

І.А. КУЧЕРЯВЕНКО, канд. техн. наук, проф., С.М. ЧУХАРЄВ, канд. техн. наук, доц.,
Криворізький національний університет

ВИСОКОПРОДУКТИВНА СИСТЕМА ПІДЗЕМНОЇ РОЗРОБКИ МАГНЕТИТОВИХ КВАРЦИТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ САМОХІДНОЇ ГІРНИЧОЇ ТЕХНІКИ

Необхідність залучення в підземну розробку покладів магнетитових кварцитів, які залягають у полях діючих шахт Кривбасу, з метою розширення сировинної бази підземних рудників і зниження інтенсивності розробки багатих руд, є актуальною проблемою.

Проведений техніко-економічний аналіз поверхово-камерної системи розробки з відбійкою руди і вібровипуском її показав, що застосована у теперішній час на шахті ім. Орджонікідзе технологія підземного видобутку магнетитових кварцитів характеризується низькими техніко-економічними показниками у порівнянні з аналогічною технологією на базі самохідної техніки.

Для встановлення закономірностей зміння показників вилучення руди від товщини обваленої стелини і відстані між навантажувальними заїздами при застосуванні траншейного днища блока і самохідних навантажувально-доставних машин, було проведено лабораторні дослідження, які дозволили встановити оптимальні параметри стелини і конструкції траншейного днища.

У результаті проведення лабораторних досліджень встановлені закономірності зміння показників втрат і засмічення руди, які дозволили обґрунтувати розміри конструктивних елементів траншейних днищ блоків

Розроблено паспорт поверхово-камерної системи розробки потужних покладів магнетитових кварцитів із застосуванням самохідної техніки, який належить використовувати при проектуванні підземної розробки покладів магнетитових кварцитів на діючих шахтах Кривбасу.

Розроблена високопродуктивна поверхово-камерна система розробки крутоспадних потужних покладів магнетитових кварцитів із застосуванням самохідних бурових установок і навантажувально-доставних машин дозволить в 1,5-2 рази поліпшити техніко-економічні показники системи.

Ключові слова: магнетитові кварцити, параметри блока, траншейне днище, навантажувальні заїзди, доставні орти, відбійка, навантаження, доставка руди, показники вилучення руди, еквівалентні матеріали, втрати, засмічення руди.

Актуальність проблеми. Проблема розширення сировинної бази шахт і раціонального комплексного використання рудних ресурсів підземного Кривбасу, що володіє розвиненою інфраструктурою, налагодженим рудниковим господарством і кваліфікованими кадрами інженерно-технічних працівників, обумовлює необхідність залучення в розробку магнетитових кварцитів, запаси яких становлять мільярди тонн. Це дозволить значно розширити сировинну базу діючих шахт, знизить інтенсивність підземної розробки багатих залізних руд і збільшити строки існування рудників, а також відіграє важливу роль у вирішенні проблеми комплексного використання залізородних родовищ Криворізького басейну. Розташовані на верхніх горизонтах діючих шахт запаси магнетитових кварцитів можуть бути відроблені в найближчі роки при здійсненні мінімальної реконструкції гірничокапітальних виробок і камер на відроблених горизонтах при застосуванні існуючих підйомних установок.

Досвід роботи шахти ім. Орджонікідзе підтвердив, що розробка магнетитових кварцитів, розташованих на верхніх горизонтах, можлива з мінімальними затратами на підйом, водовідлив, вентиляцію та транспорт. Але вона повинна базуватися на високоефективній технології очисного виймання, створеної з урахуванням сучасних світових тенденцій в області розробки міцних та стійких руд. Тому розробка і впровадження нових технологічних схем і високопродуктивних систем підземної розробки магнетитових кварцитів на базі використання самохідних гірничих машин є актуальною темою, яка має важливе практичне значення.

Проблемі підземної розробки магнетитових кварцитів у Кривбасі присвячено наукові праці вчених Г.М. Малахова [1,2], Ю.П. Капленка [3,4,5], М.Б. Федько [3], Б.І. Римарчука [6], Є.Г. Логачова [7], М.І. Ступніка [8,9], В.О. Калініченка [10], В.В. Цариковського [11], а також гірничих інженерів-виробничників О.С. Колодезєва [1], Ф.І. Караманіца [12], В.В. Перегудова, В.П. Протасова [13], С.С. Баштаненко [14] та ін., які заклали основи теорії та практики відроблення залізистих кварцитів на діючих шахтах басейну.

Техніко-економічний аналіз застосованої системи розробки. У теперішній час підземна розробка магнетитових кварцитів у Кривбасі поверхово-камерною системою здійснюється

тільки на шахті ім. Орджонікідзе, яка розробляє на гор. 527 м крутоспадний (60-65°) потужний (120-270 м) поклад магнетитових кварцитів «Південний» довжиною 1050 м.

Відбійка руди у камері здійснюється вертикальними віялами глибоких свердловин, обвалення стелини і днища - віялами глибоких свердловин, а МКЦ - вертикальними концентрованими зарядами (ВКЗ). Випуск руди здійснюється віброустановками ВДПУ-4ТМ.

Для техніко-економічної оцінки поверхово-камерної системи розробки наведемо технологічні та технічні показники, які були отримані при відробленні блока (+22)÷(+34):

витрати підготовчих виробок - 2,18 м/1000 т;

витрати нарізних виробок - 1,15 м/1000 т;

вихід руд з 1 м свердловини - 13 т/м;

витрати ВР на відбійку руди - 0,508 кг/т;

витрати ВР на вторинне подрібнення - 0,167 кг/т;

витрати електроенергії - 6,5 кВтч/т;

продуктивність ВДПУ-4ТМ - 500 т/зміну;

продуктивність одного гірника по системі розробки - 51 т/зміну.

втрати магнетитових кварцитів при відробленні: камери - 4 %; «трикутника» лежачого боку - 36 %; стелини - 42 %; МКЦ - 46 %:

засмічення магнетитових кварцитів при відробленні: камери - 4%; «трикутника» лежачого боку - 14%; стелини - 17%; МКЦ - 18%.

Аналіз техніко-економічних показників відроблення блока (+22)÷(+34) гор. 527 м поверхово-камерною системою розробки з відбійкою руди глибокими свердловинами та вібровипуском руди порівняно з показниками аналогічної системи розробки, але із застосуванням самохідної гірничої техніки на зарубіжних рудниках, виявив такі недоліки застосованої на шахті ім. Орджонікідзе системи розробки:

надто складна конструкція днища блока з вібровипуском руди при недостатньо ефективному провітрюванні робочих місць;

небезпечність робіт при ліквідації заторів руди в рудоспусках;

великі витрати підготовчо-нарізних виробок (3,33 м/1000 т) порівняно з системами, які застосовують самохідну техніку (1,6-1,8 м/1000 т):

значні витрати ВР на відбійку та вторинне подрібнення руди (0,675 кг) порівняно з системами, які застосовують самохідну техніку (0,450-500 кг/т);

низька продуктивність вібровипуску і доставки руди (450- 500 т/зміну);

низька продуктивність бурового майстра на станке НКР-100М (50- 60 м/зміну) порівняно із самохідними буровими установками (90-110 м/зміну);

низька продуктивність одного гірника по системі (50-51 т/зміну) у порівнянні з системами, які застосовують самохідну техніку (70-80 т/зміну):

собівартість видобутку 1 т магнетитових кварцитів у 1,5-2 рази вища порівняно з системами із застосуванням самохідної техніки.

Отже, проведений техніко-економічний аналіз поверхово-камерної системи розробки з відбійкою руди вертикальними віялами свердловин і вібровипуском руди дозволяє зробити такий висновок.

Застосована у теперішній час на шахті ім. Орджонікідзе технологія підземного видобутку магнетитових кварцитів характеризується низькими техніко-економічними показниками порівняно з технологією на базі самохідної бурової і доставної техніки.

З метою підвищення ефективності технології підземного видобутку магнетитових кварцитів у Кривбасі необхідно розробити і запровадити системи розробки з застосування високопродуктивної самохідної гірничої техніки.

Установлення оптимальних параметрів траншейного днища. Відроблення стелин і МКЦ при поверхово-камерній системі розробки, як було сказано вище, характеризується значними втратами і засміченням руди.

З метою встановлення закономірностей змінення показників вилучення руди від товщини обваленої стелини і відстані між навантажувальними заїздами при застосуванні траншейного днища блока і самохідних навантажувально-доставних машин, було проведено лабораторні дослідження, які дозволили встановити оптимальні параметри стелин і конструкції траншейного днища.

Лабораторні дослідження проводились на стаціонарній моделі з передньою скляною стінкою, побудованою в масштабі 1:100. Днище моделі імітувало траншейне днище камери шириною 40 м і висотою 15 м, підготовлене з двобічним розташуванням навантажувальних заїздів із доставних ортів.

В якості магнетитових кварцитів обваленої стелини була використана подрібнена магнетитова руда крупністю 2-3 мм з об'ємною вагою $2,3 \text{ т/м}^3$, а обвалені пусті породи, що покривали стелину, були представлені подрібненим сірим гранітом крупністю 3-4 мм.

Горизонтальний контакт «руда-порода» створювали шляхом використання подрібненої крейди до розмірів 0,05-0,1 мм.

Торцевий випуск руди із моделі на підшву навантажувальних заїздів, розташованих на відстані 10,12,14 см, здійснювали дозами по 250 г.

Режим випуску руди - рівномірно-последовний. Випуск та доставку руди із моделі імітували навантажувально-доставною машиною фірми "Atlas Copco" EST-3,5 вантажопідйомністю 6000 кг зі стандартним ковшем місткістю 3 м^3 .

На основі отриманих показників встановлено залежності величин втрат і засмічення випущеної руди від відстані між навантажувальними заїздами при різній товщині стелини (рис. 1).

Аналіз графіків залежностей показав, що при однаковій відстані між навантажувальними заїздами і при збільшенні відстані між навантажувальними заїздами при однаковій товщині стелини втрати руди зростають із збільшенням товщини стелини.

Втрати руди також зростають і при збільшенні відстані між навантажувальними заїздами при однаковій товщині стелини.

Це пояснюється тим, що чим товще стелина і чим більші відстані між навантажувальними заїздами, тим більші розміри матимуть рудні гребні між випускними виробками на дні траншеї.

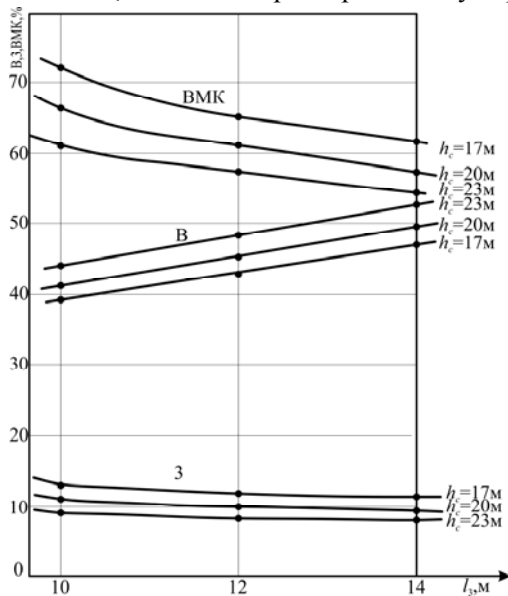


Рис. 1. Графіки залежностей втрат V , засмічення Z і вилучення магнетитових кварцитів ВМК при розробці поверхово-камерною системою від товщини стелини h_c і відстані між навантажувальними заїздами l_3

Засмічення випущеної руди при однаковій відстані між навантажувальними заїздами зменшується при збільшенні товщини стелини.

Це пояснюється тим, що чим менша товщина стелини, тим більша вірогідність примішування пустих порід до руди в процесі випуску.

Як бачимо, закономірності змінення величин засмічення випущеної руди має протилежний характер до змінення величин втрат руди.

Установлені в результаті проведення лабораторних досліджень закономірності змінення показників втрат і засмічення руди дозволили обґрунтувати розміри конструктивних елементів траншейних днищ блоків. Оптимальними розмірами траншейного днища

в природі слід вважати: висота днища 15 м, відстань між доставними ортами - 20 м, відстань між навантажувальними заїздами - 12 м, відстань між доставним і траншейним ортами - 10 м.

Розробка високопродуктивної поверхово-камерної системи розробки потужних покладів магнетитових кварцитів із застосуванням самохідної гірничої техніки.

При розробленні конструкції поверхнево-камерної системи прийняті наступні розрахункові параметри блока [14]:

- ширина камери за простяганням покладу - 40 м;
- висота камери - 50 м;
- ширина міжкамерних ціликів - 20 м;
- товщина траншейного днища - 15 м;
- товщина стелини до рівня відкотного горизонту вищерозташованого поверху - 15 м;
- товщина стелини з урахуванням частини днища камер відробленого поверху - 20-25 м.

Враховуючи закономірності змінення показників вилучення рудної маси при відстанях між навантажувальними заїздами 10, 12 і 14 м (див. рис. 1), а також вимоги забезпечення стійкості

та збереження навантажувальних і доставних виробок траншейного днища блока, обґрунтована відстань між навантажувальними заїздами 12 м.

Відповідно до обґрунтованих параметрів блока і конструктивних елементів днища камери установлені наступні розміри:

відстань між доставними ортами	20 м;
відстань між доставним і буровим ортом -	10 м;
відстань між буровими ортами	20 м.

Розміри поперечного перерізу функціональних виробок для роботи в них самохідних гірничих машин визначено з урахуванням габаритів самохідних машин і вимог техніки безпеки. При конструюванні системи розробки прийняті такі розміри поперечного перерізу основних виробок:

доставний орт	3,6×3,8 м
навантажувальний заїзд	3,8×3,8 м
буровий орт	4×4 м
доставний штрек основного горизонту	3,8×3,0 м.

Розробка рекомендованої конструкції поверхово-камерної системи з застосуванням самохідної техніки ґрунтувалась на наступних положеннях:

камери довгою стороною розташовуються навхрест простяганню покладу;

днище блока - траншейне (рис. 2);

випуск руди - торцевий на навантажувальні заїзди;

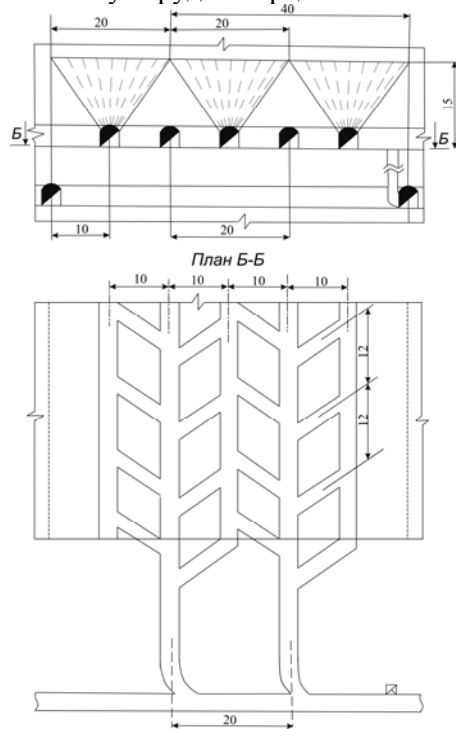


Рис. 2. Конструкція траншейного днища блока при поверховокамерній системі розробки із застосуванням самохідної гірничої техніки

навантажування та доставка руди здійснюється самохідною НДМ TORO 400 E фірми «Sandvik», яка має більшу продуктивність порівняно з EST-3,5 фірми «Atlas Copco» (рис. 3);

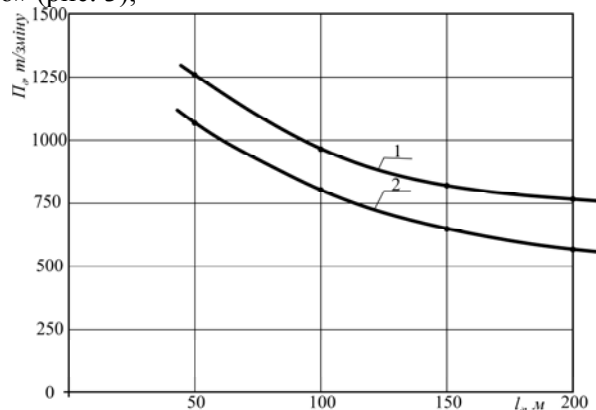


Рис. 3. Графіки залежності продуктивності самохідних навантажувально-доставних машин P_d від відстані доставки руди l_d : 1 - TORO400E; 2 - EST-3,5

буріння глибоких свердловин буровими установками «Sandvik» DL 410-10 або «Sandvik» DL 421-15;

відбійка магнетитових кварцитів здійснюється вертикальними віялами глибоких свердловин із підповерхових бурових ортів;

форма очисного вибою - ступінчата, з випередженням верхнього підповерху по відношенню до нижніх;

розбурювання стелини здійснюється з виробок днища блоків відробленого поверху.

Розрахунок параметрів БПР виконано згідно з Інструкцією НДГРІ [15]. При діаметрі глибоких свердловин 110 мм ЛНО = 2,65 м, відстань між свердловинами у віялі - 3,2 м.

Розроблену конструкцію високопродуктивної поверхово-камерної системи розробки потужних покладів магнетитових кварцитів показано на рис. 4.

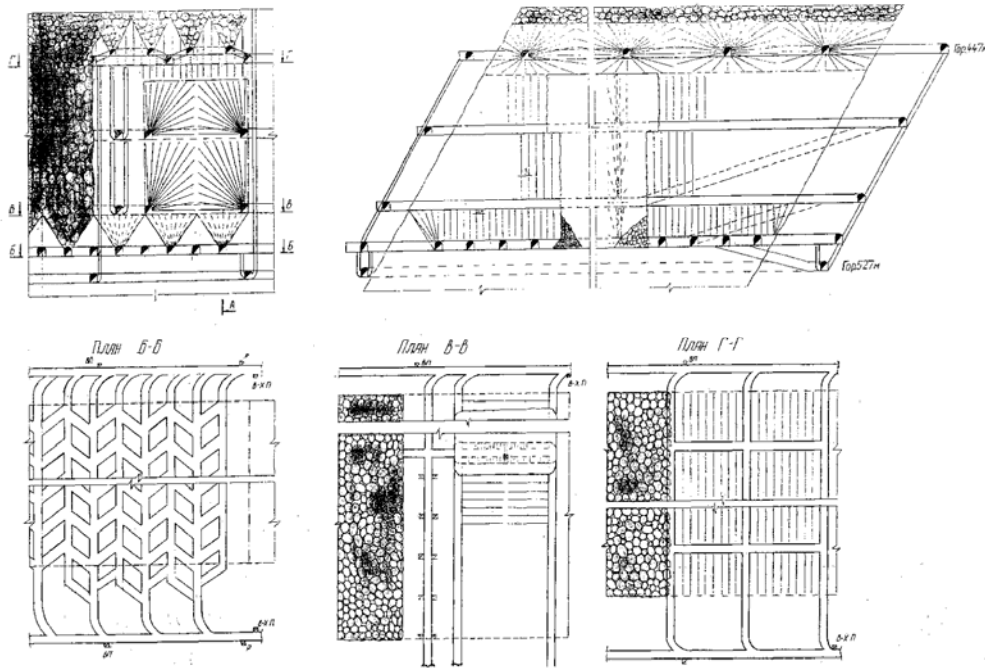


Рис. 4. Поверхово-камерна система розробки потужних покладів магнетитових кварцитів із застосуванням сучасної самохідної гірничої техніки

Основні розрахункові техніко-економічні показники розробленої системи

Камерні запаси блока, тис. т	2448
Загальна довжина підготовчих виробок, м	2925
Загальна довжина нарізних виробок, м	1500
Питомі витрати підготовчих виробок, м/1000т	1,19
Питомі витрати нарізних виробок, м/1000т	0,61
Сумарна довжина свердловин по блоку, м	126 648
Вихід магнетитових кварцитів з 1 м свердловини, т	17
Питомі витрати ВР, кг/т	0,480
Продуктивність майстра бурової установки Sandvik DL 421-15, м/зміну	90-110
Продуктивність машиніста самохідної навантажувально-доставної машини, TORO 400E при відстані доставки до рудоспуску 120-150 м, т/зміну	1000-1200
Продуктивність одного гірника по системі розробки, т/зміну	76
Собівартість 1 т магнетитових кварцитів, грн./т	115
Загальні втрати магнетитових кварцитів, %	37
Загальне засмічення, %	13.

На основі запропонованої технології розроблено паспорт поверхово-камерної системи розробки потужних покладів магнетитових кварцитів із застосуванням самохідної техніки, який належить використати при проектуванні підземної розробки покладів магнетитових кварцитів на діючих шахтах Кривбасу.

Висновки. Розширення сировинної бази підземного Кривбасу з метою збільшення строку існування залізородних шахт і недопущення зменшення обсягів виробництва товарних руд можливо при залученні до підземного видобутку магнетитових кварцитів, які залягають на верхніх горизонтах у полях діючих шахт, що мають достатні підйомні можливості, розвинену інфраструктуру і кваліфіковані гірничі кадри.

Застосована у теперішній час на шахті ім. Орджонікідзе, яка є поки єдиною шахтою підземного видобутку магнетитових кварцитів у Кривбасі, технологія розробки покладу «Південний магнетитовий» характеризується низькими, у порівнянні з передовими зарубіжними рудниками, техніко-економічними показниками і недостатнім рівнем безпеки на випуску та доставці руди віброустановками.

З метою підвищення ефективності технології підземного видобутку руди нами розроблена високопродуктивна поверхово-камерна система розробки з траншейним днищем блока і доставкою руди самохідними навантажувально-доставними машинами, яка характеризується високими техніко-економічними показниками.

Запровадження в практику роботи шахт Кривбасу рекомендованої технології підземного видобутку магнетитових кварцитів дозволить підвищити продуктивність праці одного гірника по системі розробки в 1,5-1,7 рази, зменшити витрати підготовчо-нарізних виробок на 1000 т запасів у 1,8-2 рази, витрати ВР на вторинне подрібнення руди в 1,2-1,3 рази і знизити собівартість видобутку 1 т магнетитових кварцитів у 1,5-1,75 разів.

Список літератури

1. Малахов Г.М. Подземная разработка магнетитовых кварцитов в Криворожском бассейне [Текст] / Г.М. Малахов, А.С. Колодезнев, Л.И. Сиволобов и др. - К.: Наукова думка, 1983. - 148 с.
2. Малахов Г.М. Циклично-поточная технология подземной разработки магнетитовых кварцитов [Текст] / Г.М. Малахов, И.Н. Малахов, Л.И. Сиволобов. - К.: Наукова думка, 1986. - 128 с.
3. Капленко Ю.П. Підвищення ефективності підземного видобутку магнетитових кварцитів / Ю.П. Капленко, М.Б. Федько, С.В. Бережний, В.В. Кузнецов // Вісник КТУ, 2003. - Вип. 2 - С. 46-48.
4. Капленко Ю.П. Поиск путей повышения эффективности подземной добычи магнетитовых кварцитов / Ю.П. Капленко, М.Б. Федько, В. Кузнецов // Разраб. рудн. месторожд.: Кривой Рог. - КТУ, 2002. - Вып. 85.-С. 42-45.
5. Капленко Ю.П. Совершенствование технологических схем подземной добычи магнетитовых кварцитов / Ю.П. Капленко, В.А. Калиниченко // Вісник КТУ, 2006. - Вип. 15. - С. 22-25.
6. Рымарчук Б.И. О перспективе перехода шахт Криворожского бассейна к подземной добыче магнетитовых кварцитов / Б.И. Рымарчук, А.Е. Грицина, Б.Т. Драгун // Вісник КТУ, 2006. - Вип. 13. - С. 20-25.
7. Логачев Е.И. Совершенствование добычи магнетитовых кварцитов подземным способом с применением самоходного погрузочно-доставочного оборудования / Е.И. Логачев, Н.И. Ступник, А.В. Моргун, Н.В. Перетягко // Разраб. рудн. месторожд. - Кривой Рог: КТУ, 2008. - Вып. 92. - С. 50-55.
7. Скорняков Ю.Г. Подземная добыча руд самоходными машинами. - М.: Недра, 1986. -203 с.
8. Ступник Н.И. Технология подземной разработки магнетитовых кварцитов / Н.И. Ступник, Б.И. Андреев, С.В. Письменный // Вісник КТУ, 2003. - Вип. 33. - С. 3-8.
9. Ступник М.І. Комбіновані способи подальшої розробки залізрудних родовищ Криворізького басейну / М.І. Ступник, С.В. Письменний // Разраб. рудн. месторожд. - Кривой Рог: КТУ, 2002. - Вып. 92. 2002. -Вип. 95.-С. 3-7.
10. Калиниченко В.А. Некоторые аспекты сохранения производственной мощности подземного Кривбасса / В.А. Калиниченко // Разраб. рудн. месторожд.: Кривой Рог. - КТУ, 2000. - Вып. 70. - С. 30-31.
11. Цариковский В.В. Повышение эффективности камерных систем разработки рудных месторождений // Изв. вузов. - Горный журнал. - 2011. - №11. - 49-52.
12. Караманич Ф.И. Перспектива и технология отработки магнетитовых кварцитов в Кривбасе / Ф.И. Караманич, В.С. Ричко, Ю.А. Плужник и др. // Разраб. рудн. месторожд. - Кривой Рог. - КТУ, 2008. - Вып. 92. - С. 46-50.
13. Короленко М.К. Розширення сировинної бази підземного Кривбасу за рахунок залучення до видобутку магнетитових кварцитів / М.К. Короленко, М.І. Ступник, В.О. Калініченко, В.В. Перегудов, В.П. Протасов. - Кривий Ріг: Діоніс, 2012. - 284 с.
14. Баштаненко С.С. Обоснование конструктивных параметров ресурсосберегающей технологии этажно-камерной выемки магнетитовых кварцитов [Текст] / С. С. Баштаненко, В.М. Тарасютин, Б.Н. Радионенко // Вісник КТУ, 2011. - Вин. 29. - С. 35-39.
15. Визначення і контроль допустимих розмірів конструктивних елементів систем розробки залізних руд. - Кривий Ріг: НДГРІ, 2010. - 47 с.
16. Інструктивні вказівки з вибору раціональних параметрів буропідвирвних робіт при підземній очисній виїмці на шахтах Криворізького басейну і ЗЗРК. - Кривий Ріг: НДГРІ, 1997. - 34 с.

Рукопис подано до редакції 17.04.15