

Винахід відноситься до гірничої промисловості і може бути використаний при відпрацюванні потужних рудних покладів камерними системами розробки.

Відомий спосіб розробки потужних рудних покладів системами розробки з підповерховим обваленням руди з утворенням вертикальних або горизонтальних компенсаційних камер. Рудний масив розбурюють вертикальними віялами глибоких свердловин із горизонтальних бурових виробок або горизонтальними віялами глибоких свердловин із бурових камер, які проходять із спеціальних бурових підняттях (С.Г. Борисенко. Технологія: підземної розробки рудних месторождений - К.: Вища школа, 1987. - С.184, 185, 187; рис. 5.42 і 5.43).

Недоліком вказаного способу розробки є невеликий об'єм компенсаційних камер (20-25%), що обумовлює незначний об'єм руди, яку виймають із земних надр без втрат якості. Значну кількість руди (50-55%) виймають із засмічення її вміщуючими породами. Внаслідок цього загальні втрати якості видобутої руди можуть досягати 2,0-2,5%

Найбільш близьким технічним рішенням, обраним як прототип, є спосіб розробки рудних покладів, що включає поділ рудного покладу на поверхи та блоки, проходку виробок та утворення днищ блоків на кожному поверсі, проведення буропідричних робіт і виймання руди з утворенням очисних камер, обмежених міжкамерними та міжповерховими ціликами. ("Системы разработки для подземных рудников Криворожского бассейна (типовые паспорта)". - Кривой Рог: НИГРИ, 1986. - С.14-15).

Недоліком відомого способу розробки рудного покладу являється необхідність залишення значної частини запасів блоку (65-55%) в охоронних ціликах, із яких руду видобувають з низькими показниками виймання. Втрати руди при цьому досягають 50-60% при значному її засміченні.

Задачею винаходу є вдосконалення способу розробки рудних покладів шляхом збільшення камерного запасу і зменшення втрат руди в ціликах. Це дозволить, на відміну від прототипу поліпшити якісні і кількісні показники виймання по системі розробки в цілому і підвищити прибутковість підземної розробки.

Поставлену задачу досягають за рахунок того, що запропонований спосіб розробки рудних покладів включає поділ рудного покладу на поверхи та блоки, проходку виробок та утворення днищ блоків на кожному поверсі, проведення буропідричних робіт і виймання руди з утворенням очисних камер, обмежених міжкамерними та міжповерховими ціликами.

Відповідно до винаходу рудні запаси поверху ділять на трапецієподібні камери першої та другої черг виймання, які послідовно розташовують одна за одною, причому камери першої черги розширюють зверху вниз, а другої черги звужують зверху вниз і обмежують міжкамерними ціликами, нахиленими в сторону камер першої черги виймання гад кутом  $\alpha$ , який визначають згідно з виразом

$$\alpha = \arccos(\sigma_{пп} / P)$$

де  $\alpha$  - кут нахилу міжкамерного цілика в сторону камер першої черги виймання;

P - максимальний вертикальний гравітаційний тиск на породи засипки, визначають згідно з існуючими теоріями гірського піску;

$\sigma_{пп}$  - величина бокового підпору міжкамерного цілика при засипці камер породами, яку визначають із умови

$$\sigma_{пп} = m10^z$$

де m - коефіцієнт бічного тиску порід засипки первинних камер на цілики;

z - коефіцієнт взаємозв'язку між напруженням, фізичними властивостями порід засипки камер і їх розпушення, визначають згідно виразу

$$z = \frac{K_{р.стр} - K_p + a_f \lg \sigma_{стр}}{a_f}$$

де  $K_{р.стр}$  - коефіцієнт розпушення порід при навантаженні рівному структурній міцності матеріалу засипки;

$\sigma_{стр}$  - структурна міцність матеріалу засипки;

$K_p$  - фактичний коефіцієнт розпушення порід засипки є камерах першої черги виймання, д.од;

$a_f$  - коефіцієнт стисливості, який характеризує інтенсивність ущільнювання порід засипки під впливом прикладеного вертикального навантаження  $\sigma$ ;

$\sigma_{стр}$  - структура міцності матеріалу засипки.

Для підвищення: стійкості конструктивних елементів камерних систем розробки товщину похилих міжкамерних ціликів визначають за формулою

$$b = P \cos(\alpha) L K_{зп} / (n_{ц} [\sigma]_{ст})$$

де b - товщина похилого міжкамерного цілика, м;

L - ширина первинних камер поверху або вторинних - понизу, м;

$K_{зп}$  - коефіцієнт запасу міцності міжкамерних ціликів;

$n_{ц}=2$  - кількість похилих міжкамерних ціликів, що приходяться на одну камеру;

$[\sigma]_{ст}$  - межа міцності порід цілика на стискання.

Винахід, що заявляється, ілюструється приведеними рисунками в яких на фіг.1 показана загальна схема розподілу камерного запасу поверху на камери першої і другої черг виймання, похилі міжкамерні цілики і покрівлю камер першої та другої черг виймання; на фіг.2 показано положення після виймання руди із камер першої черги; на фіг.3 - положення після обвалення покрівлі камер першої черги виймання, випуску

обваленої руди із покрівлі камер і повного заповнення камер першої черги виймання налягаючими породами, на фіг.4 - положення після виймання руди із камер другої черги; на фіг.5 - положення після обвалення покрівлі камер другої черги виймання, випуску обваленої руди із покрівлі камер і повного заповнення камер другої черги виймання налягаючими породами; на фіг.6 - приведена принципова розрахункова схема для визначення навантажень, які діють на похилий міжкамерний цілик, і розрахунку його товщини.

Спосіб розробки рудних покладів реалізують наступним чином.

Рудник поклад а межах поверху розділяють на камери першої 1 та другої 2 черг виймання. В поперечному перерізі камерам надають трапецієподібну форму. Причому, камери першої черги розширюють зверху вниз, а камери другої черги - звужують. Кут нахилу бокових стінок камер змінюють в межах 70-85°. Камери першої та другої черг виймання по чергово розташовують в межах поверху в наступній послідовності: за камерою першої черги розташовують камеру другої черги, а за нею знову камеру першої черги. Після чого послідовність розташування камер повторюється.

Камери відокремлюють одну від одної похилими рудними ціликами 3. Кут нахилу міжкамерних ціликів визначають виходячи із умови рівноваги напруження  $\sigma_{пп}$  підпору цілика породами засипки і бокової складової тиску  $P_6$ , що виникає в похилому цілику внаслідок гравітаційного тиску  $P$  порід, розташованих над ціликом. Нерівність вище вказаних напружень приводить до руйнування МКЦ і його зміщення в бік порід засипки.

Величину бокового навантаження, здатного привести до зміщення і ущільнення порід, які заповнюють відпрацьовані камери першої черги, і до зменшення їхнього коефіцієнта розпушення  $k_{рт}$  під впливом тиску визначають згідно з рівнянням (1), яке ув'язує між собою напруження стискання  $\sigma_{ст}$ , коефіцієнт розпушення  $k_{рт}$ , і фізичні властивості порід засипки [1]

$$k_{рт} = K_{р.ст} - \alpha_f \lg(\sigma_{ст} / \sigma_{стр}), \quad \text{до д} \quad (1)$$

де  $k_{рт}$  - коефіцієнт розпушення порід;

$K_{р.ст}$  - коефіцієнт розпушення при навантаженні, рівному структурній міцності матеріалу засипки,

$\alpha_f$  - коефіцієнт стисливості, який характеризує інтенсивність ущільнювання порід засипки під впливом прикладеного вертикального навантаження  $\sigma$ ;

$\sigma_{ст}$  - навантаження стискання, яке прикладене до порід засипки і характеризує максимальну величину гравітаційного тиску;

$\sigma_{стр}$  - структурна міцність матеріалу засипки.

Рішення рівняння (1) стосовно навантаження стискання  $\sigma_{ст}$  приводять до виразу

$$\lg \sigma_{ст} = \frac{K_{р.ст} - K_p + \alpha_f \lg \sigma_{стр}}{\alpha_f}$$

Позначивши в цьому рівнянні  $\lg \sigma_{ст}$  символом  $z$  отримують мінімальну величину вертикального тиску

$$\sigma_{ст} = 10^z,$$

який може привести до ущільнення порід засипки, а отже до їх деформації та зміщення.

Величина бокового підпору міжкамерного цілика породами засипки дорівнює

$$\sigma_{пп} = m \sigma_{ст}, \quad (2)$$

де  $\sigma_{пп}$  - величина бокового підпору міжкамерного цілика породами засипки камер;

$m$  - коефіцієнт бічного тиску порід засипки первинних камер на цілики, [2, стр.82-83].

Згідно з розрахунковою схемою фіг.6 величина бічного тиску на похилий міжкамерний цілик визначають згідно з рівнянням

$$P_6 = P \cos \alpha, \quad (3)$$

де  $P_6$  - величина бічного тиску на похилий міжкамерний цілик;

$P$  - максимальний вертикальний гравітаційний тиск на породи засипки, визначають згідно з існуючими теоріями гірського тиску;

$\alpha$  - кут нахилу міжкамерного цілика, градуси.

Прирівнявши між собою вирази (2) та (3) отримують умови рівноваги похилого цілика. З неї потім визначають кут нахилу цілика

$$\alpha = \arccos(m 10^z / P), \quad (4)$$

Зверху над камерами першої 1 і другої 2 черг виймання залишають міжповерхові цілики відповідно 4 і 5, які відокремлюють обвалені породи 6, що залягають зверху, від камерних запасів руди. Для виймання обваленої руди в днищах камер проходять виробки доставки 7 та випуску 8 руди.

Після чого приступають до очисного виймання руди із камер першої черги 1. Руду виймають звичайним способом. По центру камери створюють поздовжню або поперечну відрізню щілину, на яку обвалюють руду шляхом поступового підривання віял глибоких свердловин. Обвалену руду випускають через виробки 8 і доставляють по виробках 7. Схеми випуску та доставки обваленої руди можуть бути як штрековими, так і ортовими в залежності від гірничотехнічних умов розробки. Після виймання всього рудного запасу із камер

першої черги розробки 1, обвалюють розташовані над ними міжповерхові цілики 4 і випускають обвалену руду із них. Внаслідок чого камера 1 повністю заповнюється породами 6, розташованими над міжповерховими ціликами 4.

Породу, яку перепустили в камери 1 використовують не тільки для погашення пустот, але і для підтримання похилих міжкамерних ціликів 3. Похилі цілики 3 ніби лягають на обвалену породу 6, що заповнила відпрацьовану камеру 1. Ці породи підтримують похилі цілики 3 і захищають їх від руйнування та переміщення: при вийманні руди із камер другої черги 2. Одночасно породи 6, що заповнили камери першої черги розробки, сприймають на себе частину ваги: розташованих вище порід і тим самим сприяють зменшенню необхідної несучої здатності штучних міжкамерних ціликів 3. Це дозволяє суттєво зменшити товщину похилих міжкамерних ціликів штучних ціликів порівняно з варіантом, коли б вони були вертикальними і сприймали на себе повністю навантаження від порід, що лежать зверху.

Виймання запасів камер другої черги 2 приступають лише після обвалення покрівлі 4 камер першої черги 1 і повного заповнення їх налягаючими породами 6. Очисні роботи в камерах другої черги ведуть під захистом покрівлі 5 камер 2 і похилих бокових ціликів 3. Після повного виймання руди із камер другої черги 2 обвалюють розташовану над ними покрівлю 5 і випускають обвалену руду із покрівлі камер. Після чого камери 2 виявляються повністю заповненими: породами 6.

Розрахунки ширини камер і товщини покрівлі виконують згідно з відомими методиками.

Фактичну величину напружень в МКЦ визначають згідно з методикою Турнера-Шев'якова, як такого, що дає найбільшу величину гравітаційного тиску  $P$  порівняно з іншими методиками. А це означає, що цілики, розміри яких визначають згідно з максимальною величиною гравітаційного тиску, будуть стійкими в найбільш несприятливих умовах. Вертикальний гравітаційний тиск  $P$  від ваги порід, розташованих над похилим МКЦ, розкладають (див. фіг.6) на дві складові: поздовжню дотичну  $P_t$ , що діє вздовж площини міжкамерного цілика, і бокову  $P_b$ , яка діє перпендикулярно до бокової похилої площини МКЦ.

Товщину МКЦ визначають із умов витримування поздовжніх навантажень  $P_t$  на стискання без порушення суцільності цілика і бокових навантажень  $P_b$  без деформацій цілика в напрямку раніше відпрацьованих камер, заповнених налягаючими породами. Розрахункова формула для визначення товщини міжкамерних штучних похилих ціликів має вигляд

$$b = P \cos \alpha L K_{зп} / (n_{ц} [\sigma]_{ст})$$

де  $b$  - товщина похилого міжкамерного цілика, м;

$L$  - ширина первинних камер поверху або вторинних - понизу, м;

$K_{зп}$  - коефіцієнт запасу міцності міжкамерних ціликів, який з врахуванням нетривалого терміну стояння ціликів, приймають рівним 2;

$n_{ц}=2$  - кількість похилих міжкамерних ціликів, які приходяться на одну камеру;

$[\sigma]_{ст}$  - межа міцності порід цілика на стискання.

Коефіцієнт розпушення порід 6, які заповняють камери першої черги виймання 1, не перевищує на момент заповнення камер значень 1,5-1,6. Через кілька діб щільність порід засипки збільшується, а коефіцієнт розпушення відповідно зменшується до 1,35-1,45.

Як показують розрахунки навіть при максимально розрихленій породі засипки міцністю  $f=8$  для її

ущільнення напруження стискання  $\sigma_{ст}$  повинно бути не менше  $128,5 \text{ кг/см}^2$ , що в 4,14 рази перевищує максимальне бокове стискання  $P_b$  на МКЦ. Отже, сили бокового підпору порід засипки будуть протидіяти будь-якому зміщенню МКЦ і тим самим, будуть протистояти його руйнуванню.

Приведені технологія і послідовність виконання очисних робіт забезпечують досягнення двох важливих корисних результатів:

- збільшення розміру камерного запасу до 65-70%;

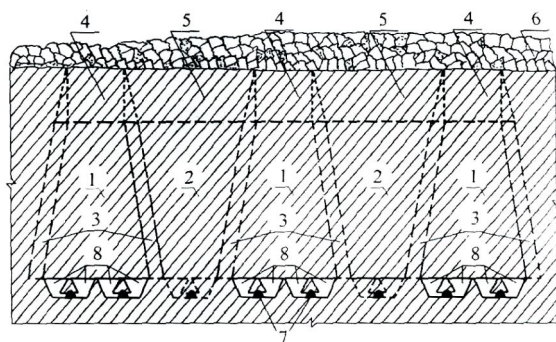
- суттєвого поліпшення показників виймання: зменшення втрат руди до 15-18% при одночасному поліпшенні її якості на 1,0-1,5%. Це забезпечує, в свою чергу, суттєве підвищення оптових цін на руду.

В цілому, запропонована технологія відпрацювання рудних покладів дозволяє суттєво поліпшити показники виймання і підвищити за рахунок цього прибутковість підземної розробки.

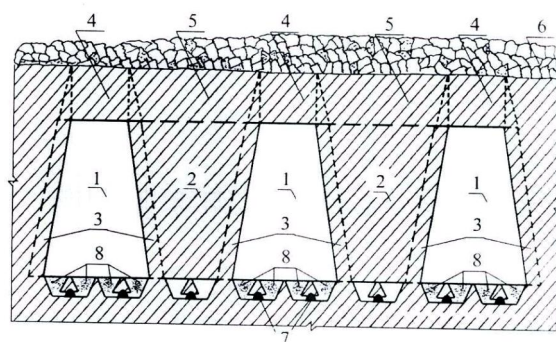
Використана література:

1. Корж В.А. Функціональні параметри фігур випуску та розпушення. // Відомості академії гірничих наук України. - Кривий Ріг: Мінерал - 1997. - №2. - С.59-60.

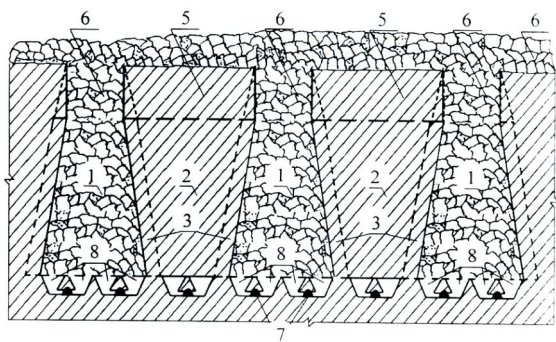
2. Галаев Н.З. Управление состоянием массива горных пород при подземной разработке рудных месторождений. М.: Недра, 1990. - 176с.



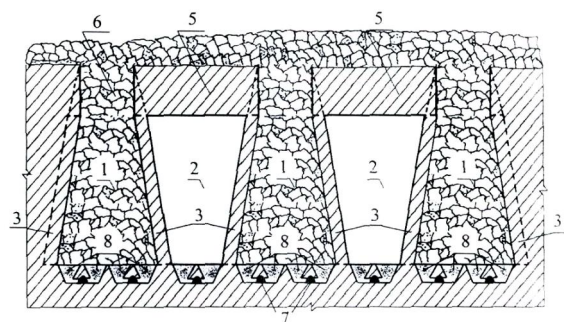
Фиг.1.



Фиг.2



Фиг.3.



Фиг.4.

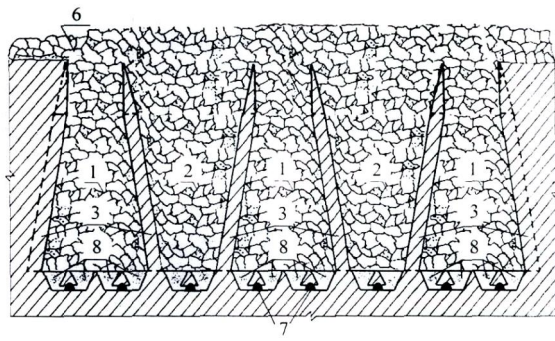


Fig. 5.

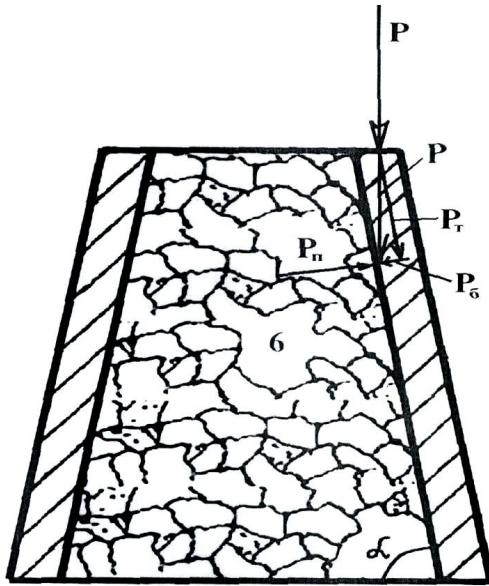


Fig. 6.