

**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 работ, 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,

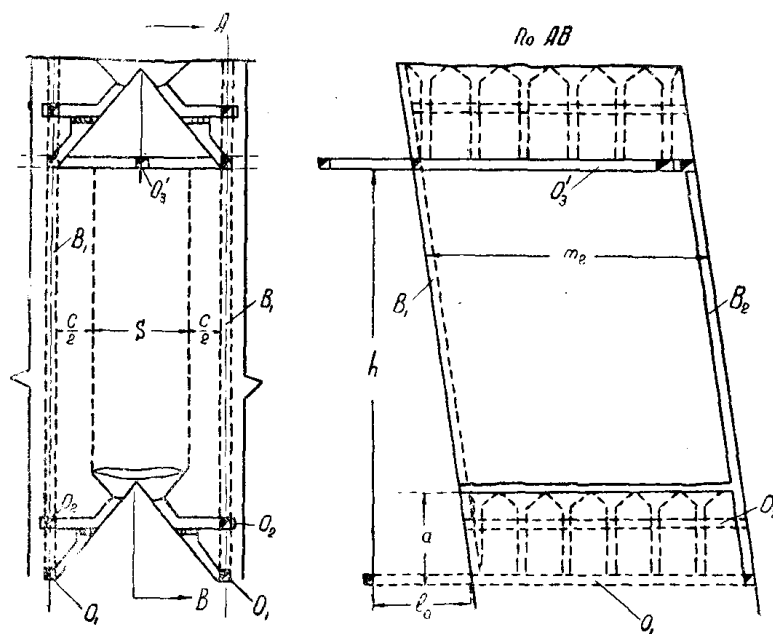


Рис. 1. Схема подготовки камеры с этажной выемкой руды глубокими вертикальными скважинами (с горизонтом грохотов)

совершаемая в промежуток времени t'_H , состоит в проведении откаточного орта O_1 , штрека у висячего бока залежи $Ш_p$, 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-

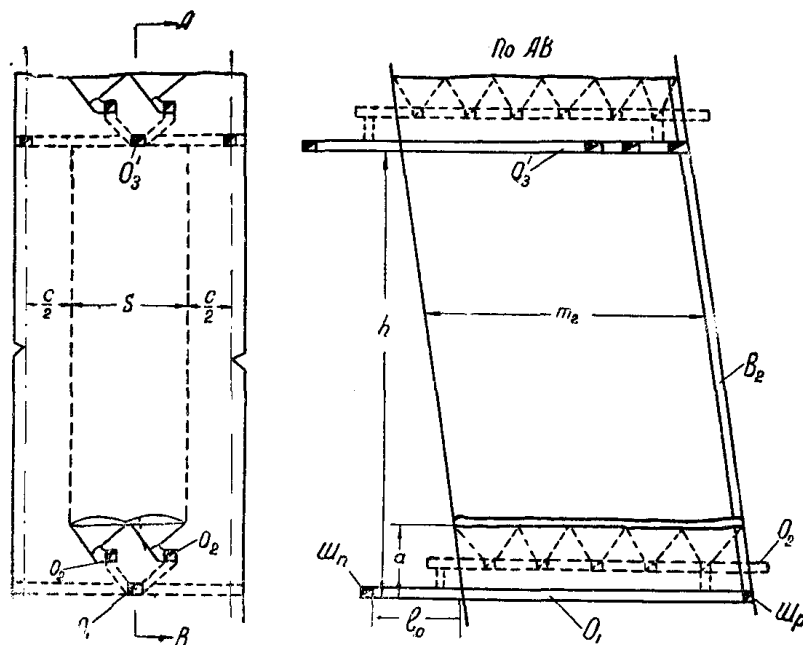


Рис. 2. Схема подготовки камеры с этажной выемкой руды глубокими вертикальными скважинами (с горизонтом скреперования)

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 $Ш_p$ проводят по мере проходки полевого штрека $Ш_n$. 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 $Ш_p$ 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 ;

α — 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 $t''_н = \frac{m_2}{v_{ор}}$,

$v_{ор}$ — 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 $t''_н = \frac{m_2}{v_{ор}}$ 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 $t''_н = \frac{m_2}{v_{ор}} +$

$+\frac{h-a}{v_{щ} \sin \alpha}$.

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 $\frac{m_2}{v_{ор}} + \frac{h-a}{v_{щ} \sin \alpha}$. 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;
 μ — коэффициент очистной добычи руды при разработке камер;
 γ — 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-

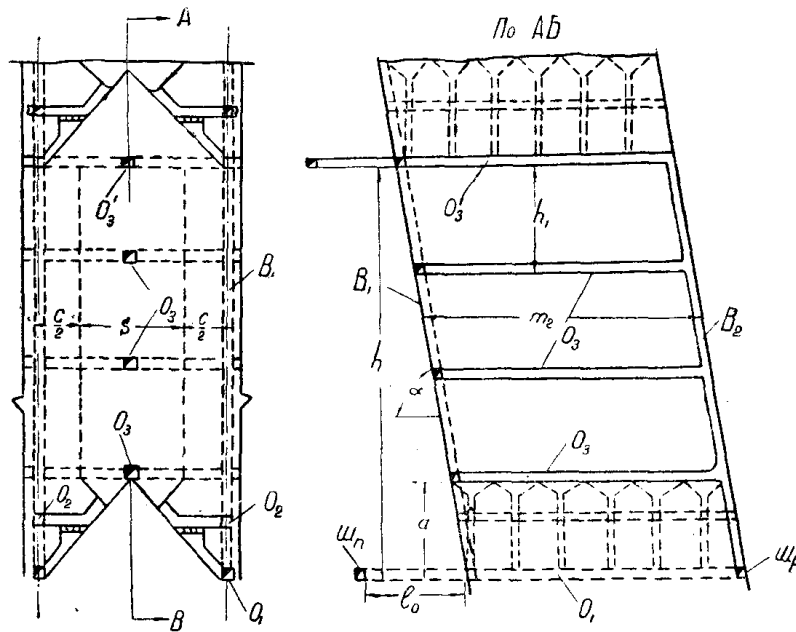


Рис. 3. Схема подготовки камеры с подэтажной выемкой руды (с горизонтом грохотов)

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''_H . К значению t''_H , 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''_H 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''_H 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: $k=0,96$; $\mu=0,94$; $\gamma=3,5 \text{ м/м}^3$; $m_2=40 \text{ м}$; $s=15 \text{ м}$; $c=7 \text{ м}$; $h=80 \text{ м}$; $a=14 \text{ м}$; $k_0=1,25$; $l_0=30 \text{ м}$; $v_{ш}=60 \text{ м/мес}$; $v_0=v_{оп}=v_в=v_{щ}=50 \text{ м/мес}$; $\sin\alpha=0,9$; $n=2$ группам; t''_n (по пункту „г“ с учетом системы) =
$$= \frac{nm_2}{v_{оп}} + \frac{h-a}{v_{щ} \sin\alpha} = 3,06 \text{ мес}; N=2 \text{ камерам в крыле.}$$

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 $t'_n + t''_n + t'_n$ находится

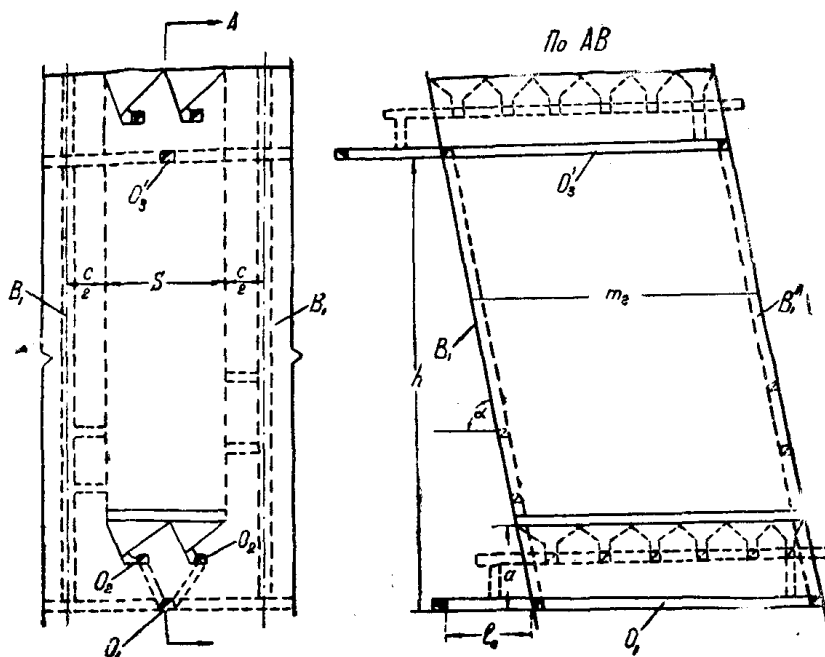


Рис. 4. Схема подготовки камеры при разработке с магазинированием руды и отбойкой ее веерообразно расположенными скважинами

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

$$\begin{aligned} T_2 &= \frac{N(c+s)}{v_{ш}} + \frac{l_0}{v_0} + \frac{c+s}{2v_{ш}} + \frac{h}{v_b \sin \alpha} + \frac{m_2}{v_{об}} = \\ &= \frac{(c+s)(2N+1)}{2v_{ш}} + \frac{l_0}{v_0} + \frac{h}{v_b \sin \alpha} + \frac{m_2}{v_{об}}. \end{aligned} \quad (7)$$

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.
