

**ОБ ИНТЕНСИВНОСТИ ВЫЕМКИ КАМЕРНЫХ ЗАПАСОВ ПРИ  
РАЗРАБОТКЕ КРУТОПАДАЮЩИХ МОЩНЫХ РУДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ  
КАМЕРНЫМИ СИСТЕМАМИ РАЗРАБОТКИ**

Г. Е. БАКАНОВ

(Представлено кафедрой разработки рудных месторождений)

Интенсивность выемки камерных запасов при разработке мощных рудных залежей камерными системами разработки, определяемая техникой и организацией очистных работ в камерах, должна находиться в соответствии с темпами подготовки и нарезки камер. Вопросы, относящиеся к определению производительности камер по отбойке и выпуску руды, в СССР достаточно хорошо изучены и решение их в конкретных случаях теперь не представляет особых затруднений. Что же касается методов установления возможной производительности камер по скорости проведения подготовительных и нарезных выработок, то они еще не освещались в горной литературе, несмотря на важность и большое значение их для производства.

Для обеспечения ритмичной работы шахты и достижения максимально возможной интенсивности выемки запасов при камерных системах разработки необходимо, чтобы темпы подготовки и интенсивность разработки камер постоянно находились в определенных количественных соотношениях.

Если  $N$  — количество одновременно разрабатываемых камер в крыле этажа,  $T_1$  — время, затрачиваемое на очистную выемку руды из них,  $T_2$  — время, необходимое на подготовку и нарезку такого же количества новых камер,  $k_0$  — коэффициент резерва подготовленных запасов (опережения подготовки), то для своевременной подготовки и нарезки камер надо, чтобы между величинами  $T_1$  и  $T_2$  была такая зависимость

$$T_1 = k_0 T_2. \quad (1)$$

С другой стороны, время, необходимое на очистную выемку руды из камер,

$$T_1 = \frac{NQ_k}{NP_k} = \frac{Q_k}{P_k}, \quad (2)$$

где  $Q_k$  — средние промышленные запасы руды в камерах, вынимаемые очистными работами,  $m$ ;

$P_k$  — средняя производительность камеры в единицу времени,  $m$ /месяц или год.

Время, затрачиваемое на подготовку и нарезку камер, зависит от системы разработки, техники и организации подготовительных и нарезных работ. В общем виде эту зависимость можно представить так:

$$T_2 = t'_n + t''_n + t'_H + t''_H. \quad (3)$$

Здесь  $t'_n$  — время, необходимое на проведение подготовительных выработок, зависящее от числа одновременно подготовляемых камер  $N$ ;

$t''_n$  — время на подготовку камер, не зависящее от  $N$ ;

$t'_H$  — время, необходимое на нарезные работы, которые не совмещаются ни с подготовительными, ни с очистными работами;

$t''_H$  — время, потребное на нарезные работы, которые полностью или частично могут совмещаться с подготовительными, прочими нарезными или очистными работами.

Для большинства камерных систем разработки время  $t'_n = \frac{N(s+c)}{v_{ш}}$ ,

где  $s$  — ширина камеры,  $c$  — толщина междукамерных целиков и  $v_{ш}$  — скорость проведения полевого или рудного штрека. Величины  $t'_n$ ,  $t'_H$  и  $t''_H$  при прочих одинаковых условиях зависят от конструктивных особенностей систем разработки и порядка подготовки и нарезки камер. Чтобы установить эту зависимость, рассмотрим два типа камерных систем разработки: с открытым выработанным пространством и с магазинированием руды.

При разработке камерами с открытым выработанным пространством выемка руды может вестись без деления этажей на подэтажи с отбойкой руды взрыванием зарядов в глубоких скважинах или с разделением этажей на два или несколько подэтажей. В последнем случае, в зависимости от принятой высоты подэтажа, для отбойки руды применяются глубокие скважины или глубокие шпуровые („штанги“).

На рис. 1 и 2 даны схемы подготовки и нарезки камер при этажной выемке руды с применением глубоких вертикальных скважин. Для схемы, показанной на рис. 1, подготовка камеры и нарезка ее,

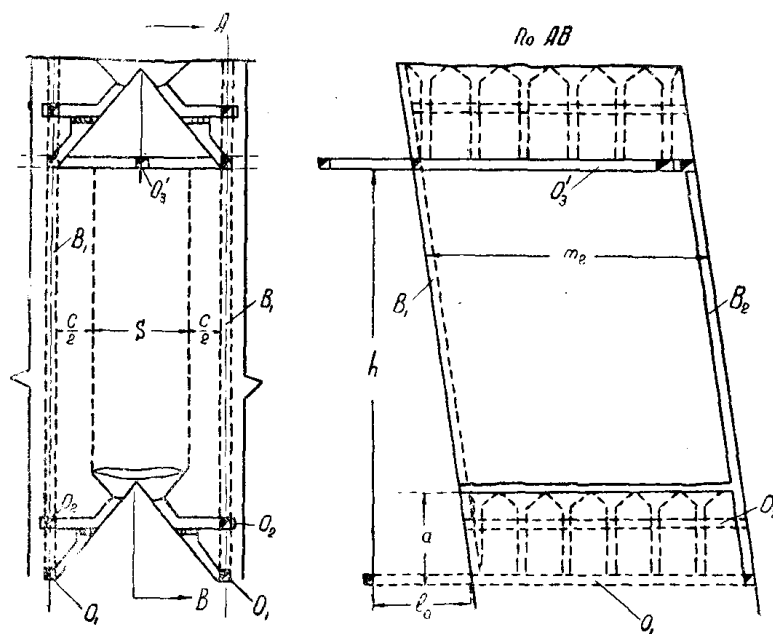


Рис. 1. Схема подготовки камеры с этажной выемкой руды глубокими вертикальными скважинами (с горизонтом грохотов)

совершаемая в промежуток времени  $t'_H$ , состоит в проведении откаточного орта  $O_1$ , штрека у висячего бока залежи  $\text{Ш}_p$ , восстающего по оси целика у лежачего бока  $B_1$  и разрезного восстающего по оси камеры у висячего бока  $B_2$ . Если подготовка камер производится по схеме, как представлено на рис. 2, то вместо орта по оси целика про-

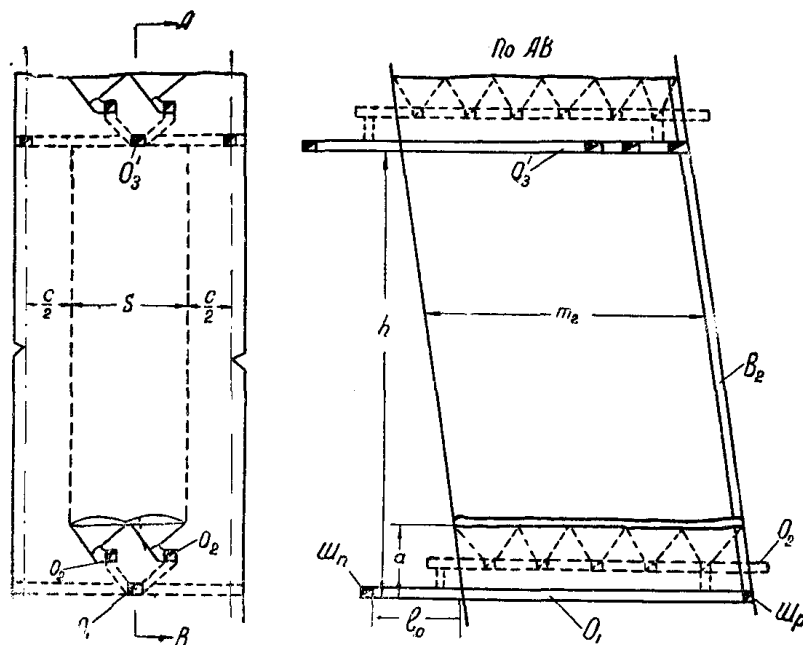


Рис. 2. Схема подготовки камеры с этажной выемкой руды глубокими вертикальными скважинами (с горизонтом скреперования)

водится орт  $O_1$  по оси камеры и не проводится восстающий в целике у лежачего бока рудного тела. В остальном порядок подготовки камер остается здесь такой же, как и по схеме, изображенной на рис. 1.

При выемке камер прямым ходом орты  $O_1$ , восстающие  $B_1$ ,  $B_2$  и штрек  $\text{Ш}_p$  проводят по мере проходки полевого штрека  $\text{Ш}_n$ . Восстающий  $B_1$  начинают проходить раньше восстающего  $B_2$ , либо его совсем не проводят. Поэтому проходка этого восстающего укладывается в промежуток времени, в течение которого проходят орт  $O_1$ , часть штрека  $\text{Ш}_p$  и восстающий  $B_2$ .

Учтя сказанное выше, можно составить уравнение для определения продолжительности подготовки и частичной нарезки камер в таком виде:

$$t'_n + t''_n + t'_H = \frac{N(s+c)}{v_{ш}} + \frac{m_2 + l_0}{v_0} + \frac{c+s}{2v_{ш}} + \frac{h}{v_B \sin \alpha}, \quad (4)$$

где  $m_2$  — горизонтальная мощность рудного тела, м;

$l_0$  — расстояние полевого штрека от рудной залежи (длина части орта  $O_1$ , пройденной по породе), м;

$h$  — высота этажа, м;

$v_0$  и  $v_B$  — скорости проведения орта  $O_1$  и восстающего  $B_2$ ;

$\alpha$  — угол падения залежи.

Применительно к схемам, показанным на рис. 1 и 2, нарезные работы, охватываемые периодом  $t''_H$ , состоят в проведении ортов  $O_2$  (на горизонте грохочения или скреперования), в образовании

воронок, устройстве рудных скатов, проходке заходок на буровом горизонте и в образовании разрезной щели. Время, необходимое на нарезку камер, зависит от техники, организации и порядка нарезных работ, а также от способа отрезки камеры. Образование воронок может совмещаться во времени с производством очистных работ. Рудные скаты можно проходить совместно с ортами  $O_2$ . В свою очередь, орты  $O_2$  могут проводиться параллельно с ортами  $O_1$  и восстающими  $B_2$  или сразу после проходки этих выработок. При образовании отрезной щели взрыванием зарядов в глубоких скважинах операцию по отрезке камеры можно отнести к очистным работам (с соблюдением определенного порядка взрывания зарядов в двух первых рядах скважин). В этом случае при определении продолжительности нарезных работ  $t''_н$  эту операцию можно не учитывать. Если щель образуется каким-либо другим способом (уступами, с магазинированием руды и т. п.), то на выполнение ее при нарезке камеры необходимо предусматривать соответствующее время.

Итак, в отношении нарезных работ, выполняемых в период  $t''_н$  по схемам, показанным на рис. 1 и 2, могут быть такие случаи:

а) Все эти нарезные работы выполняются параллельно с подготовительными и очистными работами в камере; тогда время  $t''_н = 0$ .

б) Орты  $O_2$  проходятся вместе после проходки восстающего  $B_2$ , другие нарезные выработки проводятся параллельно с проходкой

этих ортов и производством очистных работ; отсюда  $t''_н = \frac{m_2}{v_{op}}$ ,

$v_{op}$  — скорость проведения ортов  $O_2$ .

в) Разрезная щель образуется совместно с проходкой ортов  $O_2$  до начала очистных работ в камере; в этом случае время, необходи-

мое на нарезку камер  $t''_н = \frac{m_2}{v_{op}}$  или  $t''_н = \frac{h-a}{v_{щ} \sin \alpha}$ , смотря по тому,

какая из этих двух величин окажется большей ( $v_{щ}$  — скорость образования отрезной щели).

г) Орты  $O_2$  проходятся совместно с ортами  $O_1$  и восстающим  $B_2$ , разрезная щель делается до начала очистных работ; продолжитель-

ность нарезки  $t''_н = \frac{h-a}{v_{щ} \sin \alpha}$ .

д) Проведение ортов  $O_2$  и образование разрезной щели производится последовательно после проходки восстающего до начала очистных работ в камере; при таком порядке нарезки величина  $t''_н = \frac{m_2}{v_{op}} +$

$+\frac{h-a}{v_{щ} \sin \alpha}$ .

Таким образом, при подготовке и нарезке камер по схемам, показанным на рис. 1 и 2, продолжительность нарезных работ ( $t''_н$ ) мо-

жет изменяться от 0 до  $\frac{m_2}{v_{op}} + \frac{h-a}{v_{щ} \sin \alpha}$ . Чем быстрее будут осущест-

вляться эти работы, тем интенсивнее будет идти разработка камер. Порядок нарезки камер, рассмотренный в пункте „д“, является самым невыгодным и может применяться при ограниченных масштабах производства и ограниченных технических и организационных возможностях предприятия.

На основании уравнений (1, 2, 3 и 4) для рассматриваемых систем разработки (рис. 1 и 2) можно написать:

$$k_0 \left[ \frac{N(s+c)}{v_{ш}} + \frac{m_2+l_0}{v_0} + \frac{c+s}{2v_{ш}} + \frac{h}{v_в \sin \alpha} + t''_н \right] = \frac{Q_k}{P_k}.$$

Так как

$$\frac{N(s+c)}{v_{ш}} + \frac{c+s}{2v_{ш}} = \frac{(c+s)(2N+1)}{2v_{ш}}$$

и

$$Q_k = k \mu \gamma m_2 s (h-a), \quad \text{то}$$

$$k_0 \left[ \frac{(c+s)(2N+1)}{2v_{ш}} + \frac{m_2+l_0}{v_0} + \frac{h}{v_в \sin \alpha} + t''_н \right] = \frac{k \mu \gamma m_2 s (h-a)}{P_k}, \quad (5)$$

где  $k$  — коэффициент извлечения руды при выемке камерных запасов;  
 $\mu$  — коэффициент очистной добычи руды при разработке камер;  
 $\gamma$  — объемный вес руды,  $m/m^3$ .

Из уравнения (5) производительность камеры по условиям подготовки запасов к очистной выемке

$$P_k = \frac{k \mu \gamma m_2 s (h-a)}{k_0 \left[ \frac{(c+s)(2N+1)}{2v_{ш}} + \frac{m_2+l_0}{v_0} + \frac{h}{v_в \sin \alpha} + t''_н \right]}. \quad (6)$$

Пример 1.

Рудная залежь разрабатывается этажно-камерной системой с отбойкой руды глубокими вертикальными скважинами. Определить возможную производительность камеры по условиям развития подготовительных и нарезных работ, если  $k=0,98$ ;  $\mu=0,95$ ;  $\delta=3,5 m/m^3$ ;  $m_2=40 m$ ;  $s=20 m$ ;  $c=10 m$ ;  $h=70 m$ ;  $a=15 m$ ;  $k_0=1,25$ ;  $l_0=30 m$ ;  $v_{ш}=60 m/\text{мес}$ ;  $v_0=v_в=v_{ш}=50 m/\text{мес}$ ;  $\sin \alpha=0,9$ ;  $t''_н$  (согласно пункту „г“)

$$\text{ту „г“} = \frac{h-a}{v_{ш} \sin \alpha} = 1,22 \text{ мес.}; \quad N=3 \text{ камерам в крыле.}$$

По уравнению (6) месячная производительность камеры

$$P_k = \frac{0,98 \cdot 0,95 \cdot 3,50 \cdot 40 \cdot 20 \cdot 55}{1,25 \left( \frac{210}{120} + \frac{70}{50} + \frac{70}{45} + 1,22 \right)} = 19,3 \text{ тыс. } m.$$

Если все нарезные работы периода  $t''_н$  совместить с подготовительными, прочими нарезными и очистными работами, то на такую нарезку камеры не потребуется дополнительного времени ( $t''_н$  будет равно 0) и производительность камеры может быть доведена до 24,3 тыс.  $m/\text{мес}$  (округленно). При уменьшении скоростей  $v_{ш}$  до 50  $m$  и  $v_0, v_в, v_{ш}$  до 40  $m/\text{мес}$  возможная производительность камеры снизится до 15,6 тыс.  $m$  в месяц (при нарезке, как указано в пункте „г“). Если бы надо было одновременно разрабатывать и готовить 5 камер в крыле, то при численных данных, принятых в примере 1, возможная месячная производительность камер была бы только

16,5 тыс.  $m$  (вместо 19,3 тыс.  $m$ ). Чтобы интенсифицировать разработку, необходимо увеличить скорость проходки выработок, особенно полевого штрека, или изменить порядок нарезки камер. Таким же порядком можно находить численные значения величины  $P_k$  и для любых других условий этажно-камерной разработки с отбойкой руды глубокими вертикальными скважинами.

Рассмотрим определение производительности камер по тем же условиям для систем разработки с подэтажной выемкой руды. На рис. 3 показана схема подготовки и нарезки камеры при такой разра-

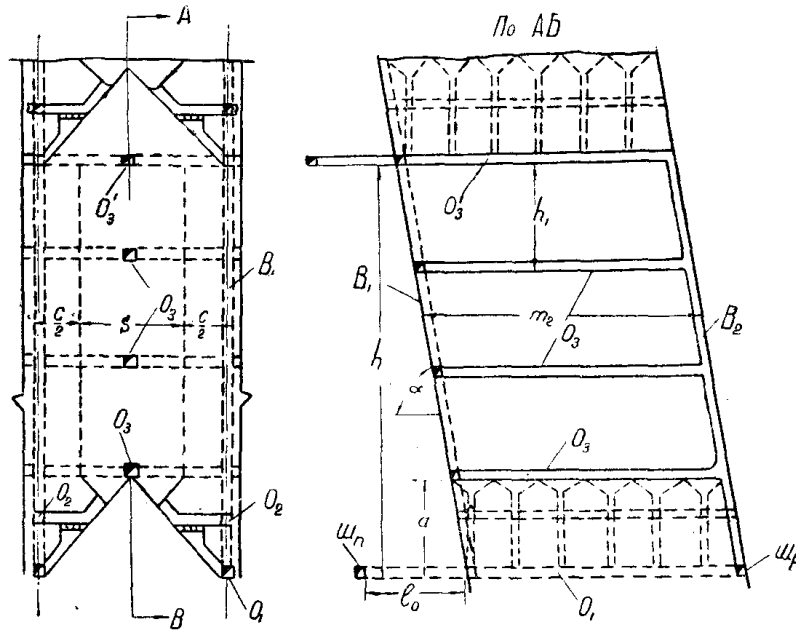


Рис. 3. Схема подготовки камеры с подэтажной выемкой руды (с горизонтом грохотов)

ботке. В этом случае подэтажные орты  $O_3$  целесообразно проводить сразу же после проходки восстающего  $B_2$ . Также отрезку камеры желательно производить по окончании проходки подэтажных ортов ( $O_3$ ). Поэтому здесь при определении величины  $T_2$  отличным будет лишь слагающий ее элемент  $t''_n$ . К значению  $t''_n$ , найденному для этажно-камерных систем разработки (пункты „а“ — „д“), здесь необходимо добавить промежуток времени, нужный для проходки подэтажных ортов. Что-

бы провести эти орты требуется время, равное  $\frac{nm_2}{v_{on}}$  или при проходке

ортов с двух сторон — равное  $\frac{nm_2}{2v_{on}}$ , где  $n$  число групп одновременно

проходимых подэтажных ортов, и  $v_{on}$  — скорость проведения их. Следовательно, применительно к рассматриваемым системам разработки

продолжительность  $t''_n$  будет колебаться от  $\frac{nm_2}{2v_{on}}$  до  $m_2 \left( \frac{n}{2v_{on}} + \frac{1}{v_{op}} \right) +$

$$+ \frac{h-a}{v_{ц} \sin \alpha} \text{ или от } \frac{nm_2}{v_{on}} \text{ до } m_2 \left( \frac{n}{v_{on}} + \frac{1}{v_{op}} \right) + \frac{h-a}{v_{ц} \sin \alpha} .$$

В каждом конкретном случае значение  $t''_n$  находится в соответствии с пунктами „а“ — „д“ и сделанными здесь пояснениями. В осталь-

ном определение величины  $P_k$  производится, как при этажно-камерных системах разработки, по уравнению (6).

### Пример II.

Для системы разработки с поэтажной выемкой руды определить возможную месячную производительность камеры по развитию подготовительных и нарезных работ при следующих данных:  $k=0,96$ ;  $\mu=0,94$ ;  $\gamma=3,5 \text{ т/м}^3$ ;  $m_2=40 \text{ м}$ ;  $s=15 \text{ м}$ ;  $c=7 \text{ м}$ ;  $h=80 \text{ м}$ ;  $a=14 \text{ м}$ ;  $k_0=1,25$ ;  $l_0=30 \text{ м}$ ;  $v_{ш}=60 \text{ м/мес}$ ;  $v_0=v_{оп}=v_в=v_{щ}=50 \text{ м/мес}$ ;  $\sin\alpha=0,9$ ;  $n=2$  группам;  $t''_н$  (по пункту „г“ с учетом системы) =  $= \frac{nm_2}{v_{оп}} + \frac{h-a}{v_{щ} \sin\alpha} = 3,06 \text{ мес}$ ;  $N=2$  камерам в крыле.

Возможная месячная производительность камеры (уравнение 6)

$$P_k = \frac{0,95 \cdot 0,94 \cdot 3,5 \cdot 40 \cdot 15 \cdot 66}{1,25 \left( \frac{110}{120} + \frac{70}{50} + \frac{80}{45} + 3,06 \right)} = 13,8 \text{ тыс. т.}$$

Если было бы необходимо выработать камеры интенсивнее, — надо было бы быстрее проходить выработки или несколько изменить порядок нарезки камеры. Увеличение скоростей проходки выработок на 25% позволило бы довести производительность камеры до 17,4 тыс. т в месяц, если бы такая производительность могла бы быть достигнута и по отбойке руды и по выпуску ее из камер.

При разработке мощных месторождений с магазинированием руды отбойка ее может производиться веерообразными и параллельными скважинами.

При подготовке камер, как показано на рис. 4, для случая отбойки руды веерообразными скважинами, время  $t'_н + t''_н + t'_н$  находится

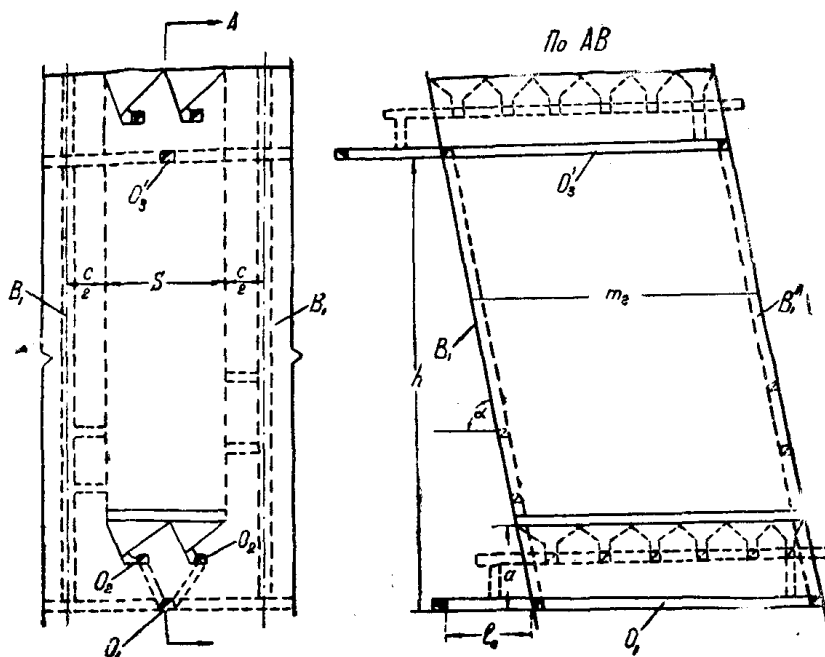


Рис. 4. Схема подготовки камеры при разработке с магазинированием руды и отбойкой ее веерообразно расположенными скважинами

так же, как для систем разработки с открытым выработанным пространством, по уравнению (4). Только вместо проходки восстающего  $B_2$ , выполняемой за время, равное  $\frac{h}{v_b \sin \alpha}$ , в этом случае учи-

тывается такой же продолжительности проходка восстающего  $B'_1$  в целике у висячего бока. В отношении определения времени  $t''_H$ , то оно отличается только тем, что здесь вместо отрезной щели приходится учитывать образование небольшого компенсационного пространства. Следовательно, здесь время  $t''_H$  будет варьировать в пределах

от 0 до  $\frac{m_2}{v_{op}} + \frac{m_2}{v_k}$ , или от 0 до  $m_2 \left( \frac{1}{v_{op}} + \frac{1}{v_k} \right)$ ,  $v_k$  — скорость прове-

дения компенсационной выработки. Соответствующие значения для  $t''_H$  выбираются так, как указывалось в пунктах „а“ — „д“.

Если отбойка руды производится параллельными скважинами, то для бурения этих скважин необходимо проходить буровые орты в междуканальных целиках или буровые штреки по контактам рудных тел с боковыми породами. Надо отдать предпочтение буровым ортам, как обеспечивающим более безопасные условия работы. Чтобы не ослаблять междуканальных целиков, целесообразно орты в них проводить в шахматном порядке и бурить из них скважины в обе стороны. При таком расположении скважин исключается необходимость проводить восстающие в целиках у висячего бока. До начала очистных работ надо обязательно иметь минимум по одному буровому орту в каждом целике. В таком случае, если  $v_{об}$  — скорость проведения бурового орта, продолжительность подготовки и нарезки камер

$$T_2 = \frac{N(c+s)}{v_{ш}} + \frac{l_0}{v_0} + \frac{c+s}{2v_{ш}} + \frac{h}{v_b \sin \alpha} + \frac{m_2}{v_{об}} =$$

$$= \frac{(c+s)(2N+1)}{2v_{ш}} + \frac{l_0}{v_0} + \frac{h}{v_b \sin \alpha} + \frac{m_2}{v_{об}}. \quad (7)$$

Здесь имеется в виду, что прочие подготовительные и нарезные работы, необходимые до начала очистных работ, должны быть выполнены за время проходки рудного штрека, восстающего и буровых орт. Если будет спланирован другой порядок проходки выработок, — это должно быть соответственно учтено при определении величины  $T_2$ .

Из уравнений (1), (2) и (7)

$$P_k = \frac{k \mu \gamma m_2 s (h-a)}{k_0 \left[ \frac{(c+s)(2N+1)}{2v_{ш}} + \frac{l_0}{v_0} + \frac{h}{v_b \sin \alpha} + \frac{m_2}{v_{об}} \right]} \quad (8)$$

Используя уравнение (8), можно, как и в предыдущих случаях, найти значения  $P_k$  для конкретных условий применения данной системы разработки.

### Заключение

1. Для ритмичной работы шахты при добыче руды из мощных рудных залежей камерными системами разработки необходимо, чтобы темпы подготовки и нарезки камер находились в соответствии с ин-



тенсивностью очистных работ в камерах. В связи с этим на производстве необходимо постоянно регулировать темпы и порядок подготовки и нарезки камер для приведения их в соответствие с размерами камерных запасов, скоростью выемки их и производственной мощностью предприятия.

2. В данной статье рассмотрен метод расчетов, необходимых для решения этой важной задачи, применительно к условиям разработки залежей крутого падения при выемке запасов прямым ходом.

3. Приведенные в статье схемы подготовки и нарезки камер не исчерпывают возможных случаев и приняты как примерные при рассмотрении методики решения поставленных вопросов.

---