

$$+ \frac{3\Phi_{(t)}^{y.пер} + 3\Phi_{(t)}^{y.пост} + V_{отст(t)}^{год} b^{y.пер}}{(1+E)^t} \times (1-N) \rightarrow \max. \quad (17)$$

Таким образом, конкретизированной критерий направлен на максимизацию прибыли в условиях увеличения производительности карьера по руде с учетом ликвидации отставания по вскрыше.

**Выводы и направление дальнейших исследований.** В результате выполненных исследований была разработана методика определения оптимальных годовых объемов ликвидации вскрышного отставания при изменении производительности карьера по руде, а также критерий оценки вариантов работы карьера в условиях ликвидации вскрышного отставания.

#### Список литературы

1. Соколовский А.В. Принципы проектирования развития действующего карьера / А.В.Соколовский // Горн. инф.-аналит. бюлл. – 2007. - №12. – С.21-26.
2. Луценко С. А. Исследование режима горных работ, обеспечивающего достижение максимально возможной производительности карьера по руде / С.А.Луценко // Вісник НТУУ "КПІ". – Київ. – 2017. - Вип. 34. – С34-40.
3. Луценко С. А. Определение ширины рабочей площадки и длины фронта горных работ при изменении производительности карьера по руде / С.А.Луценко // Збірник наукових праць НГУ. - Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2017. - №50. С. 63-69.
4. Арсентьев А.И. Проектирование горных работ при открытой разработке месторождений / А.И. Арсентьев, Г.А. Холодняков – М.: Недра, 1994. – 336 с.
5. Новожилов М.Г. Технология открытой разработки полезных ископаемых. Ч.2 / М.Г. Новожилов, В.С. Хохряков, Г.Д. Пчелкин, В.С. Эскин. – М.: Недра, 1971. – 552с.
6. Ржевский В.В. Научные основы проектирования карьеров / В.В. Ржевский, М.Г. Новожилов, Б.П. Юматов. – М.: Недра, 1971. – 600 с.
7. Близнюков В.Г. Один из путей сохранения нормальной ширины рабочей площадки при уменьшении объемов вскрышных работ в карьере / В.Г. Близнюков, С.Ю. Оводенко // Разработка рудных месторождений. – Изд-во: «Техника», 1988. – №45. – С. 11–14.
8. Близнюков В.Г. Планирование режима вскрышных работ с учетом производительности карьера по полезному ископаемому / В.Г. Близнюков, А.В. Савицкий, О.Ю. Близнюкова // Горный журнал. – 2013. – №5. – С. 4–8.
9. Lutsenko A. Sergey. Open pits productivity control along with iron ore products demand variation / A. Sergey Lutsenko // Quality – Access to Success. – 2017. – vol. 18(S1) – С. 226-230.
10. Близнюков В.Г. Improvement of technical criteria for comparative evaluation of mining operation options of iron ore open pits / В.Г. Близнюков, С.А. Луценко // Науковий вісник НГУ. – Д.:ДВНЗ «НГУ», 2017. - №1. С. 44-49.
11. Луценко С.А. Методика определения объемов вскрышных работ при увеличении производительности карьера по руде / С.А. Луценко // Вісник ЖДТУ. – Житомир, 2017.- №1 (79). – С. 191-197.

Рукопись поступила в редакцию 07.02.2020

#### УДК 622.2

Б.І. РИМАРЧУК, д-р техн. наук, проф., О.Л. ШЕПЕЛЬ, канд. техн. наук, доц.,  
М.В. ХУДИК, канд. техн. наук, ст. викладач  
Криворізький національний університет

### ПРО ПИТАННЯ ЗНИЖЕННЯ ГІРНИЧОГО ТИСКУ ПРИ ВИПУСКУ РУДИ З ОБВАЛЕНИХ БЛОКІВ

**Мета.** Метою даної роботи є аналіз досліджень ефективності випуску руди, як основного процесу підземних гірничих робіт при системах розробки підповерхового обвалення руди й вмщувальних порід, які забезпечують покращення параметрів випуску руди.

**Методи.** У роботі використано такі методи: детальний аналіз та дослідження вітчизняного досвіду випуску обваленої руди з панелей та блоків, що актуальний на теперішній час; аналітичні дослідження процесу випуску руди по всій площині блоку при горизонтальному контакті між рудою й налягаючими породами й відсутності сильного гірського тиску на підготовчі виробки; експериментальні дослідження випуску руди в лабораторних умовах на моделях максимально приближених до реальних умов; програмні методи для оброблення результатів експериментів.

**Наукова новизна.** В процесі аналізу випуску руди по всій площині панелі або блоку припущено, що випуск обваленої руди із блоку або панелі викликає перерозподіл тиску в зоні очисних робіт. Встановлено закономірності зміни тиску обвалених порід на днищі блоку при розробці потужних крутоспадних покладів великого простягання. Наведено певні співвідношення між вихідними параметрами, за якими можна регулювати величину тиску обвалених

порід у широких межах. Обґрунтовано залежність змінення абсолютної величини тиску зі збільшенням розміру блоку за простяганням (вхрест простягання).

**Практична значимість.** Пропонується ефективний спосіб і порядок підготовки, розташування й перетин виробок. Для практичного застосування на шахтах рекомендовано застосовувати безціликовий спосіб підготовки блоків. Запропоновано оптимальні параметри блоку при системі підповерхового обвалення руди та вміщувальних порід.

**Результати.** На підставі виконаних лабораторних досліджень випуску руди в окремому блоці, розташованому довгою стороною вхрест простягання покладу, величина й характер розподілу тиску обвалених порід на днищі в основному залежить від розмірів блоку за простяганням. Зі збільшенням розміру блоку за простяганням зростає не тільки абсолютна величина тиску, але й нерівномірність його розподілу. Приведено напрям подальших досліджень та основні пункти його змісту.

**Ключові слова:** руда, технологія, випуск, відбійка, гірський тиск, дослідження.

doi: 10.31721/2306-5451-2020-1-50-82-87

**Проблема та її зв'язок з науковими або практичними завданнями.** Завдяки практичним даним розробки рудних родовищ, відомо, що випуск руди – одна з важливих операцій систем розробки поверхового й підповерхового обвалення руди та вміщувальних порід [1], від якої залежать, як якісні, так і кількісні результати вилучення. Тому, вдосконалення технологій відпрацювання покладів, які забезпечують поліпшення параметрів випуску руди, є актуальним науково-технічним завданням.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Глибоке вивчення проблеми показує, що раніше питаннями зниження гірського тиску на днищі блоків при випуску відбитої руди вчені не займалися. Проте встановлено, що найбільш низькі втрати й засмічення отримуються при горизонтальному контакті поверхні обваленої руди з налягаючими породами, що опускаються, мінімальній відстані між виходами дучок на горизонті підсічки й рівномірному випуску руди із всіх люків. Однак практично створити такі умови для випуску вдається рідко, внаслідок труднощів одночасного їхнього виконання й тому питання звичайно доводиться вирішувати компромісним шляхом [2].

Випуск по всій площині блоку при горизонтальному контакті між рудою й налягаючими породами й відсутності сильного гірського тиску на підготовчі виробки нижче горизонту підсічки звичайно буває, допустимий, при наступних умовах:

при невеликій площі родовищ, що розробляються одним блоком;

при вийманні блоків, що висікають у цілику руди або руди й породах (у таких умовах розробляється половина блоків у шаховому порядку їхнього виймання, а також частина блоків і при послідовному їх вийманні;

у деяких випадках при вийманні блоків лише однією бічною стороною, що примикають до виробленого простору, зокрема це може бути припустимо при помірній потужності родовища з вертикальним або дуже крутим кутом падіння, що залягають у більш-менш стійких бічних породах, що розробляються блоками шириною на всю потужність;

при вийманні блоків і декількома сторонами, що примикають до виробленого простору, але при невеликих горизонтальних їхніх розмірах.

Звичайно для зниження тиску на підготовчі виробки одночасний випуск виконується на частині площі блоку при похилому контакті між рудою й породами. Величина кута нахилу контакту змінюється в межах від 30 до 70 градусів, але в середньому переважає 45-60 градусів [3].

Зі збільшенням цього кута нахилу тиск на підготовчі виробки знижується, але одночасно із цим зростають втрати й засмічення руди. Випуск руди виконується рівномірно із всіх робочих дучок і по можливості в невеликих кількостях, щоб поверхня контакту між рудою й породою залишалася більш-менш рівної.

Максимальна площа випуску визначається горизонтальною проекцією поверхні контакту між рудою й породами при поширенні її до горизонту підсічки. Аналіз практики показує, що збільшення кута нахилу поверхні контакту (особливо більше 50 градусів) негативно впливає на показники випуску: обсяг чистої руди, що вилучається до початку засмічення, зменшується, а обсяг порожніх примішаних порід, зростає [4-8].

З методів розробки з обваленням системи поверхового й підповерхового обвалення дають найбільші втрати й засмічення руди. Найменші втрати й засмічення бувають при висічці блоків у цілику руди завдяки випуску великої частини руди без зіткнення з обваленими породами й

невеликій їхній величині, і при його закінченні внаслідок горизонтального контакту при ньому руди з породами.

Найбільш низькі якісні й кількісні результати вилучення дає виймання блоків декількома бічними сторонами, що примикають до виробленого простору, по контакту з якими виходять систематичні втрати й засмічення, з початку й до кінця випуску, що має набагато більше значення, ніж маючі місце по контакту з налягаючими зверху породами.

Застосування способів підготовки блоків і систем розробки в основному залежить від природних (потужність, кут падіння, міцність руди й вмщувальних порід, технічних (застосовуване встаткування) і технологічних (параметри блоків) факторів [9].

Вартість проходки підготовчо-нарізних виробок становить значну частину собівартості по системі розробки (від 33,0% до 56,2%). Незважаючи на те, що з підготовчо-нарізних виробок добувається тільки 5–10% чистої руди, трудомісткість підготовчих виробок займає одне з головних місць, у загальному більше трудових витрат по системі розробки підповерхового обвалення.

Прийнятий спосіб і порядок підготовки, розташування й перетин виробок повинні відповідати наступним вимогам:

- відповідати сучасним тенденціям розвитку технології ведення гірських робіт;
- забезпечувати своєчасну підготовку поверхів і блоків для збереження постійного резерву підготовлених і готових до виймання запасів руди;
- сприяти зниженню гірського тиску на виробки в межах виймальної ділянки;
- приводити до скорочення витрат на кріплення і його ремонт;
- забезпечувати максимальну концентрацію гірських робіт й інтенсивне відпрацювання запасів блоку;
- підвищувати продуктивність очисного вибою;
- знижувати трудомісткість на прохідницькі роботи;
- забезпечувати по системі в цілому мінімальну собівартість 1 т видобутої руди;
- планувати можливість застосування високопродуктивного бурового, навантажувально-доставочного й транспортного встаткування;
- скорочувати втрати руди в надрах землі;
- відповідати вимогам санітарно-гігієнічних умов, безпеки ведення підготовчих й очисних робіт.

На теперішній час одним з варіантів відповідності цим вимогам є безціликова схема підготовки блоків, що широко поширена на практиці. Найбільш важливі переваги цього способу підготовки блоків:

розташування підповерхових ортів під рудною товщею, а вентиляційних ортів у суміжному блоці забезпечує достатню їхню стійкість при відпрацюванні запасів руди від лежачого боку до всячого;

- скорочуються витрати на перекріплення підповерхових виробок;
- зберігається гарна вентиляція очисних вибоїв на весь період відпрацювання підповерхів;
- можливість селективного виймання руди;
- достатня акумулююча ємність рудоспусків, що проводяться на кожній очисної вибій при відпрацюванні запасів блоку;
- створюється можливість для відпрацювання потужних покладів в умовах високого гірського тиску при інтенсивному очисному вийманні панелей і вторинного використання підготовчих ортів для розбурювання масиву глибокими свердловинами;
- усувається необхідність залишення підповерхового надортового цілика, завдяки чому скорочуються втрати й підвищується якість видобутої руди [10].

Недоліки:

- складність ведення очисних робіт на різних горизонтах при збільшенні числа підповерхів;
- необхідність суворого дотримання черговості відпрацювання панелей у блоках;
- збільшення довжини підготовчо-нарізних виробок внаслідок проходки додаткових підповерхових ортів і збільшення на 5 м довжини штреків скреперування [11].

Отже, оптимальними параметрами блоку при системі підповерхового обвалення руди та вмщувальних порід є такі, які забезпечують максимально можливе вилучення чистої руди до початку засмічення, мінімальні витрати на підготовчі роботи й мінімальну собівартість видобу-

тку 1 т руди. Оптимальні параметри блоку: висота підповерхів – 40 м, довжина блоків – 60 м [12, 13].

**Постановка задачі.** Таким чином, необхідно обґрунтувати оптимальні параметри випуску відбитої руди, що дозволяють покращити показники засмічення та втрат руди, а також знизити абсолютне значення гірського тиску на днищі блоків.

**Викладення матеріалу та результати.** Тиск при випуску руди із обвалених блоків, розташованих на глибині кілька сотень метрів і більше, рахуючи від поверхні, встановлює свої специфічні завдання перед вивченням динаміки цього процесу. При випуску руди із обвалених блоків під налягаючими породами, в умовах підвищеного гірського тиску протікає значно складніше, ніж витікання сипучого матеріалу з вертикальної циліндричної посудини (випуск із бункерів). В останньому випадку завдання динаміки випуску зводяться до визначення тиску потоку сипучого матеріалу при його русі на днищі й стінках суцільної частини. Джерелом тиску тут є потік сипучого матеріалу, що рухається. В умовах підземних рудників конструктивні елементи блоку й обвалена руда ще до її випуску перебувають під статичним тиском, величина якого в десятки разів перевищує тиск, надаваний потоками обваленої руди при її русі до випускних отворів.

Випуск обваленої руди із блоку або панелі викликає перерозподіл цього тиску й може бути у зв'язку з цим важливим заходом для зниження його величини в зоні очисних робіт.

Головним конструктивним елементом систем розробки з обваленням, підданим тиску, є днище блоку й стінки його в зоні опорного вертикального тиску.

Горизонтальний тиск під впливом, так названого ламаного розпору, обумовлений утворенням склепіння та що представляє інтерес при витіканні сипучих тіл із силосних веж, при випуску обваленої руди відступає на задній план. По-перше, тому що розрахунок стінок блоку на міцність не є необхідним, і, по-друге, тому що величина його незначна в порівнянні з вертикальним опорним тиском. Оскільки випуск руди ведуть, як правило, із серії випускних отворів блоку з утворенням загальної зони розпушення в межах всієї площини, що відпрацьовується, ущільнення руди під впливом горизонтального розпору при випуску з якого-небудь отвору зберігається при включенні в роботу сусідніх прилягаючих до нього отворів.

Крім того це явище не має серйозного значення для практики, оскільки бічне засмічення при випуску руди з отворів, що граничать із виробленим простором, спостерігається завжди, незважаючи на те, що ущільнення порожніх порід під впливом горизонтального розпору повинне було б мати місце.

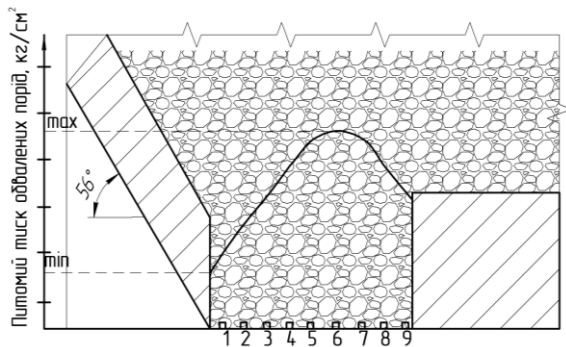
Це все потрібно враховувати, якщо випускати руду з одного випускного отвору в виробки доставки. Але ситуація може змінитися, якщо випуск робити зонами. Тому в цьому випадку горизонтальний розпір буде впливати на ущільнення порожніх порід і зниження бічного засмічення, що можна буде встановити в перспективі в лабораторних умовах.

Під керуванням гірським тиском прийнято розуміти сукупність таких практичних заходів щодо штучного регулювання величини характеру наростання й розподілу тиску на навколишні підповерхові виробки, які дозволяють забезпечити стійкість порід в одних виробках і навпаки, рівномірний розвиток їхнього самообвалення в інших. При підземній розробці рудних родовищ цей комплекс заходів складається у виборі раціональних для даних конкретних умов розмірів і форм виробок, ціликів і застосування певної послідовності ведення очисних робіт у межах блоку й усього родовища [14-16].

Перехід розробки окремих, розташованих у масиві, блоків до широкого застосування систем поверхового самообвалення, при цьому масове застосування системи зіштовхнулося із цілим комплексом явищ, які не мали місця при вийманні ізольованих блоків. До їхнього числа ставиться посилений прояв тиску у виробках горизонту скреперування, повне їхнє руйнування на значних площинах, а в окремих випадках – руйнування рудного масиву днища й виробок у ньому до закінчення підсічки блоку.

На рис. 1 представлена модель випуску обваленої руди з випускних отворів, біля яких розташовувалися тензометричні датчики для визначення значення навантаження на кожен тензодатчик. Модель представлена і виконана в масштабі М 1:100 з передньою скляною стінкою. Відстань між випускними отворами – 5 м, діаметр випускних отворів – 2 м. В якості сипучого матеріалу використовувалась мартитова руда із гранулометричним складом +1 – 5 мм. Висота обваленого шару в панелі – 40 м. Залежно від розташування тензометричних датчиків на днищі

панелі відповідно змінюються значення навантаження при випуску руди. Результати лабораторних досліджень представлені в табл. 1.



**Рис. 1.** Абсолютні значення навантаження на кожен тензодатчик: 1-9 – відповідно розташування тензодатчиків на днищі блоку

З отриманої епюри на рис. 1 видно значну нерівномірність у розподілі тиску. Максимум епюри зміщений до лежачого боку й відповідає тиску стовпа обвалених порід.

Тиск обвалених порід на днищі блоку при розробці потужних крутоспадних покладів великого простягання залежить не тільки від глибини гірських робіт, що визначає висоту стовпа

обвалених порід над днищем, але й від горизонтальних розмірів блоку, від інтенсивності випуску руди й послідовності робіт у шахтному полі, що визначає розміри й розташування площ, що одночасно перебувають на стадії випуску.

Таблиця 1

Результати лабораторних досліджень

Номер тензодатчика	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Абсолютні значення навантаження на кожен тензодатчик, кг/см <sup>2</sup>	20,8	26,0	31,0	41,5	47,5	53,3	49	48	39,2

Приймаючи певні співвідношення між цими параметрами можна регулювати величину тиску обвалених порід у широких межах зберігаючи її на рівні значно меншої ваги всього стовпа обвалених порід.

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** Таким чином в окремому блоці, розташованому довгою стороною вхрест простягання покладу, величина й характер розподілу тиску обвалених порід на днищі в основному залежить від розмірів блоку за простяганням. Зі збільшенням розміру блоку за простяганням зростає не тільки абсолютна величина тиску, але й нерівномірність його розподілу. При цьому максимум тиску в блоці, розташованому в масиві, переважно схиляється до сторони лежачого боку, а в блоці, розташованому між обваленими породами – у центр. Напрямок подальших досліджень полягає у розгляді перелічених питань при проведенні розширених лабораторних досліджень випуску руди. Також в подальшому буде рекомендована технологія розробки, що призводить до загального підвищення інтенсивності відпрацювання підповерхів блоку. За рахунок підвищення інтенсивності відпрацювання підповерху підвищується в цілому ефективність відпрацювання запасів, тому що знижуються строки їхньої служби.

### Список літератури

1. Цариковский В.В. Перспективы применения различных систем разработки при подземной добыче руд в Кривбассе / В.В. Цариковский, А.П. Григорьев // Разработка рудных месторождений. – 2004. – №85. – С. 164–167.
2. Васильченко Т.П. Влияние объема и формы подсеки на уровень потерь и разубоживания руды при системе разработки с отбойкой руды в зажатой среде // Основные вопросы комплексного освоения месторождений твердых полезных ископаемых. – М.: ИПКОН АН СССР, 1981. С. 46–56.
3. Коляда Е.И. Исследование, выбор и разработка эффективного варианта системы подэтажного обрушения, обеспечивающего снижение потерь руды в недрах / Коляда Е.И. – Кривой Рог, 1980. – С. 50–60.
4. Малахов Г.М. Теория и практика выпуска руды / Малахов Г.М., Безух Р.В., Петренко П.Д. – М.: Недра, 1968. – 311 с.
5. Анистратов Ю.И., Жабин Н.И. Теория и практика бункеризации склонной к слеживаемости горной массы. – М.: Наука, 1968.
6. Чернокур В.Р. Добыча руд с подэтажным обрушением / Чернокур В.Р., Шкробко Г.С., Шелегеда В.И. – М.: Недра, 1992. – 217 с.
7. Стариков Н.А. Системы разработки месторождений. – М.: Metallurgizdat, 1967.
8. Демидов Ю.В., Аминов В.Н. Подземная разработка мощных рудных залежей. – М.: Недра, 1991. – 204.
9. N.I. Stupnik, V.A. Kalinichenko, V.A. Kolosov [ Etc.] Modeling of stopes in soft ores during ore mining / N.I. Stupnik, V.A. Kalinichenko, V.A. Kolosov [ Etc.] // Metallurgical and Mining Industry. – 2014. – No. 3. – P. 32–36.
10. Ступник Н.И. Улучшение показателей извлечения руды при системе подэтажного обрушения / Н.И. Ступник, В.А. Калиниченко, О.Я. Хивренко [и др.] // Збірник наукових праць Державного підприємства «Науково-дослідний гірничорудний інститут». – Кривий Ріг: НДГРІ, 2011. – № 53. – С. 136–142.
11. Именитов В.Р. Процессы подземных горных работ при разработке рудных месторождений / Именитов В.Р. – М.: Недра, 1984. – 504 с.

12. Ефремов В.С. и др. Подготовка блоков при разработке рудных залежей. – М.: Недра, 1974. – 208 с.
13. Ривкин И.Д., Волощенко В.П., Маймин Л.Р. Инструктивные указания по определению параметров систем разработки с обрушением по условиям проявления горного давления с увеличением глубины ведения горных работ на шахтах Кривбасса: Утв. 05.03.64. – НИГРИ. – Кривой Рог, 1964. – 37 с.
14. Влох Н.П. Управление горным давлением на подземных рудниках. М.: Недра, 1994. – 208 с.
15. Зубков А.В., Леликов В.П., Пятков Ю.Ф. Распределение давления в днище блока в ходе ведения очистных работ // Подземная добыча руд черных металлов: Сб. научн. тр. / НИГРИ. – Кривой Рог, 1979. – С. 61–63.
16. В.І. Rymarchuk, О.Л. Shepel, М.У. Khudyk Expediency of application of the vertical concentrated charges to decrease losses of ore on a lying wall of deposits // Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu. – 2017.– no.3, P. 32–37.

Рукопис подано до редакції 25.03.2020

УДК 622.274.3:622.22

С.В. ПИСЬМЕННИЙ, канд.техн.наук  
Криворізький національний університет

## ПІДВИЩЕННЯ ВМІСТУ ЗАЛІЗА В ВИДОБУТІЙ РУДНІЙ МАСІ ПРИ ВІДПРАЦЮВАННІ БАГАТИХ ЗАЛІЗНИХ РУД В УМОВАХ РОЗВИТКУ ГІРСЬКОГО ТИСКУ

**Мета.** Метою виконаних досліджень є підвищення показників вилучення рудної маси при розробці багатих залізних руд за рахунок зміни форми очисної камери та обґрунтування її стійких параметрів в умовах прояву гірського тиску.

**Методи досліджені.** Впровадження на комбінатах ресурсозберігаючих технологій на окремих технологічних процесах дозволяє підвищити вміст заліза в видобутій рудній масі на 0,5–1,5% без збільшення собівартості видобутку. Підвищити вміст заліза в видобутій рудній масі можливо за рахунок застосування очисних камер зі збільшеним об'ємом. Існуючі методики, що застосовуються на шахтах для визначення конструктивних елементів системи розробки ґрунтуються на розрахункових еквівалентних прольотах оголення очисних камер прямокутної або шатрової форм. Також вони не враховують гірський тиск, який діє в межах виймального блоку та зміну напружень в залежності від геометричних параметрів покладу.

**Наукова новизна.** Вперше за допомогою програмного комплексу ANSYS встановлено, що при формуванні компенсаційної камери квазіпараболічної форми дозволяє суттєво зменшити концентрацію напружень навколо очисного блоку. Так, формування очисної камери квазіпараболічної форми дозволяє знизити вертикальні напруження у порівнянні з горизонтальними, при цьому без зростання горизонтального тиску.

**Практична значимість.** При відпрацюванні виймального блоку запропоновано очисну камеру формувати квазіпараболічної форми з геометричними параметрами які безпосередньо залежать від параметрів покладу, глибини розробки та напряму дії головних напружень.

**Результати.** Встановлені залежності величини напружень від глибини розробки та фізичних властивостей порід та довжини за простяганням рудного покладу. Так в залежності від дії впливу розробки та довжини за простяганням гірський тиск на очисну камеру квазіпараболічної форми зменшується при нерівномірному навантаженні. Формування очисної камери квазіпараболічної форми дозволить збільшити об'єм чистої руди, що вилучається з блоку в 1,2–1,5 рази.

**Ключові слова:** підземна розробка, квазіпараболічна камерна, якість, головні напруження, склепіння.

doi: 10.31721/2306-5451-2020-1-50-87-93

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Залізні руди Криворізького залізорудного басейну відпрацьовуються підземним способом на глибині нижче 1350 м з вмістом корисного компоненту в масиві 58–67% [1–4]. При застосуванні традиційних систем розробки вміст заліза в видобутій рудній масі не перевищує 59–61%. Зменшення вмісту заліза в видобутій рудній масі призводить до втрат світового ринку збуту, це пов'язано з тим, що ринок потребує продукцію з мінімальним вмістом заліза в товарній продукції 62%.

З метою залазитись на світовому ринку, гірничо-добувні підприємства підвищують ефективність відпрацювання родовищ за рахунок удосконалення окремих технологічних процесів, а саме впроваджують на першій стадії підземного видобутку очисного блоку новітні елементи технології системи розробки [5–8]. Дані дослідження дозволяють зменшити собівартість видобутку в 1,2–1,4 рази з забезпеченням показників вилучення на рівні 84–88%. Слід зауважити, що запропоновані елементи технології систем розробки не дозволяють суттєво підвищити вміст заліза в видобутій рудній масі.