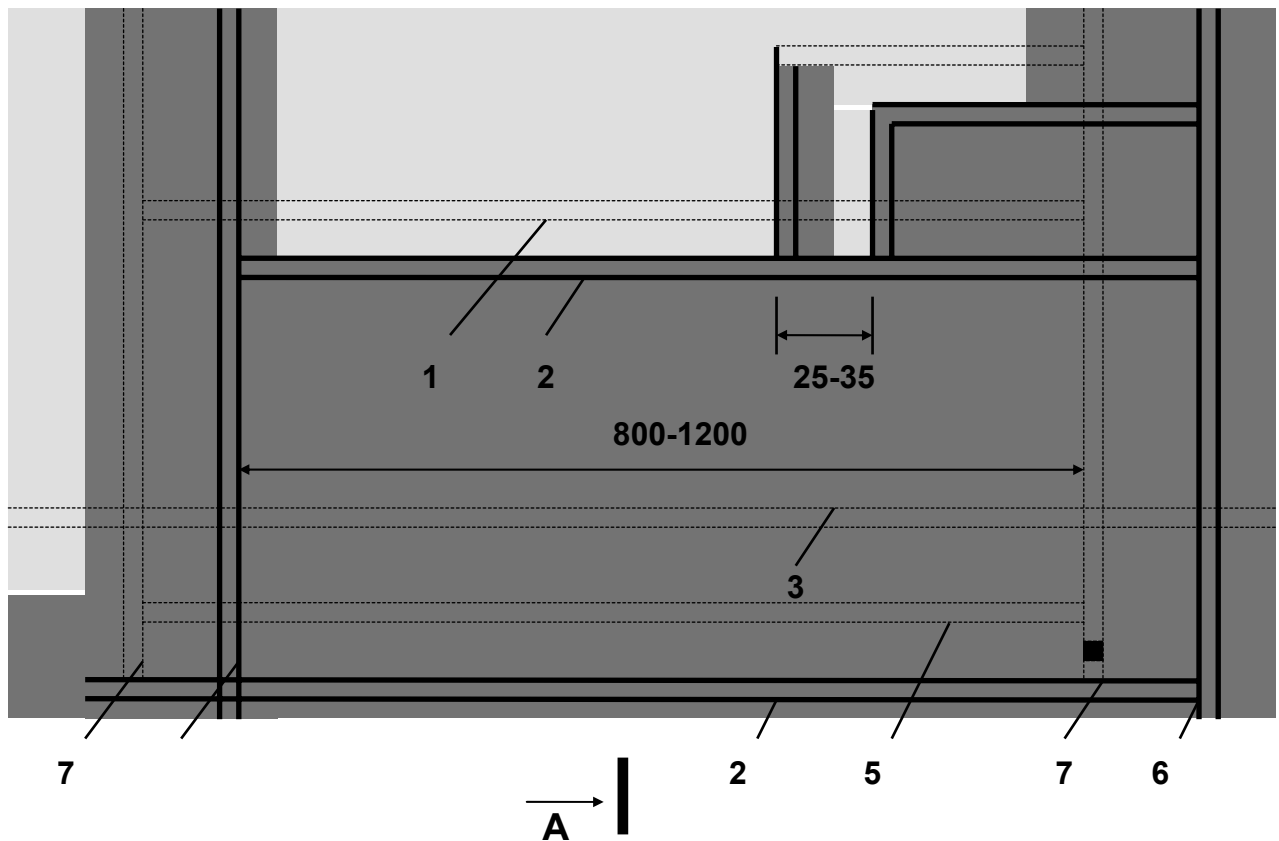


Подготовка пласта обычно этажная наклонной высотой 120-380 м с делением этажа на подэтажи через 100-150 м (при углах падения пласта более  $35^\circ$ ). Для каждого слоя проходят отдельные слоевые горизонтальные штреки. Шахтное поле делят на панели бремсбергами (скатами).

Уголь из забоя лавы доставляется самотеком до конвейерного штрека, а затем по бремсбергу (скату) на этажный откаточный штрек.



1-вентиляционный штрек нижнего слоя; 2-вентиляционный штрек верхнего слоя; 3-главный полевой транспортный штрек; 4-конвейерный штрек нижнего слоя; 5-конвейерный штрек верхнего слоя; 6-вспомогательный ходок; 7-конвейерный бремсберг; 8-гезенк



### 1.1. Системы разработки наклонными слоями с обрушением

Обрушение кровли применяют при разработке мощных пластов с углом падения до  $35^\circ$  и на глубинах до 900 м, при этом налегающие породы должны хорошо слезиваться, а газоносность пластов может быть любой. Варианты: с погашением междуслоевой толщи или с целиками, с гибким опускающимся перекрытием.

Достоинства: высокая механизация и концентрация работ при использовании очистных угольных комбайнов. Недостатки: потери угля в околострековых целиках, необходимость заблаговременного крепления слоевых штреков деревянной крепью, поэтому большой расход лесоматериалов.

Управление горным давлением в верхнем слое производят полным обрушением кровли, в остальных слоях - перепуском обрушенным пород. На почве каждого слоя, кроме самого нижнего возводят предварительную крепь или при углах падения до  $30^{\circ}$  гибкое металлическое перекрытие (стальные полосы сечением  $50 \times 3.2$  мм в виде решетки с ячейкой  $20 \times 25$  мм и сверху в 2-3 слоя сетка Рабица).

Весь пласт может быть отработан в два захода - верхний слой обычной высотой, а нижний слой тоже обычной высотой вынимается с одновременной отбойкой межслоевой толщи угля в три приема. Когда очистной комбайн углубляется в угольный пласт на 1.1-1.2 м, тогда через специальные люки в верхней части секций крепи производят буровзрывную отбойку межслоевой толщи, затем куски отбитого угля под защитой гибкого металлического перекрытия выпускают через люки в крепи прямо на забойный конвейер.

При разделении мощных пластов на отдельные слои и обрушении налегающих пород обязательны профилактические противопожарные мероприятия. Продолжительность отработки отдельного выемочного участка не должна превышать 6-8 месяцев, иначе необходимо отделять один участок от другого противопожарными целиками (закладка, обрушенные породы с тщательным заиливанием их).

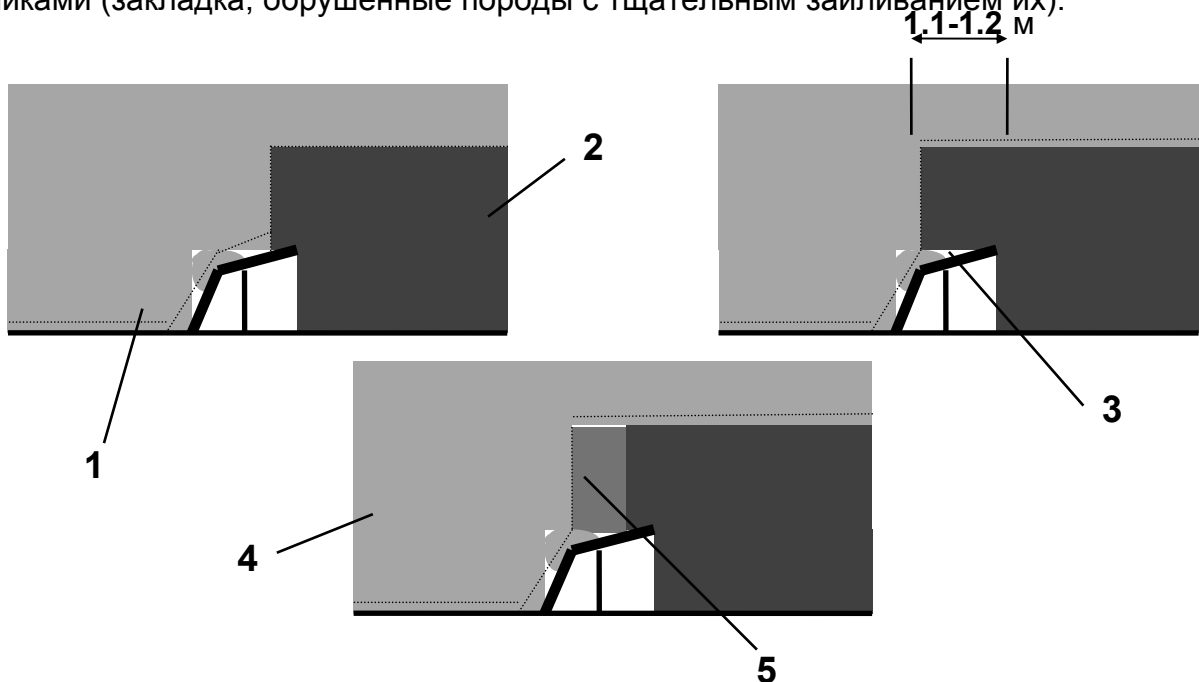


Рис. Выемка межслоевой толщи угля:

1 - гибкое металлическое перекрытие; 2 - угольный пласт; 3 - ограждающая механизированная крепь; 4 - обрушенные породы кровли; 5 - отбитый уголь

## 1.2. Системы разработки наклонными слоями с закладкой

Системы разработки наклонными слоями с закладкой мало отличаются от систем разработки наклонными слоями с обрушением, отличие в том, что с закладкой выемку слоев можно осуществлять или по падению или по восстанию, длинными лавами или короткими заходками. Область применения систем ограничивается мощностью пласта (до 10 м) и углами падения ( $40^{\circ}$ - $60^{\circ}$ ): если угол менее  $40^{\circ}$ , то невозможно использовать самотечную доставку отбитого угля к конвейерному штреку, а если угол падения более  $60^{\circ}$ , то будет сложно поддерживать закладочный массив верхнего отработанного слоя (поэтому чаще используется вариант с восходящей выемкой, когда кровля - неотбитая толща угля).

Существуют следующие варианты отработки наклонными слоями с закладкой: а) с выемкой слоев лавами по простиранию с делением или без деления на подэтажи в восходящем или реже в нисходящем порядке; б) с выемкой наклонных слоев полосами по простиранию.

При выемке слоев лавами по простиранию производят последовательную отработку каждого слоя в восходящем или нисходящем порядке. Подготовку осуществляют общими для всех слоев пластовыми выработками.

При выемке полосами по простиранию пласт по падению делят на полосы (подэтажи). Каждую полосу последовательно обрабатывают наклонными слоями по простиранию с собственными подготовительными выработками (см. рис.).

Посредине каждого выемочного участка (от одной закладочной печи до другой) над основным квершлагом проходят короткие транспортные квершлагы (как бы дополнительный скреперный горизонт - на рудных месторождениях) от углеспускной печи до ската-бункера, через который поступает уголь на откаточный штрек. Вентиляционный и откаточный штрек могут быть полевыми или пройдены по соседнему пласту. Перед подачей гидравлической закладки на участке сооружают дренажные печи - для стока воды на откаточный горизонт. Все подготовительные выработки закрепляются так, чтобы их можно было использовать и после закладочных работ - на других слоях. Очистные работы ведутся от закладочных печей к углеспускным, выемка осуществляется комбайнами или с помощью БВР.

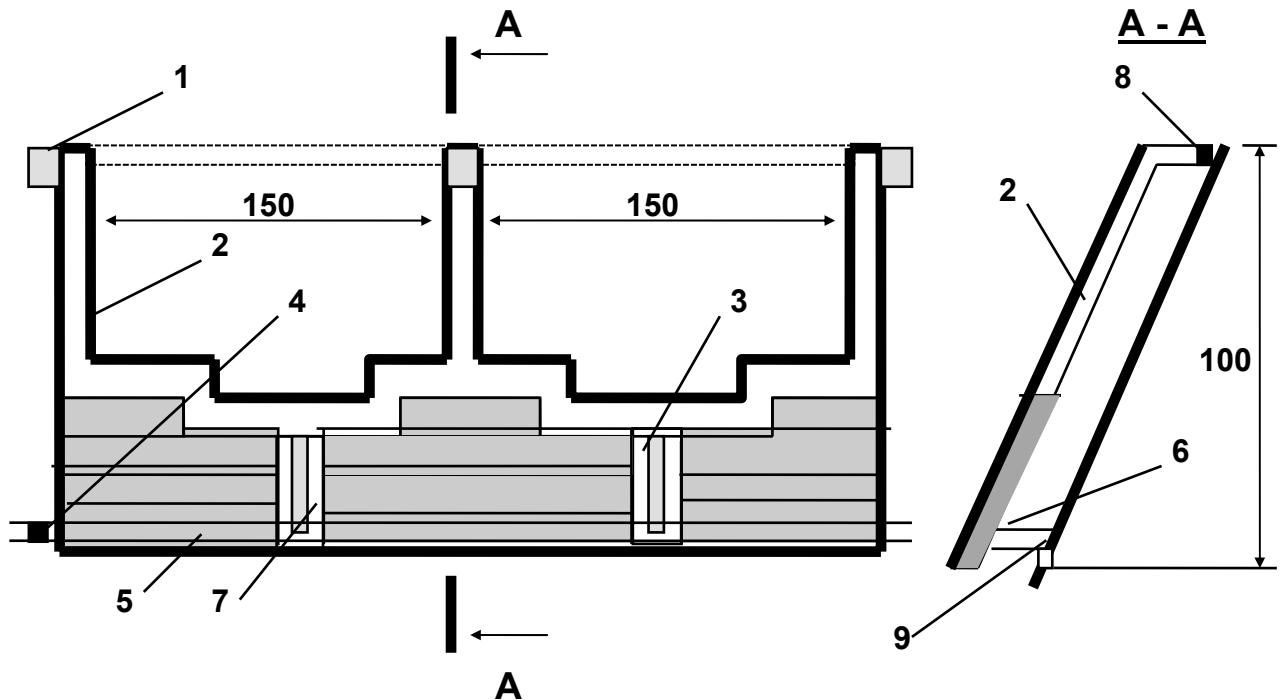


Рис. Системы разработки наклонными слоями с гидравлической закладкой и выемкой полосами по простиранию:

1 - вентиляционные квершлагы; 2 - закладочные печи; 3 - углеспускные печи; 4 - промежуточный квершлаг; 5 - основной штрек; 6 - короткие транспортные квершлагы; 7 - дренажные печи; 8 - вентиляционный штрек; 9 - откаточный штрек.

Достоинства системы: небольшие потери угля, малый расход леса, малая опасность самовозгорания угля. Недостатки: сложная организация закладочных работ, заиливание откаточного штрека спускаемой водой, низкие технико-экономические показатели.

## 2. Системы разработки горизонтальными слоями

Эти системы применяют для разработки наклонных и крутых пластов мощностью более 4.5 м, любой сложности, газоносности, крепости угля и устойчивости боковых пород.

Пласт, залегающий под углом не менее  $30^\circ$ , разбивают на горизонтальные слои толщиной 3-3.5 м, которые вынимают в нисходящем или восходящем порядке одновременно или последовательно, слой за слоем. Управление горным давлением - обрушением или закладкой.

Подготовка пластов - этажная (как на рудных крутопадающих залежах), разделение этажа на подэтажи применяют при выемке слоев с закладкой. Слои в подэтаже отрабатываются в любом порядке, а сами подэтажи - только в нисходящем. Вертикальная высота этажа составляет 20-100 м, а подэтажа - 10-30 м. Длина выемочного поля обычно 150-200 м.

Подготовка выемочного поля начинается с проведения от промежуточного квершлага (разделяющего шахтное поле на два крыла) перпендикулярно двух штреков - основного (он будет затем вентиляционным штреком при отработке нижележащего этажа) и параллельного ему штрека. По падению пласта проводятся по два ската на каждый выемочный участок (целик между ними 6-8 м). Выемка участков ведется последовательно, от центра к флангам шахтного поля или от флангов к центру.

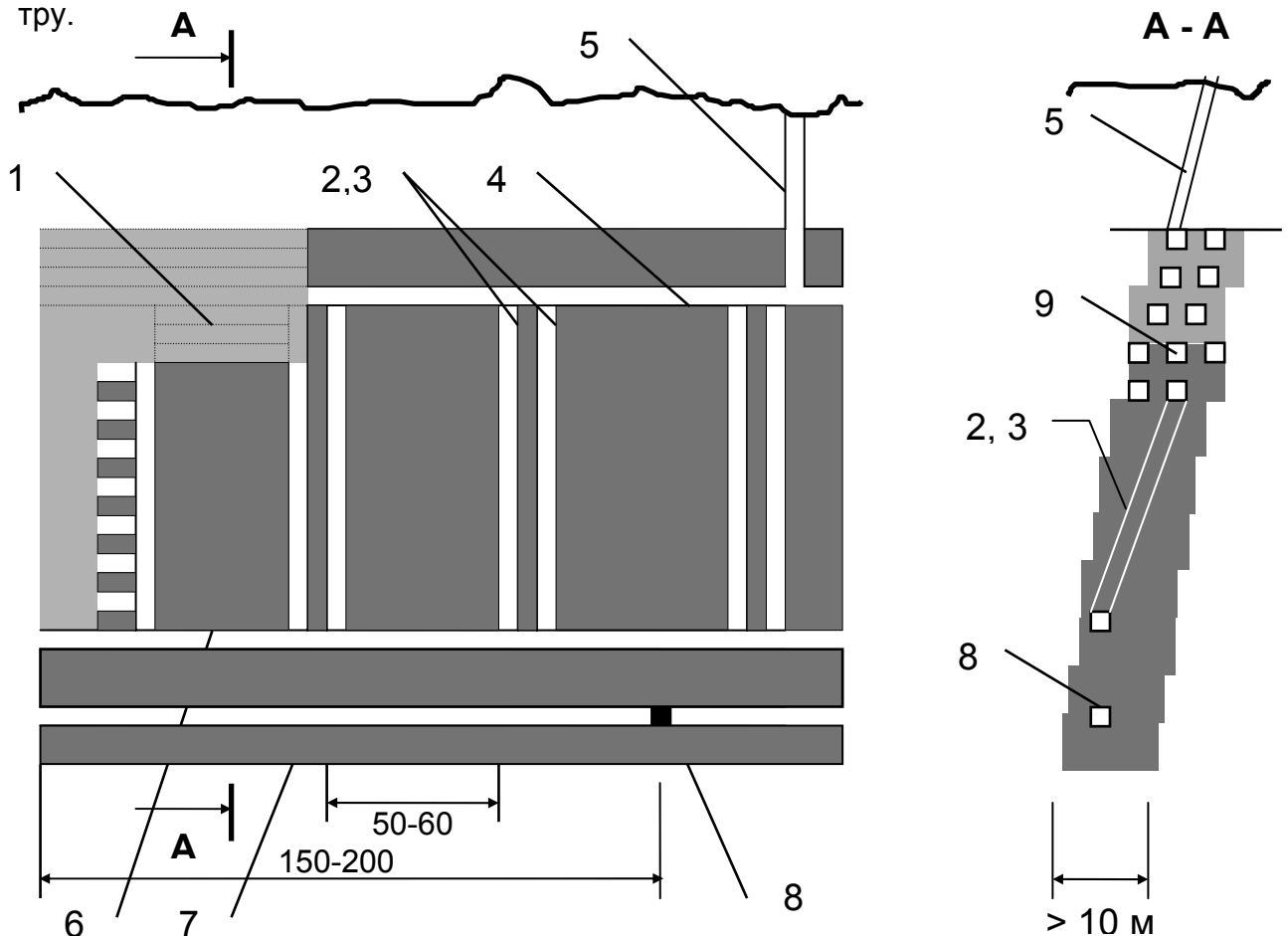


Рис. Система разработки горизонтальными слоями в нисходящем порядке с обрушением:

1 - слоевые штреки; 2, 3 - скаты; 4 - вентиляционный штрек; 5 - вентиляционный шурф; 6 - параллельный штрек; 7 - основной штрек; 8 - квершлаг; 9 - очистные забои.

В очистной заходке выемка угля производится проходческим комбайном или буровзрывным способом, одновременно в каждом выемочном участке разрабаты-

вают не более двух слоев с обязательным опережением верхнего слоя на 2-3 шага обрушения. При выемке пластов, склонных к самовозгоранию, производят профилактическое заиливание обрушенных пород в выработанном пространстве.

При системе разработке с закладкой обычно используется нисходящий порядок выемки с буровзрывной отбойкой угля.

Достоинства системы разработки: универсальность, незначительные потери угля (12-15%), малая вероятность возгорания при заиливании и при закладке.

Недостатки: невысокая производительность (с выемочного поля 3-6 тыс. Т/мес), большой объем подготовительных выработок и высокий расход крепи (до 70 м<sup>3</sup>/1000 т добычи).

### Сравнительные технико-экономические показатели по системам разработки мощных пластов

Таблица

Система разработки				
Показатели	наклонными слоями с обрушением и гибким перекрытием	наклонными слоями с гидрозакладкой	горизонтальными слоями с пневмозакладкой	поперечно-наклонными слоями с гидрозакладкой
Добыча угля из одного забоя, т/мес	15000	1140	1000	1400
Трудоемкость работ по участку чел-см/1000 т добычи, в т.ч.:	161	228	398	270
- на очистных работах	---	214	303	253
- на подготовительных работах	---	14	94	17
Производительность труда рабочего по участку, т/см	6.2	4.4	2.5	3.7
Протяженность подготовительных выработок, пм/1000 т добычи	7.7	4.4	28.6	3.8
Расход крепежного леса, м <sup>3</sup> /1000 т добычи	13.8	60	53.8	70
Потери угля, %	13.2	9.2	10.3	8

### Особенности разработки свиты угольных пластов

Если отрабатывается несколько пластов друг под другом, то обычно ведутся работы в нисходящем порядке, тогда нижние пласты "надрабатываются" верхними (надработка пластов).

При выемке пласта в его кровле перемещается перед лавой волна давления, такая же волна, только меньше по амплитуде, перемещается и в почве пласта. Поэтому лишь на глубинах более 50-70 м ниже верхнего пласта следующий пласт не испытывает влияния выемки верхнего пласта. Если это расстояние меньше, то нижний пласт испытывает попеременно то напряжения растяжения то сжатия. В этом

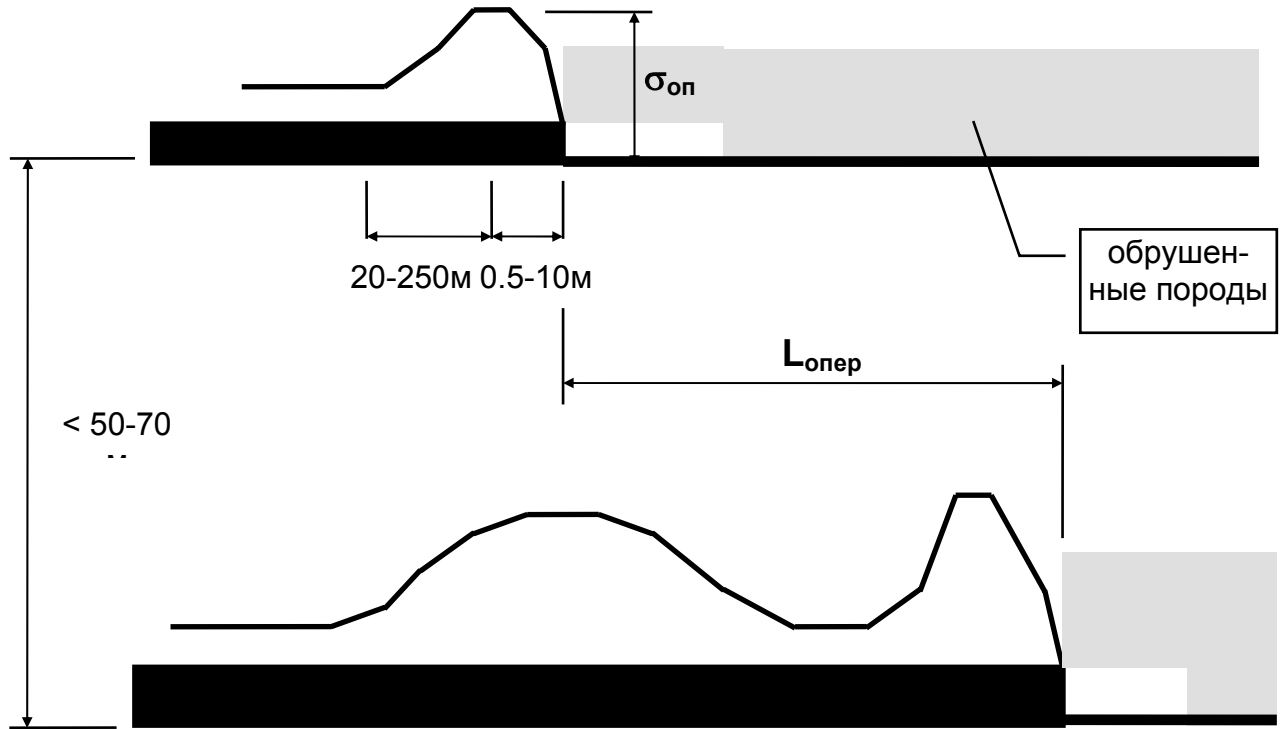
случае отработку нижнего пласта лучше производить с отставанием от лавы верхнего пласта на 80-100 м или, ориентировочно

$$L_{\text{опер}} = M * \text{ctg } \beta + L_{\text{зап}}, \quad \text{м}$$

где  $M$  - мощность верхнего пласта, м;

$\beta$  - угол сдвижения межпластовых пород, град.;

$L_{\text{зап}}$  - ориентировочный запас длины,  $L_{\text{зап}} = 30-40$  м.



## Выбор системы разработки

При разработке пластов тонких и средней мощности (до 3.5 м) выемку ведут сразу на полную мощность, разработку мощных слоев ведут либо отдельными слоями, либо на всю мощность. Минимальная высота очистного пространства зависит от мощности, угла падения пласта, от применяемой техники.

При наклонном и крутом падении отбитый уголь может перемещаться к основному (откаточному) штреку под действием силы тяжести, что должно учитываться при выборе оптимальной системы разработки.

Крепость угля и его трещиноватость оказывают влияние на выбор способа отбойки (механическая или буровзрывная) и на устойчивость кровли и боковых пород, т.е. на выбор крепи. Пласты угля, склонного к самовозгоранию, должны отрабатываться с наименьшими потерями, с заиливанием или с полной закладкой выработанного пространства.

В зависимости от количества выделяющегося газа (метана или водорода) на  $1 \text{ м}^3$  среднесуточной добычи горной массы шахты делят на категории по газоносности: 1 категория - до  $7 \text{ м}^3$  газа, 2 категория -  $7-14 \text{ м}^3$ , 3 категория -  $14-21 \text{ м}^3$ , сверхкатегорийные шахты - более  $21 \text{ м}^3$  газа. Выделение газа увеличивается с глубиной, выбросы газа возможны уже на глубине 200-300 м. В газоопасных шахтах должны применяться системы разработки с минимальным количеством глухих и восстающих горных выработок и должны применяться дополнительные мероприятия: бурение передовых разведочных скважин, бурение скважин большого диаметра ниже рабочего

горизонта (для дегазации угольного пласта), применение сотрясательного взрывания...

При разработке сближенных пластов необходимо соблюдать очередность их выемки, выдерживать безопасные расстояния по отставанию забоев, выбрать способ подготовки пластов - совместный или отдельный.

При большой обводненности должны применяться следующие мероприятия: дренаж выемочных отдельных участков, оставляться предохранительные целики, тщательно подобран способ управления кровлей и система разработки, облегчающая вывод воды из выработанного пространства.

Для обеспечения требуемой производительности шахты необходимо подобрать оптимальный очистной комплекс, окончательный выбор можно сделать на основе технико-экономического сравнения различных вариантов.

## Список литературы

1. Агошков М.И., Борисов С.С., Боярский В.А. Разработка рудных и нерудных месторождений. - М., Недра, 1983.
2. Попов Г.Н. Технология и комплексная механизация разработки рудных месторождений. - М., Недра, 1970.
3. Брюховецкий Я.С., Бунин Ж.В., Ковалев И.А. Технология и комплексная механизация разработки месторождений полезных ископаемых. - М., Недра, 1989, 300 стр.
4. Кантович Л.И., Гетопанов В.Н. Горные машины. - М., Недра, 1989, 304 с.
5. Справочник горного инженера угольной шахты. - М., Недра, 1932, с.328-334, 344, 346, 392-409.
6. Технология строительства горных предприятий. - М., Недра, 1989, с.407-419.
7. Технология и механизация подземной разработки пластовых месторождений. - М., Недра, 1989, с.242, 392-404.
8. Воспроизводство вскрытых и подготовительных запасов угля на шахтах. - М., Недра, 1990, с.139-144.
9. Проведение и крепление горных выработок. - М., Недра, 1988, с. 228-236, 330-334.
10. Справочник. Подземный транспорт шахт и рудников. Под ред. Г.Я.Пейсохвича, И.П.Репгизова. - М., Недра, 1985, с.413,555.
11. Справочник по горнорудному делу. - М., Недра, 1383, с.793-794, 678, 684, 751-759.
12. Справочник по электроустановкам угольных предприятий, электроустановки угольных шахт. - М., Недра, 1988, с.53-59, 127, 148, 218, 379-380, 604.
13. И.Л.Машковцев. Проветривание горных выработок. - М., УДН, 1973.
14. Методические указания. Технология подземной добычи угля. - М., 1981.
15. Справочник мастера ОТК угольного предприятия.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	2
Вскрытие и подготовка шахтного поля	2
Годовая производительность добычи угля	3
Классификация систем разработки угольных месторождений	5
Основные производственные процессы очистной выемки	6
Подрубка угля	6
Отбойка угля	6
Погрузка и доставка угля	11
Управление кровлей	11
Закладка выработанного пространства	12
Системы разработки	13
А. Системы разработки тонких и средней мощности пластов	13
1. Сплошные системы	13
2. Столбовые системы	14
Б. Системы разработки мощных пластов	16
1. Система разработки наклонными слоями	17
1.1. Системы разработки наклонными слоями с обрушением	18
1.2. Системы разработки наклонными слоями с закладкой	18
2. Системы разработки горизонтальными слоями	20
Особенности разработки свиты угольных пластов	22
Выбор системы разработки	22
Список литературы	24