МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ТЕМЧЕНКО Олександр Анатолійович

УДК 658.009.12: 622.271

НАУКОВІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДКРИТОЇ РОЗРОБКИ ЗАЛІЗОРУДНИХ РОДОВИЩ У СИСТЕМІ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ

Спеціальність 05.15.03 – відкрита розробка родовищ корисних копалин

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Київ – 2014

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України на кафедрі геобудівництва та гірничих технологій

Науковий консультант - доктор технічних наук, професор
Кравець Віктор Георгійович,
Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут” (м. Київ),
завідувач кафедри геобудівництва
та гірничих технологій.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Дриженко Анатолій Юрійович,
ДВНЗ «Національний гірничий університет»
Міністерства освіти і науки України
(м. Дніпропетровськ),
професор кафедри відкритих гірничих робіт;

доктор технічних наук, професор
Четверик Михайло Сергійович,
Інститут геотехнічної механіки НАН України
(м. Дніпропетровськ), завідувач відділу геомеханічних основ технологій відкритої розробки
родовищ;

доктор технічних наук, професор
Поліщук Сергій Зіновійович,
Придніпровська державна академія будівництва
та архітектури
Міністерства освіти і науки України
(м. Дніпропетровськ),
завідувач кафедри опалення, вентиляції та
якості повітряного середовища.

Захист відбудеться 26.06.2014 року о 14.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.002.22 при Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут» за адресою: 03056, м. Київ, вул. Борщагівська, буд. 115, ауд. 701.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» за адресою: 03056, Україна, м. Київ, просп. Перемоги, 37.

Автореферат розіслано «23» травня 2014 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук В.В. Вапнічна

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. При вирішенні проблеми підвищення економічного потенціалу України вагома роль відводиться гірничорудним підприємствам з відкритим способом розробки родовищ, яким видобувається 85 % обсягів товарної залізної руди. Разом з тим, вітчизняна залізорудна база має певні особливості: по-перше, це низька якість руд з високим вмістом шкідливих домішок; по-друге, глибина кар'єрів досягає понад 400 м та ускладнюються умови розробки родовищ, й головне, незначний відсоток застосування інноваційних технологій видобутку та переробки корисної копалини, що обумовлює високу енерго-, капітало- та матеріалоємність та низьку продуктивність праці. Зважаючи на значну експортну спрямованість гірничого виробництва, підвищення вартості енергоносіїв в умовах загострення світової економічної кризи задача забезпечення конкурентних переваг відкритих гірничих робіт (ВГР) набуває особливої гостроти й перетворюється у стратегічну проблему. На рівень конкурентоспроможності відкритої гірничої технології (ВГТ) впливає значна кількість факторів, основними з яких є: природні властивості гірських порід, параметри гірничотранспортного устаткування, система розробки родовищ корисних копалин та рівень управління діяльністю гірничих підприємств, на яких вплив і поєднання цих факторів виявляється по різному.

Сучасні науково-технічні розробки щодо підвищення ефективності видобутку корисних копалин відкритим способом направлені на вирішення окремих задач технічного або технологічного характеру, тоді як для гірничого виробництва необхідно комплексно вирішувати проблеми посилення конкурентних позицій вітчизняних підприємств на зовнішніх ринках залізорудної сировини шляхом розробки й впровадження ефективних технологій, що забезпечують оптимальну якість товарної продукції. Здебільшого поза увагою залишаються особливості формування технологічної складової ефективності гірничого виробництва, що вказує на відсутність теоретичних основ формування ВГТ з позиції конкурентоспроможності. Вирішення цієї проблеми можливе на основі системного підходу до розгляду усіх технологічних процесів як єдиної організаційно-технологічної сукупності. У контексті ведення гірничих робіт при одночасному проектуванні, будівництві, модернізації, реконструкції, консервації та розконсервації окремих ділянок кар'єрів можна стверджувати, що конкурентоспроможність необхідно формувати на всіх етапах розробки родовища корисної копалини, і особливо при збільшенні поточної глибини кар'єрів. У зв'язку з наведеним, розвиток наукових основ формування відкритої гірничої технології з позиції конкурентоспроможності у поєднанні з застосуванням оптимальних комплексів гірничотранспортного та виймально-навантажувального устаткування на залізорудних родовищах є актуальною ***науково-технічною проблемою***, що має важливе значення як для гірничо-металургійного комплексу, так і для економіки України в цілому.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Роботу виконано в рамках програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року, що затверджена Законом України від 21 квітня 2011 року № 3268-VI, у відповідності до якої для підготовки дисертаційної роботи були виконані науково-дослідні роботи згідно плану наукових досліджень ДВНЗ «Криворізький національний університет» у межах тем № 10-742-08 РК №0108U008003– 2008 рік «Визначення параметрів вибухових робіт, що забезпечують сейсмічну безпеку об'єктів, які охороняються навколо кар'єру гірничо-збагачувального комбінату (ГЗК) «Укрмеханобр» ПАТ «ММК ім. Ілліча» з урахуванням використання сучасних вибухових речовин та засобів вибуху» та № 10-757-08 РК №0108U010903 – 2008 рік **«**Визначення параметрів вибухових робіт при виконанні будівництва траншей на кар'єрі ВАТ «ПівдГЗКа», а також держбюджетної теми №30-76-07 РК №0107U002965 (2007-2009 роки) – «Дослідження та розробка засобів створення високоефективних технологій гірничо-металургійних комплексів на основі енергоресурсозбереження», в яких автор приймав безпосередню участь.

Мета і задачі дослідження. *Метою роботи* є формування ефективної технології відкритої розробки залізорудних родовищ для забезпечення конкурентоспроможності гірничозбагачувального комбінату при поглибленні кар'єрів та погіршенні гірничо-геологічних і екологічних умов виробництва. Для досягнення поставленої мети в дисертаційній роботі сформульовано **наступні задачі**:

- дослідження закономірностей зміни техніко-економічних показників роботи кар'єрів при їх поглибленні для обґрунтування інтегрального критерію і розробки методики оцінки й вибору варіантів конкурентоорієнтованої технології відкритої розробки залізорудних родовищ, що комплексно враховують гірничо-геологічні та екологічні умови з виділенням у конкретній виробничій ситуації в кар'єрі основних складових, встановлення їх взаємозв'язків і локальних критеріїв;

- встановлення впливу фізико-механічних властивостей і текстурно-структурних особливостей гірських порід, якості корисної копалини і цінності землі, робочих параметрів гірничотранспортного устаткування й особливостей технологічних схем його роботи на зміну граничного коефіцієнта розкриву та підвищення ефективності окремих технологічних процесів і гірничого виробництва у цілому;

- дослідження впливу способів розкриття крутоспадаючих залізорудних родовищ, систем розробки й параметрів їх елементів на ефективність ВГТ;

- обґрунтування організаційно-технологічного механізму формування робочої зони кар'єрів, що враховує етапи розвідки родовища, будівництва гірничого підприємства, а також подальшої експлуатації шляхом математичного моделювання технологічних комплексів з використанням теорії агрегатів;

- наукове обґрунтування та розробка ефективних технологічних рішень для гірничорудних підприємств, що забезпечують поточне й стратегічне формування конкурентоспроможної технології відкритої розробки залізорудних родовищ у системі гірничо-збагачувального комбінату.

Об'єкт досліджень – процеси формування технологічної складової конкурентоспроможності гірничорудних підприємств з відкритим способом розробки родовищ корисних копалин.

Предмет досліджень – техніко-технологічні параметри елементів систем розробки, методи і засоби формування конкурентних переваг ВГТ у системі гірничо-збагачувального комбінату.

Методи досліджень. Для розв'язання поставлених завдань в роботі використані методи досліджень, основу яких становить системний підхід до розв'язання проблеми формування технологічної складової конкурентоспроможності гірничорудних підприємств при регіональному розгляді Криворізького залізорудного басейну: теорії пізнання для аналізу, синтезу та узагальнення тверджень і показників, аналітичні – при дослідженні матеріало- і енергоємності основних технологічних процесів; графоаналітичні, економіко-математичне моделювання із застосуванням апарату математичної статистики, лінійного й нелінійного програмування - для визначення оптимальних виробничих потужностей гірничих підприємств; теорії масового обслуговування, теорії агрегатів і експертиз, проведення промислових експериментів в умовах ГЗК Кривбасу – для дослідження особливостей функціонування гірничотранспортних комплексів залізорудних кар'єрів. Обробка даних здійснювалась на ПЕОМ з використанням пакета Microsoft Office 2003 (Excel 2003), STATGRAPHICS Plus Windows, STATISTICA 07 та «MATLAB».

Наукова новизна отриманих результатів, що виноситься на захист, представлена науковими положеннями, в яких вперше:

- отримано багатофакторні залежності оцінки рівня ефективності гірничого виробництва від організаційно-технологічних умов і параметрів елементів системи розробки родовищ корисних копалин, виробничих характеристик гірничотранспортного устаткування з урахуванням особливостей схем і режимів їх роботи та виробничого потенціалу гірничозбагачувального підприємства;

- встановлено закономірності формування ВГТ гірничорудного підприємства з урахуванням конкурентоспроможності складових підсистем (корисна копалина, персонал, устаткування, продукція), що дозволяє визначити раціональний режим та оптимальні параметри гірничих робіт в кар'єрах, а також обґрунтувати застосування найбільш прийнятних технологічних схем відпрацювання глибоких горизонтів при подальшій розробці залізорудних родовищ;

- встановлено залежність граничного коефіцієнту розкриву від цінності землі, якості корисних копалин та параметрів гірничотранспортного устаткування, що дозволяє підвищити ефективність відкритої гірничої технології на 5…10%;

- отримано залежності швидкості проведення розкриваючих гірничих виробок від висоти уступу та ширини траншеї низом, а також продуктивності виймально-транспортного обладнання від довжини екскаваторних блоків та ширини робочої площадки, що дозволяє зменшити термін розкриву у 1,5-1,6 рази, підвищити ефективність подальшого застосування ВГТ та забезпечить оптимальне формування робочої зони глибоких кар'єрів;

- встановлено рівні матеріало - та енергоємності видобутку і переробки залізної руди з урахуванням комплексу технічних, технологічних і організаційних факторів гірничого виробництва для визначення доцільності застосування технологічних схем роботи гірничотранспортного устаткування у кар'єрі;

Наукове значення роботи полягає у розвитку наукових основ формування відкритої гірничої технології з позиції конкурентоспроможності, що базуються на встановленні залежностей та взаємозв'язків природних, технологічних, технічних і організаційних факторів, сукупний вплив яких на ефективність технологічних процесів гірничозбагачувального підприємства оцінюється локальними і інтегральними критеріями на основі комплексного урахування наявних ресурсів і ймовірнісних характеристик параметрів й елементів робочої зони кар'єрів на завершальних етапах розробки залізорудних родовищ.

Практичне значення одержаних результатів:

- розроблено методику оцінки технології ВГР з позиції адаптації параметрів технології (зокрема, етапів та термінів переносу концентраційних горизонтів, швидкості проведення траншей) до сучасних вимог, що забезпечує формування конкурентних переваг гірничорудного підприємства на всіх етапах розробки родовища з оптимальними якісними характеристиками залізорудної сировини;

- запропоновано методику визначення доцільності переходу на ЦПТ та встановлення раціональної області її застосування в глибоких залізорудних кар'єрах;

- розроблено рекомендації щодо формування стійких профілів бортів кар'єрів, що дозволяють мінімізувати обсяги розкривних робіт в умовах обмежених земельних ресурсів в залежності від глибини розробки залізних руд;

- створено економіко-математичні моделі та алгоритм оптимізації виробничих потужностей ГЗК, які враховують динаміку попиту та пропозиції на залізорудну сировину, а також зміну обсягів реалізованої продукції в цілому по регіону при зміні асортименту товарної продукції окремих підприємств.

Результати дисертаційної роботи впроваджені ДП ДІППГРП «Кривбаспроект», та ДП «Український науково-дослідний та проектно-розвідувальний інститут промислової технології» Міністерства енергетики та вугільної промисловості при проектуванні нових і діючих гірничорудних підприємств з відкритим та підземним способом розробки родовищ, на підприємствах асоціації «Укррудпром», ПАТ «ІнГЗК», ПАТ „КЗРК", ГЗК «Укрмеханобр» ПАТ «ММК ім. Ілліча», ТОВ „Восток-руда" та у навчальному процесі ДВНЗ НТУУ «КПІ» і ДВНЗ «КНУ» при вивченні окремих курсів, зокрема, «Організація і планування виробництва», «Планування гірничих робіт» та при виконанні студентами дипломного проекту за спеціальністю «Розробка родовищ та видобування корисних копалин», що підтверджується відповідними актами.

Особистий внесок здобувача. Автором сформульовано наукову проблему, мету, ідею роботи, задачі досліджень, наукові положення, висновки і рекомендації. *В роботах, які написані у співавторстві, особистий внесок автора полягає у наступному:* [1] - визначення технологічних складових системи управління конкурентоспроможністю; [2] - наукове обґрунтування ефективності відкритої розробки родовищ корисних копалин з позиції конкурентоспроможності; [4] - визначення етапів стабілізації якості рудопотоків на глибоких кар'єрах; [5] - оцінка енергетичних витрат при відвалоутворенні; [6] - виконано розрахунки енергоємності подрібнення гірських порід; [7] - виконано розрахунки ефективності енергозбереження на залізорудних кар'єрах; [8] - поставлені задачі дослідження; [9] - обґрунтування напрямків підвищення конкурентоспроможності товарної продукції; [10] - запропонована методика визначення оптимального співвідношення обсягів видобутку руд; [11] - визначено оптимальні обсяги видобутку залізної руди на гірничорудних підприємствах; [12] - встановлена актуальність та

поставлені задачі досліджень; [13] - виконані обробка і аналіз результатів досліджень; [14] - обґрунтована система стабілізації якості рудопотоків; [15] - обґрунтована доцільність енергозберігаючих заходів; [16] - обґрунтована необхідність управління кар'єрними технологічними потоками; [18] - обґрунтована доцільність застосування автоматичної диспетчерської системи; [19] - систематизовані кар'єрні рудопотоки; [25] - визначено вплив ризиків на конкурентоспроможність гірничих підприємств; [29] - обґрунтовано конкурентоспроможність гірничо-збагачувальних комбінатів України; [30] - визначено параметри робочої зони кар'єрів; [31] - обґрунтування енергозберігаючих заходів на залізорудних кар'єрах; [32] - обґрунтовано доцільність переходу від відкритого до підземного способу розробки родовищ корисних копалин; [34] - розглянуто формування конкурентних переваг гірничозбагачувальних підприємств; [35] - обґрунтування співвідношення кар'єрного гірничотранспортного устаткування; [38] - визначено параметри технологічних схем роботи гірничотранспортного устаткування у кар'єрі; [40] - розглянута проблема підвищення якості залізорудної продукції; [41] - обґрунтована система управління якісними параметрами залізних руд; [42] - визначені проблеми управління ресурсами на промислових підприємствах; [43] - визначені напрями диспетчеризації на кар'єрах; [44] - обґрунтована необхідність енергетичної оцінки технологічних процесів; [45] - визначення витрат для підвищення якості товарної продукції; [46] - визначені складові підвищення конкурентоспроможності гірничорудних підприємств; [47] - визначені напрями функціонування підрозділів гірничого підприємства; [48] - виконано моделювання факторів впливу на конкурентоспроможність вітчизняних гірничих підприємств; [51] - оцінка інвестиційних проектів і технологічних рішень в гірничому виробництві; [52] - визначення та оцінка конкурентоспроможності вітчизняної залізорудної сировини; [53] - обґрунтування показників використання виробничих фондів на гірничорудних підприємствах.

Апробація результатів дисертації. Основні наукові положення та практичні рекомендації доповідалися на міжнародних науково-практичних симпозіумах та конференціях: «Качество-99» «Оперативный контроль управления качеством минерального сырья при добыче и переработке» (Ялта, 12.07-17.07.1999 г.); «Качество-2002» (Кривой Рог, 05.11-10.11.2002 р.); на международной научной конференции «Геотехнологии и управление производством. XXI век» (Донецк: ДонНТУ, 26.05.2006 г.); ежегодном симпозиуме «Неделя Горняка» (Москва, 28.01-1.02.2008 г.); на международной научно-практической конференции "Инновационные технологии в экономике, управлении и образовании" (Смоленск - Москва, 10.04-11.04.2008 г.); на международном симпозиуме «Качество минерального сырья» (Ялта, 14.07-16.07.2008 г.); на міжнародних науково-технічних конференціях «ГМК: досягнення, проблеми та перспективи розвитку», Кривий Ріг: КТУ, 12.05.2009 та 26.05.2011 р.р; на II міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні технології розробки рудних родовищ» (Кривий Ріг: ДІ «НДГРІ», 23-24 березня 2012 р.); на міжнародних науково-технічних конференціях «Сталий розвиток промисловості та суспільства», Кривий Ріг: ДВНЗ «КНУ», 22.05-25.05.2012 та 23.05-25.05.2013 р.р.

Публікації. Основні результати дисертаційного дослідження опубліковано у 53 наукових працях, з них 2 монографії, 37 статей у провідних фахових виданнях, з яких 2 статі – у збірниках наукових праць, що включені до переліку міжнародної наукометричної бази даних SCOPUS, 3 статті – у іноземних виданнях, а також у 10 тезах за матеріалами науково-практичних конференцій та 4 навчальних посібниках.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, шести розділів, висновків, викладених на 315 сторінках комп'ютерного тексту. Робота містить 54 таблиці, 79 рисунків, список використаних джерел із 233 найменувань на 23 сторінках та 7 додатків на 15 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність досліджуваної проблеми, показано зв'язок з науковими програмами і темами, визначено мету та задачі досліджень, сформульовано основні наукові положення та практичне значення отриманих результатів, спрямованих на вивчення закономірностей, що впливають на технологічну конкурентоспроможність ВГР. Наводяться дані

про публікації, апробацію і рекомендації щодо впровадження розробок у сучасних умовах гірничого виробництва.

У **першому розділі** виконано аналіз і висвітлено стан проблеми технологічного забезпечення конкурентоспроможності ВГР на залізорудних кар'єрах України. Відзначається, що гірничодобувна галузь промисловості є матеріало- енергоємною з високим рівнем експлуатаційних витрат. Необхідність вирішення цієї проблеми обумовлюється збільшенням глибини кар'єрів, погіршенням гірничо-геологічних і екологічних умов розробки родовищ та зростанням цін і тарифів на матеріали й енергію. Вказується на те, що на залізорудних кар'єрах підвищення ефективності ВГТ варто здійснювати шляхом удосконалення технологічних схем видобутку і переробки руди. Початок дослідженню технологічних процесів відкритої розробки родовищ корисних копалин, матеріало- і енергоємності гірничого виробництва поклали відомі вітчизняні та закордонні вчені: О.І. Арсентьєв, В.Ф. Бизов, М.В. Мєльніков, М.Г. Новожилов, В.В. Ржевський, Б.М. Тартаковський, Є.Ф. Шешко. У останні роки цій проблемі присвячені праці Ю.І. Аністратова, В.Г. Блізнюкова, В.Д. Воробйова, І.Л. Гуменника, К. Дребенштедта, А.Ю. Дриженка, В.Г. Кравця, В.А. Ковальчука, Ю.М. Ніколашина, С.З. Поліщука, В.І. Прокопенка, Б.Р. Ракішева, Н.С. Ремез, В.І. Симоненка, К.Н. Ткачука, К.К. Ткачука, П.Й. Федоренка, М.С. Четверика, А.Г. Шапаря, О.В. Шапуріна та інших. Аналіз роботи залізорудних підприємств й наукової літератури свідчать про низький рівень технологічного забезпечення конкурентоспроможності товарної продукції у порівнянні з закордонними аналогами. Незважаючи на те, що в цьому напрямку проводяться теоретичні й практичні роботи, стосовно залізорудних кар'єрів Кривбасу комплексні системні дослідження з проблеми оцінки ефективності ВГТ практично не виконувалися, що вказує на їх актуальність. На основі аналізу стану цієї важливої проблеми сформульовані вищевказані наукові задачі досліджень.

У **другому розділі** представлено наукові основи оцінки та формування технології відкритої розробки залізорудних родовищ з позиції конкурентоспроможності. Основою цієї теорії є принцип, що передбачає існування на гірничорудних підприємствах системи формування конкурентоспроможності ВГТ, яка складається з 4-х підсистем (корисна копалина; персонал; устаткування, у тому числі у плані його застосування при організації гірничого виробництва та впровадження заходів зниження собівартості видобутку і переробки гірничої маси; продукція) і органічно зв'язує усі її елементи в єдине ціле, а саме: конкурентоспроможність при відкритій розробці родовищ досягається організаційно-технологічними методами та інноваційними технологіями, що забезпечують мінімум інтегрального показника ефективності гірничого виробництва. Загальний стан такої системи залежить від стану підсистем, з яких вона складається, та окремих елементів, що її формують (рис. 1).

Рис. 1. Складові системи забезпечення конкурентоспроможності ВГТ

Для забезпечення ефективного функціонування підсистеми необхідно, по-перше, визначити параметри, які характеризують окремі її елементи та систему у цілому, а по-друге, формувати їх таким чином, щоб забезпечити максимальне значення результативного показника. На основі проведеного аналізу встановлені техніко-економічні показники оцінки окремих підсистем. Кожен показник має власний алгоритм обчислення і може бути визначений на різних рівнях управління - година, зміна, доба, тиждень.

Характерною особливістю відкритої розробки залізорудних родовищ є використання протягом тривалого часу (понад 50 років) технології видобутку та переробки мінеральної сировини, яка дотепер кардинально не змінюється. Тому відповідно до закону спадаючої ефективності настає припинення росту результативності діяльності гірничих підприємств. При цьому змінюються співвідношення між величиною основного експлуатаційного показника (собівартості видобутку 1 т залізної руди) з урахуванням поглиблення кар'єрів та необхідністю підтримання раціональної продуктивності гірничотранспортного устаткування по руді та породах розкриву, й витратами, пов'язаними із забезпеченням оптимального рівня цього показника (рис. 2).

Рис. 2. Закономірності зміни економічної ефективності ВГТ у процесі її розвитку: 1 – експлуатаційні витрати існуючої технології (собівартість видобутку 1 т залізної руди); 2 – експлуатаційні витрати удосконаленої ВГТ при застосуванні на глибоких горизонтах залізорудних кар'єрів; 3 – основний результуючий показник застосування існуючої технології (оптимальна продуктивність гірничотранспортного устаткування по руді та розкриву); 4 – економічна ефективність існуючої технології; 5 – економічна ефективність удосконаленої ВГТ.

На активній ділянці розвитку застосовуваної технології (t_2 - t_3) співвідношення між результуючим показником і витратами забезпечує безперервне підвищення економічності технології. Однак, починаючи з t_3, коли технологічні, технічні й організаційні можливості вичерпані, вказані співвідношення порушуються. Витрати ростуть швидше, ніж основний технологічний показник, тобто ефективність технології знижується. Для забезпечення подальшого росту ефективності технології до моменту t_3 необхідно розробити нову технологію, що істотно змінить величину основного показника. При цьому момент часу t_3 характеризує якісний розвиток технології.

У результаті досліджень виявлені і систематизовані фактори управління технологічною складовою конкурентоспроможності гірничозбагачувального підприємства з урахуванням їх впливу на кожну складову шляхом застосування моніторингу для забезпечення зворотного зв'язку. Розроблений механізм формування, оцінки та моніторингу конкурентних переваг може бути використаний для спостереження за будь-яким фактором (показником) і дозволить підприємству забезпечити управління конкурентоспроможністю ВГТ у режимі запобігання небажаних відхилень показників діяльності від заданих, швидко адаптуватись до мінливої дії зовнішнього і внутрішнього середовища. Ефективність використовуваної на даний час ВГТ визначається співвідношенням показників витрат (вартості ресурсів) і отриманих результатів (корисності залізорудної сировини) з використанням локальних оціночних показників, що дозволяють оцінити стан підприємства на даний момент часу (обсяг та якість товарної продукції, якість руди в кар'єрі, продуктивність праці, собівартість продукції, прибуток, рентабельність, фондовіддача, конкурентоспроможність – персоналу, устаткування, мінеральної сировини та товарної продукції, підприємства у цілому). Загальною вимогою до ВГТ на всіх гірничозбагачувальних комбінатах є формування у кар'єрі рудопотоків, стабільних за обсягами та якістю сировини, які впливають на обсяги виробництва та конкурентоспроможність товарної продукції. Тому для оцінки ефективності підготовки сировини в кар'єрі для збагачувальної фабрики (ЗФ) пропонуються показники ритморентабельності:

$$\text{- за обсягами руди: } PP_o = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Q_{пл} - Q_i)}{Q_{пл}}\right) \cdot \frac{ВД}{C_{тп}},\ відн.\ од.; \qquad (1)$$

$$\text{- за якістю руди: } PP_я = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Fe_{пл} - Fe_i)}{Fe_{пл}}\right) \cdot \frac{ВД}{C_{тп}},\ відн.\ од \qquad (2)$$

де $Q_{пл}$, Q_i– відповідно планові та поточні обсяги видобутку руди у аналізованому періоді, т; $ВД$ – валовий дохід підприємства, грн.; $C_{тп}$ - собівартість товарної продукції, грн.; $Fe_{пл}$, Fe_i- відповідно плановий та поточний вміст корисного компоненту у руді, %.

Вираз у дужках відображає ритмічність роботи кар'єру за обсягами та якістю руди і пов'язує ВГТ з організацією технологічних процесів. Для кожної складової системи визначені критерії їх оцінювання, що пов'язують ефективність використання елементів підсистем з кінцевими показниками діяльності підприємства. Кожен з показників повинен бути спрямований до максимального значення, що забезпечить підвищення ефективності ВГТ на конкретному

підприємстві. Тому, у якості показника конкурентоспроможності ВГР пропонується інтегральний показник ($ПК_{ВГР}$), який включає показники окремих підсистем

$$ПК_{ВГР} = ТР \cdot ФР \cdot МР \ , відн.\ од. \quad (3)$$

де *ТР, ФР* та *МР* –відповідно трудо – фондо- та мінералорентабельність, відн. од.

У якості критерію оцінки персоналу пропонується використовувати показник трудорентабельності ТР:

$$\text{- для ГЗК } \ ТР_{ГЗК} = \frac{ТП}{ЧП_{ГЗК}} \bullet \frac{ВД}{С_{тп}}, відн.од.; \quad (4)$$

$$\text{-для кар'єру } ТР_{к} = \frac{Q}{ЧП_{к}} \bullet \frac{ВД}{С_{р}}, відн.од., \quad (5)$$

де *ТП* – обсяг товарної продукції (концентрат, агломерат, обкотиші), грн.;
$ЧП_{ГЗК}$, $ЧП_{к}$ – відповідно середньоспискова чисельність промислово-виробничого персоналу ГЗК і кар'єру у перерахунку на загальний фонд оплати праці (ФОП), грн.; *ВД* – валовий дохід підприємства, грн.; $С_{р}$– собівартість видобутку руди (без ФОП) у кар'єрі, грн.; *Q*– обсяг видобутку руди у кар'єрі у вартісному еквіваленті, грн.

Для аналізу інтенсивності й ефективності використання основних виробничих фондів гірничорудного підприємства у роботі запропоновано узагальнюючий показник ефективності їх використання – фондорентабельність:

$$\text{для ГЗК - } ФР_{ГЗК} = \frac{ТП}{ВР_{ГЗК}} \bullet \frac{ВД}{С_{ТП}}, відн.од.; \quad (6)$$

$$\text{для кар'єру - } ФРк = \frac{Q}{ВР_{к}} \bullet \frac{ВД}{С_{р}}, відн.од., \quad (7)$$

де $ВР_{ГЗК}$, $ВР_{к}$ – відповідно середньорічна первісна вартість техніки ГЗК та кар'єру, грн.
Її рівень залежить не тільки від фондовіддачі гірничотранспортного устаткування в кар'єрі, але й від рентабельності виробництва товарної продукції на ГЗК. Перевага показника фондорентабельності полягає у тому, що він інтегрально враховує ефективність використання живої праці й динаміку прибутку на гірничорудному підприємстві. Ріст показника фондорентабельності характеризує ефективне використання основних засобів на підприємстві, а його зменшення при одночасному підвищенні фондовіддачі говорить про збільшення витрат виробництва. Якщо підприємство переходить на випуск продукції з підвищеними якісними характеристиками або впроваджує інноваційну технологію переробки мінеральної сировини, наприклад, магнітно-флотаційне доведення концентрату, то зниження показника фондорентабельності логічне, враховуючи, що такі заходи як модернізація, технічне переозброєння або придбання нового гірничого устаткування потребують значних інвестицій, віддача від яких отримується не відразу.

Для порівняльної оцінки мінеральної сировини на різних родовищах пропонується показник мінералорентабельності МР:

$$\text{для ГЗК: } МР_{ГЗК} = КК_{ТП} \bullet \frac{ВД}{С_{ТП}}, відн.од.; \quad (8);$$

$$\text{для кар'єру: } МР_{к} = КК_{р} \bullet \frac{ВД}{С_{р}}, відн.од. \quad (9)$$

де $КК_{ТП}$, $КК_{р}$– відповідно вміст корисного компонента у товарній продукції ГЗК та в сирій руді з кар'єру, %.

Для оцінки конкурентоспроможності гірничозбагачувальних підприємств при порівняльній оцінці доцільно враховувати ділову активність на ринку залізорудної сировини та ступінь використання виробничої потужності. З урахуванням цих рекомендацій у якості критерію оцінки ВГТ, варіанти якої використовуються на різних гірничорудних підприємствах, пропонується використовувати комплексний інтегральний критеріальний показник $ПК_{ВГР,}$ відн. один.:

$$ПК_{ВГР} = ТР \cdot ФР \cdot МР \cdot \frac{Д}{КВП} \rightarrow max, \quad (10)$$

де *Д* - частка продукції підприємства на ринку залізорудної сировини (ЗРС), відн. од.; *КВП* – коефіцієнт використання виробничої потужності гірничозбагачувального підприємства по товарній продукції (концентрату), відн. од.

Запропонований інтегральний показник оцінки конкурентоспроможності ВГТ на окремих гірничозбагачувальних комбінатах Кривбасу складає для:

ПАТ «ПівнГЗК» 0,71 відн. од.;
ПАТ «ІнГЗК» 0,18 відн. од.;
ПАТ «ПівдГЗК» 0,062 відн. од.;
ПАТ «ЦГЗК» 0,057 відн. од.

Однак саме значення показника не дозволяє говорити про її рівень. Тому оцінювати ВГТ можна тільки шляхом її порівняння з іншими гірничими підприємствами, які здійснюють відпрацювання родовищ відкритим способом на основі розробки механізму визначення рейтингу підприємств. Розроблені моделі управління формуванням технологічної складової конкурентоспроможності гірничорудного підприємства отримані за допомогою декомпозиції показника фондорентабельності, який запропоновано у якості критерію оцінки ефективності ВГТ. Кожна модель може бути використана як критерій оцінки при розгляді варіантів постадійного формування технологічних схем роботи гірничотранспортного устаткування на нижніх інтервалах управління й прийняття рішення щодо вибору ефективних технологій видобутку і переробки руди (рис. 3). Процес формування ВГТ не є цілком результатом діяльності тільки підприємства, що експлуатує конкретне родовище корисної копалини. Для того щоб провести аналіз факторів, що впливають на ефективність ВГТ, необхідно охопити не тільки етап експлуатації, а весь багатоетапний процес формування конкурентоспроможності у цілому. Він містить у собі циклічно повторювані фази передпроектних досліджень, проектування об'єкта, його створення, освоєння потужності, нормальної експлуатації, підтримки потужності й модернізації об'єкта, наростання його фізичного й морального спрацювання, вибуття й заміни об'єкта. Розглядаючи закономірності формування конкурентоспроможної ВГТ в динаміці можна відокремити й виявити відповідальних виконавців по окремих етапах процесу. Фактори, що формують рівень конкурентоспроможності ВГТ на рис. 3, розділені на дві групи: учасники, що задають ззовні вхідні умови, і прийняття ефективних управлінських рішень у період проектування, будівництва і експлуатації родовища корисної копалини. Розроблені критерії та механізми формування технологічної складової конкурентоспроможності гірничозбагачувальних підприємств у роботі використовуються при математичному моделюванні технологічних процесів гірничого виробництва та оцінці їх ефективності.

У **третьому розділі** досліджено вплив гірничо-технологічних факторів, цінності землі та обсягів виробництва ЗРС на параметри залізорудних кар'єрів, зокрема, розглядається вплив якості рудної сировини з урахуванням бортового вмісту корисного компоненту на технологічні показники збагачення й вибір способу розробки родовища на формування конкурентоспроможної ВГТ.

Для дослідження впливу усіх складових встановлено зв'язок показників вихідної сировини у надрах з технологічними показниками збагачення. Це дозволяє прогнозувати обсяги та якісні характеристики товарної продукції на основі визначення оптимального напряму розвитку гірничих робіт в кар'єрі. При цьому на всіх залізорудних гірничо-збагачувальних комбінатах простежується закономірність, що зі збільшенням вмісту заліза у вихідній руді всі технологічні показники збагачення підвищуються.

Рис. 3. Постадійне формування конкурентоспроможності ВГТ

Встановлено, що достатньо високу щільність зв'язку (рис. 4*)* має тільки залежність між вмістом заліза магнітного ($\alpha_м$) у сирій руді та виходом концентрату (γ):

$\gamma = - 0,2217 + 1,5589 \cdot \alpha_м$, при високому коефіцієнті кореляції r = 0,8848.

Рис. 4. Залежність вмісту заліза у концентраті від вмісту заліза магнітного у руді та його вилучення у процесі збагачення

Залежність вмісту заліза у концентраті $\beta = 59,266 + 0,2024 \cdot \alpha_м$ та вилучення заліза у концентрат $\varepsilon = 63,0188+0,5885 \cdot \alpha_м$ від вмісту заліза магнітного мають низькі коефіцієнти кореляції, відповідно $r_1 = 0,2907$ та $r_2 = 0,2205$. Даний результат пояснюється тим, що при високому ступеню подрібнювання промпродуктів збагачення (95-97% класу – 0,074 мк) із залізорудної сировини з різним вмістом корисного компоненту при заданих умовах отримують концентрат практично з однаковими якісними характеристиками. Однак, якщо руда перед збагаченням не усереднена, спостерігається суттєве коливання виходу концентрату. У зв'язку з цим, були проведені дослідження одночасного впливу вмісту заліза магнітного у руді та вилучення з неї загального заліза у концентрат на вміст заліза в концентраті. Встановлено, що зі збільшенням заліза магнітного у руді на 1% та його вилучення у концентрат на 1 %, вміст заліза до концентрату також збільшується на 0,5%. Тому, при формуванні рудопотоків у кар'єрі необхідно враховувати не тільки вміст заліза загального та магнітного, але й фізико-механічні властивості типів і сортів руд, їх текстурно-структурні особливості. Отримані залежності відображають зв'язок між технологією видобутку руди у кар'єрі та технологією її збагачування, що дає можливість визначитися з оптимальними показниками видобутку та транспортування залізорудної сировини для формування вихідного рудопотоку зі стабільним вмістом корисного компонента з метою отримання кінцевої продукції запланованої якості.

Розвиток відкритого способу розробки супроводжується відчуженням значних площ родючих сільськогосподарських земель. За відомостями Криворізького виробничого управління сільським господарством тільки по Криворізькому районі фонд земельних угідь за останні 10 років скоротився на 9 тис. га. При цьому щорічне відчуження сільськогосподарських угідь досягає 1600-1800 га, а кількість порушених земель становить близько 800 га/рік. Відповідно до законодавства України гірничодобувні підприємства зобов'язані відшкодовувати збиток землекористувачеві, викликаний відчуженням земельної ділянки, а також за свій рахунок приводити порушені ділянки землі в стан, придатний для використання в сільському, лісовому або рибному господарстві, шляхом проведення різних видів рекультивації. Тому вибір варіантів подальшої розробки родовищ з урахуванням комплексного впливу цінності землі і якості ЗРС на формування ВГТ на відміну від відомих пропонується визначати за критерієм:

$$n_{гр} = \frac{C_д - \left[a + \frac{S}{P} Ц_з \left(1+E\right)^{t_j+1} + \frac{S Д}{A_p} + \frac{S_1}{P} Ц_р \sum_{i=1}^{t_1} \left(1+E\right)^{t_j} + \frac{S_2}{P} Ц_р \sum_{i=t_1}^{t_2} \frac{1}{\left(1+E\right)^{t_j}} \right]}{B} \rightarrow min \quad (11)$$

де $n_{гр}$- граничний коефіцієнт розкриву, м^3/т; $C_д$– припустима собівартість видобутку корисних копалин, грн./ т; a– собівартість корисної копалини з урахуванням розкривних робіт, грн./ т; S – площа земельного відводу з урахуванням зовнішніх відвалів, хвостосховищ та тимчасових перевантажувальних площадок, га; S_1 – площа земельного відводу, що підлягає гірничотехнічній рекультивації в процесі експлуатації кар'єру (сформовані відвали та хвостосховища на проектних контурах, забруднені промислові та транспортні площадки та інше), га; S_2-площа земельного відводу, що підлягає біологічній рекультивації після відпрацювання родовища (безпосередньо площа відпрацьованого кар'єру, відсипаних відвалів та сформованих хвостосховищ та інше), га; P– запаси корисних копалин в контурах кар'єру, т; A_p– продуктивність кар'єру по корисній копалині, т/рік; $Ц_З$– відшкодування збитків за відчуження земельної ділянки, грн. /га; $Д$– щорічний дохід із землі до її відчуження, грн./га;

$Ц_р$ – собівартість рекультивації земельної ділянки, грн./га; E– коефіцієнт приведення різночасних витрат до одного моменту часу; t_j– тривалість будівництва й експлуатації кар'єру до розглянутої глибини, років; t_1 й t_2– тривалість гірничотехнічної рекультивації в період експлуатації й біологічної після відпрацювання родовища, р.р.;

B – питомі витрати на видобуток і переробку 1 м^3 корисних копалин, грн.

Проведені дослідження дозволяють зробити висновок, що при визначенні чистого дисконтованого доходу (ЧДД) без урахування цінності землі їх значення збільшується на 20-30%, а зміна якості корисної копалини на 1% або площі земельного відводу на кожні 100 га приводить до зміни показників конкурентоспроможності на 5-10%.

Для оцінки впливу балансових запасів руди при визначенні обсягів виробництва залізорудної сировини і формуванні конкурентоспроможності ВГТ вперше запропоновані комплексні показники і методика їх визначення: рентабельність розробки запасу корисної копалини $R_З$, рентабельність виробництва з балансових запасів руди товарної продукції – концентрату ($R_К$), агломерату ($R_А$), обкотишів ($R_О$); рентабельність промислового використання товарної продукції ГЗК ($R_{ПВ}$) на гірничо-металургійному заводі. Між визначеними показниками рентабельності необхідно дотримуватися наступних співвідношень:

$$R_{ПВ} > R_А > R_К > R_З \text{ або } R_{ПВ} > R_О > R_К > R_З \qquad (12)$$

Забезпечення такого стану розробки корисних копалин відповідає вимогам науково-технічного прогресу. У протилежному випадку ефективність розробки родовища корисної копалини стає нерентабельною, тобто витрати на промислове використання мінеральної сировини перевищують корисну цінність родовища.

Таким чином, визначені складові для розрахунків рівня рентабельності розробки балансових запасів родовища, рентабельності виробництва ЗРС на гірничо-збагачувальному комбінаті та рентабельності виробництва металу на металургійному заводі. Вони дозволяють визначати промислову цінність родовища корисних копалин на етапі розвідки і проектування, планувати техніко-економічні показники у процесі експлуатації родовища, а також формувати та оцінювати варіанти технологій і обирати конкурентоспроможну ВГТ для конкретних умов.

У **четвертому розділі** досліджено технологічні особливості формування робочої зони залізорудних кар'єрів та розглянуто вплив способів та схем розриву родовища, параметрів елементів системи розробки, черг та кількості етапів розробки родовищ на ефективність ВГТ. Для визначення тривалості будівництва кар'єру, обсягів розкривних робіт і типу гірничотранспортного устаткування при поглибленні гірничих робіт встановлено, що швидкість проведення розкриваючих гірничих виробок ($V_{тр}$) залежить, головним чином, від висоти уступу ($h_у$) та ширини траншеї низом ($B_{тр}$) (рис. 5), що визначається встановленою залежністю з високим коефіцієнтом кореляції 0,84:

$$V_{тр} = -101{,}96+59{,}14*h_у+12{,}81*B_{тр}-1{,}26*h_у^2 -0{,}97* h_у*B_{тр}-0{,}219* B_{тр}^2 \qquad (13)$$

Рис. 5. Залежність швидкості проведення розкриваючих гірничих виробок від висоти уступу та ширини траншеї низом (з нижнім навантаженням екскаватором ЕКГ–10 у залізничний транспорт), де числами характеризуються зони зміни швидкості проведення розрізної траншеї:

1 -> 500; 2 -<420; 3 -< 320; 4 - <220; 5 - <120; 6 - < 20, м/рік

При цьому визначення технічної продуктивності екскаваторів на гірничопідготовчих роботах та їх кількості суттєво відрізняються, оскільки майже всі фактори впливу, окрім ємності ковша, є випадковими величинами (тривалість циклу екскавації, коефіцієнт екскавації, коефіцієнт наповнення гірничої маси в ковші, коефіцієнт розпушення, коефіцієнт використання екскаватора у часі) з значними коливаннями у певних гірничо-геологічних умовах виробництва. З рис. 5 видно, що зі збільшенням висоти вибою з 10 до 20 м швидкість проведення траншеї ($V_{тр}$) знижується в 1,5…2 рази, що негативно позначається на термінах розкриття горизонтів. Від схеми розкриття внутрішніми траншеями залежить відстань транспортування гірничої маси в кар'єрі. Тому, при визначенні схем розкриття в кар'єрі у якості критерію оцінки пропонується використовувати коефіцієнт розвитку траси, який знаходиться в інтервалі 1,05…1,5.

У роботі запропоновано схеми проведення розрізних траншей двома екскаваторами (з шириною траншеї низом до 29 м), що дозволяє зменшити термін розкриву у 1,5…1,6 рази (рис. 6), і є однією із вагомих складових формування ВГТ у складних гірничо-геологічних умовах виробництва.

Рис. 6. Схема проведення розрізної траншеї двома екскаваторами (ЕКГ-10) для умов кар'єрів ГЗК Кривбасу

Наведену на рис. 6 схему можна запропонувати для використання в кар'єрі ПАТ «ПівдГЗК» при дотриманні наступних гірничотехнічних умов: висота уступу ($H_у$) – 15 м; висота вибою ($H_в$) - 20,2 м; радіус черпання за рівнем стояння екскаватора ($R_ч$) – 9…12,6 м; радіус завантаження ($R_з$) - 10,5…16,3 м; висота завантаження ($H_з$)- 4,3 м; кут укосу уступу (Y) – не більше 80°; відстань від вісі колії до вісі контактної мережі (a) – 4,1 м; відстань від вісі контактної мережі до вісі ЛЕП (b) – не менше 3,6 м з урахуванням відстані від фазного проводу ЛЕП до укосу уступу не менше 3 м; відстань від вісі колії до нижньої бровки (c) – не менше 5 м. При наявності на залізорудних кар'єрах екскаваторів з подовженими робочими параметрами (типу ЕВГ, ЕКГ–6,3УС), а особливо гідравлічних, конкурентним є варіант проходження траншеї суцільним вибоєм з верхнім навантаженням у засоби колісного транспорту і пошаровим вийманням гірничої маси.

Для всіх розглянутих залізорудних кар'єрів зі збільшенням висоти уступів собівартість транспортування гірничої маси знижується. Дослідженнями встановлено вплив висоти уступу та ширини заходки ($в_з$) на обсяги розкривних порід у межах кар'єру за нижченаведеною залежністю з високим коефіцієнтом кореляції0,85:

$$К_р= 6,88-0,4665*h_у-0,33*в_з+0,009*h_у^2+0,0103*h_у*в_з+0,0049*в_з^2 \quad (14)$$

Доведено, що збільшення висоти уступу позитивно впливає на поточний коефіцієнт розкриву ($К_р$). Тому, для підвищення ефективності ВГТ необхідно при розкритті нових горизонтів збільшувати висоту уступів, що забезпечить заданий темп поглиблення кар'єру. Для цього, при технічному переозброєнні діючих кар'єрів варто орієнтуватися на автосамоскиди вантажопідйомністю 150…180 т й екскаватори з ковшем місткістю 12…15 м^3, а на перевантаженні –20 м^3. Збільшення ширини заходки навпаки негативно впливає на поточний коефіцієнт розкриву(рис. 7). У зв'язку з цим, для підвищення ефективності ВГТ необхідно використовувати не типові робочі площадки, а визначати їх у кожному конкретному випадку для певної виробничої ситуації в робочій зоні кар'єра, тобто управляти шириною робочої площадки на оперативних інтервалах.

Рис. 7. Залежність поточного коефіцієнту розкриву від сукупного впливу висоти уступу і ширини заходки (для екскаватора ЕКГ–10), де числами характеризуються зони зміни поточного коефіцієнту розкриву:

1 –> 1,9; 2 –< 1,8; 3 –< 1,6; 4 –< 1,4; 5 –< 1,2; 6 –< 1; 7 –< 0,8; 8–< 0,6, м^3/т.

У роботі встановлено вплив ширини робочої площадки та довжини екскаваторного блоку з урахуванням фізико-механічних властивостей гірських порід і типу гірничотранспортного устаткування на формування параметрів робочої зони кар'єру і ефективність подальшого застосування ВГТ на глибоких горизонтах. При збільшенні ширини транспортної смуги відповідно вантажопідйомності автосамоскида від 20 до 27 м, кут укосу борта кар'єру зменшується на 2^0, а обсяги розкривних робіт збільшуються на 20…30 %. Для умов залізорудних кар'єрів робота гірничотранспортних комплексів «екскаватор-автосамоскид» найбільш ефективна при довжині екскаваторного блоку 300…700 м, зокрема, для варіанта екскаватора ЕКГ-8І або ЕКГ-10 та автосамоскида БілАЗ– 7519 в межах 500…700 м. Враховуючи отримані залежності, у роботі запропонована методика визначення припустимої швидкості поглиблення кар'єру з урахуванням висоти уступів, ширини робочої площадки та довжини екскаваторних блоків. Це дає можливість розрахувати основні показники системи розробки родовищ при застосуванні комбінованого транспорту на глибоких горизонтах кар'єрів та управляти ними для забезпечення конкурентоспроможності ВГТ.

За участю автора запропоновано нову технологічну схему (рис. 8) розробки скельних уступів гідравлічним екскаватором САТ – 5130В з навантаженням гірничої маси до автосамоскидів БілАЗ

–7512, 7519 у складних гірничотехнічних умовах виробництва та наявності мінімальної ширини робочих площадок в кар'єрі ПАТ «ІнГЗК», що дозволяє суттєво підвищити ефективність ВГТ.

Рис. 8. Розробка скельних уступів гідравлічним екскаватором CAT – 5130B з навантаженням гірничої маси до автосамоскидів БілАЗ– 7512, 7519 за складних гірничотехнічних умов на залізорудних кар'єрах (розроблено за участю автора)

На рис.8 H – висота уступу, 15 м; α – кут укосу робочого уступу, 75^0; β – кут стійкого (природнього) укосу уступу, 65^0; A – ширина екскаваторної заходки, 19 м;

L – ширина призми обвалення, визначається маркшейдерською службою комбінату та залежить від фізико-механічних властивостей породи, 11,5 м; $R_{чу}$ – радіус черпання на горизонті встановлення, 12,4 м; $R_р$ – радіус розвантаження, 9 м; $R_{ке}$ – радіус повороту кузова екскаватора, 5,2 м; b – ширина насипного огородження по основі, 3,5 м; $О_б$ – узбіччя дороги, 0,5 м; $L_с$ – довжина автосамоскида, 11,5 м; $R_{пр}$ – мінімальний радіус повороту автосамоскида, 13 м; $Ш_{рп\ min}$ – мінімальна ширина робочої площадки, 41,5 м (з урахуванням ширини розвалу гірничої маси після вибуху, що обумовлюється паспортом ведення буро-вибухових робіт в кар'єрі).

Встановлено, що рівень забезпечення гірничих робіт у кар'єрах розкритими, підготовленими й готовими запасами безпосередньо впливає на формування конкурентоспроможної ВГТ. Запропоновано методику розрахунку схеми формування запасів корисної копалини за ступенем підготовленості до виймання у кар'єрі, що суттєво впливають на обсяги розкривних робіт. Методика дозволяє встановити доцільну ширину робочої площадки у процесі розробки родовища з урахуванням зміни висоти уступів і типів гірничотранспортного устаткування, що застосовується в кар'єрі.

У роботі пропонується комплекс заходів щодо удосконалення системи управління буро-вибуховими роботами шляхом прогнозування динаміки запасів за ступенем підготовки їх до виймання. Для цього загальну модель управління запасами руди ($V_{з.р}$) представлено у наступному вигляді:

$$V_{з.р} = V_c + V_T + V_y, \text{ м}^3, \tag{15}$$

де V_c – страховий запас, що забезпечує ритмічність роботи кар'єру при прийнятій системі розробки у певних гірничо-геологічних і кліматичних умовах;

V_T – технологічний непорушний запас, який залежить від застосовуваного гірничо-транспортного устаткування й способу ведення буро-вибухових робіт (підривання на підібраний або непідібраний вибій (в затиснутому середовищі), здвоєними уступами; V_y – запас, що забезпечує необхідний ступінь усереднення якості сировини.

При відпрацюванні глибоких залізорудних кар'єрів поетапна розробка родовищ є одним з суттєвих важелів формування конкурентоспроможної ВГТ. Тому параметри етапів відпрацювання родовища необхідно визначати з урахуванням особливостей конкретного кар'єру та ситуації на внутрішньому і зовнішньому ринку ЗРС.

Для визначення етапів розробки (часу і параметрів відпрацювання) залізорудного родовища розроблена економіко-математична модель, у якій за критерій оцінки варіантів, на відміну від відомих запропоновано використовувати мінімум частки дисконтованих витрат (З, грн.) на виробництво товарної продукції ГЗК (концентрату, агломерату, обкотишів), що залежить від розвитку гірничих робіт у кар'єрі:

$$З = \sum_{t=1}^{T} \frac{1}{(1+E_{нп})^t} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} \sum_{q=1}^{N} C_{p_{qijt}} Q_{p_{qijt}} + C_{k_{qijt}} Q_{k_{qijt}} + C_{a_{qijt}} Q_{a_{qijt}} + C_{o_{qijt}} Q_{o_{qijt}} \to \min \tag{16}$$

де T – тривалість відпрацювання родовища корисних копалин, роки;

t – порядковий номер року; $E_{нп}$ – норматив приведення різночасових витрат до одного моменту часу; n – кількість етапів відпрацювання родовища; i – порядковий номер етапу; m – кількість кар'єрних видобувних блоків; j – порядковий номер блоків; N – кількість типів залізних руд; q – порядковий номер типу сирої руди; Cp_{qijt} та Qp_{qijt}– відповідно собівартість та обсяг видобутку руди q–го типу в i–му етапі j–го блоку в t–му році, грн./т; $Cк_{qijt}$ та $Qк_{qijt}$– відповідно собівартість та обсяг

виробництва концентрату із руди *q*–го типу в *i*–му етапі *j*–го блоку в *t*–му році, грн./т; Ca_{qijt} та Qa_{qijt}– відповідно собівартість та обсяг виробництва агломерату із концентрату, виробленого із руди *q*–го типу в *i*–му етапі *j*–го блоку в *t*–му році, грн./т; Co_{qijt} та Qo_{qijt}- те ж обкотишів із концентрату.

У запропонованій моделі необхідно врахувати обмеження відносно того, що річні обсяги видобутку руди в кар'єрі не повинні перевищувати виробничих потужностей збагачувальних фабрик і вимагають виконання в кожному розрахунковому році планових показників за кількістю та якістю концентрату з урахуванням мінливої ситуації на ринку ЗРС. Обмеженням задається область варіювання з урахуванням технологічних типів та сортів руд в межах кожного етапу. Технологічні обмеження моделі враховують особливості ведення гірничих робіт в кар'єрі. Для підтримки нормальної ширини робочих площадок на уступах кар'єра швидкість посування фронту робіт на вищерозташованому горизонті повинна бути не менше швидкості просування фронту робіт на нижче розташованому. При цьому враховується можливість регулювання ширини робочих площадок. На уступ, що відпрацьовується за допомогою конвеєрного або залізничного транспорту, потрібна практично однакова швидкість посування фронту робіт в суміжних блоках. Обсяг розкривних робіт кар'єру в поточному році повинен бути не менше заданого. Обмеженнями враховуються також виробничі можливості транспортних цехів гірничо-збагачувального комбінату. Для реалізації запропонованої моделі використовуються стандартні алгоритми і програми. Необхідна інформація щодо проведених розрахунків наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Результати моделювання роботи кар’єру за окремими варіантами у складних гірничо-геологічних умовах розробки залізорудних родовищ Кривбасу

Етап	Висота етапу, м	Поточна глибина кар’єру, м	Висота бортів, м		Ширина етапу з боку, м		Середній коефіцієнт розкриву, $м^3/м^3$	
			висячого	лежачого	висячого	лежачого	при поділі на етапи	без поділу на етапи
I	50	50	24	67	00	250	0,44	0,61
II	75	125	97	135	00	250	0,640	1,02
III	150	275	240	295	00	250	1,27	1,420
IV	90	365	331	350	00	200	1,03	0,72
V	45	410	370	396	00	150	0,46	0,430

В результаті реалізації моделі в автоматичному режимі для заданих умов розробки родовища визначаються оптимальні значення річних обсягів виймання гірничої маси з кожної зони і етапу відпрацювання кар’єру протягом заданого розрахункового періоду. Похідними є обсяг видобутку руди і порід розкриву, показники якості руд, координати оптимального положення фронту робіт на уступах кар'єру. Аналіз результатів реалізації моделі (16) показав, що відпрацювання кар'єру етапами найбільш доцільно здійснювати при розробці родовищ у породах вище середньої міцності із крутими (не менш 55-60°) кутами падіння, з великою потужністю наносів, високим (не менш 1-1,5 $м^3/м^3$) коефіцієнтом розкриву й при значній (більше 300-400 м) кінцевій глибині відкритих робіт. Це також дозволить формувати ефективну ВГТ за рахунок застосування внутрішнього відвалоутворення розкривних порід, у тому числі на тимчасово неробочому борту кар’єра.

П’ятий розділ присвячений виявленню, класифікації, аналізу та встановленню впливу резервів гірничого виробництва на підвищення конкурентоспроможності ВГТ, визначенню технологічного й енергетичного потенціалу ВГР. Техніко-економічна сутність використання резервів підвищення і ритмічності гірничих робіт у кар’єрі виражається у найбільш повному і раціональному використанні потенціалу ВГТ для забезпечення її ефективності при оптимальних виробничих витратах на добування 1 т руди. Оскільки виконання планових завдань у кар'єрі безпосередньо впливає на кінцеві результати виробництва по випуску товарної продукції, у роботі обґрунтована необхідність використання резервів підвищення ефективності ведення гірничих робіт і наведена їх характеристика та взаємозв’язок. Пошук резервів необхідно здійснювати

шляхом аналізу і декомпозиції запропонованих у розділі 2 показників ритмо і фондорентабельності з використанням локальних показників. Визначення та реалізація резервів за розглянутими методиками дозволить в безперервному режимі формувати ВГТ з позиції конкурентоспроможності. Зміну локального критерію фондорентабельності за рахунок зміни фондовіддачі основних засобів ВГТ й рентабельності товарної продукції пропонується визначати шляхом застосування прийому абсолютних різниць з урахуванням виробничих факторів впливу, що дозволить запропонувати оптимальний варіант комплексів гірничого устаткування по технологічним процесам на глибоких залізорудних кар'єрах ГЗК Кривбасу (рис. 9).

Рис. 9. Схема для визначення оптимального варіанту комплексу гірничого устаткування за критерієм фондорентабельності на видобувних роботах залізорудного кар'єра у системі гірничо-збагачувального комбінату

Показник фондорентабельності характеризує рівень використання гірничого устаткування на окремому гірничозбагачувальному комбінаті Кривбасу, слугує критерієм оцінки ефективності застосування ВГТ при розробці певного залізорудного родовища і складає для:

ПАТ «ПівнГЗК» – 0,904 відн. од.;

ПАТ «ІнГЗК» – 0,708 відн. од.;

ПАТ «ПівдГЗК» – 0,381 відн. од.;

ПАТ «ЦГЗК»– 0,23 відн. од.

ВГР характеризуються значною енергоємністю, тому у роботі розроблені економіко-математичні моделі еволюційного формування енергоощадної ВГТ, кожна з яких дозволяє одночасно здійснювати розрахунки по реновації устаткування і оцінювати їх ефективність. Для оцінки енергетичної складової ВГТ запропоновано використовувати показник енергорентабельності, як критерій ефективного використання енергії в усіх технологічних процесах гірничотранспортним устаткуванням:

$$\Sigma E = \Pi / \Delta B \cdot (e_Б + e_П + e_е + e_Т + e_{под}) \rightarrow min, \quad (17)$$

де ΣE – загальні питомі витрати енергії на одиницю кінцевого продукту, кДж/т;

Π - прибуток від реалізації товарної продукції, тис. грн; $e_Б$, $e_П$, $e_е$, $e_Т$, $e_{под}$– відповідно приведені питомі витрати енергії на буріння, підривання, екскавацію, транспортування та подрібнення, кДж/т; ΔB – додаткові витрати на впровадження енергозберігаючих, технологічних та організаційно-технічних заходів, спрямованих на зменшення питомих витрат енергоресурсів у ВГТ, тис. грн/т.

Енергоємність технологічних процесів пропонується оцінювати показниками питомих енерговитрат в енергетичному еквіваленті. Обґрунтовано методику оцінки ефективності кар'єрних технологічних процесів з урахуванням надійності та енергоємності у залежності від якості підривної підготовки гірських порід до екскавації, які необхідно враховувати при плануванні термінів і обсягів робіт у конкретних умовах гірничого виробництва.

Встановлено, що при зміні величини середнього куска гірничої маси з 200 до 450 мм продуктивність екскаватора ЕКГ– 8І в умовах ПАТ «ІнГЗК» знижується з 346,3 до 183,5 м^3/год., тобто у 1,9 рази. При цьому при розмірі середнього куска 450 мм питомі витрати електроенергії на екскавацію та подрібнення склали відповідно 1,58 кВт.год./м^3 та 3,13 кВт.год./т, тоді як при розмірові куска 200 мм енергоємність екскавації та подрібнення не перевищувала відповідно 0,6 кВт.год./м^3 та 2 кВт.год./т. Це вказує на необхідність зниження енергоємності виробництва товарної продукції шляхом оптимізації розміру середнього куска при вибуховій підготовці руди з перерозподілом енергетичних витрат між вибуховим дробленням (в сторону вибухових робіт) і механічним подрібненням на збагачувальній фабриці, що дозволить підвищити продуктивність як виймально-навантажувального, так і подрібнювального устаткування на 6…10 %. Запропонована методика може бути використана при формуванні ефективності ВГТ на глибоких залізорудних кар'єрах з позиції конкурентоспроможності.

Встановлено, що технологічний потенціал є інтегральною характеристикою ВГТ і визначає її системні та ресурсні можливості й здатність вирішувати конкретні завдання з ведення гірничих робіт у кар'єрі:

$$П_m = ПК_{ВГР} \sum_{i=1}^{n} P_i + П_i, \text{ грн.} \quad (18)$$

де $П_m$ – технологічний потенціал; P_i - потенційна можливість ресурсної бази ВГТ;
$П_i$ – інтелектуальний потенціал; $ПК_{ВГР}$– відносний показник, що характеризує конкурентоспроможність технології ВГР і змінюється в межах {0…1}.

Розроблена методика комплексної оцінки рівня технологічного потенціалу ВГТ дозволяє формувати організаційно-управлінські рішення на різних рівнях управління. Запропоновано механізм безперервного формування конкурентних переваг ВГТ з урахуванням ризиків, що визначаються на основі інтегрального показника ризикорентабельності (РР), який відповідно для ГЗК та кар'єру має вираз:

$$РР_{ГЗК} = (ВВ_{ГЗК}/ ТП)\ ВД / С_{тп}, \quad (19)$$

$$РР_к = (ВВ_к / Q)\ ВД/ С_{тп}, \quad (20)$$

де $ВВ_{ГЗК}$ та $ВВ_к$ – відповідно величина втрат, що обумовлені ризиком виробничо-господарської діяльності на ГЗК та ризиком гірничого виробництва у кар'єрі, грн.

Використання цього показника дозволяє ув'язати ВГТ з технологією переробки руди на збагачувальній фабриці, а також встановити вплив ризиків на кінцеві техніко-економічні та фінансові показники роботи гірничозбагачувального підприємства. Таким чином, запропоновані методики і показники дозволяють комплексно оцінювати варіанти формування ВГТ з позиції конкурентоспроможності.

У шостому розділі наведено рекомендації щодо забезпечення підвищення ефективності гірничого виробництва шляхом оптимізації виробничих потужностей вітчизняних гірничо-збагачувальних комбінатів, впровадження прогресивних технологічних рішень та застосування оптимального комплексу гірничотранспортного устаткування на залізорудних кар'єрах. Характерною особливістю роботи глибоких залізорудних кар'єрів є перехід від транспортних схем з дискретними вантажопотоками до комбінованих із застосуванням ЦПТ. Використання ЦПТ пов'язано з великими технологічними й організаційними складнощами, що потребує встановлення її доцільності. Для вирішення цього питання в роботі запропонована методика, що включає наступне. Межею переходу на комбінований транспорт служить глибина кар'єру Н (м), при якій вартість переміщення гірничої маси існуючими видами транспорту (автомобільним, залізничним) $С_{а(з)}$ буде дорівнювати, а потім - більше вартості комбінованого транспорту $С_к$. За умов рівності витрат глибину переходу на комбінований транспорт пропонується визначати за емпіричною формулою:

$$H = \frac{\dfrac{100z}{Syl} + \dfrac{C_{а(з)}}{\alpha 1000 \sin\beta} - 0,75 k_{Тр} C_к}{\dfrac{C_{а(з)} k_{Тр}}{i_к} - \dfrac{C_п}{1000 \sin\beta}}, \quad (21)$$

де z– вартість додаткових витрат, пов'язаних з обладнанням концентраційного горизонту, грн.; S – середньозважена площа уступів, що підлягають відпрацьовуванню на даному горизонті, м^2; y — об'ємна вага гірничої маси у масиві, т/м^3; l – крок переносу концентраційного горизонту, м; α — кут підйому автоз'їзда, ‰; β – кут ухилу підйомника, град; $С_{а(з)}$- собівартість 1 т-км переміщення автомобільним або залізничним транспортом, грн.; $С_к$– собівартість 1 т-км переміщення вантажу комбінованим (похилим підйомником або автомобільним чи залізничним) транспортом, грн./т-км; $С_п$– собівартість 1 т-км переміщення вантажу потоковим транспортом, грн./т-км;
$k_{Тр}$ – коефіцієнт розвитку траси; $i_к$– керівний ухил підйому гірничої маси циклічним транспортом, ‰; h– висота уступу, м.

Аналіз проведених розрахунків показує, що межа переходу на комбінований транспорт збільшується зі збільшенням первісних витрат на облаштування концентраційного горизонту. Практично глибина переходу перебуває в межах 250-300 м. Розрахунки, проведені для умов

глибоких кар'єрів Кривбасу, показали, що відстань між пунктами розвантаження, в основному, залежить від витрат облаштування перевантажувальних пунктів, довжини фронту робіт на уступі й частково від кроку переносу концентраційних горизонтів (до 10%), а також кута схилу автотраси (1-2%). При довжині фронту робіт до 3 км оптимальні відстані між пунктами розвантаження становлять 1,2…1,5 км.

На підставі врахування сукупного впливу витрат на дроблення й транспортування гірничої маси встановлені області застосування циклічно-потокової технології з можливістю використання певних варіантів комбінованого транспорту – автомобільного, залізничного (у тому числі тягових думпкарів), конвеєрного та скіпового (доцільність використання останнього обмежується глибиною ведення гірничих робіт до 400 м) (рис. 10).

а) б)

Рис. 10. Графік залежності вартості (В) дроблення й транспортування залізної руди від продуктивності (Р) кар'єру при глибині понад 350 м: а) 1, 2 – при використанні комплексу гірничого устаткування: екскаватора ЕКГ – 10 та автосамоскида вантажопідйомністю відповідно 110 й 130 т за умови відстані транспортування руди до 3,5 км; 3, 4, 5, 6 – при ширині (в) стрічки конвеєра відповідно 1000, 1500, 2000, 2500 мм; б) область застосування ЦПТ для умов залізорудного кар'єру: 1 – вартість дроблення й транспортування 1 т руди в кар’єрах при ЦПТ (дробарка конусна ККД-1500/180 ГРЩ; стрічковий конвеєр, в –1400 мм.); 2 – те ж (дробарка щокова ШКД 1800/2100; канатно-стрічковий конвеєр); 3 – те ж з урахуванням залишкової вартості демонтованої дробильної установки; 4 – вартість перевезення 1 т сирої руди автотранспортом без застосування перевантажувальних площадок в кар’єрі.

Встановлено, що в зоні нижче прямої, яка характеризує вартість перевезення й дроблення 1 т руди при застосуванні автотранспорту, розташовується область економічної переваги застосування ЦПТ. У зоні вище цієї прямої застосування ЦПТ на глибоких залізорудних кар’єрах економічно недоцільне. Таким чином, отримані результати щодо ефективності застосування ЦПТ вказують на доцільність їх використання при формуванні ВГТ.

В роботі розроблені прогресивні технологічні рішення для розробки глибоких горизонтів залізорудних кар’єрів, направлених на підвищення ефективності ВГТ, а саме: - обґрунтовано доцільність застосування гідравлічних екскаваторів для розробки високих уступів (30 м) на крутоспадаючих родовищах, що дозволить знизити енергоємність підривання гірських порід на 16,5%, енергетичні витрати по екскавації на 14 кДж/м^3 і суттєво знизити економічні витрати; - запропоновано зовнішнє бульдозерне відвалоутворення розкривних порід при залізничному транспорті застосовувати з використанням двох бульдозерів, один із яких оснащений лемішем, встановленим під кутом (англозер) формує проміжний штабель, а другий з прямим лемішем переміщує породу у відвал. На підставі проведених розрахунків для умов ПАТ «ІнГЗК» встановлено, що ширина відвальної заходки у порівнянні з екскаваторним відвалоутворенням для різних умов може бути збільшена на 25-30%. При цьому знизяться енерговитрати на 15-16%, а загальні витрати на відвалоутворення з урахуванням витрат на природоохоронні заходи на 15-20%.

При визначенні ефективності ВГТ в умовах обмежених земельних ресурсів на перший план виходить вирішення питань стійкості бортів кар’єрів, що дозволить забезпечувати виконання обсягів видобутку ЗРС без збільшення обсягів розкривних робіт і тим самим зменшити собівартість руди. Перевірку цього твердження здійснено на прикладі кар’єру «Північний» ПАТ «ГЗК «УКРМЕХАНОБР», що веде повторну відкриту розробку залізних руд, шляхом розрахунків коефіцієнта запасу стійкості для східного борту за розробленою методикою. За результатами розрахунків ступеня стійкості доведено, що з виходом східного борту кар'єру «Північний» на граничний контур можливо здійснювати здвоєння та потроєння неробочих уступів, досягаючи опуклої форми поверхні, а кут його нахилу може бути прийнятий згідно проекту. У цьому випадку стійкість борту у найближчі 3...10 років буде забезпечена, що дозволить отримати економічний ефект у розмірі 641754,8 грн.

Формування технологічної складової конкурентоспроможності ВГТ передбачає більш повне використання виробничих резервів шляхом застосування комплексного показника «виробнича потужність». У цьому контексті розроблена економіко-математична модель оптимізації виробничої потужності, в якій на відміну від відомих, у якості критерію прийнято максимізацію отримання прибутку з урахуванням сучасного стану гірничозбагачувального підприємства у цілому. Реалізацію запропонованої моделі здійснено для умов ПАТ «ІнГЗК». Результати розрахунків показали, що оптимальна виробнича потужність з видобутку і переробки руди складає 37,35 млн. т, що є однією з основних умов забезпечення конкурентоспроможності підприємства в цілому, і ВГТ зокрема.

ГЗК Кривбасу мають неоднакові виробничі можливості з виробництва товарної продукції, різні енергетичні та фінансові витрати і, відповідно, ціни реалізації. Отже, з урахуванням узгодженості інтересів власників гірничо-збагачувальних підприємств, виробничі потужності можуть бути оптимізовані шляхом їх перерозподілу (табл. 2) для одержання максимального прибутку:

$$E_{pi} = \frac{\mathrm{A_{pi}} \cdot \left(C_{pi} + C_{ki} + C_{ai} + C_{oi}\right)}{\left(A_{ki} - \frac{A_{ai}}{\gamma_{ai}} - \frac{A_{oi}}{\gamma_{oi}}\right) \cdot Ц_{ki} + \frac{A_{ai}}{\gamma_{ai}} \cdot Ц_{ai} + \frac{A_{oi}}{\gamma_{oi}} \cdot \mathrm{Ц_{oi}}} \rightarrow \min \qquad (22)$$

при наступних обмеженнях:

– на максимально припустимий обсяг виробництва j- того виду продукції на і-тому комбінаті (A_{ij}^{max}) $A_{ij} - A_{ij}^{\max} \le 0$;

– на мінімально припустимий обсяг виробництва j-того виду продукції на і-тому комбінаті (A_{ij}^{min})

$$A_{ij}^{\min} - A_{ij} \le 0,$$

де E_{pi}– узагальнюючий коефіцієнт витрат на виробництво 1 т товарної продукції на і-тому комбінаті, грн./грн.; A_{pi}, A_{ki}, A_{ai}, A_{oi}– річна продуктивність окремого гірничо-збагачувального комбінату по сирій руді, концентрату, агломерату або обкотишам, т; $Ц_{кт}$, $Ц_a$, $Ц_o$– ціна 1 т відповідно товарного концентрату, агломерату та обкотишів, грн.; C_p - собівартість видобутку залізної руди, грн./т; $C_к$- собівартість виробництва концентрату без урахування витрат на видобуток руди, грн./т; C_a,та C_o- собівартість виробництва агломерату або обкотишів без урахування витрат на виробництво концентрату, грн./т; γ_a, γ_o - вихід відповідно агломерату або обкотишів із 1 т концентрату, відн. одиниці.

Таблиця 2

Оптимізація виробничих потужностей ГЗК Кривбасу по товарній залізовмісткій продукції

Гірничозбагачувальне підприємство	Залізорудна сировина, млн. т	Концентрат товарний, млн. т	Агломерат, млн. т	Обкотиші, млн. т	Сумарна цінність товарної продукції, млн. грн.
ПАТ «ІнГЗК»	37,35	15,12	-	-	14762,73
ПАТ «ПівдГЗК»	31,50	14,18	4,19	-	12919,26
ПАТ «ЦГЗК»	14,40	5,75	-	4,28	8199,98
ПАТ «ПівнГЗК»	36,40	16,38	-	9,27	24483,59

Виходячи з корпоративних інтересів власників підприємств, реалізація запропонованої економіко-математичної моделі оптимізації виробничих потужностей гірничо-збагачувальних комбінатів Кривбасу по товарній продукції дозволяє отримати економічний ефект у розмірі 6696,85 млн. грн.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення актуальної науково-практичної проблеми розробки наукових основ формування технології відкритої розробки вітчизняних залізорудних родовищ з позиції конкурентоспроможності, що виявляється у визначенні найвагоміших факторів, які впливають на ефективність гірничого виробництва по всьому технологічному комплексу з урахуванням ймовірнісних характеристик його функціонування. Основні наукові і практичні результати полягають у наступному:

1. Забезпечення ефективності ВГТ у системі ГЗК є комплексною проблемою, для вирішення якої необхідний системний науковий підхід. Вирішення її можливе лише при розгляді основних технологічних процесів як єдиної організаційно-технологічної системи з урахуванням того, що збільшення глибини кар'єрів, ускладнення гірничо-геологічних умов розробки родовищ призводить до зниження якості товарної продукції і збільшення витрат на видобуток корисної копалини. В цих умовах досягти суттєвого підвищення конкурентних переваг можливо на основі розкриття закономірностей зміни виробничих витрат при зміні техніко-технологічних параметрів і організаційних факторів гірничого виробництва у цілому.

2. Вперше для оцінки ефективності ВГТ з позиції конкурентоспроможності обґрунтовано інтегральний критерій, що комплексно враховує гірничо-геологічні та екологічні умови виробництва, особливості технології й комплексної механізації гірничих робіт, техніко-економічні показники роботи залізорудних кар'єрів, включає показники окремих підсистем (мінеральна сировина, персонал, устаткування, продукція) і змінюється в межах {0…1}.

3. Встановлено, що подальше функціонування та удосконалення ВГТ повинно здійснюватися на основі визначення раціональної структури шляхом виділення її основних складових, встановлення впливу фізико-механічних властивостей і текстурно-структурних особливостей гірських порід, робочих параметрів гірничотранспортного устаткування і технологічних схем їх роботи на ефективність процесів видобутку і переробки сирої руди, а також застосування локальних критеріїв оцінки, що пов'язують комплексне використання елементів підсистем з кінцевими показниками діяльності гірничозбагачувального підприємства. Оцінка і формування його конкурентоспроможності базується на декомпозиції показника фондорентабельності як критерію оцінки ефективності ВГТ.

4. Визначено вплив параметрів елементів системи розробки, якості корисних копалин і витрат, що пов'язані з відчуженням землі, на чистий дисконтований дохід, а також на величину граничного коефіцієнту розкриву. Зміна якості корисної копалини на 1 % або площі земельного відводу на кожні 100 га призводить до зміни показників ефективності ВГТ на 5…10%. Зі збільшенням висоти уступу скорочується число робочих уступів у кар'єрі, у результаті чого зменшується довжина транспортних комунікацій, собівартість екскавації спочатку знижується, а починаючи з висоти у 20 м – підвищується, але стосовно одного типу екскаваторів вона знижується.

5. Встановлено, що для умов залізорудних кар'єрів Кривбасу схеми розкриття внутрішніми траншеями впливають на відстань транспортування гірничої маси, собівартість видобутку руди та ефективність ВГТ. При цьому пропонується у якості критерію оцінки використовувати коефіцієнт розвитку траси, що знаходиться в інтервалі від 1,05 до 1,5. В свою чергу швидкість проходження розрізної траншеї залежить від висоти уступу та ширини траншеї низом. При збільшенні висоти уступу з 10 до 20 м швидкість проходження траншеї знижується в 1,8…2,5 рази, а при використанні спарених екскаваторів в порівнянні з одним збільшується в 1,5...1,6 рази.

6. Оцінку варіантів впровадження енергозберігаючих заходів при формуванні енергетичної складової ВГТ необхідно здійснювати з використанням запропонованого показника енергорентабельності в якості критерію ефективного використання енергії на всіх етапах технологічного процесу видобутку і переробки ЗРС з урахуванням інтегрального ефекту. Встановлена залежність енергоємності екскавації від якості підривної підготовки гірських порід, зокрема, при розмірі середнього куска 450 мм питомі витрати електроенергії на екскавацію та подрібнення складають відповідно 1,58 кВт.год/м^3 та 3,13 кВт.год/т, тоді як при розмірові куска 200 мм енергоємність екскавації та подрібнення не перевищує відповідно 0,6 кВт.год/м^3 та 2

кВт.год/т. Це вказує на необхідність зниження енергоємності виробництва товарної продукції шляхом оптимізації розміру середнього куска при вибуховій підготовці руди з перерозподілом енергетичних витрат між вибуховим дробленням (в сторону вибухових робіт) і механічним подрібненням на збагачувальній фабриці, що дозволить підвищити продуктивність як виймально-навантажувального, так і подрібнювального устаткування на 6…10%.

7. Обґрунтовано організаційно-технологічний механізм формування робочої зони глибоких залізорудних кар'єрів Кривбасу при їх відпрацюванні, що враховує доцільність поетапної розробки родовищ. На відміну від відомих запропоновано математичне моделювання технологічних комплексів здійснювати з використанням теорії агрегатів. У якості критерію оцінки варіантів етапів запропоновано використовувати мінімум частки приведених витрат на виробництво товарної продукції ГЗК, яка залежить від розвитку гірничих робіт з використанням ЦПТ при глибині кар'єру в 100…150 м. При цьому, відстань між пунктами розвантаження в основному залежить від витрат на облаштування перевантажувальних пунктів, довжини фронту робіт на уступі й частково від кроку переносу концентраційних горизонтів (до 10%) та кута ухилу автошляху (до 1..2%).

8. Обґрунтовано доцільність використання гідравлічних екскаваторів для розробки високих уступів (30 м) на глибоких горизонтах крутоспадаючих родовищ, що дозволить знизити енергоємність підривання гірських порід на 16,5%, енергетичні витрати по екскавації на 14 кДж/м^3 і суттєво знизити економічні витрати.

9. Розроблено нову технологічну схему зовнішнього відвалу розкривних порід з застосуванням залізничного транспорту та використанням англозера з метою формування проміжного штабелю і бульдозера для переміщення породи у відвал. При цьому встановлено, що ширина відвальної заходки у порівнянні з екскаваторним відвалоутворенням для умов ПАТ «ІнГЗК» може бути збільшена на 25…30% з одночасним зниженням енерговитрат на 15…16 % та загальних витрат на відвалоутворення з урахуванням витрат на природоохоронні заходи на 15…20%.

10. Встановлено, що формування ефективності ВГТ в умовах обмежених земельних ресурсів базується на урахуванні стійкості бортів кар'єрів за умови забезпечення виконання планових обсягів видобутку ЗРС без збільшення обсягів розкривних робіт. При відпрацюванні кар'єру «Північний» ГЗК «УКРМЕХАНОБР» ПАТ «ММК ім. Ілліча» пропонується застосування опуклих профілів бортів, що мають змінні кути нахилу і збільшуються з глибиною. Доведено, що з виходом східного борту на граничний контур можливо здійснювати здвоєння та потроєння неробочих уступів. У цьому випадку стійкість борту у найближчі 3-10 років буде забезпечена, що дозволить отримати економічний ефект у розмірі 641754,8 грн.

11. Виробнича потужність є однією із основних умов підвищення конкурентоспроможності гірничорудного підприємства, і ВГТ зокрема. Для вирішення цієї задачі розроблена економіко-математична модель із застосуванням симплекс-методу та проведена її апробація в інформаційно-розрахунковому центрі ПАТ «ІнГЗК». Оптимальна виробнича потужність з видобутку і переробки ЗРС з урахуванням забезпечення стабільного вмісту корисного компонента і допустимого вмісту шкідливих домішок (сірки, фосфору) у вихідних рудопотоках кар'єру, що представлені 7 різновидами легко та важкозбагачувальної руди, для ПАТ «ІнГЗК» складає 37,35 млн. т.

Виходячи з корпоративних інтересів власників підприємств, доведено, що оптимізація виробничих потужностей шляхом перерозподілу обсягів виробництва кінцевої продукції між ГЗК Кривбасу дозволяє формувати конкурентні переваги на ринку ЗРС і отримати економічний ефект у розмірі 6696,85 млн. грн.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії:

1. Варава Л.М. Управління конкурентоспроможністю на підприємствах сировинних галузей: монографія / Л.М. Варава, О.А. Темченко. – Кривий Ріг: Мінерал, 2009. – 256 с.

2. Темченко О.А. Оцінка та забезпечення конкурентоспроможності гірничодобувних підприємств: монографія / О.А. Темченко, І.В. Завсєгдашня. – Кривий Ріг: Видавничий центр ДВНЗ КНУ, 2012. – 228 с.

Публікації у наукових фахових виданнях:

3. Темченко А.А. Система оперативной оценки и управления качеством железорудного сырья на ГОКах Кривбасса с применением геофизических методов контроля / А.А. Темченко // Сборник научных трудов второго международного симпозиума «Оперативный контроль управления качеством минерального сырья при добыче и переработке» – Ялта. – 1999. – С. 168-174.

4. Коробко В.Н. Обоснование и совершенствование этапов стабилизации качества рудопотоков / А.А. Темченко, В.Н. Коробко // Сб. научн. труд. института «Механобрчермета» -Новое в технологии, технике и экономике переработки минерального сырья, ч.3. – 1999. – С. 144-147.

5. Темченко А.Г. Оптимизация размещения вскрышных пород при комплексной оценке отвальной системы / А.Г. Темченко, А.А. Темченко // Разработка рудных месторождений. – 1999. – №69. – С. 18-24.

6. Темченко А.Г. Энергоемкость дробления горных пород при циклично-поточной технологии / А.Г. Темченко, А.А. Темченко // Научные аспекты увеличения эффективности горнорудного производства. Сб. научн. трудов. Кривой Рог: ГНИГРИ. – 2000. – С. 100-103.

7. Михайлов А.М. Эффективность энергосбережения при циклично-поточной технологии на железорудных карьерах / А.М. Михайлов, А.Г. Темченко, А.А. Темченко // Горная электромеханика и автоматика. Научно-технический сборник НГАУ. Днепропетровск.– 2000. – вып. 65. – С. 41-46.

8. Темченко А.А. Перспективы внедрения информационно-оперативной технологии стабилизации качества железорудного сырья / А.А. Темченко, С.А. Харин, А.Ю. Гук // Разработка рудных месторождений. – 2001. – вып. 76. – С. 70-74.

9. Темченко О.А. Основні аспекти підвищення конкурентоспроможності продукції гірничо–металургійного комплексу Кривбасу / О.А. Темченко, В.В. Буханець // Вісник КТУ. – 2003.– №2.– С. 153-156.

10. Ковальчук В.А. Визначення оптимального співвідношення обсягів видобутку якісних різновидів руд в кар'єрі при зміннювані бортового вмісту заліза в руді / В.А. Ковальчук, Т.М. Ковальчук, В.М. Коробко, О.А. Темченко // Науковий вісник НГУ. – 2004. – № 1. – С. 35-37.

11. Максимов С.В. Формування виробничої програми гірничорудних підприємств з врахуванням її ресурсного забезпечення / С.В. Максимов, О.А. Темченко, О.С. Максимова // Вісник КТУ. – 2005. – № 7.– С. 255-260.

12. Темченко А.А. Управление качеством железорудного сырья на карьерах Кривбасса / А.А. Темченко, Г.В. Константинов, О.В. Шамрай // Вісник КТУ.–2005. – № 10.– С. 128-131.

13. Слободянюк В.К. Бестранспортная технология производства вскрышных работ на верхних горизонтах при постановке борта карьера на конечный контур / В.К. Слободянюк, С.Л. Могилевский С.Л., Э.В. Харитонов, О.А. Темченко // Разработка рудных месторождений. – 2005. – № 88. – С. 10-13.

14. Темченко О.А. Інформаційна система стабілізації якості рудопотоків для підвищення ефективності роботи залізорудних кар'єрів / О.А. Темченко, Г.В. Константінов, О.В. Шамрай // Вісник КТУ.– 2006. – № 11. – С. 137-141.

15. Темченко О.А. Економічна оцінка варіантів впровадження енергозберігаючих заходів / О.А. Темченко, М.П. Куліш // Вісник КТУ.– 2006.–№ 13.– С. 219-224.

16. Темченко О.А. Управління технологічними потоками з урахуванням застосування засобів оперативного контролю вмісту корисного компонента в кар'єрі / О.А. Темченко, О.В. Шамрай // Пути решения проблем открытой и подземной разработки МПИ: сб. научн. трудов. – Кривой Рог : ГП «НИГРИ», 2007. – С. 170–181.

17. Темченко О.А. Моделювання виробничої потужності гірничого підприємства / О.А. Темченко // Вісті Донецького гірничого інституту. 2007. – № 2. – С. 202-206.

18. Коробко В.Н. Возможности и целесообразность использования автоматической диспетчерской системы Wenco на горно-обогатительных комбинатах Кривбасса / В.Н. Коробко, А.А. Темченко, Е.В. Шамрай, Н.О. Леонова // Науковий вісник НГУ. – 2007. – № 8. – С. 77-82.

19. Темченко О.А. Систематизація кар'єрних технологічних схем рудопотоків / О.А. Темченко, О.В. Шамрай // Вісник КТУ. – 2007. – № 19. – С. 209-213.

20. Темченко О.А. Визначення асортименту продукції гірничих підприємств в умовах зміни попиту на ринку залізорудної сировини / О.А. Темченко // Межведомственный сборник научных трудов «Геотехническая механика» Інституту геотехнічної механіки ім. Н.С. Полякова НАН України.–2007.– вип. 69. – С. 294-300.

21. Темченко О.А. Стандартизація продукції підприємств ГМК як основний важіль забезпечення їх конкурентоспроможності на ринку залізорудної сировини / О.А. Темченко // Збагачення корисних копалин. – 2007. – вип. 31(72). – С. 107-115.

22. Темченко О.А. Удосконалення технологічних схем управління якістю продукції підприємств гірничо-металургійного комплексу / О.А. Темченко // Науковий вісник НГУ. – 2008. – № 1. – С. 36-41.

23. Темченко О.А. Аналіз та класифікація резервів підвищення конкурентоспроможності гірничих підприємств України / О.А. Темченко // Межведом. сборн. науч. труд.«Геотехническая механика» ІГТМ НАН України.–2008.–вип. 74.–С. 161-170.

24. Темченко О.А. Механізм формування та моніторингу конкурентних переваг гірничого підприємства / О.А. Темченко //Вісник КТУ.– 2008.–№20.– С. 286-288.

25. Темченко О.А. Визначення впливу фінансового ризику на конкурентоспроможність гірничих підприємств / О.А. Темченко, А.В. Агапова // Вісник КТУ. – 2008. – № 21. – С. 246-250.

26. Темченко О.А. Визначення впливу технологічного ризику на ефективність роботи кар'єрного транспорту / О.А. Темченко // Вісник НТТУ "Київський політехнічний інститут". Серія "Гірництво". – 2008. – № 16. – С. 84-90.

27. Темченко О.А. Сучасні підходи до вирішення проблеми диспетчеризації на залізорудних кар'єрах / Темченко О.А. // НГУ: Збагачення корисних копалин. – 2008. – вип. 34(75). – С. 174-180.

28. Темченко О.А. Моделювання конкурентоспроможності гірничодобувного підприємства в умовах зміни попиту на залізорудну сировину / О.А. Темченко // Вісник КТУ. – 2008. – № 22. – С. 248-252.

29. Темченко О.А. Конкурентоспроможність гірничо-збагачувальних комбінатів України: обґрунтування вигляду суперпозиції функцій / О.А. Темченко, І.В. Завсєгдашня, О.О. Завсєгдашня //Економічний простір: Збірник наукових праць. – Дніпропетровськ: ПДАБА. – 2008. - №10. – С. 25-32.

30. Темченко А.А. Определение параметров рабочей зоны при расконсервации временного нерабочего борта карьера / А.А. Темченко, С.Л. Могилевский // Вісник КТУ. – 2009. – № 24. – С. 24-27.

31. Максимов С.В. Передумови впровадження енергозберігаючих заходів в процесі видобутку і переробки залізорудної сировини / С.В. Максимов, О.А. Темченко, Г.В. Темченко // Вісник КТУ. – 2012. – № 32. – С. 250-255.

32. Темченко О.А. Обґрунтування доцільності переходу від відкритого до підземного способу розробки родовищ корисних копалин / О.А. Темченко, О. Вусик // Вісник КНУ. – 2012. – № 33. – С. 294-297.

33. Темченко А.А. Исследование факторов, влияющих на конкурентоспособность горно-обогатительных предприятий / А.А. Темченко // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2013.–№ 5. – С. 74-78. *(входить до переліку міжнародної наукометричної бази даних SCOPUS. - Індекс ISSN 0543-5749).*

34. Кравець В.Г. Формування конкурентних переваг залізорудних гірничозбагачувальних підприємств / В.Г. Кравець, О.А. Темченко // НГУ.: Збагачення корисних копалин.– 2013.– вип. 54 (95).– С. 175-181.

35. Купин А.И. Оптимизация технологических процессов добычи и обогащения железных руд на основе применения комплексного моделирования / А.И. Купин, А.А. Темченко, Г.В. Шиповский, И.О. Музыка // Вісник КНУ. – 2013. –№ 35. – С. 146-150.

36. Темченко О.А. Дослідження впливу параметрів відкритої гірничої технології на ефективність розробки залізорудних родовищ / О.А. Темченко // Науково-технічний журнал. –

Науковий вісник НГУ.–2014.–№1.– С. 16-21. *(входить до переліку міжнародної наукометричної бази даних SciVerseSCOPUS та міжнародного каталогу періодичних видань Ulrichsweb™ GlobalSerialsDirectory. -Індекс ISSN 2071-2227).*

Опубліковано у іноземному виданні:

37. Темченко А.А. Стратегическое управление горнодобывающими предприятиями для повышения конкурентоспособности их продукции / А.А. Темченко // ГИАБ. – 2008. – № 5. –С. 49-55. *(входить в систему РІНЦ – Російський індекс цитування).*

38. Дядечкин Н.И. Исследование надёжности функционирования карьерных рудопотоков/ Н.И. Дядечкин, А.А. Темченко, Г.В. Константинов, Г.В. Шиповский // Горный журнал. – 2013. – № 12. – С. 82-83. *(входить до переліку міжнародної наукометричної бази даних SCOPUS. - Індекс ISSN 0017-2278).*

39. Темченко А.А. Формирование оптимальных карьерных рудопотоков в контексте повышения эффективности железорудного производства / А.А. Темченко // Научно-технич. и методич. журнал. Рациональное освоение недр.–2014.–№1.–С. 44-47. *(входить в систему РІНЦ – Російський індекс цитування).*

Публікації за матеріалами конференцій:

40. Темченко А.А. Основные аспекты проблемы повышения качества продукции горно-металлургического комплекса Украины / А.А. Темченко, В.В. Буханец //Международный симпозиум «Качество минерального сырья». – 2002. – С. 293-298.

41. Темченко О.А. Комплексна система управління якісними параметрами залізних руд / О.А. Темченко, Г.В. Константінов, О.В. Шамрай // Геотехнологии и управление производством. XXI век. – Донецк: ДГТУ, 2006. – Т. 2. – С. 174-180.

42. Темченко А.А. Управление ресурсами предприятия в условиях организации выпуска новой продукции /А.А. Темченко, В.А. Ильченко// Материалы междунар. научно-практич. конференции "Инновационные технологии в экономике, управлении и образовании", посвященной 95-летию Российского университета кооперации.–М.: Российский университет кооперации, 2008.–С. 137-143.

43. Темченко А.А. Организационное обеспечение работы автоматизированной диспетчерской системы управления качеством руды на железорудных карьерах / А.А. Темченко, Е.В. Шамрай // Международный симпозиум «Качество минерального сырья». – 2008. – С. 329-335.

44. Темченко О.А. Енергетична оцінка технологічних ланок гірничого підприємства / О.А. Темченко, М.П. Куліш // Міжнародна науково-технічна конференція «Гірничо-металургійний комплекс: досягнення, проблеми та перспективи розвитку» Кривий Ріг: КТУ, 12.05.2009.–Вісник КТУ. – 2009. – № 23.– С. 260-264.

45. Темченко О.А. Застосування додаткових витрат для підвищення якості продукції на підприємствах ГМК України / О.А. Темченко, В.В. Русаков // Праці одинадцятої міжнародної наукової конференції студентів та молодих учених «Управління соціально-економічних систем: глобалізація, підприємництво, стале економічне зростання». Частина 1. – Донецьк: ДонНУ, 2010. – С. 85-86.

46. Темченко О.А. Управління якістю продукції як одна із складових підвищення конкурентоспроможності підприємств ГМК України / О.А. Темченко, В.В. Русаков // Матеріали IV Міжвузівської науково-практичної конференції студентів, молодих вчених та спеціалістів.–Вип. 4.– Кривий Ріг: Видавництво «Діоніс», 2010.–С. 237-238.

47. Темченко О.А. Інформаційно-технологічне забезпечення функціонування виробничо-технічних підрозділів гірничого підприємства / О.А. Темченко, О.В. Шамрай / Міжнародна науково-технічна конференція «ГМК: досягнення, проблеми та перспективи розвитку», Кривий Ріг: КТУ.– Вісник КТУ.–2011.– № 29.–С. 10-13.

48. Темченко О.А. Основні напрями підвищення конкурентних переваг підприємств ГМК в країнах СНД / О.А. Темченко, В.В. Русаков // Теоретичні та прикладні аспекти становлення та розвитку конкурентоспроможної економіки: Матеріали Міжвузівської науково-практичної конференції (м. Кривий Ріг 25.11.2011р.) – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2011.–С. 75-76.

49. Темченко О.А. Дослідження проблем зниження витрат енергоресурсів на гірничорудних підприємствах / О.А. Темченко // Сучасні технології розробки рудних родовищ: зб. наук. праць за результатами роботи II Міжнародної науково-технічної конференції (Кривий Ріг, 23-24 березня 2012 р.) ДІ «НДГРІ». – Кривий Ріг: Видавничий дім, 2012. – С. 27-28.

Навчальні посібники:

50. Темченко О.А. Внутрішній економічний механізм підприємства: практикум: [навч. посіб.] / О.А. Темченко.– Кривий Ріг: Мінерал, 2005.–252 с.

51. Кадол Л.В. Економіка і організація інноваційної діяльності: [навч. посіб.] / Л.В. Кадол, С.В. Максимов, О.А. Темченко. – Кривий Ріг: Вид. центр КТУ, 2007.–280 с.

52. Темченко А.Г. Економіка підприємств гірничо-металургійного комплексу: [навч. посіб.] (в 2 т.) / А.Г. Темченко, О.А. Темченко, С.В. Максимов. – Кривий Ріг: Мінерал, 2009. – том 1. – 496 с., том 2. – 396 с.

53. Темченко О.А. Економіка підприємства: практикум: [навч. посіб.] / О.А. Темченко, І.С. Іванова. – Кривий Ріг: Мінерал, 2010. – 385 с.

АНОТАЦІЯ

Темченко О.А. Наукові основи формування конкурентоспроможної технології відкритої розробки залізорудних родовищ у системі гірничо-збагачувального комбінату. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.03 – відкрита розробка родовищ корисних копалин – НТУУ «КПІ», Київ, 2014.

Дисертація присвячена розробці наукових основ формування технології відкритої розробки залізорудних родовищ, головним принципом якої є розгляд технологічних процесів як єдиної організаційно-технологічної системи шляхом виділення її основних складових (корисна копалина, персонал, техніка, продукція), встановлення їх взаємозв'язків з кінцевими показниками діяльності підприємства. Управління формуванням технологічної складової базується на декомпозиції показника фондорентабельності як критерія оцінки ефективності відкритої гірничої технології.

Запропоновано удосконалення відкритої гірничої технології здійснювати шляхом встановлення впливу фізико-механічних властивостей і текстурно-структурних особливостей гірських порід, робочих параметрів гірничотранспортного устаткування та технологічних схем їх роботи в глибоких залізорудних кар'єрах на конкурентоспроможність товарної продукції гірничозбагачувальних підприємств.

Розроблена економіко-математична модель визначення оптимальної виробничої потужності з видобутку і переробки мінеральної сировини з урахуванням забезпечення стабільного вмісту корисного компонента і допустимого вмісту шкідливих домішок у вихідних рудопотоках кар'єру реалізована на ПАТ «ІнГЗК» у повному обсязі.

Результати досліджень використовуються ДП ДІППГРП «Кривбаспроект» та ДП «Український науково-дослідний та проектно-розвідувальний інститут промислової технології» при проектуванні нових і діючих гірничорудних підприємств, а також підприємствами ПАТ «КЗРК», ТОВ «Восток-руда», а також у навчальному процесі ДВНЗ НТУУ «КПІ» та ДВНЗ «КНУ» при вивченні окремих курсів за спеціальністю «Розробка родовищ та видобування корисних копалин».

Ключові слова: відкрита гірнича технологія, система розробки, елементи і параметри системи розробки, технологічні процеси, конкурентоспроможність.

АННОТАЦИЯ

Темченко А.А. Научные основы формирования конкурентоспособной технологии открытой разработки железорудных месторождений в системе горно-обогатительного комбината. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.15.03 – открытая разработка месторождений полезных ископаемых. – НТУУ «КПИ», Киев, 2014.

Диссертация посвящена разработке научных основ формирования технологии открытой разработки железорудных месторождений, главным принципом которой является рассмотрение основных технологических процессов как единой организационно-технологической системы путем выделения ее основных составляющих (полезное ископаемое, персонал, техника, продукция), установление их взаимосвязей и обоснование локальных критериев оценки, которые связывают эффективность использования элементов подсистем с конечными показателями деятельности предприятия. При этом учитывается, что увеличение глубины карьеров, усложнение горно-геологических условий разработки месторождений приводит к снижению качества товарной продукции и увеличению затрат на добычу полезных ископаемых. Управление формированием технологической составляющей базируется на декомпозиции показателя фондорентабельности в качестве критерия оценки эффективности открытой горной технологии. Предложенный критерий оценки конкурентоспособности комплексно учитывает горно-геологические условия, особенности технологии и комплексной механизации горных работ.

Предложено усовершенствование открытой горной технологии осуществлять путем установления влияния физико-механических свойств и текстурно-структурных особенностей горных пород, рабочих параметров горнотранспортного оборудования и технологических схем их работы на конкурентоспособность горного производства.

Для условий Криворожского железорудного бассейна определено влияние качества полезных ископаемых и затрат, связанных с отчуждением земли, на чистый дисконтированный доход, а также на величину граничного коэффициента вскрыши. Смена качества полезного ископаемого на 1% или площади земельного отвода на каждые 100 га приводят к смене показателей конкурентоспособности открытой горной технологии на 5-10%. Установлена целесообразность отработки глубоких карьеров этапами с использованием в качестве критерия оценки вариантов минимум доли приведенных затрат на производство товарной продукции (концентрат, агломерат, окатыши), которые зависят от развития горных работ.

Установлена зависимость энергоёмкости экскавации от качества взрывной подготовки горных пород. При размере среднего куска 450 мм удельные затраты электроэнергии на экскавацию и дробление горной массы составляют соответственно 1,58 кВт.час/м^3 та 3,13 кВт.час/т, тогда как при размере куска 200 мм энергоёмкость экскавации и дробления не превышают соответственно 0,6кВт.час/м^3 и 2кВт.час/т.

Обоснована целесообразность использования гидравлических экскаваторов для разработки высоких уступов (30 м) на глубоких горизонтах крутопадающих месторождений, что позволит снизить энергоёмкость взрывания горных пород на 16,5%, энергетические затраты по экскавации на 14 кДж/м^3 и существенно уменьшить экономические затраты горного производства в целом.

Для условий карьера «Северный» ГОК «Укрмеханобр» ПАО «ММК им. Ильича», который находится в зоне обрушения шахты «Гигант-глубокая» и работает в условиях ограниченных земельных ресурсов, с использованием методики расчета коэффициента запаса устойчивости установлено, что восточный борт карьера находится в устойчивом состоянии, так как указанный коэффициент находится в пределах 1,35…1,58, т.е. на 8…26,4% превышает нормативное значение. При отработке карьера предложено использование выпуклых профилей бортов, которые минимизируют объемы вскрышных работ и обеспечивают возможность использования сдвоенных и строенных уступов при выходе на граничный контур.

Разработана экономико-математическая модель определения оптимальной производственной мощности по добыче и переработке минерального сырья с учетом обеспечения стабильного содержания полезного компонента и допустимого содержания вредных примесей в выходных рудопотоках карьера реализована на ПАО «ИнГОК» в полном объеме.

Результаты исследования используются ГП ГИППГРП «Кривбасспроект» и ГП «Украинский научно-исследовательский и проектно-разведочный институт промышленной технологии» Министерства энергетики и угольной промышленности при проектировании новых и

действующих горнорудных предприятий с открытым и подземным способом разработки месторождений, предприятиями ПАО «КЖРК», ООО «Восток-руда», ГОК «Укрмеханобр» ПАО «ММК им. Ильича», а также в учебном процессе ГВУЗ НТУУ «КПИ» и ГВУЗ «КНУ» при изучении отдельных курсов, в частности, профессионально-ориентированных дисциплин «Организация и планирование производства», «Планирование горных работ» и при выполнении студентами дипломного проекта по специальности «Разработка месторождений и добыча полезных ископаемых».

Ключевые слова: открытая горная технология, система разработки, элементы и параметры системы разработки, технологические процессы, конкурентоспособность.

ABSTRACT

Temchenko O.A. Scientific fundamental principles of formation of competitive technology of open development of ore deposit in the system of mining and beneficiation plant. – As manuscript.

Doctoral dissertation of technical sciences on the discipline 05.15.03 – open cut mining of mineral deposits - Ukrainian National Technical University "Kiev Polytechnic Institute", Kiev, 2014.

Dissertation is dedicated to development of scientific fundamental principles of formation of technology of open cut mining of mineral deposits, whose main principle is investigation of technological processes as one organizational – technological system by means of defining its main components (mineral deposit, staff, equipment, production), determining their interrelations and proving local criteria of assessment, which connect effectiveness of using elements of subsystems with final figures of enterprise performance. The management of formation of technological component is based on decomposition of return on production assets index as criterion of assessment of effectiveness of open cut mining technology.

It was proposed to improve open cut mining technology by means of defining influence of physical - mechanical qualities and textural - structural features of mine rock, working characteristics of mountainous equipment and technological system of their work in deep iron-ore open pits on competitiveness of mining and beneficiation plants' production.

It was developed economical - mathematical model of defining optimal production capacity in digging and processing of mineral raw materials taking into consideration providing stable content of commercial component and allowed content of harmful additives in exposed mine flow of open pit is realized at PJSC "Inguletsk Mining and Beneficiation Plant" to the fullest extent.

The results of the research are used by State Enterprise State Institute on Projecting Mining Plants "Krivbassproekt" and State Enterprise "Ukrainian Research and Development and Planning and Surveying Institute of Production Technology" Ministry of Energy and Mines while projecting new and operating mining plants with open and underground way of deposit developments, by mining plants PJSC "Krivoy Rog Iron-Ore Plant", Limited Liability Company "Vostok-ruda" and also in the studying process of State higher educational establishment Ukrainian National Technical University "Kiev Polytechnic Institute" and State higher educational establishment "Krivoy Rog National University" while studying definite courses in particular disciplines on qualification "Development of deposits and digging of mineral deposits"

Key words: open mining technology, system of development, components and criteria of development, technological processes, and competitiveness.

Темченко Олександр Анатолійович

НАУКОВІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДКРИТОЇ РОЗРОБКИ ЗАЛІЗОРУДНИХ РОДОВИЩ У СИСТЕМІ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ

Спеціальність 05.15.03 – відкрита розробка родовищ корисних копалин

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Підписано до друку: 21.05.2014	Формат 60x84 1/16
Папір офсетний	Обсяг 1,9 ум. друк. арк.
Тираж 100 прим.	Зам. № 21-05/2014-1

СПД Чернявський Д.О.
пр-кт. 200 років Кривому Рогу, 17
(056)440-21-63