

# *Лекция №4*

## План лекции

1. Расчет целиков по методу Турнера – Шевякова.
2. Расчет целиков на основании гипотезы свода давления.
3. Методика расчета целиков при камерно-столбовой системе разработки
  - 3.1. Взаимодействие целиков с подработанным массивом. Определение нагрузки на целики при пологом и наклонном падении рудных тел.
  - 3.2. Несущая способность целиков.
  - 3.3. Расчет столбчатых опорных целиков.
  - 3.4. Расчет панельных целиков.

***РАСЧЕТ ЦЕЛИКОВ  
ПРИ РАЗРАБОТКЕ  
ПОЛОГОПАДАЮЩИ  
Х ЗАЛЕЖЕЙ***

## РАСЧЕТ ЦЕЛИКОВ ПО МЕТОДУ ТУРНЕРА – ШЕВЯКОВА

Согласно теории Турнера (1884 г.) каждый целик воспринимает давления от полного веса налегающих пород

$$P = \gamma HS,$$

где  $\gamma$  – удельный вес пород;  $H$  – глубина разработки;  $S$  – площадь пород, приходящихся на целик.

Предельное равновесие пород находится из выражения

$$\sigma_{сж} S_{ц} = \gamma HS,$$

где  $\sigma_{сж}$  – предел прочности на сжатие материала целика;  $S_{ц}$  – площадь целика.

Устойчивое равновесие пород сохраняется при условии

$$S_{ц} / S > \gamma H / \sigma_{сж} .$$

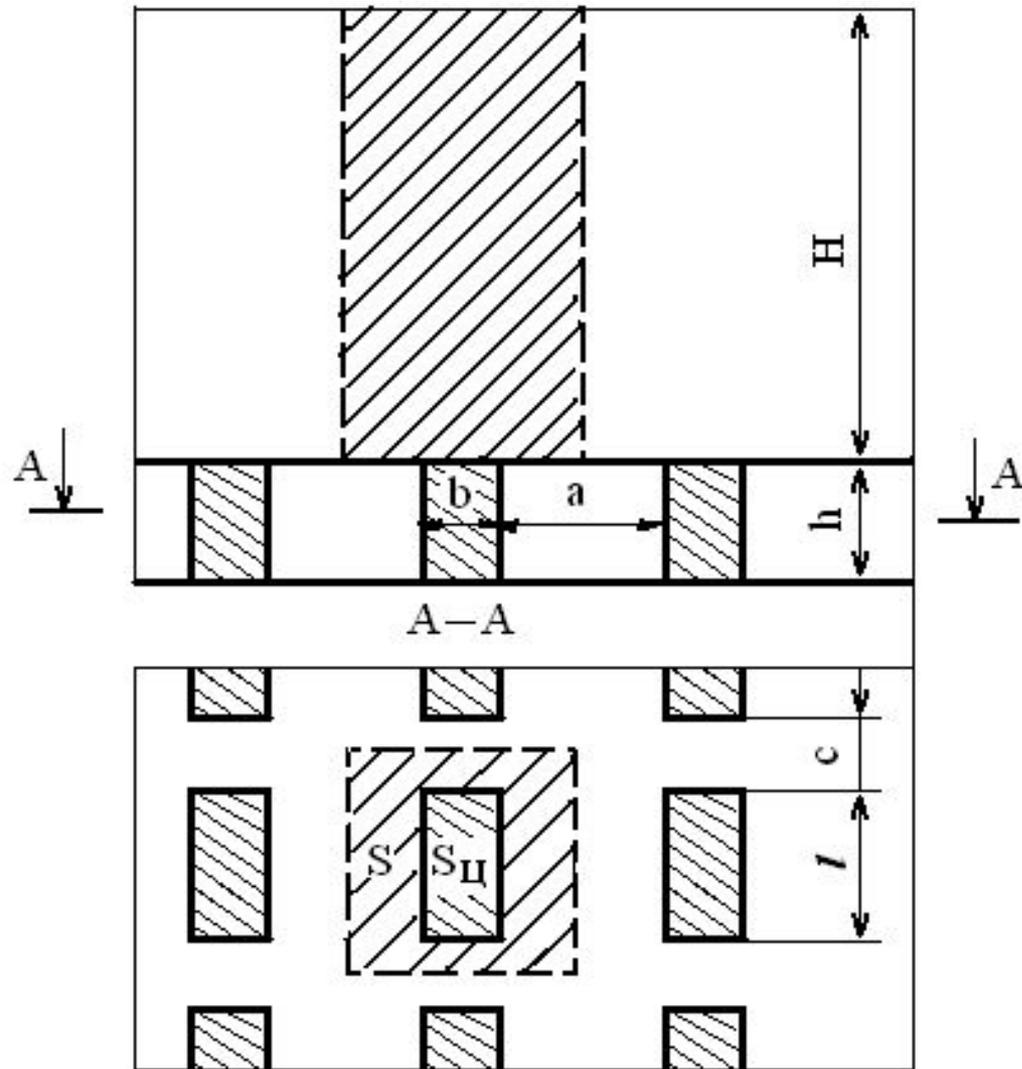
В дальнейшем в 1906 г. К. Кегель предложил учитывать влияние угла падения залежи  $\alpha$  и был введен коэффициент запаса прочности  $k_з$

$$S_{ц} / S = k_з \gamma H \cos \alpha / \sigma_{сж} .$$

В 1941 г. академик Л.Д. Шевяков уточняет данную методику расчетов введением коэффициента формы  $k_{ф}$

$$S_{ц} / S = k_з \gamma H \cos \alpha / (k_{ф} \sigma_{сж}) .$$

Используя соотношение  $S_{ц} / S$  для целиков различной формы определяется ширина целика.



Расчетная схема к определению давления на целики по методу Турнера - Шевякова

# РАСЧЕТ ЦЕЛИКОВ НА ОСНОВАНИИ ГИПОТЕЗЫ СВОДА ДАВЛЕНИЯ

Расчет целиков производится для центральной части подрабатываемой толщи пород, где на них приходится максимальные напряжения.

Условие предельного равновесия целиков записывается в виде

$$S_{ц} k_{ф} \sigma_{сж} = S k_{з} \gamma_{п} h_{св} \cos \alpha,$$

где  $h_{св}$  – высота свода давления в средней части пролета.

Отсюда

$$S_{ц} / S = k_{з} \gamma_{п} h_{св} \cos \alpha / (k_{ф} \sigma_{сж}) .$$

Используя соотношение  $S_{ц} / S$  для целиков различной формы определяется ширина целика.

Давление на панельный целик определяется полным весом столба до поверхности за исключением веса пород в пределах свода давления. Нагрузка на 1 м панельного целика шириной  $B$  (по С.П. Ветрову) составляет

$$P_{п} = [(2l + B)H - 2/3(2l h_{св})] \gamma ,$$

где  $l$  – полупролет подработки.

Условие работы панельного целика с запасом прочности

$$B \sigma_{сж} = P_{п} k_{з}.$$

После подстановки и преобразований ширина панельного целика будет определяться из выражения

$$B = 2/\gamma k_{з}(H - 2/3h_{св})/(\sigma_{сж} - \gamma H k_{з}).$$

# МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЦЕЛИКОВ ПРИ КАМЕРНО-СТОЛБОВОЙ СИСТЕМЕ РАЗРАБОТКИ

Напряжения в опорных целиках можно определить на основе гипотезы Протодьяконова

$$Q = 0,01\gamma H_c, \text{ МПа,}$$

где  $\gamma$  – плотность налегающих пород, т/м<sup>3</sup>;  $H_c$  – высота свода естественного равновесия, м;

$$H_c = L / (2 \cdot \operatorname{tg}(\varphi)),$$

$\varphi$  – угол внутреннего трения пород, град;  $L$  – ширина панели по простиранию, м.

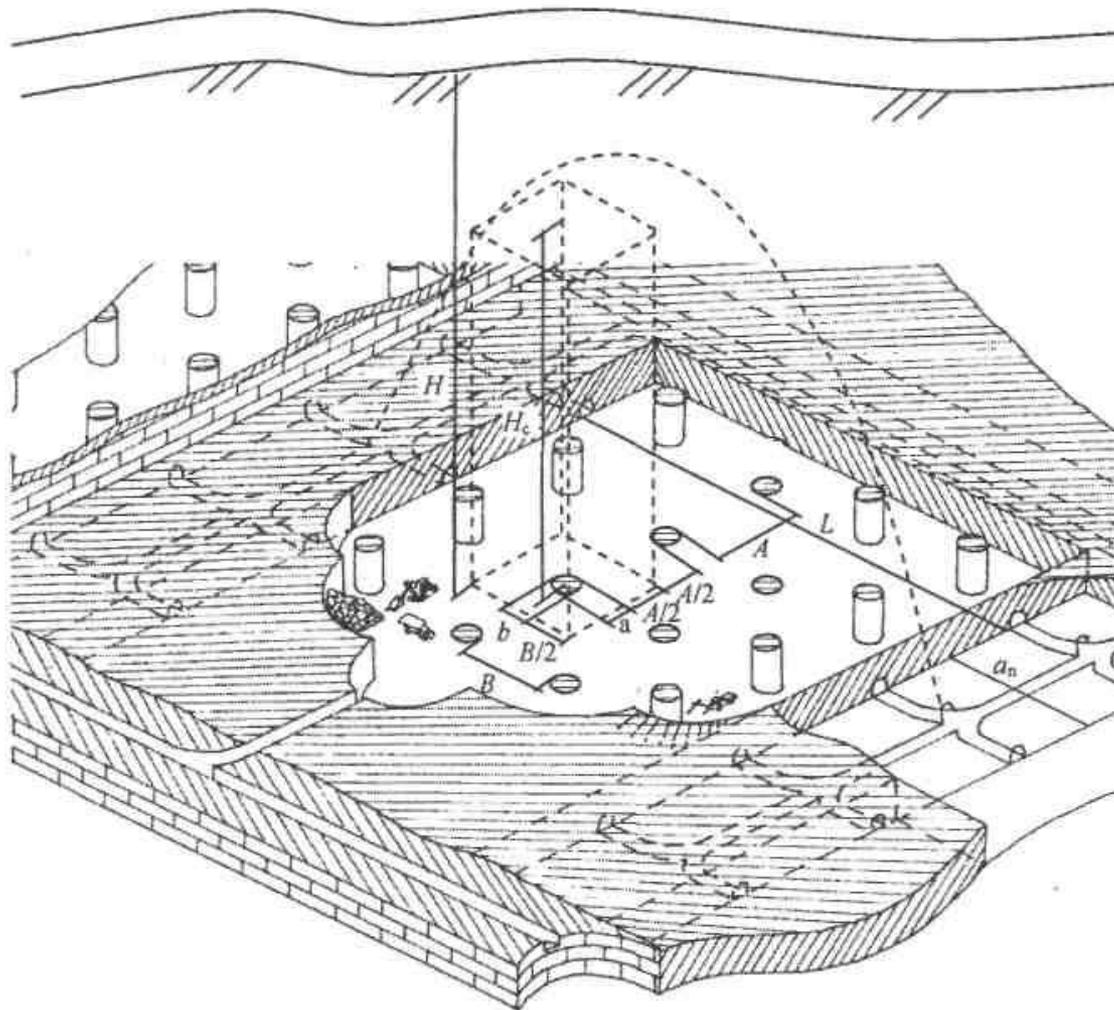


Схема к расчету столбчатых целиков

Сила  $P'$ , действующая на целик, зависит от размера приходящейся на него площади обнажения  $S_0$

$$P' = Q \cdot S_0 .$$

При разработке наклонных рудных тел она будет несколько (примерно в  $\cos\alpha$ ) меньше, что в совокупности с ориентацией целика длинной стороной относительно рудного тела и угла его «установления» учитывается коэффициентом угла наклона залежи  $k_\alpha$ :

$$P = P' \cdot k_\alpha , \text{ МН.}$$

Значения  $k_\alpha$  от ориентации  
целиков

Угол падения залежи, $\alpha$ , град	Значения $k_\alpha$ при ориентации целиков длинной стороной	
	По простиранию	По восстанию
0	1,00	1,00
10	0,99	0,99
20	0,97	0,94
30	0,93	0,88
40	0,87	0,79

Для обеспечения большей устойчивости целика его следует формировать с некоторым наклоном в сторону восстания рудного тела под углом  $\alpha'$ .

Рекомендуемые углы отклонения целиков от вертикальной оси

Угол падения залежи $a$ , град	0	10	20	30	40
Угол наклона целика в сторону восстания рудного тела $a'$ , град	0	5	10	14	17

Значение коэффициента запаса прочности в зависимости от соотношения его сторон

Отношение длинной стороны $b$ к короткой $a$	$\leq 2$	2...4	$> 4$	Ленточные целики
Коэффициент запаса прочности	3,7	3,2	2,8	2,8

Окончательно, с учетом всех участвующих в расчетах составляющих, получим формулу определения параметров квадратных и прямоугольных целиков:

$$\frac{a \cdot b}{(a + A) \cdot (b + B)} = \frac{0,01 \cdot \gamma \cdot H_c \cdot k_\alpha}{k_\phi \cdot k_c \cdot \sigma_{сж}^0}$$

где  $a$  и  $b$  – ширина и длина целика, м;  $A$  и  $B$  – ширина камеры и просечки, соответственно, м.

Отсюда окончательную формулу вычисления ширины панельного целика запишем в вид

$$a_{\Pi} = \sqrt{\frac{0,01 \cdot \gamma \cdot H \cdot k_\alpha \cdot n \cdot L \cdot h}{k_c \cdot \sigma_{сж}^0}}$$

где  $H$  – глубина залегания рудного тела, м.