

# ЛЕКЦИЯ № 7

План лекции:

1. УСМ при системах с закладкой при разработке угольных месторождений:

1.1. Полная и частичная закладка выработанного пространства. Технология работ.

1.2. Виды закладки, требования к закладочным материалам, транспортирование в очистное пространство. Достоинства и недостатки, условия применения.

- 2. УСМ при системах с закладкой при разработке рудных месторождений
- 2.1. Распределение опорного давления при камерных системах разработки с закладкой.
- 2.2. Расчет прочности твердеющей закладки при разработке пологопадающих месторождений.
- 2.3. Расчет прочности твердеющей закладки при разработке крутопадающих месторождений.

УСМ ПРИ СИСТЕМАХ С ЗАКЛАДКОЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ. При разработке угольных месторождений данный способ управления горным давлением применяется в исключительных случаях и имеет

- *два варианта: полная и частичная закладка.*  
*Удельный вес добычи угля с закладкой выработанного пространства.*

• СНГ – 0,8%	Польша – 37,5%
	Франция – 28,7%
	Германия – 9,4%
	Бельгия – 8,6%

• Частичная закладка применяется крайне редко.

# ***Частичная закладка***

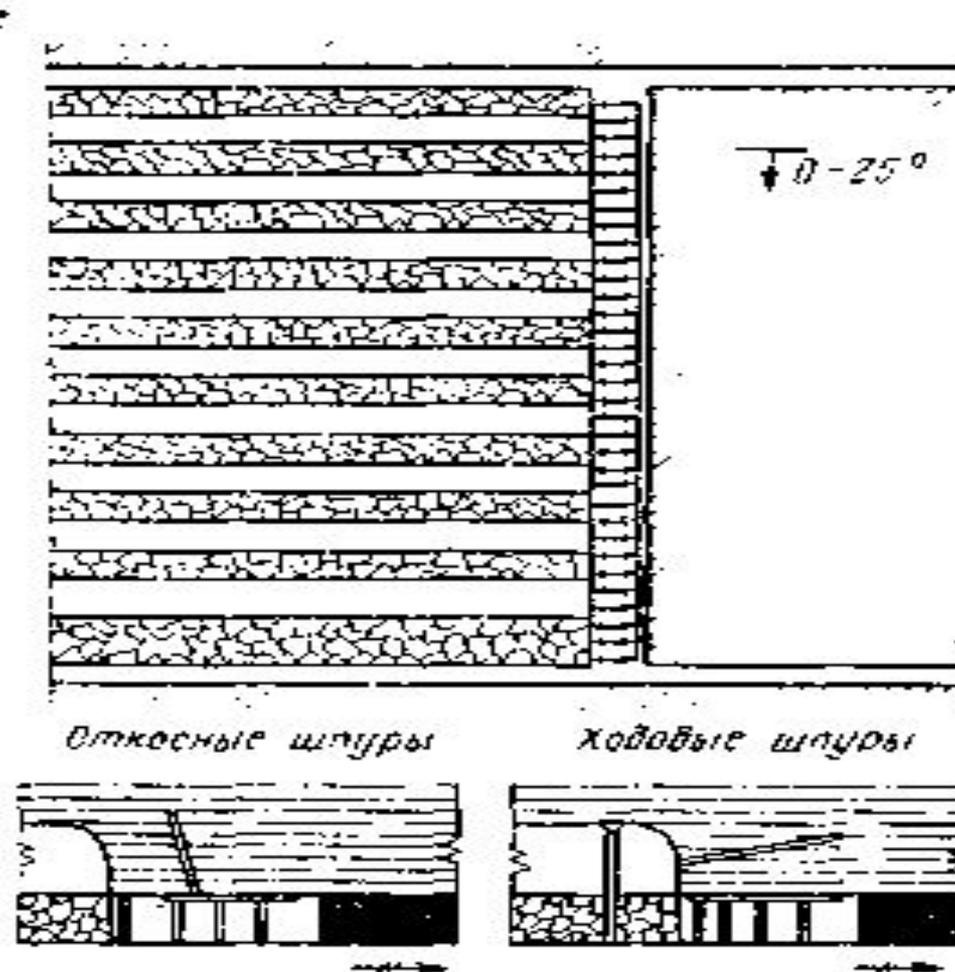
- *Условия применения:*  $t < 1,5$  (2 м);  
весьма трудно обрушающиеся  
породы  $h \leq 0,15mR$ , где  $h$  - величина  
опускания кровли в призабойном  
пространстве;  $t$  – мощность пласта, м;  
 $R$  – ширина призабойного пространства,  
м.

## Цель –

- удержание пород непосредственной и основной кровли от обрушения при помощи бутовых полос, возводимых по простиранию (или по падению) на пологих и наклонных пластах при выемке по простиранию (или по падению).

# УСМ ПРИ СИСТЕМАХ С ЗАКЛАДКОЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

## Частичная закладка



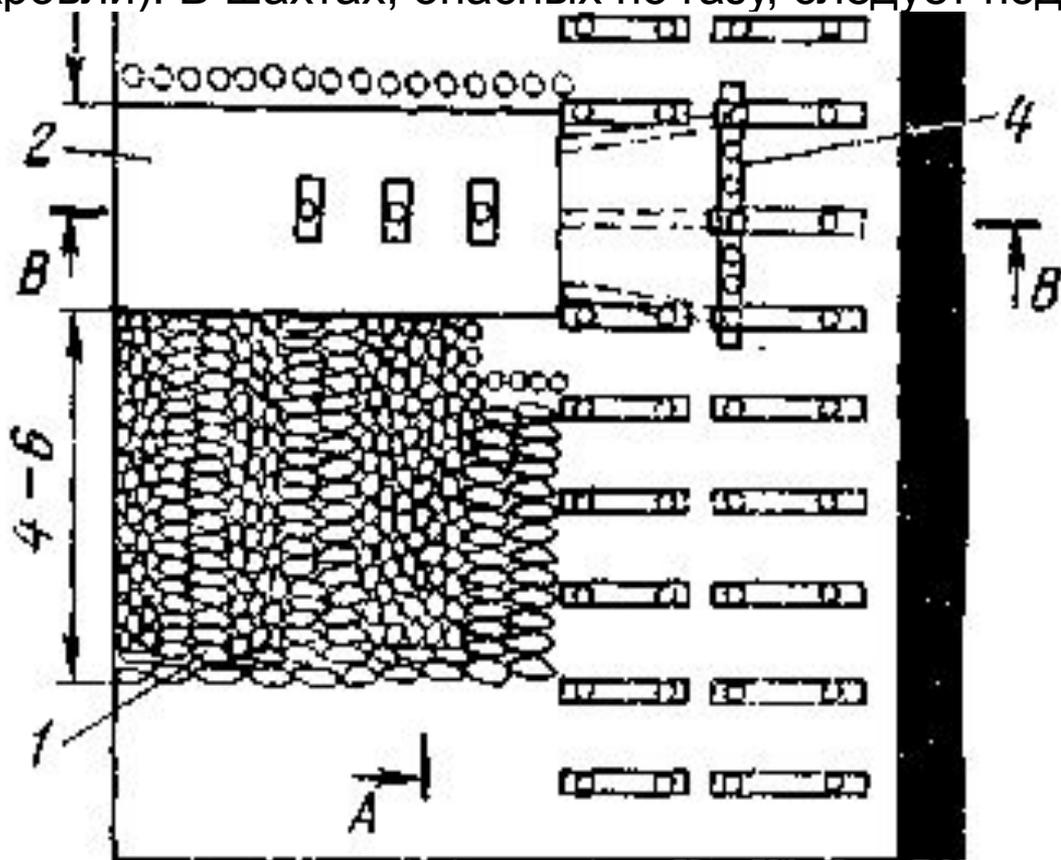
## Пологие и наклонные пласты

При принятой ширине бутового штрека ( $b = 2 - 4$  м) высота подрывки ( $0,8 - 1,5$  м)

$$h_{п} = m \cdot L_{б} / (b \cdot k_{р}),$$

где  $m$  — вынимаемая мощность пласта, м;  $L_{б}$  — ширина бутовой полосы, м;  $k_{р} = 2 \div 2,2$  — коэффициент разрыхления породы при закладке.

Подрывка в бутовом штреке может быть нижней (почвы) или верхней (кровли). В шахтах, опасных по газу, следует подрывать почву.



Технология наращивания  
бутовой полосы

- 1 – бутовая полоса;
- 2 – бутовый штрек;
- 3 – ходовой шпур;
- 4 – оконтуривающая органка  
(для предохранения  
призбойного пространства  
от взрывных работ)

## Требования, предъявляемые к закладочному материалу:

- - содержание горючих не  $> 20\%$ , он не должен выделять вредных газов в выработанное пространство;
- - небольшая усадка (не  $> 15 - 20\%$ );
- - минимальная стоимость. Необходимо ориентироваться на местные материалы;

По способу доставки закладочного материала в выработанное пространство и возведению закладочного массива различают:

- - *ручную* (при небольших объемах);
- - *самотечную*;
- - *механическую* (применяется редко, отсутствуют надежные средства закладки);
- - *пневматическую*;
- - *гидравлическую*.

## Требования, связанные со способом закладки:

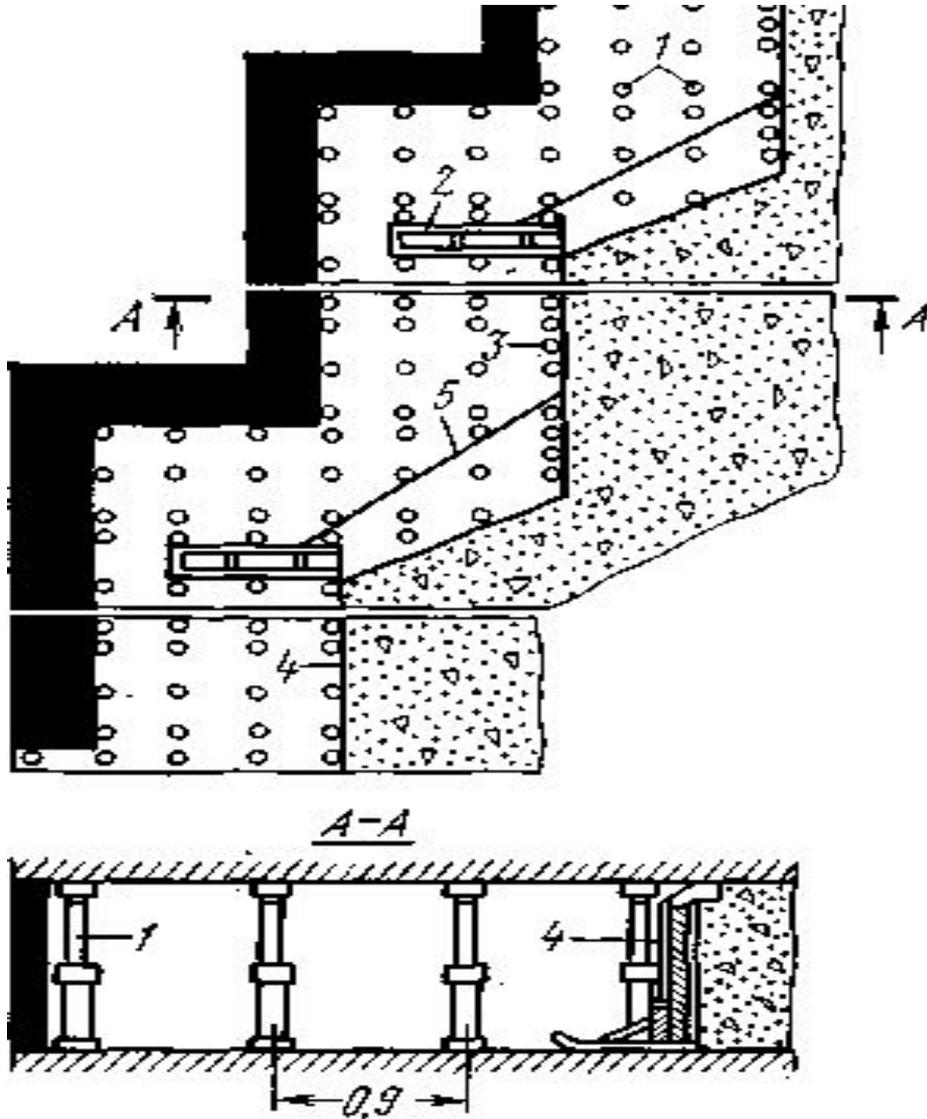
- - при гидравлическом, пневматическом и механическом:
- - минимальная абразивность для уменьшения износа металлических труб и резиновой ленты;
- - при пневматическом и механическом:
- - минимальное количество пылевых фракций;

- - при гидравлическом:
- - закладочный материал должен хорошо отдавать воду и не размокать а ней, содержание глинистых фракций не  $> 10\%$ .  
Небольшое количество глины (до  $10\%$ ) способствует повышению качества закладки (повышает плотность закладки и воздухонепроницаемость).

# Размер кусков

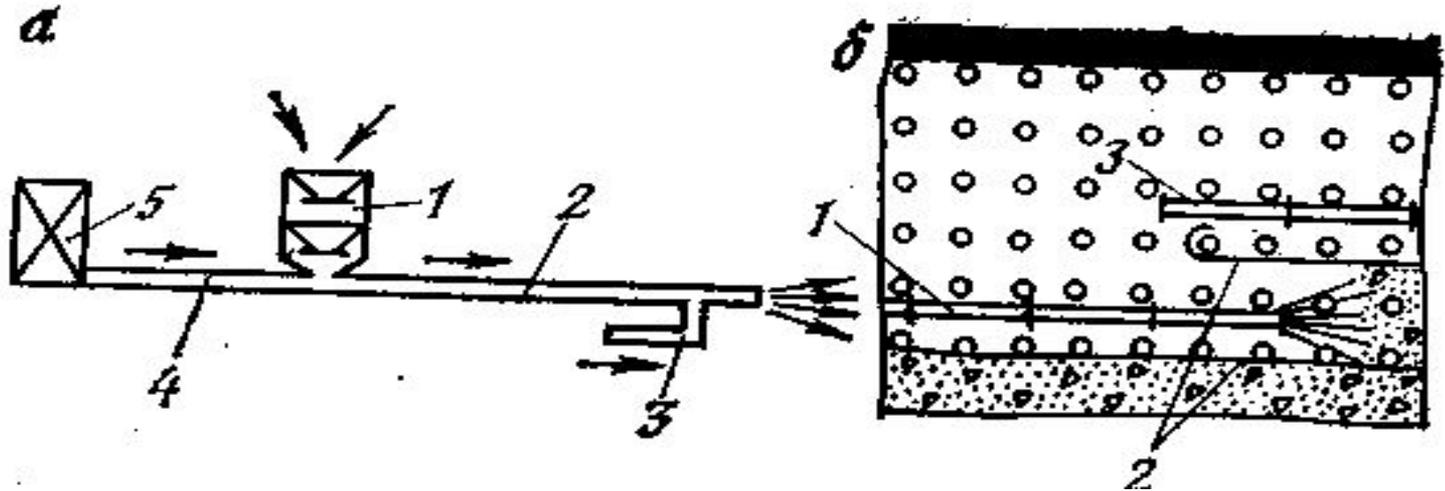
Закладка	Размер кусков, мм	
	максимальный	оптимальный
Пневматическая	60 – 80 для предотвращения закупорки труб	< 50
Гидравлическая		< 20
Самотечная	200 - 250 для предотвращения повреждения крепи	< 100
Механическая		< 50

# Самотечная закладка



Возведение закладочного массива при потолкоуступном забое (при наличии передвижного ограждения):  
1 – призабойные стойки; 2 – якорное устройство; 3 – органка; 4 – ограждение; 5 – решетки для угля

# Пневматическая закладка



Пневматическая закладка выработанного пространства:

а - принципиальная схема пневмозакладочного комплекса: 1 – ДЗМ-2; 2 – закладочный трубопровод; 3 – труба для подачи воды; 4 – трубопровод сжатого воздуха; 5 – компрессор;

б – возведение закладочной полосы: 1 – трубопровод; 2 – перегородка (из дерева, мешковины, или металлической сетки); 3 – монтируемый (из снятых труб) трубопровод (для новой полосы)

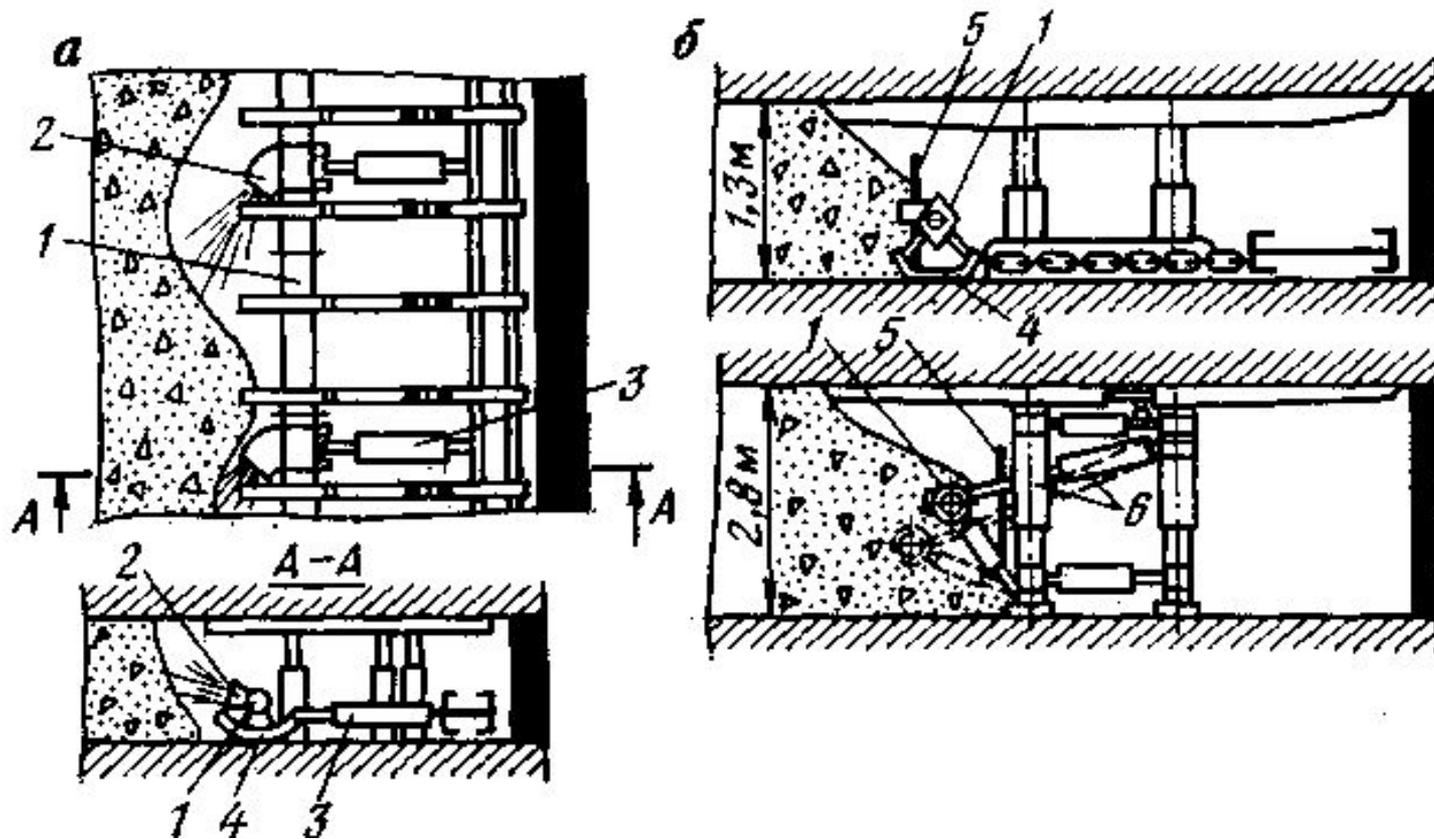


Рис. Схемы возведения закладочного массива с помощью трубопровода с боковым выносом закладочного материала:  
 а – при индивидуальной крепи; б – при механизированной крепи и различных способах крепления трубопровода: 1 - трубопровод; 2 – отклоняющие колена; 3 – домкрат передвижки; 4 – салазки; 5 – ограждение; 6 – домкраты крепления трубопровода

# *Достоинства*

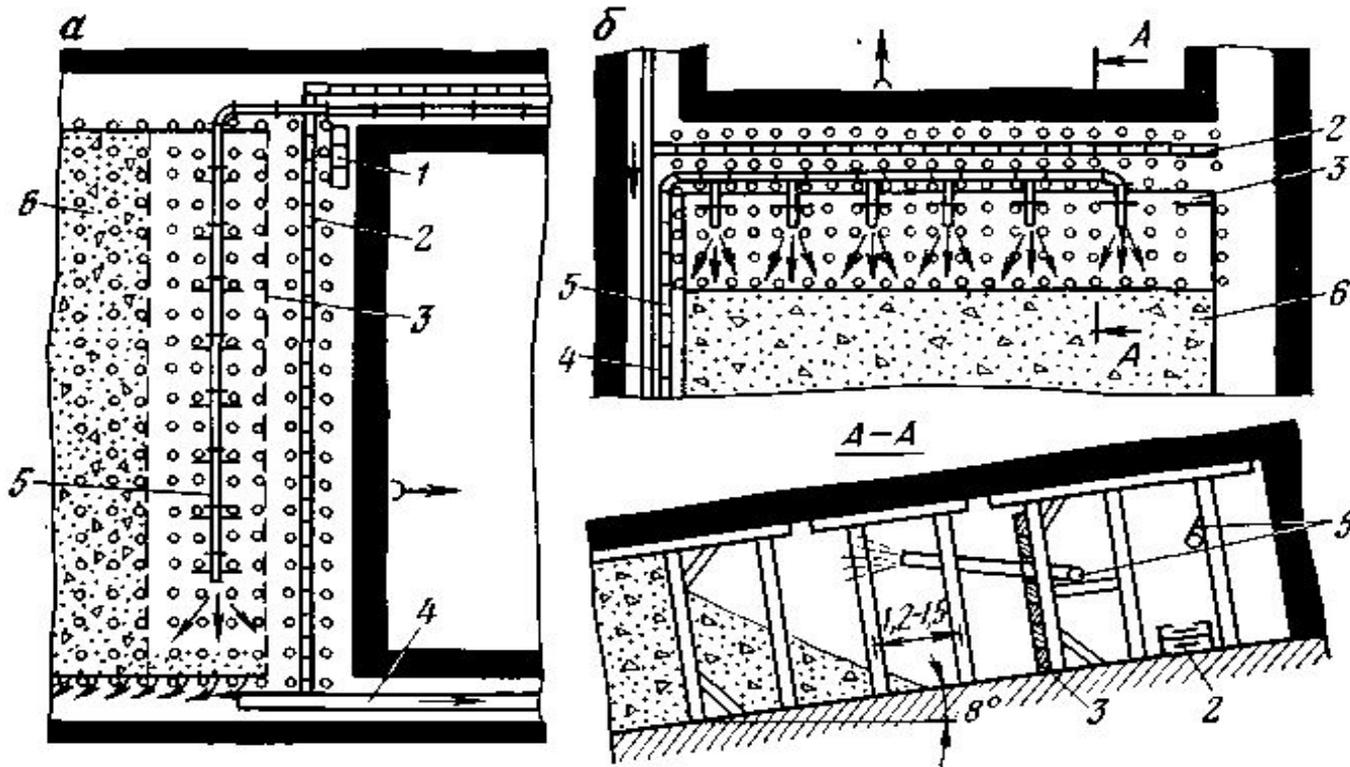
## **ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ закладки:**

- - простота возведения закладочного массива;
- - сравнительно высокая его плотность (усадка до 25%);
- - возможность возведения закладочного массива почти под кровлю выработанного пространства;
- - благоприятные условия для комплексной механизации и автоматизации работ;

# *Недостатки:*

- - значительное пылеобразование;
- - большие капитальные затраты на оборудование;
- - высокий расход сжатого воздуха (100 – 110 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> закладочного материала)
- - повышенные требования к закладочному материалу;
- - быстрый износ трубопроводов.

# Гидравлическая закладка



Схемы возведения закладочного массива при гидрозакладке:

*а* — при отработке по простиранию; *б* — при отработке по восстанию;  
1 — комбайн; 2 — забойный конвейер; 3 — ограждение; 4 — конвейер  
подготовительной выработки; 5 — пульпопровод; 6 — закладочный массив

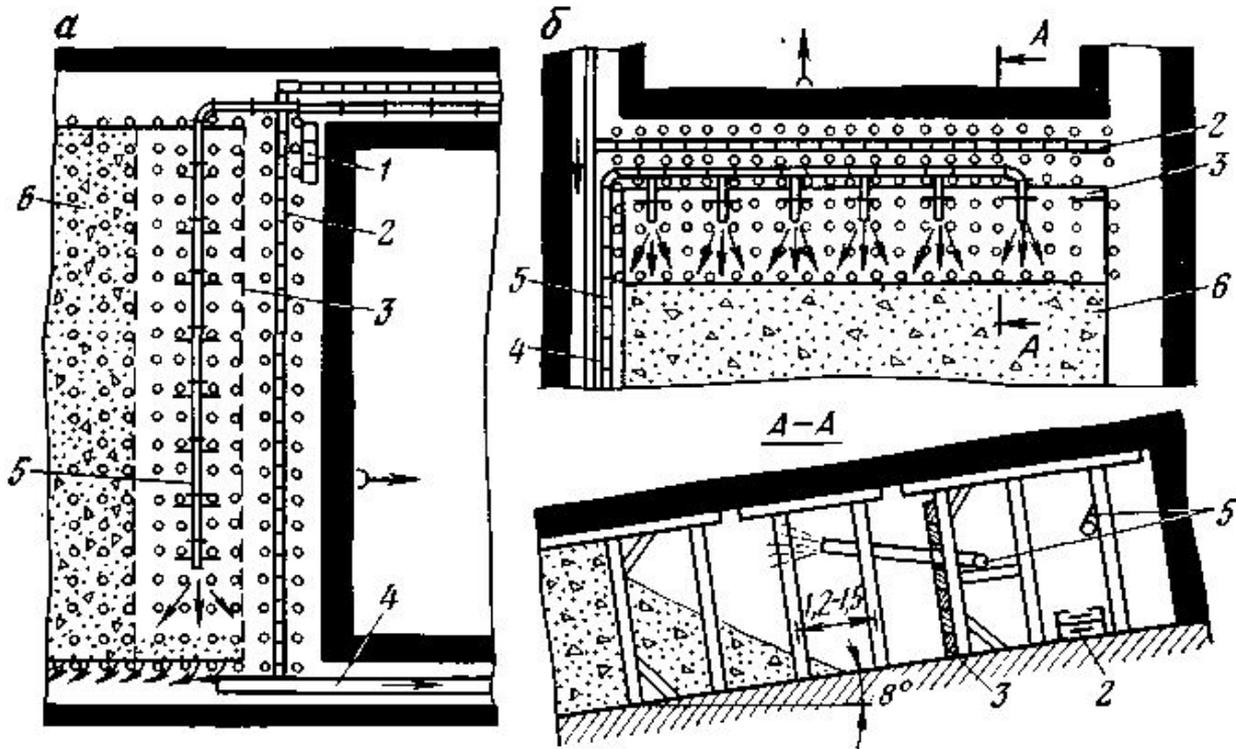


Рис. Схемы возведения закладочного массива при гидрозакладке:

а – при отработке по простиранию; б – при отработке по восстанию;

1 — комбайн; 2 — забойный конвейер; 3 — ограждение; 4 — конвейер подготовительной выработки; 5 — пульпопровод; 6 — закладочный массив

# *Достоинства*

## гидрозакладки:

- *Достоинства* гидрозакладки:
- - высокая производительность (до 200 - 300 м<sup>3</sup>/ч закладочного материала);
- - высокая степень механизации;
- - малая трудоемкость работ;
- - простота оборудования и ведения работ;
- - высокая плотность закладочного массива (усадка 7 ÷ 15%).

# УСМ ПРИ СИСТЕМАХ С ЗАКЛАДКОЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

- Наибольшее распространение системы разработки с закладкой находят применение при разработке высокоценных рудных месторождений и при необходимости сохранения земной поверхности от обрушения или опасных деформаций. Основные задачи и условия управления состоянием массива при системах с закладкой представлены в таблице

- 1. Повышение полноты и качества извлечения руд
  - 2. Разработка месторождений в сложных горнотехнических условиях
  - 3. Интенсификация разработки месторождений
  - 4. Улучшение условий труда
  - 5. Охрана окружающей среды
- - отработка охранных целиков; селективная выемка, разработка сложноструктурных месторождений; разработка месторождений ценных руд
  - - сильнообводненные месторождения; неустойчивые руды и породы; пожароопасные месторождения; разработка глубоких горизонтов
  - - совместная разработка открытым и подземным способом; опережающая выемка богатых руд; восходящая выемка
  - - разработка пожароопасных месторождений; меньшие утечки воздуха; разработка удароопасных месторождений
  - - охрана недр, земли, лесных массивов, водных бассейнов и т. п.; утилизация отходов производства



# Крутопадающие МПИ



# *Расчет прочности закладки*

Ширина камер и целиков приняты одинаковыми, исходя из устойчивости пород кровли и висячего бока. Целики ленточные.

*Нормативная прочность закладки*

где  $\sigma_{сж}$  - напряжение в искусственном целике;

- $K_3$  - коэффициент запаса прочности;
- $K_{сл}$  - коэффициент, учитывающий влияние слоистости в искусственном целике;
- $K_п$  - коэффициент, учитывающий полноту подбучивания закладкой пород кровли или висячего бока;
- $K_ф$  - коэффициент формы, учитывающий соотношение поперечных размеров целика;
- $K_у$  - коэффициент, учитывающий увеличение несущей способности целика при заложенных соседних камерах;
- $K_д$  - коэффициент, учитывающий время стояния целика при открытых соседних камерах (коэффициент длительной прочности),  $K_д = 0,5 \div 0,7$ .
- Коэффициент запаса прочности ( $K_3 = 1,5 \div 2$ ) учитывает сейсмическое воздействие взрыва, изменение прочности закладки на различных участках, отклонение фактических размеров целика от проектных и т.п.

$$K_{\text{сл}} = \frac{1}{1 + \frac{h_c}{h \cdot \sigma_2} \cdot (\sigma_1 - \sigma_2)} \cdot \frac{1 + 4\sqrt{\frac{h_{\text{п}}}{h}}}{1 + 0,4 \cdot \sqrt{\frac{h_{\text{п}}}{h}}},$$

где  $\frac{1}{1 + \frac{h_c}{h \cdot \sigma_2} \cdot (\sigma_1 - \sigma_2)}$  - учитывает влияние слабых прослоев;

$\frac{1 + 4\sqrt{\frac{h_{\text{п}}}{h}}}{1 + 0,4 \cdot \sqrt{\frac{h_{\text{п}}}{h}}}$  - учитывает влияние пластичных прослоев;

$h_c$  - суммарная мощность слабых прослоев;

$h_{\text{п}}$  - суммарная мощность пластичных прослоев;

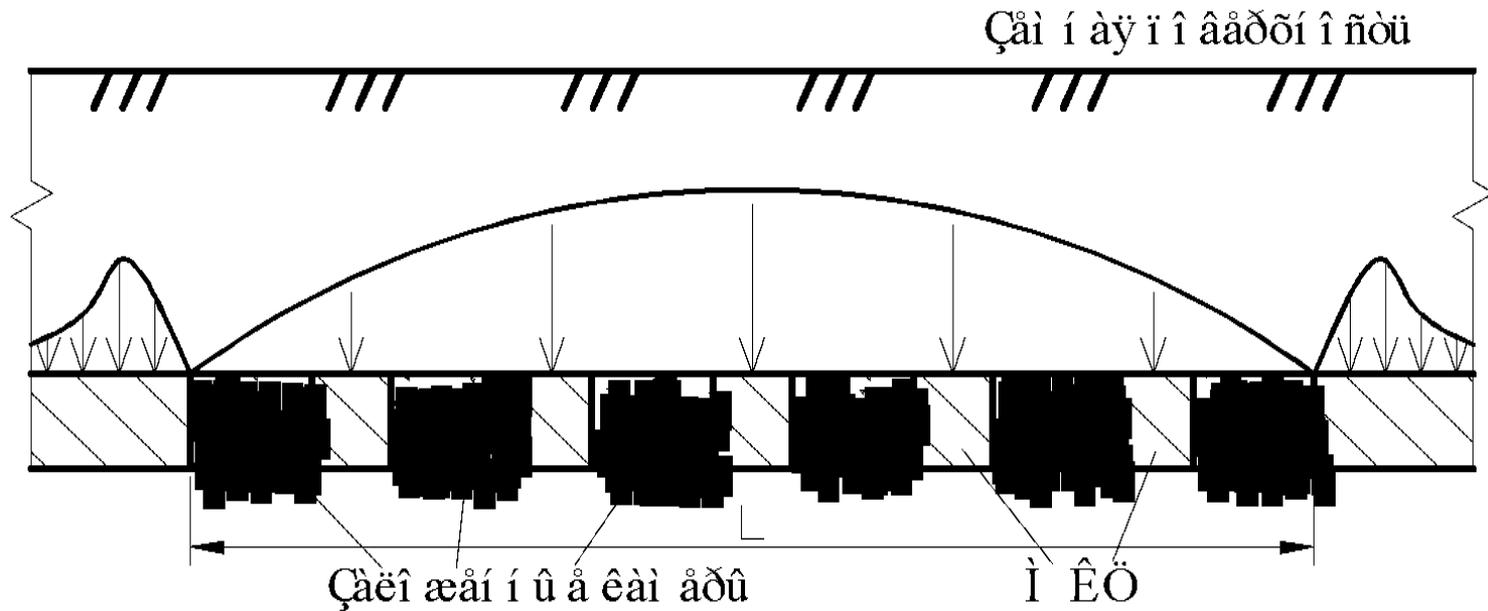
$h$  - высота целика;

$\sigma_1$  - предел прочности крепких слоев;

$\sigma_2$  - предел прочности слабых слоев.

# РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ИСКУССТВЕННЫХ ЦЕЛИКАХ

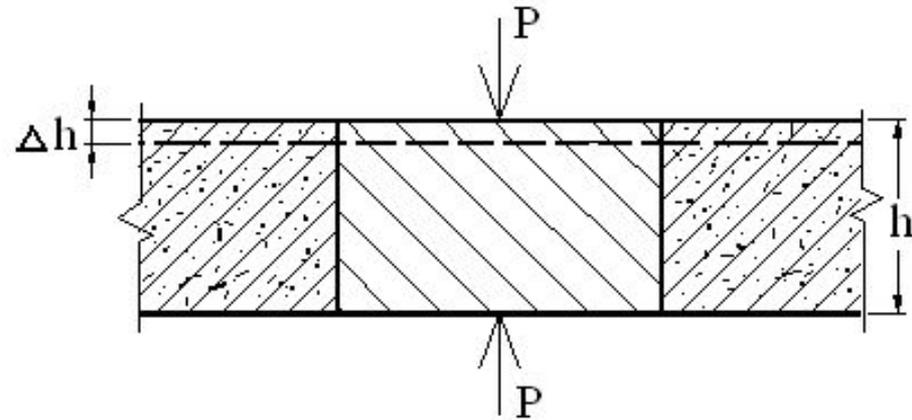
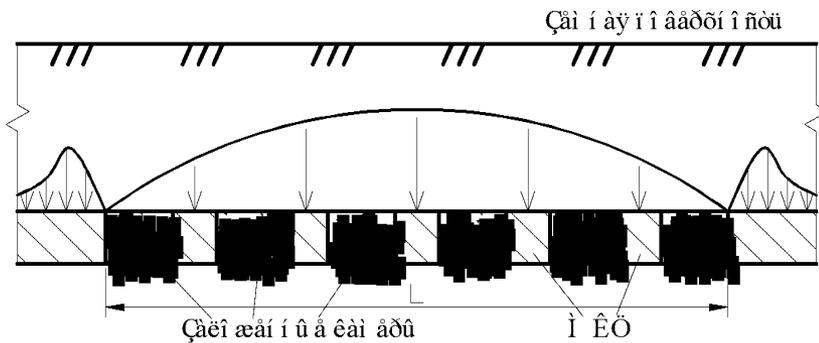
*Распределение напряжений на МКЦ*



# РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ

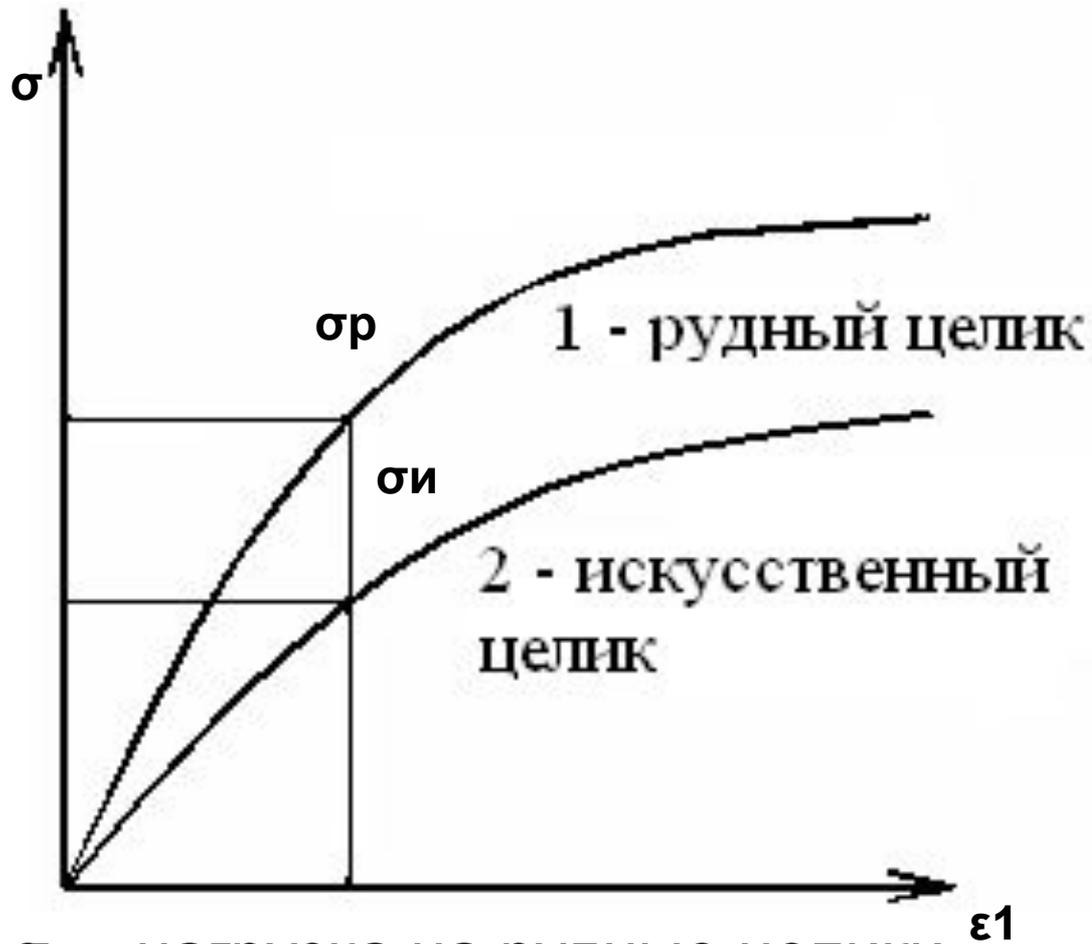
## В ИСКУССТВЕННЫХ ЦЕЛИКАХ

*Распределение напряжений на МКЦ*



При условии сохранения жесткости целиков наибольшие напряжения от воздействия вышележащих пород приходятся на целики в центральной части выработанного пространства, наименьшие - у краевых зон рудного массива. Давление на средние целики равно (или приближается) полному весу столба пород в своде.

$$\epsilon_1 = \frac{\Delta h}{h} - \text{относительная продольная деформация.}$$



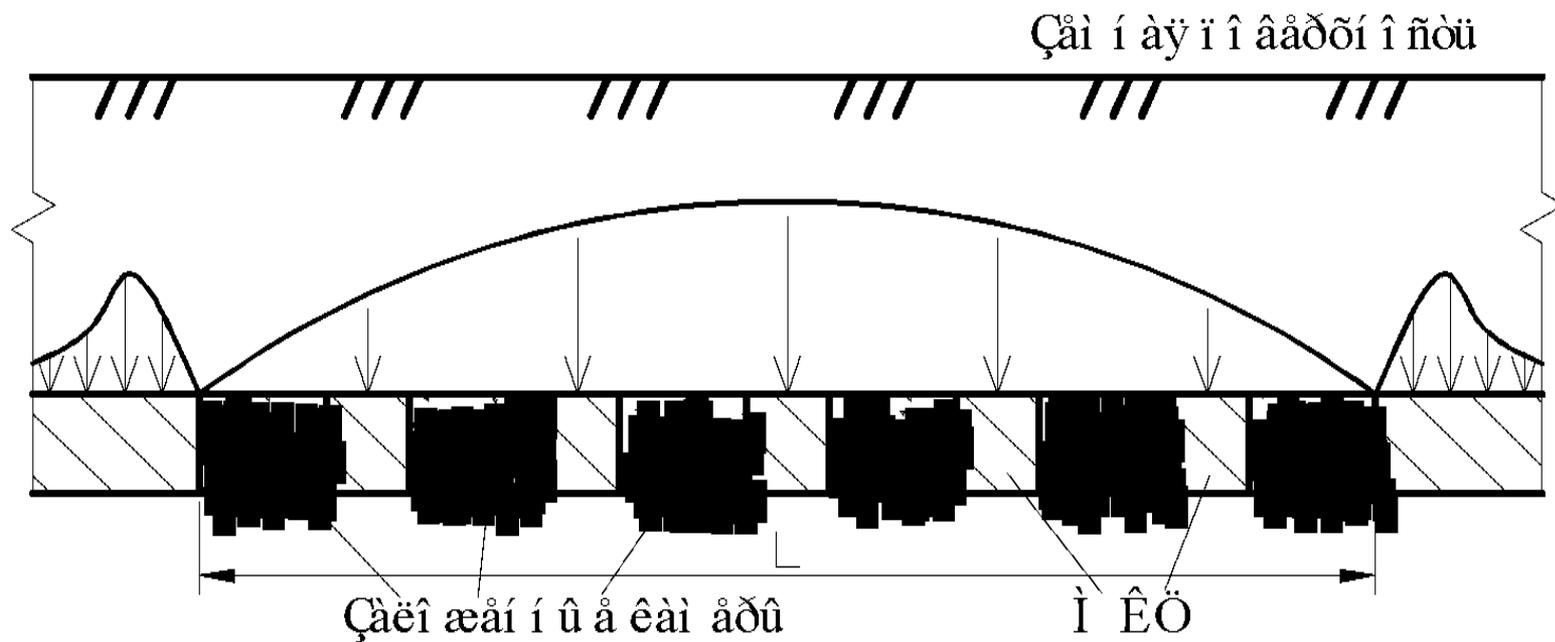
$\sigma_p$  - нагрузка на рудные целики  
 $\sigma_{и}$  - нагрузка на искусственные целики

1,2 - кривые деформации рудных и искусственных целиков.

} при  $\epsilon_1 = \text{const}$

# РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ИСКУССТВЕННЫХ ЦЕЛИКАХ

*Распределение напряжений на МКЦ*



Методика предполагает, что нагрузка подработанной толщи пород в обоих случаях распределяется на опоры I-ой очереди.

Опоры II-ой и III-й очередей рассчитывают, исходя из условия их работы под действием собственного веса при обнажении.

Напряжение на опорах I-ой очереди

$$\sigma_{н.и}^1 = \frac{K_L / H \cdot K_\alpha \cdot \gamma \cdot H \cdot S}{S_{ц}} + \gamma_3 \cdot h. \quad \text{Напряжение на опорах II и III очереди}$$

$$\sigma_{н.и}^{2,3} = \frac{\gamma_3 \cdot h_{ц}}{0,6 \cdot \text{ctg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_3}{2}\right)}, \quad \text{где } \gamma_3 \cdot h \text{ - вес целика;}$$

$\varphi_3$  - угол внутреннего трения закладочного материала;

$K_\alpha$  - коэффициент, учитывающий влияние угла падения рудного тела.

$$K_\alpha = \cos^2 \alpha + m \cdot \sin^2 \alpha,$$

$\alpha$  - угол падения рудного тела;  $m$  - коэффициент бокового распора,  $m = \frac{\mu}{(1 - \mu)}$ ,

где  $\mu$  - коэффициент Пуассона, для пород кровли или висячего бока,  $\mu = 0,2 \dots 0,4$

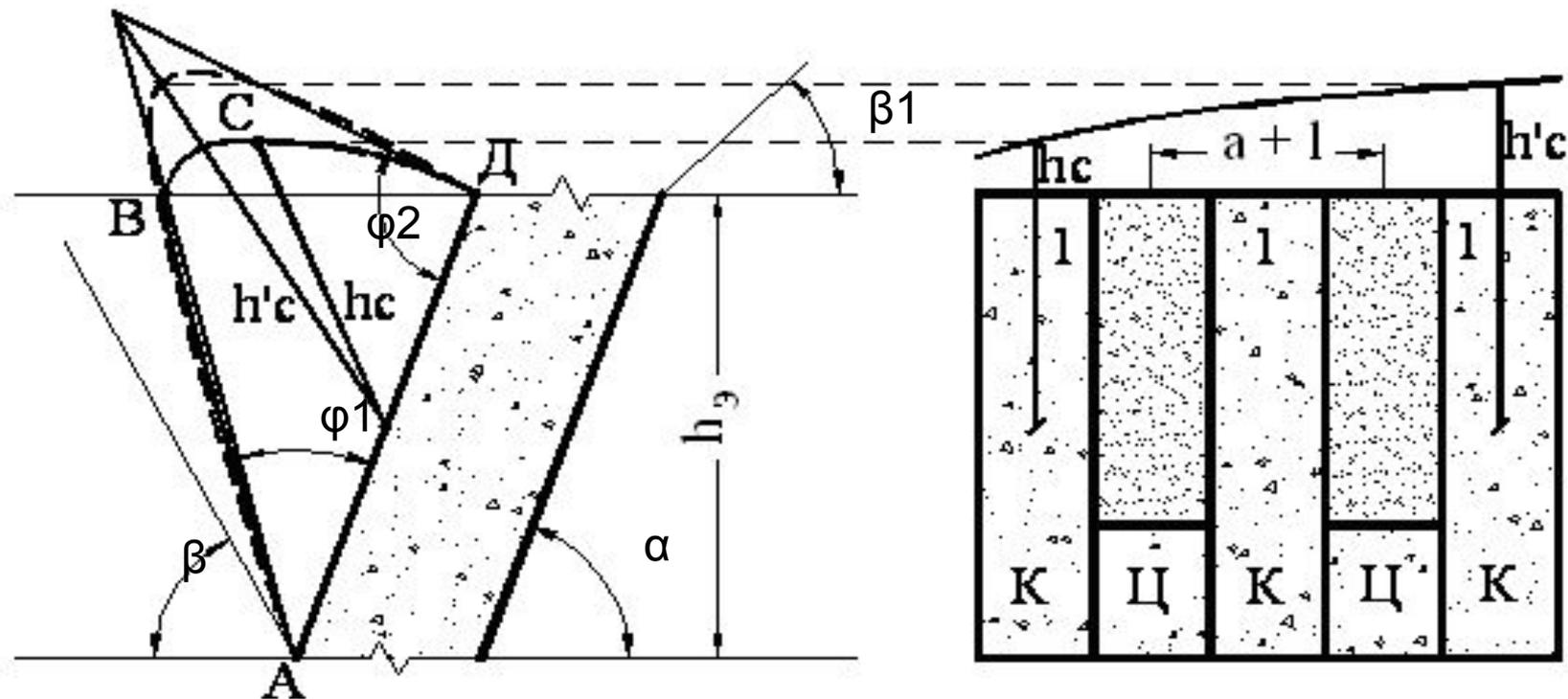
$$\mu = \frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_y}$$

$S$  - площадь пород кровли, приходящаяся на целик;

$S_{ц}$  - площадь целика;

$\gamma_3$  - плотность закладки.

# НАПРЯЖЕНИЯ В ИСКУССТВЕННЫХ ЦЕЛИКАХ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КРУТОПАДАЮЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



Распределение напряжений в искусственных целиках при разработке крутопадающих месторождений:

где  $h_э$  - высота этажа;  $\beta$  - угол сдвижения пород висячего бока;  $\beta_1$  - угол сдвижения пород лежачего бока;  $\varphi_1$  - угол наклона образующей зоны сдвижения (сползания) пород в нижней части этажа;  $\varphi_2$  - угол наклона образующей зоны сдвижения (сползания) пород в верхней части этажа;  $h'_с$  - высота криволинейного свода (зависит от положения целика в очистном пространстве).

# Контрольные вопросы

- 1. Поясните УСМ частичной закладкой при разработке угольных месторождений. Условия применения, технология работ?
- 2. Какие способы закладки вы знаете?
- 3. Какие требования предъявляются к закладочному материалу при различных способах ее возведения?
- 4. Поясните технологию работ при различных способах возведения закладочного массива.

- 5. Охарактеризуйте принципиальные схемы отработки для систем разработки с закладкой при разработке рудных месторождений.
- 6. Поясните как распределяются напряжения в искусственных целиках различных очередей отработки.
- 7. Изложите методику определения нормативной прочности закладки применяемую при разработке пологопадающих месторождений.
- 8. Изложите методику определения нормативной прочности закладки применяемую при разработке крутопадающих месторождений