УДК 622.273.217.24

Г.Г. Милехин, В.Д. Палий

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАТИВНОЙ ПРОЧНОСТИ ЗАКЛАДКИ В КАМЕРАХ РОМБОВИДНОЙ ФОРМЫ

Рассмотрена методика расчета нормативной прочности закладки при системе разработки с подэтажной отбойкой руды в камерах ромбовидной формы. В качестве нормативной предлагается принимать наибольшее расчетное значение прочности, определяемой из условий устойчивости свода камер ромбовидной формы и устойчивости образуемого между камерами сложного по форме и строению междукамерного целика.

The method of the filling standard strength calculation is the case of working witg sublevel stoping in rhombic shaped rooms is considered. The largest strength value determined from the stability conditions of rhombic shaped rooms roof and stability of the room pillar with a complex shape and structure formed between the rooms is recommended to take as a standard strength.

В Санкт-Петербургском государственном горном институте для крутопадающих месторождений разработан вариант системы разработки с подэтажной отбойкой руды в камерах ромбовидной формы [1, 4]. При таком варианте системы разработки нет горизонтального снизу и вертикального сбоку обнажения рудного массива, поэтому основные размеры камеры (высота и ширина) не зависят от устойчивости последнего, что позволяет применять эту технологию в сложных горно-технических условиях для отработки слабоустойчивых руд.

Верхняя половина каждой камеры формируется закладочным массивом двух смежных камер, расположенных на соседнем подэтаже (рис.1), поэтому основные размеры камеры и прочность закладки взаимозависимы, а нормативная прочность закладки должна гарантировать устойчивость обнажений камер в конкретных условиях.

В первую очередь, закладка вышерасположенных камер обеспечивает устойчивость верхней части отрабатываемой камеры, которая (рис.1) имеет форму шатра, а в реальности при

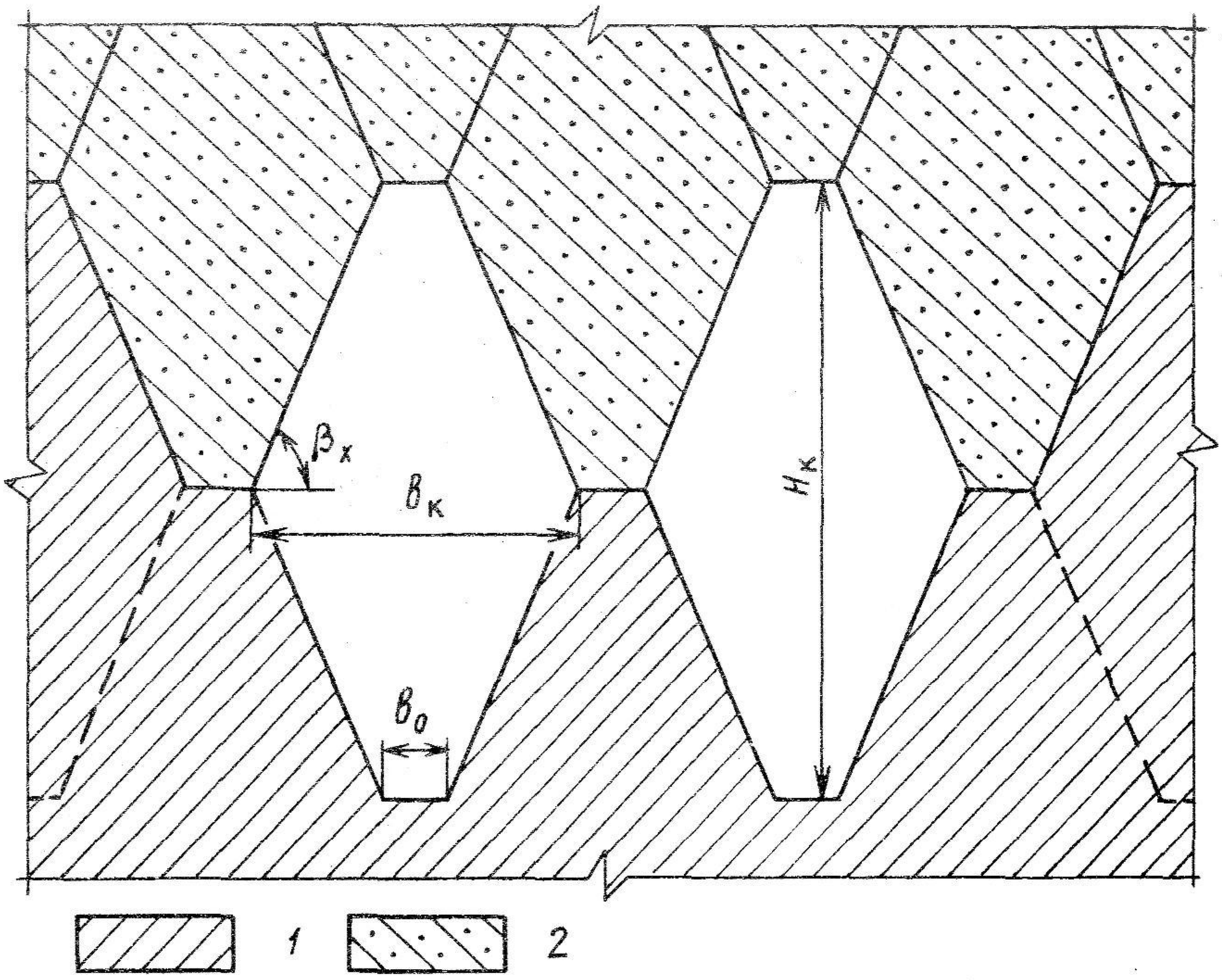


Рис.1. Формы свода и целика при системе с подэтажной отбойкой руды в камерах ромбовидной формы

1 и 2 - рудный массив и твердеющая закладка соответственно

буровзрывной отбойке - форму свода. Известно, что именно эти формы кровли горных выработок более устойчивы.

Для "кровли" камерных шатрообразных выработок справедливо выражение [3]

$$tg\delta = \frac{9\gamma_з h_и K_з}{2\sigma_и},$$

где $\gamma_з$ - объемный вес закладки, МН/м^3; $h_и$ - вертикальная высота искусственной стенки камеры, м; $K_з$ - коэффициент запаса, для безлюдной выемки $K_з = 1{,}2$, в присутствии людей в камере $K_з = 1{,}5$; $\sigma_и$ - прочность закладки, МПа; δ - угол наклона стенки камеры, градусы.

Тогда прочность закладки для камер ромбовидной формы по условию устойчивости их свода:

$$\sigma_c = 2{,}25\,\gamma_з H_к K_з ctg\beta_к, \qquad (1)$$

где $H_к$ - полная высота камеры; $\beta_к$ - угол наклона боковых стенок камеры, $\beta = arctgH_к/(b_к - b_0)$.

Однако, определяя нормативную прочность закладки, необходимо учитывать, что при рассматриваемой технологии и

одновременной отработке двух соседних камер образуются сложные по строению и форме междукамерные целики (рис.1). Такой целик имеет Х-образную форму (с большой разницей в ширине средней части и на краях), его верхняя часть состоит из закладочного материала, а нижняя из рудного массива. Так как прочность закладки, как правило, меньше прочности рудного массива, то устойчивость такого целика зависит от прочности закладочного материала.

Установлено, что удельная несущая способность целиков Х-образной формы ориентировочно на 15 % выше "кубиковой" прочности материала, из которых они сформированы, и угол наклона боковых стенок целиков в диапазоне 45-75^0 существенно не влияет на их несущую способность [5]. Доказано также, что целики испытывают давление от полного веса пород до поверхности при больших пролетах разработки, а при небольших пролетах давление на целики ограничивается весом пород в пределах свода естественного равновесия либо весом пород до породы-моста.

Соответственно методика расчета прочности закладочного материала по условию устойчивости междукамерных целиков при системах с подэтажной отбойкой руды в камерах ромбовидной формы может базироваться на следующих допущениях:

1) при расчетах Х-образная форма целиков заменяется прямоугольной с шириной целика, равной минимальной ширине камеры ромбовидной формы;

2) удельная несущая способность целика Х-образной формы выше "кубиковой" прочности материала целика и принимается с учетом коэффициента $K_x = 1{,}15$, учитывающего это увеличение;

3) при разработке крутопадающих месторождений целик испытывает давление вышерасположенного закладочного массива в пределах свода естественного равновесия.

Ширина свода естественного равновесия $B_{св}$ зависит от горизонтальной мощности рудного тела и угла сдвижения пород (рис.2): при $\alpha > \beta$ и $\alpha < \beta$ соответственно

$$B_{св} = m_г + H_к \operatorname{ctg} \beta$$

и

$$B_{св} = m_г + \frac{H_к}{2}(ctg\beta + ctg\alpha),$$

где $m_г$ - горизонтальная мощность рудной залежи, м; $m_г = m_р/\sin \alpha$; $m_р$ - нормальная мощность рудной залежи, м ;

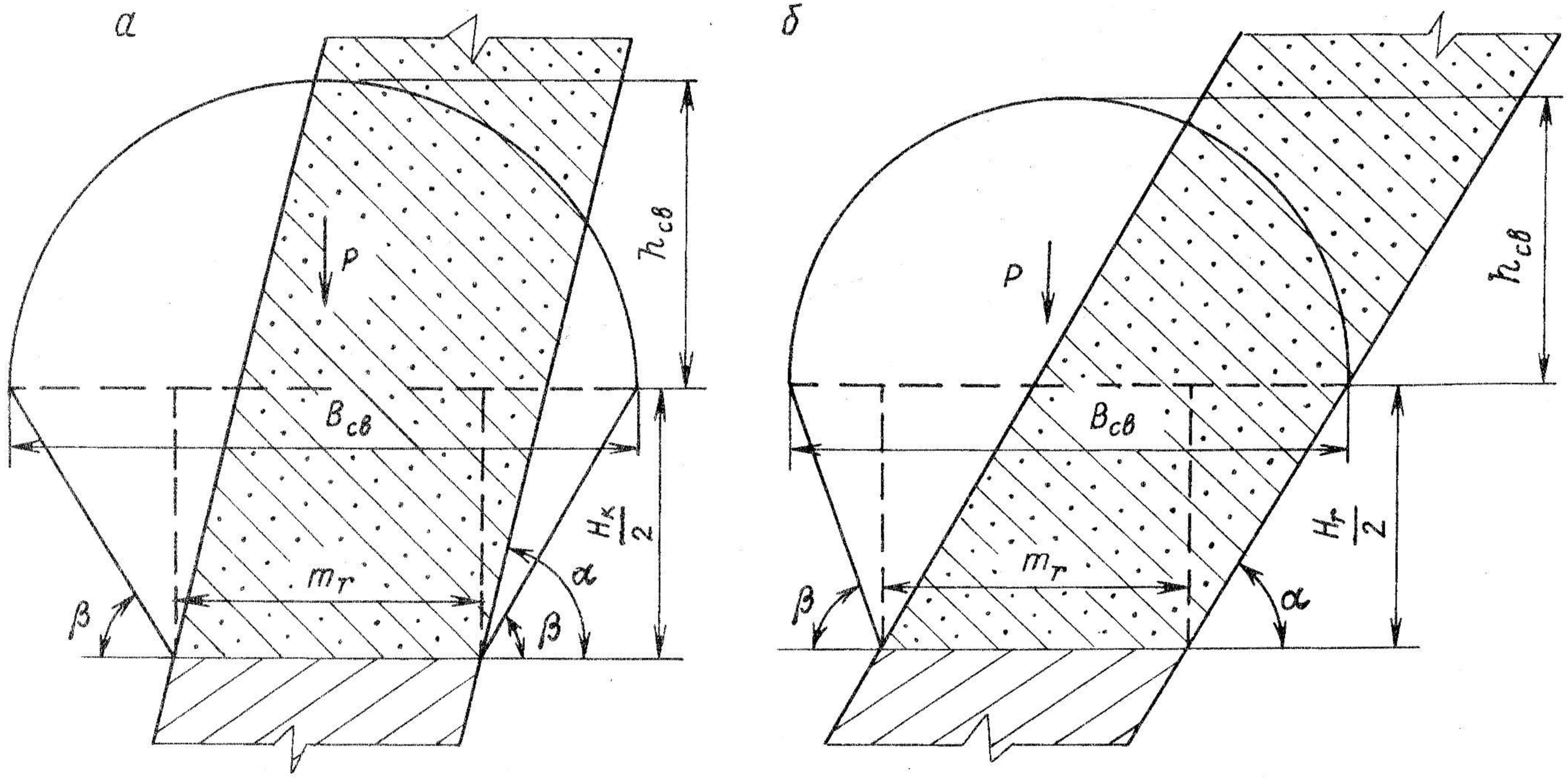


Рис.2. Расчетная схема и определение ширины свода естественного равновесия: а - при $\alpha > \beta$; б - при $\alpha < \beta$

α - угол падения рудной залежи, градусы; β - угол сдвижения пород, градусы [2].

Тогда в соответствии с расчетной схемой (рис.3, а) прочность закладки по условию устойчивости междукамерного целика

$$\sigma_{ц} = K_{з}\sqrt{\frac{5(b_0+b_k)B_{св}\gamma_{з}}{K_x b_0}} \quad . \qquad (2)$$

Значительно снизить прочность закладки можно, если не допускать одновременной отработки двух соседних камер (рис.3, б). В этом случае

$$\sigma_{ц} = K_{з}\sqrt{\frac{5(b_0+b_k)B_{св}\gamma'_{з}(n+1)}{K_x[n(b_0+b_k)+b_0]}} \, , \qquad (3)$$

где $\gamma^1_з$ - удельный вес закладочного материала, МН/м^3 ; n - число неотработанных или заложенных камер между двумя одновременно отрабатываемыми.

В качестве нормативной $\sigma_н$ принимается прочность, величина которой не меньше значений, рассчитанных по условию устойчивости свода и междукамерного целика по формулам (1)-(3).

Расчетами установлено, что порядок отработки камер ромбовидной формы существенно влияет на нормативную прочность закладки: при одновременной отработке двух соседних камер ($n = 0$) нормативная прочность закладки должна быть почти в 2 раза выше, чем при порядке, не допускающем такую отработку ($n \neq 0$). Например, при $m_р = 25$ м и $H_к = 45$ м при n=0 и n=1 нормативная прочность закладки соответственно 6,2 и 3,1 МПа. Известно, что эффективность разработки месторождений с закладкой выработанного пространства связана, в первую очередь, со стоимостью закладки, которая прямо пропорционально зависит от ее прочности. Кроме того, при одновременной отработке двух соседних камер ширина целика в среднем по высоте сечений камеры получается небольшой (равна ширине траншейного орта) и может быть меньше расчетной из-за влияния взрывных работ при отбойке запасов камер, что может стать причиной разрушения такого целика. Поэтому и с экономической, и с технической точек зрения одновременная отработка двух соседних камер при рассматриваемой технологии недопустима, а расчет нормативной прочности закладки надо производить по формулам (1) и (3).

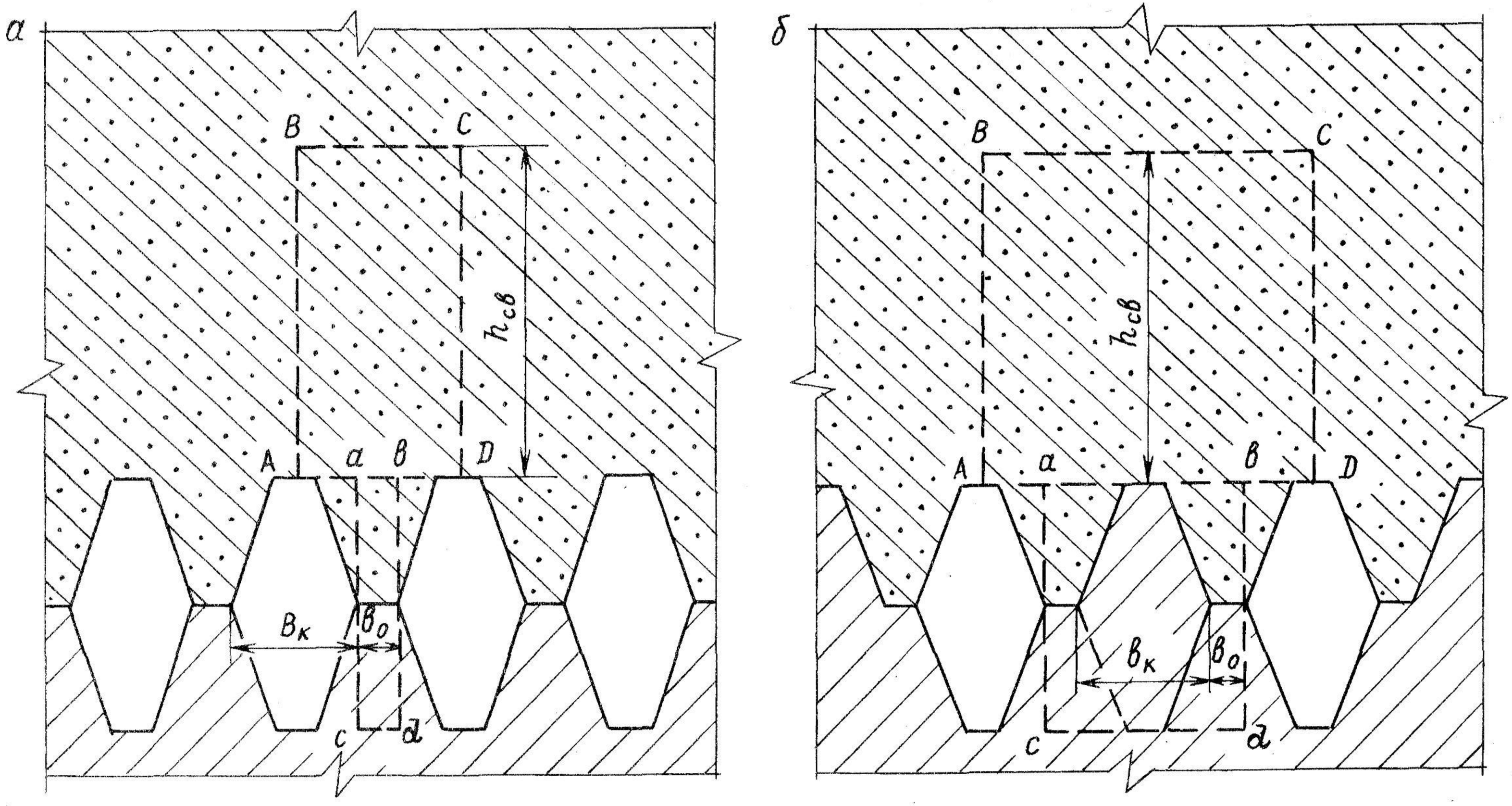


Рис.3. Расчетная схема к определению прочности закладки по условию устойчивости междукамерного целика: а - при одновременной отработке двух соседних камер; б - при порядке отработки камер, исключающих одновременную обработку двух соседних

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А.с. 1640457 МКИ[3] E21F15/00. Способ формирования закладочного массива /Г.Г.Милехин, А.А.Иванов, Ю.С.Обручев, С.Н.Абашин (СССР), Опубл.07.04.91. Бюл.№13.

2. Временные правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок месторождений руд цветных металлов с неизученным процессом сдвижения горных пород /ВНИМИ. Л., 1986.

3. Методические указания по управлению горным давлением при сплошных системах разработки с твердеющей закладкой на рудниках Норильского ГМК /ВНИМИ. Л., 1987.

4. *Милехин Г.Г., Бодня И.В., Обручев Ю.С.* Система разработки с подэтажной отбойкой руды и неполной закладкой выработанного пространства//Горный журнал. 1990. № 7.

5. *Милехин Г.Г., Грохольский А.А., Абашин С.П.* Устойчивость целиков при разработке месторождений камерами ромбовидной формы//Тезисы докладов VIII Уральской науч.-техн.конференции по системам подземной разработки руд цветных металлов/Унипромедь. Свердловск, 1989.