

Создание в удлиненных кумулятивных зарядах сходящихся детонационных волн за счет встречного инициирования позволяет повысить работоспособность заряда в 1,2-1,6 раза по методу воронкообразования.

Список литературы

1. Лаврентьев М.А. Кумулятивный заряд и принципы его работы // Успехи мат. наук. - 1975. - Т.12, вып.4. - С.41-56.
2. Баранов Е.Г., Клочко И.И., Петелин Э.А. Исследование эффективности нагружения горной породы кумулятивными зарядами / Сб. докладов 1-ой международной конференции «БВР в строительстве» М., 1992. С. 133 – 138.
3. Баранов Е.Г., Клочко И.И. Механизм разрушения горных пород кумулятивными зарядами./ В сб. Деформирование и разрушение горных пород (Материалы 9 Всесоюзной конференции по механике горных пород), г. Фрунзе, 3-5 октября 1989 г. – Фрунзе, «Илим», 1990. – С. 308-312.
4. Гордиенко В.Г., Баранов Е.Г. Применение линейного механического ускорителя для решения некоторых задач моделирования взрыва. – Фрунзе: «Илим», 1971. – 75 с.
5. Бызов В.Ф., Колосов В.А., Федоренко П.И. Взрывное разрушение горных пород: монография - Кривой Рог:Издательский центр ГВУЗ «КНУ», 2012.- 407с.
6. Ткачук К.Н., Федоренко П.И. Взрывные работы в горнорудной промышленности. - К.: Вища шк., 1990. - 296 с.
7. Фізика гірських порід / П.І.Федоренко, В.Д.Сидоренко, М.В.Шолох, Т.О.Подойніцина, А.В.Переметчик. - Кривий Ріг, 2009. - 148 с.
8. П.И. Федоренко, И.И. Клочко Расчет объемов дробления горных пород от взрыва скважинного заряда. - Сб. Научное обеспечение современных методов производства открытых и подземных работ. - Кривой Рог: НИГРИ, 2010. - С. 56-61.
9. Артемьев Э.П., Рождественский В.Н., Ермолаев А.И. Состояние буровзрывных работ на железорудных карьерах Урала и современные методы повышения эффективности и взрывной подготовки горных пород // Изв. вузов. - Горный журнал, 1997. - №9-10. - С. 33-37.
10. Клочко И.И. Разработка высокоэффективных конструкций кумулятивных зарядов для дробления негабаритных кусков горных пород на карьерах / Сучасні ресурсо-енергозберігаючі технології гірничого виробництва Зб. Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М. Остроградського, м. Кременчук – КДПУ, 2010, вип. №2/2010 (6). - С. 16-21.

Рукопись поступила в редакцию 26.03.16

УДК 622.272: 622.611

М.І. СТУПНІК, В.О. КАЛІНІЧЕНКО, доктори техн. наук, проф.,
В.М. ТАРАСЮТІН, О.Я. ХІВРЕНКО, кандидати техн. наук, доц.,
А.В. КОСЕНКО, аспірант, Криворізький національний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИПУСКУ І ДОСТАВКИ РУДИ НА БАЗІ ВИКОРИСТАННЯ САМОХІДНОЇ НАВАНТАЖУВАЛЬНО-ДОСТАВОЧНОЇ ТЕХНІКИ В СКЛАДНИХ ГЕОМЕХАНІЧНИХ УМОВАХ ШАХТ КРИВБАСУ

У роботі вказано, що основною проблемою розробки родовищ природно-багатих залізних руд є інтенсифікація її видобутку і впровадження сучасних методів виробництва із застосуванням сучасної механізації всіх виробничих процесів. Доведено, що інтенсифікація ведення очисних робіт дозволить підвищити конкурентну спроможність гірничо-видобувних підприємств Криворізького басейну. Проаналізовано та узагальнено вітчизняний та зарубіжний досвід, наукові праці і проектні матеріали щодо використання самохідної техніки в підземних умовах. Зроблено висновки з приводу того, що масштабному застосуванню комплексів самохідної техніки суперечать складні геомеханічні умови глибоких горизонтів.

Для вирішення цієї проблеми здійснене удосконалення існуючого комбінованого способу доставки рудної маси, шляхом суміщення покрівлі навантажувально-доставочного орта і підшви штреків скреперування та застосування багатоковшевих скреперних установок на горизонті первинної доставки. Це суміщення дає змогу збільшити об'єм навалу рудної маси на підшві навантажувально-доставочного орта, у результаті збільшення його висоти, що підвищить коефіцієнт використання самохідної навантажувально-доставочної машини у часі протягом зміни та у разі можливих технологічних простоїв однієї зі скреперних установок. На горизонті первинної скреперної доставки створюється наскрізне провітрювання свіжим струменем повітря штреків скреперування, що забезпечить якісні санітарно-гігієнічні умови праці машиніста скреперної установки. Застосування багатоковшевих скреперних установок дає змогу здійснювати випуск руди з усіх випускних виробок по всій площині виробки доставки рівномірними дозами, для сприяння покращенню кількісних та якісних показників вилучення. Продуктивність скреперної установки становить 340-420 т/зміну, за умов виходу негабаритних кусків рудної маси у межах 5-6%, а самохідної навантажувально-доставочної машини - 700-800 т/зміну, в залежності від її типу, на відстані середньої довжини доставки 90-

450 м. Це дозволяє оптимізувати відстань між капітальними рудопусками в залежності від техніко-економічного обґрунтування. Застосування самохідних машин не обмежується тільки цими умовами і може бути використано в будь-яких рудах.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Розробка родовищ природно-багатих залізних руд, у складних геомеханічних умовах глибоких горизонтів шахт Кривбасу, здійснюється під значною дією гравітаційних полів напружень, з використанням різних варіантів системи підповерхового обвалення. Технологічний процес випуску і доставки рудної маси здійснюється скреперними установками, що характеризується високими показниками трудомісткості (від 27 до 48 %) та низькою продуктивністю (в середньому 170 т/зміну), що негативно впливає на затрати, які пов'язані з підтриманням виробок приймального горизонту в робочому стані на протязі усього терміну відпрацювання виймальної одиниці, а також на зниженні якісних та кількісних показників вилучення руди. Варіанти технології, що застосовуються, характеризуються втратами руди в надрах у межах 17-18% та засміченням її – 10-12% [1-4].

Аналіз досліджень і публікацій. Експлуатація продуктивних горизонтів шахт Кривбасу з видобутку природно-багатих залізних руд супроводжується низькою інтенсивністю ведення очисних робіт, яка коливається в межах 1,2 – 1,8 т/м² за добу. Це унеможливує формування компенсаційних камер необхідного об'єму задля якісного протікання технологічного процесу її випуску [2-5]. Збільшення об'єму компенсаційних камер також дозволить примножити кількість чистої руди природної якості, що суттєво впливає на ціноутворення кінцевої продукції [6,7].

Зарубіжний досвід підземної розробки родовищ корисних копалини свідчить про те, що істотне підвищення продуктивності праці на технологічному процесі випуску і доставки неможливе без застосування самохідної техніки [1,8,9]. Збільшення продуктивності технологічного процесу доставки руди дозволить підвищити інтенсивність її випуску. Так як інтенсивність значним чином впливає на формування якісних та кількісних показників вилучення [3].

Для застосування самохідних навантажувально-доставочних машин на технологічному процесі випуску і доставки руди постає питання про зміну конструкції днищ приймальних горизонтів, що створюють вплив на показники вилучення [5].

Випуск руди з траншейного днища за допомогою навантажувально-доставочних машин, через навантажувально-випускні заїзди, у Кривбасі вкрай ускладнений підтриманням виробок площею поперечного перетину 12-14 м² [10] у процесі всього терміну їх експлуатації. Так як для забезпечення максимальних показників ефективності від реалізації вилученої рудної сировини необхідно забезпечити відстань між їх осями у межах 10 м [5]. А це призводить до взаємного перетину зон концентрації напружень в ціликах між ними і, у свою чергу, руйнування в перші проміжки часу їх експлуатації [10].

У процесі виконання ремонтних робіт по відновленню гірничих виробок відбуваються прості устаткування. Це знижує коефіцієнт використання гірничого обладнання протягом робочого часу і, у свою чергу, значною мірою позначається на вартості рудної сировини. Але головним чином ця проблема позначається на переуцільненні рудної маси в очисному просторі, що призводить до зниження показників вилучення [3,4]. Так само на коефіцієнт використання самохідних машин, які є дуже дорогими, впливають якість покриття підшви виробки та прямолінійність її трасування [1,7,11]. Для усунення цих недоліків добре реалізована в цих умовах схема комбінованої доставки рудної маси з використанням скреперних установок на первинній доставці і самохідної техніки на вторинній доставці [1].

Недоліками цього способу доставки є те, що при суміщенні покрівель транспортного орта і штреків скреперування, ускладнюється провітрювання виробок первинної доставки. У результаті чого машиніст скреперної установки знаходиться у ніші, яка не провітрюється. А також формування навалу рудної маси на підшві транспортного орта невеликого об'єму, що знижує коефіцієнт використання самохідної техніки протягом зміни у разі технологічного простою скреперної установки.

Постановка завдання. Отже метою роботи є удосконалення комбінованого способу її доставки для забезпечення високих кількісних і якісних показників видобутку руди та підвищення інтенсифікації ведення робіт на технологічному процесі випуску і доставки рудної маси.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні завдання: оптимізувати параметри днищ приймальних горизонтів виймальних одиниць із застосуванням системи підповерхового обвалення; обґрунтувати тип гірничого обладнання, яке буде застосовуватись.

Викладення матеріалу та результати. Збільшення об'єму компенсаційної камери, до 25-30% і більше від основного запасу панелі, досягається підвищенням інтенсивності випуску запасів обваленої руди компенсаційної камери від 5-6 т/м² за добу та більше.

Підвищення інтенсивності протікання технологічного процесу випуску основного обваленого запасу виймальної одиниці дасть змогу зменшити величини гірничого тиску на днище приймального горизонту [12]. Така величина інтенсивності випуску руди досягається забезпеченням продуктивності технологічного процесу доставки у межах від 700-750 до 800-900 т/зміну, в залежності від конкретних параметрів очисної панелі, яка досягається шляхом застосування однієї з наступних типів самохідних навантажувально-доставочних машин: EST-3,5; TORO 400E; TORO 1400 [5,13].

Середня довжина доставки рудної маси, для забезпечення необхідної продуктивності технологічного процесу, становить: до 90-100 м (EST-3,5); до 250-280 м (TORO 400E); 380-450 м (TORO 1400) [5].

Для забезпечення повноцінної роботи самохідної навантажувально-доставочної машини на вторинній доставці необхідно забезпечити продуктивність скреперної установки в межах 350-450 т/зміну.

Отже, необхідно проаналізувати усі фактори, які впливають на продуктивність скреперної установки і розробити методи, що сприятимуть її підвищенню.

За формулою 1, яка поєднує у собі дані [14, 609 с., 15], розрахована продуктивність скреперної установки 55ЛС-2С в залежності від довжини доставки та виходу негабариту у відсотковому відношенні, т/зміну.

$$P = \frac{3600 \cdot V_c \cdot \gamma_c \cdot K_n \cdot (T_{зм} - T_{п.з})}{\frac{l}{v_r} + \frac{l}{v_n} + \frac{v_c \cdot \gamma \cdot K_n \cdot H \cdot t_{н.г}}{100}}, \quad (1)$$

де $V_c=0,6 \text{ м}^3$ - місткість першого скрепера; $\gamma=2,5 \text{ т/м}^3$ - питома вага руди в розпушеному стані; $K_n=0,8$ - коефіцієнт наповнення скрепера; $T_{зм}=7 \text{ год}$ - тривалість робочої зміни; $T_{п.з}=1 \text{ год/час}$ на нормовані простої та підготовчо-заклучні операції; l - середня довжина доставки скреперними установками; $v_r=1,32 \text{ м/с}$ - швидкість руху завантаженого скрепера; $v_n=1,8 \text{ м/с}$ - швидкість руху порожнього скрепера; $t_n=20 \text{ с}$ - час на паузи при переміщенні скреперів; H - вихід негабариту; $t_{н.г}=10 \text{ хв./т}$ - питомі затрати часу на ліквідацію зависань.

За даними розрахунків побудовані графіки залежності змінної експлуатаційної продуктивності скреперної установки від виходу негабаритних шматків рудної маси (%) при різних середніх довжинах її доставки (рис. 1).

З графіків залежності видно, що суттєво впливає на продуктивність скреперної установки вихід негабариту. Це пояснюється тим, що затрачується значна кількість часу для його локалізації.

Також слід зазначити, що середня довжина доставки не суттєво впливає (6,2-9,0 %) на продуктивність скреперної установки, в результаті виходу негабариту в межах 15-8 %.

Суттєвий вплив середньої довжини доставки (10-20 %) на продуктивність скреперної установки починає відбуватись в результаті зменшення виходу негабаритних шматків рудної маси від 7 до 1%.

Отже, необхідно вдосконалити процес відбивання руди, на який впливають: обладнання, що застосовується для буріння свердловин; довжина вибухових свердловин; відхилення свердловин від проектної осі; анізотропія рудного масиву.

Усунення, до граничного рівня, цих недоліків, а також заміна випускних отворів у вигляді дучок на випускні ніші розмірами 2×2 м [1] дасть змогу збільшити кондиційний шматок до 600 мм.

Це дозволить зменшити зависання шматків рудної маси у виробках випуску, тим самим зменшити вихід її негабариту до 5-6%.

Також забезпечить збільшення продуктивності скреперної установки, в залежності від середньої довжини доставки рудної маси (5-12 м), до 330-420 т/зміну (рис. 1).

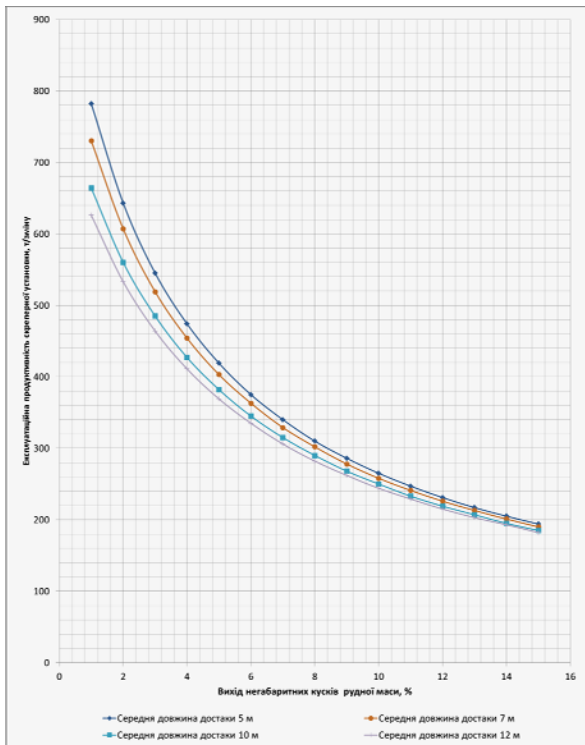


Рис. 1. Залежність змінної експлуатаційної продуктивності скреперної установки від виходу негабаритних кусків рудної маси (%) при різних середніх довжинах доставки рудної маси

Що стосується середньої довжини доставки, то її зменшення можливе за допомогою застосування багатоковшевої скреперної установки, яка складається зі скреперної лебідки і двох-трьох скреперів [16] (рис. 2).

З метою забезпечення функціонування цієї схеми доставки рудної маси (рис. 2), поверх розбивається на декілька підповерхів приблизно рівної висоти, на рівні яких зі штреку лежачого боку проходять навантажувально-доставочні орти 1. Над навантажувально-доставочними ортами 1 проходять штреки скреперування 2, суміщаючи покрівлю навантажувально-доставочних ортів 1 і підшву штреків скреперування 2. У місцях суміщення цих виробок встановлюється грохотна решітка 3. У штреках скреперування 2 формують 4-6 пар випускних ніш 5, які мають розміри 2×2 м.

Штреки скреперування 2 у центральній частині поєднують між собою за допомогою вентиляційних ортів 4, які з'єднують системою гірничих виробок з вентиляційним збірним штреком-колектором.

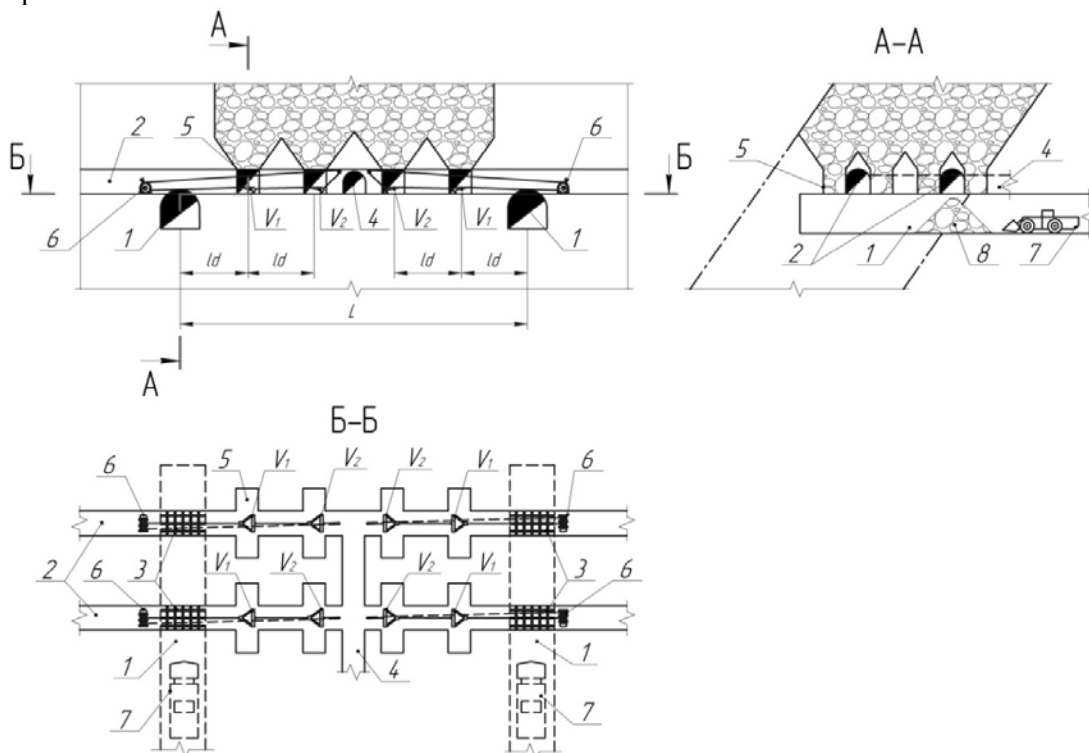


Рис. 2. Схема комбінованого способу доставки рудної маси «багатоковшева скреперна установка - самохідна навантажувально-доставочна машина»

Випуск і доставка рудної маси, в межах очисної панелі, здійснюються після масової відбійки руди від випускних ніш 5 по штреках скреперування 2.

Рудна маса доставляється скреперними установками 6, в обидві сторони від вентиляційного орта 4, до їх перетину з навантажувально-доставочними ортами 1, де вона через грохотну

решітку 3 розвантажується. На підшвах навантажувально-доставочних ортів 1, при цьому, формується навал рудної маси 8, об'єм якого може досягати порядку 90 т.

Автоматизований високопродуктивний випуск руди забезпечується тим, що кількість скреперів кожної скреперної установки 6 відповідає числу пар випускних виробок 5, з яких проводиться випуск, об'єми скреперів V , починаючи з хвостового, у два рази перевищує об'єм попереднього ($V_1=2V_2$). Відстань між скреперами однакова і відповідає відстані між суміжними випускними нішами ld і центром навантажувально-доставочного орта 1.

Така комбінація випускних отворів і скреперної установки дозволить забезпечити рівномірний випуск руди рівними дозами з кожного випускного отвору та допоможе виключити соціальний фактор при дотриманні планування випуску. Таким чином середня довжина скреперування зменшиться до значення відстані між випускними виробками, що становить 5-7 м, в залежності від параметрів стійкості рудного масиву та інтенсивності проведення процесів очисного виймання.

У результаті цього продуктивність скреперної установки забезпечується в межах від 340-360 до 400-420 т/зміну, що зумовлює інтенсивність відпрацювання панелей у діапазоні 5,2-6,5 т/м² за добу. У залежності від відстані (ld) і кількості пар випускних ніш по лінії штреків скреперування, відстань між навантажувально-доставочними ортами L буде коливатись у межах 25-50 м. Вторинна доставка, самохідними навантажувально-доставочними машинами 7, здійснюється по навантажувально-доставочних ортах 1, до місць розвантаження безпосередньо у транспортні засоби, або у капітальний рудоспуск.

Провітрювання горизонту вторинної доставки самохідними навантажувально-доставочними машинами, в залежності від потужності рудного покладу, може здійснюватись примусово за допомогою вентиляторів місцевого провітрювання, або з використанням вентиляційних виробок у лежачому боці покладу чи у породах, що його вміщують.

Провітрювання горизонту первинної доставки скреперними установками 6 здійснюється чистим струменем повітря, яке надходить по штрекам скреперування 2, з обох боків очисної панелі і відводом відпрацьованого повітря через вентиляційні орти 4.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Проведені дослідження дали змогу встановити оптимальні параметри технологічного процесу випуску і доставки рудної маси в межах панелі, що забезпечує високо-інтенсивний її випуск у діапазоні 5,2-6,5 т/м² за добу. Цей показник інтенсивності забезпечується продуктивністю скреперної установки, яка становить 340-420 т/зміну, на горизонті первинної доставки по лінії штреку скреперування, за умови виходу негабаритних шматків рудної маси у межах 5-6%.

Продуктивність самохідної навантажувально-доставочної машини TORO 400E, в межах середньої довжини доставки 250-280 м, коливається у діапазоні 700-800 т/зміну, що дозволить одній машині обслуговувати два скреперних вибої у двох навантажувально-доставочних ортах, які знаходяться по контуру очисної панелі. Відстань між капітальними рудоспусками буде становити в середньому 200 м.

Суміщення покрівлі навантажувально-доставочного орта і підшви штреку скреперування дає змогу збільшити об'єм навалу рудної маси на підшві навантажувально-доставочного орта, у результаті збільшення його висоти, що дасть змогу підвищити коефіцієнт використання самохідної навантажувально-доставочної машини у часі протягом зміни та у разі можливих технологічних простоїв однієї зі скреперних установок.

На горизонті первинної скреперної доставки створюється наскрізне провітрювання свіжим струменем повітря штреків скреперування, що забезпечить якісні санітарно-гігієнічні умови праці машиніста скреперної установки.

У ході подальших досліджень планується провести техніко-економічне обґрунтування запропонованого комбінованого способу доставки.

Розрахувати можливості існуючих скреперних установок по критерію максимуму тягового зусилля задля встановлення залежності їх продуктивності від типу та максимальної довжини скреперування.

Оптимізувати, на основі техніко-економічного обґрунтування, відстані між капітальними рудоспусками в залежності від типорозміру самохідної навантажувально-доставочної техніки.

Установити залежність показників вилучення руди від інтенсивності її випуску в межах 3-6 т/м² за добу.

Список літератури

1. **Тарасютин В.М.** Разработка рациональных вариантов ресурсосберегающей технологии очистной выемки залежей богатых железных руд шахт с использованием самоходного горного оборудования / **Тарасютин В.М., Косенко А.В.** // Materials of the XI international scientific and practical conference «Modern European science – 2015» (June 30 – July 7, 2015) Technical sciences. Physical culture and sport. – Sheffield: SCIENCE AND EDUCATION LTD. – 2015. – Volume 11 – С 69-74.
2. Проект № 148-20-11 нарезных и очистных работ в блоке 140-147 оси гор. 1220 м в п/эт. гор. 1265/1190 м зал. «Основная» п.ш. «Большевик» (с применением самоходного оборудования) // ПАО «Кривбассжелезрудком» // шахта «Октябрьская» // г. Кривой Рог. – 2011 г.
3. **Черненко А.Р.** Подземная добыча богатых железных руд / **А.Р. Черненко, В.А. Черненко.** – М.: Недра, 1992. – 224 с.
4. **Малахов Г. М.** Теория и практика выпуска обрушенной руды / **Г. М. Малахов, В. Р. Безух, П. Д. Петренко.** – М.: Недра, 1968. – 311 с.
5. **Косенко А.В.** Дослідження та удосконалення технологічного процесу випуску і доставки руди на базі використання самохідної навантажувально-доставочної техніки / **Косенко А.В., Мурашкін А.В.** // Матеріали за XII міжнародна научна практична конференція «Бъдеещите изследования – 2016» (15-22 февруари, 2016) Технологии. Физическая культура и спорт – София: Бял ГРАД-БГ» ООД – 2016. – Том 11 – С. 25-31.
6. **Письменный С.В.** Отработка сложноструктурных залежей богатых руд камерными системами разработки / **С.В. Письменный** // Гірничий Вісник. Науково-технічний збірник – Кривий Ріг: КНУ – 2014. – Вип. 97. – С. 3-6.
7. Проблемы геотехнологических процессов комплексного освоения суперкрупных рудных месторождений / под ред. **К.Н. Трубецкого, Д.Р. Каплунова.** – М.: ИПКОН, 2005. – 248 с.
8. Дослідження та удосконалення технології відпрацювання покладів з застосуванням самохідної доставочної техніки / **Калініченко В.О., Швагер Н.Ю., Чухарев С.М.** [та ін.] // Гірничий Вісник. Науково-технічний збірник – Кривий Ріг: КНУ – 2015. – Вип. 99. – С. 100-104.
9. Комбінований спосіб доставки руди при відпрацюванні потужних рудних покладів / **Д.Ф. Зенюк, В.М. Тарасютин, О.Я. Хівренко, М.Б. Федько** // Вісник Криворізького національного університету: збірник наукових праць – Кривий Ріг: КНУ – 2012. – №29 – С. 20-25.
10. **Щербатюк Г.Я.** Щодо питання розробки засобів підтримання гірничих виробок на глибоких горизонтах залізрудних шахт/ **Щербатюк Г.Я., Дердіященко В.Б., Моргун О.В.** // Охорона праці та навколишнього середовища на підприємствах гірничо-металургійного комплексу: Збірник наукових праць . Кривий Ріг: ДП «НДІБПГ». – 2007. – Вип. 9. – С. 51-56.
11. Пояснительная записка к проекту №40 / от 21.11.2011 г./ нарезных и очистных работ в экспериментально-промышленном блоке 93-102 оси гор. 1350-1275 м по залежи «102-5» 6-го простирания 1,2 р.т. с применением самоходной техники // ПАО «Кривбассжелезрудком» // шахта им. Ленина В.И.// г. Кривой Рог. – 2011 г.
12. Инструкция по нормированию, прогнозированию и учету показателей извлечения руды из недр при подземной разработке железорудных месторождений. / **Азарян А.А., Колосов В.А., Моргун А.В.** [и др.] – Кривой Рог: Минарал, 2006. -135с.
13. **Хоменко О.Є.** Горное оборудование для подземной разработки рудных месторождений: справочное пособие / **О.Є. Хоменко, М.Н. Кононенко, Д.В. Мальцев** // – Д.: Национальный горный университет, 2011. – 448 с.
14. Справочник по горному делу / под ред. акад. **А.М. Терпигорева** и проф., д.т.н. **Р.П. Каплунова** – 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по горному делу, 1961. – 857 с.
15. **Пухов Ю.С.** Рудничный транспорт / **Ю.С. Пухов** – М.: Недра, 1991. – 380 с.
16. Пат. 105304 Україна, МПК E21C 41/00. Комбінований спосіб доставки рудної маси при підземній розробці крутоспадних потужних рудних покладів / **Ступнік М.І., Калініченко В.О., Кривенко Ю.Ю., Калініченко О.В., Косенко А.В., Ковбик К.М.**; Заявник і власник ДВНЗ «Криворізький національний університет». – у 2015 09471; заявл. 01.10.2015; опубл. 10.03.2016, Бюл. №5.