

УДК 622.271: 622.013

Є.К. БАБЕЦЬ, канд. техн. наук, доц., ДП «НДГРІ»

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ ПРИ КОМПЛЕКСНІЙ РОЗРОБЦІ ЗАЛІЗОРУДНИХ РОДОВИЩ

Визначено основні напрями удосконалення процесів ресурсозбереження на гірничих підприємствах. Розроблена методика проведення досліджень з оцінки стану управління виробничими ресурсами і виявлення наявних та прихованих резервів. Запропоновані конкретні заходи з удосконалення процесів ресурсозбереження за рахунок зниження собівартості виробництва залізородної продукції та підвищення її якості.

Ключові слова. Гірничі підприємства, процеси ресурсозбереження, видобувні роботи, збагачення.

Актуальність проблеми. В останні роки в Україні приділяється значна увага ресурсозбереженню в усіх галузях народного господарства. Це один з основних еволюційних шляхів підвищення конкурентоспроможності продукції промислового виробництва. Особливо це питання є актуальним для гірничо-металургійного комплексу (ГМК), оскільки він є найбільш капітало-, матеріало-, праце- та енергоємним.

Стан теорії та практики. Дослідження показують [1,2], що для підвищення конкурентоспроможності підприємств ГМК є значні резерви. Вони приховані в управлінні складовими собівартості виробництва та формуванні якості продукції. Для гірничих підприємств важливим фактором є також комплексне використання природних ресурсів.

Вирішенню цього складного питання присвячено багато досліджень вітчизняних та зарубіжних науковців [3-5]. Однак аналіз літературних джерел показує, що до теперішнього часу відсутній загальний підхід для удосконалення процесів ресурсозбереження. Тому у статті викладено авторське бачення вирішення даної проблеми та методику, яка на основі системного підходу дозволяє визначати проблемні питання в управлінні виробничо-господарською діяльністю підприємства та оцінювати напрями, шляхи і можливі варіанти економії усіх видів ресурсів з ціллю створення ресурсозберігаючих технологій відпрацювання родовищ корисних копалин.

Результати досліджень. Алгоритм методики проведення досліджень процесів ресурсозбереження на прикладі гірничо-збагачувального комбінату приведено на рис. 1.

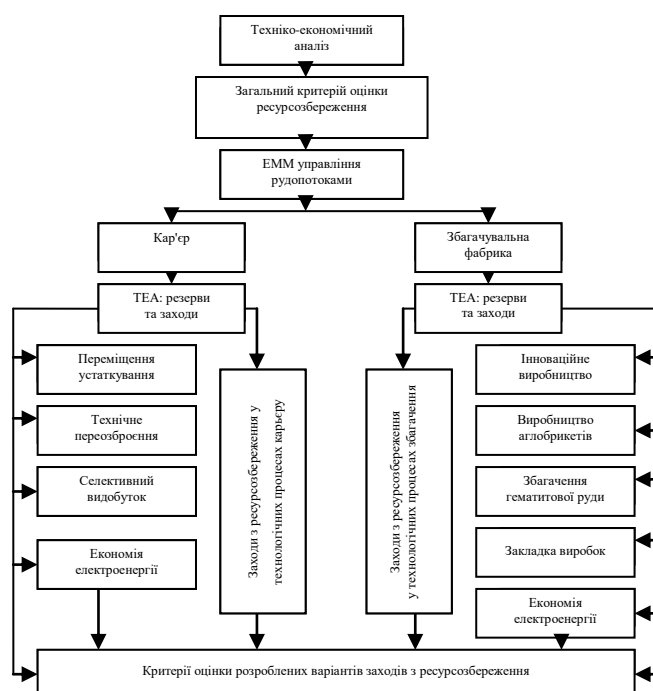


Рис. 1. Алгоритм методики проведення досліджень процесів ресурсозбереження на гірничих підприємствах

Головним і найбільш відповідальним етапом методики є етап проведення ретельного техніко-економічного аналізу, за результатами якого встановлюються проблемні питання в процесах ресурсозбереження і визначаються резерви для їх ліквідації. При цьому пропонується використовувати прийоми порівняння, групування, деталізації, АВС-аналіз, елімінування тощо (блок 1,5,12) [6]. За допомогою перших трьох прийомів визначаються відхилення, а АВС-аналіз і елімінування дозволяють встановити найбільш вагомі фактори підвищення ефективності процесів ресурсозбереження.

У якості загального критерію оцінки стану процесів ресурсозбереження (блок 2) запропоновано показник ресурсоміст-

кості (КР), який визначається з виразу

$$KP = \frac{P}{ТП} \rightarrow \min,$$

де P - вид ресурсу; $ТП$ - обсяг товарної продукції.

На третьому етапі (блок 3) розробляється економіко-математична модель управління кількісними і якісними параметрами рудопотоків з урахуванням особливостей підприємства. Модель складається з критерію та обмежень. У якості критерію можуть бути використано:

мінімум відхилень сформованої якості залізорудної сировини у рудопотоці $ПЯ_\phi$ від заданого значення $ПЯ_{пл}$

$$|ПЯ_\phi - ПЯ_{пл}| \rightarrow \min$$

мінімум відхилень обсягів залізорудної сировини у рудопотоці ($ЗРС_\phi$) від заданого значення ($ЗРС_{пл}$)

$$|ЗРС_\phi - ЗРС_{пл}| \rightarrow \min$$

Обмеження враховують вимоги збагачувальної фабрики за обсягами та якістю ЗРС, яка добувається у кар'єрі, у тому числі і за технологічними показниками її збагачення. Для визначення технологічних показників збагачення пропонується проведення геолого-технологічного картування родовища.

Аналіз стану використання ресурсів та розроблення заходів з удосконалення процесів ресурсозбереження у кар'єрі (блоки 4-10) і на збагачувальній фабриці (блоки 11-18) проводиться окремо. Він може проводитись послідовно або паралельно.

Кар'єр. У блоці 5 проводиться техніко-економічний аналіз основних та допоміжних процесів видобутку ЗРС у кар'єрі [6,7]. Особлива увага приділяється формуванню рудо потоків[7], які виникають вже при проведенні буро-вибухових робіт.

Спочатку вирішуються найбільш загальні проблемні питання, які впливають на ефективність управління якісними і кількісними параметрами рудопотоків:

необхідність проведення технічного переозброєння [2,7] (блок 6). Для вирішення цього питання запропонована економіко-математична модель, яка реалізується за допомогою комп'ютерної техніки і спеціального програмного забезпечення. У якості критерію оцінки можливих варіантів заміни гірничо-транспортного устаткування запропоновано вираз чистої приведеної вартості [6] $NPV \rightarrow \max$;

можливість переміщення гірничо-транспортного устаткування з допоміжних процесів на основні (блок 7). Для вирішення цього питання запропоновано використання апарату теорії масового обслуговування [6].

Як приклад, вибір раціональної кількості відвальних тупиків здійснювали на підставі розрахунків за виразом мінімуму витрат на транспортно-відвальні роботи, грн/год

$$Г(S)/T = T(3_1V + 3_2\rho),$$

де $Г$ - повна вартість системи «транспортно-відвальні тупики», грн.; S - кількість відвальних тупиків, шт.; T - інтервал часу, що дорівнює 1 год.; 3_1 - вартість 1 години простою локомотивопотягу, грн./год.; V - число локомотивопотягів, що перебувають у системі, од.; 3_2 - вартість простою 1 год. відвального тупика (екскаватора), грн./год.; ρ - кількість екскаваторів, зайнятих у системі, од.;

доцільність у здійсненні селективного видобутку ЗРС у кар'єрі (блок 8). Умови формування 2-х рудопотоків: від середнього значення вмісту заліза на родовищі $\alpha_{ср.}$ формується два рудопотока $P1$ і $P2$; у $P1$ попадає руда зі змістом заліза від мінімального значення α_{\min} до $\alpha_{ср.}$, у $P2$ - від $\alpha_{ср.}$ до максимального значення α_{\max} .

За умови рівності обсягів:

$$\text{для } P1 \quad \alpha_1 = (3 \alpha_{\min} + \alpha_{\max}) / 4, \%$$

$$\text{для } P2 \quad \alpha_2 = (3 \alpha_{\max} + \alpha_{\min}) / 4, \%$$

$$\text{для загального потоку } \alpha_{ср.} = (\alpha_1 + \alpha_2) / 2, \%$$

Для кожного з рудопотоків вихід концентрату (γ) розраховується за формулою

$$\gamma = (\alpha - \beta) / (\beta - \Theta),$$

де Θ - втрати заліза в хвостах, %; α , β - відповідно, вміст заліза у руді і концентраті, %.

Витяг корисного компонента (ϵ) з рудної сировини в концентрат визначається з виразу

$$\epsilon = (\gamma - \beta) / \alpha.$$

Для наведеного прикладу приріст вилучення складе 0,12 %, приріст виходу концентрату 0,072 %. Це дозволить одержати додатково з кожного мільйона тонн сирової руди додатково $\Delta K = 7200$ т концентрату.

заходи з економії енергетичних ресурсів (блок 9). У якості основних заходів пропонується зонна оплата за електроенергію та підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів шляхом вирівнювання графіків навантажень енергосистеми енергоємними споживачами [8,9].

Удосконалення ресурсозбереження в технологічних процесах кар'єру при формуванні рудопотоків (блок 10) пропонується здійснювати за рахунок раціонального використання матеріальних та енергетичних ресурсів, поступового але наполегливого збільшення вантажопідйомності транспортних засобів та ємкості ковшів екскаваторів.

У якості технологічного заходу пропонується використання перевантажувальної площадки (усереднювального складу). Відмінною особливістю складу є врахування необхідності та проектування можливості керування процесом розвантаження рудної маси автосамоскидами у визначених місцях. Це дозволить управляти якісними і кількісними параметрами рудопотоків та стабілізувати їх у часі і просторі. Використання керованих перевантажувальних пунктів буде спонукати збільшенню виходу концентрату на збагачувальній фабриці та підвищенню у ньому корисного компоненту.

Збагачувальна фабрика. У блоці 12 проводиться техніко-економічний аналіз переробки ЗРС на збагачувальній фабриці. При цьому також пропонується використовувати прийоми порівняння, групування, деталізації, АВС-аналіз, елімінування тощо.

Для підвищення ефективності процесів ресурсозбереження на ЗФ пропонується :
на тих підприємствах де виробляється тільки концентрат розглянути проекти зі створення нової продукції (агломерату, обкотишів) (блок 13);
виробництво агломераційного брикету (блок 14).

ДП „НДГРІ” із залученням працівників інших криворізьких наукових і навчальних інститутів розроблено [7]:

інноваційну технологію виробництв з металургійних шламів нового виду металургійної сировини - агломераційного брикету. За якісними показниками він перевищує агломерат, який в поточний час виготовляють агломераційні фабрики металургійних і гірничо-збагачувальних комбінатів. Вміст заліза в його складі близько 65 %. Технологічний процес забезпечує видалення при переробці шламів всіх шкідливих домішок (сірка, фосфор, миш'як, цинк, натрій, калій та інші луги), що значно підвищує конкурентоспроможність цією продукції з агломератом та іншими видами металургійної сировини.

технологію виробництва гематитового концентрату з гематитових кварцитів, які заскладовані в скельних відвалах Кривбасу (блок 15).

У поточний час у відвалах шахт і кар'єрів Кривбасу нагромаджено близько 5 млрд т розкритих порід. З них понад 2 млрд т можуть використовуватись як кондиційна залізородна сировина, яка за допомогою сучасної техніки і технології може бути перероблена на висококондиційний металургійний продукт - аглоруду, аглоконцентрат, концентрат [7].

Попередні мінералогічні дослідження та технологічні випробування гематитових руд Кривбасу, розроблена технологія збагачення гематитових кварцитів [7], показали, що з використанням цієї технології можливо виробництво з гематитових кварцитів декількох залізородних продуктів різної якості: агломераційної руди з вмістом заліза 57-58 %, агломераційного концентрату (60-62 %), рядового залізородного концентрату (65-66 %) та високоякісного концентрату (68-68,5 %).

Запропонована технологія дозволяє переробляти залізородну сировину, яка до цього часу не використовувалась. Вона є енергозберігаючою, низькоресурсовитратною та не потребує великих капітальних вкладень.

Витрати на дослідження, проектування, будівництво, експлуатацію дослідно-промислової установки, потужністю 1 млн м³/рік, становлять близько 65 млн грн.

У блоці 16 пропонується провести дослідження та розробити технологію закладення виробленого простору шахтами Кривбасу на основі шламів, шлаків, хвостів збагачення [10,11]. З метою зменшення негативного впливу діяльності гірничо-металургійного комплексу на природне середовище в Кривбасі пропонується виконати низку наступних першочергових невідклад-

них заходів. До них належать [12]:

інвентаризація і складання схеми розміщення відпрацьованого гірського простору (відкритих і підземних вироблень) у Кривбасі та картування відпрацьованого простору;

розробка систем видобутку руди з використанням способів закладання виробленого простору;

дослідження стану відпрацьованого гірськими роботами масиву порід у полях діючих і відпрацьованих шахт Криворізького залізородного басейну і прогноз параметрів зрушення поверхні;

розробка природозберегаючих технологій підземного видобутку залізної руди з застосуванням технологій закладання виробленого простору;

розробка та втілення технології закладання виробленого простору в Кривбасі, із залученням до шихти шлаків, шлаків, хвостів збагачення, накопичених в техногенних родовищах.

Заходи з економії енергетичних ресурсів (блок 17). Як основні заходи пропонується [8,9] зонна оплата за електроенергію та підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів шляхом вирівнювання графіків навантажень енергосистеми енергоємними споживачами.

Удосконалення ресурсозбереження в технологічних процесах збагачувальної фабрики при формуванні рудопотоків (блок 18) пропонується здійснювати [8,12-13] за рахунок раціонального використання матеріальних та енергетичних ресурсів, поступової але наполегливої заміни технічних засобів, впровадження прогресивних технологічних схем, управління технологічними режимами збагачення, усередненням у прийомних бункерах тощо.

У якості оцінки варіантів удосконалення процесів ресурсозбереження (блок 19) запропоновані наступні критерії:

чиста приведена вартість

$$NPV = \frac{\sum (D_t - C_t)}{(1 + E)^t} \rightarrow \max ;$$

сумарні приведені капітальні K та експлуатаційні C витрати

$$|C + EK| \rightarrow \min .$$

Розрахунок річного економічного ефекту необхідно здійснювати за допомогою порівняння собівартості видобутку та переробки залізородної сировини до c_1 і після c_2 впровадження розроблених заходів, грн.

$$E_p = (c_1 - c_2) A .$$

Висновки та рекомендації. За результатами проведеного аналізу процесів ресурсозбереження на гірничо-видобувних підприємствах України встановлено, що їх зміст на кожному окремому підприємстві значно відрізняється. Однак є як схожі проблеми так і схожі заходи з їх вирішення. Запропонована методика може бути використана з відповідною адаптацією на будь-якому підприємстві ГМК.

Список літератури

1. Сборник технико-экономических показателей горно-добывающих предприятий Украины в 2009-2010 гг. / **Е.К.Бабец, Л.А.Штанько, В.А.Салганик** и др. Кривой Рог, ГП «НИГРИ», 2011. – 307 с.
2. **Бабец Е.К.** Современное состояние горного производства на глубоких карьерах, основные проблемы и пути их решения. Сб. наук праць ДП НДГРІ. – Кривий Ріг: ДП «НДГРІ», 2010. - №52 – с.10-15.
3. Ресурсозберігаючі технології видобутку корисних копалин на кар'єрах України / **Шапар А.Г., Дриженко А.Ю., Бизов В.Ф.** та ін. – К. : Наукова думка, 1989. – 92 с.
4. Ресурсосберегающая технология разработки недр. – Апатиты : б.и. 1987. – 89 с.
5. Ресурсосберегающие технологии в горном деле: Сб. науч. тр. / ИГД. – Владивосток, 1991. – 141 с.
6. **Бабец Е.К., Горлов Н.И., Жуков С.А.** Теория экономического анализа: Уч. пособие.-Днепропетровск: Наука и образование, 2002. – 424 с.
7. Удосконалення процесів ресурсозбереження при вилученні,переробці та комплексному використанні залізних руд за рахунок управління їх якісними та кількісними параметрами.Звіт про НДДГР.№д.р.011U007041.-ДП «НДГРІ», 2011,Книга 2.162с.-ДП «НДГРІ»,Кривий Ріг, 2011.
8. **Бабец Е.К.,Сокур Н.И.** Управление энергосбережением в процессах рудоподготовки. - Кривой Рог: Минерал, 2001. - 410с.
9. **Бабец Е.К.,Сокур Н.И.,Хорольский В.П.** Пути снижения расхода энергии на ГОКах. Горный журнал. - Недра. –М.: 1989, №2. - С.51-54.
10. **Дядечкин Н.И., Бабец Е.К.** Перспективы развития горных работ в Криворожском железорудном бассейне. Сб. наук праць ДП НДГРІ. – Кривий Ріг: ДП «НДГРІ», 2010. - №52 – С.3-9.

11. Дядечкин Н.И., Бабец Е.К., Штанько Л.А., Касьяненко Н.А. Подземная выемка руды с закладкой выработанного пространства неконсистентным материалом. «Металлургическая и горнорудная промышленность»; Днепропетровск, 2010. - 5. - С.90-92

12. Концепція розробки державної програми комплексного вирішення проблем Кривбасу / Разраб. рудн. месторожд. - Вып. 94. - Кривий Ріг: КТУ, 2011. - С.24-30.

13/ Бабец Е.К., Горлов Н.И., Жуков С.А. Ситуационное управление технологическими процессами добычи и переработки руд. Наука и образование, Днепропетровск, 2001. - 289с.

Рукопис подано до редакції 12.04.12

УДК 622.235

Я.В. ВАСИЛЬЧУК¹, аспирант, ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗРЫВОВ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ

Разработана математическая модель, которая позволяет определить скорость движения горных пород в условиях применения короткозамедленного взрывания, а также влияние на неё угла расположения скважинных зарядов.

Проблема и ее связь с научными и практическими знаниями. Действие взрыва в твёрдых телах, которое лежит в основе многочисленных задач взрывного дела, представляет собой достаточно сложную задачу, которая включает в себя различные физические процессы, такие как: распространение ударных волн, разрушение горных пород, неустановленное движение среды. Также очень важным является вопрос зависимости характера протекания взрывных процессов от параметров буровзрывных работ, свойств горных пород и характеристик взрывных веществ. В данное время эти процессы исследованы недостаточно, поэтому до последнего времени взрывное дело являло собой в основном эмпирическую науку, которая опирается на опыт применения взрывов в горнодобывающей промышленности, а также разного рода земляных работах.

Современное развитие взрывного дела опирается на использование достижений и методов математики, физики, механики сплошных сред и других фундаментальных наук. Вместе с этим, для взрывного дела, как раздела техники, требуются инженерные расчёты максимальной простоты, которые допускают, в это же время, возможность достаточно широких эмпирических вариаций.

Анализ исследований и публикаций. Особенностью протекания взрывных процессов в горных породах на первом этапе является факт, что возникающие при этом давления настолько большие, что дают возможность при моделировании пренебречь характеристиками крепости и пластическими свойствами среды, а также силой трения в сравнении с инерционными силами. Если при этом пренебречь еще и сжимаемостью среды, то появляется возможность применять при математическом моделировании гидродинамические представления и пользоваться моделью идеальной несжимаемой жидкости. В рамках этой модели М.А. Лаврентьев [1,2] решил задачу о формировании и действии камуфлетного заряда. При этом рассматривалось устоявшееся течение жидкости. О.Е. Власов [3] воспользовался моделью идеальной несжимаемой жидкости для расчета воронки при подземном взрыве на выброс. Тут была использована импульсная постановка задачи и введена дополнительная характеристика крепости горной породы - критическая скорость. Идеи Лаврентьева в последующем были развиты в работах о форме воронки выброса [4-7,8], о принципах абсолютно направленного взрыва [9-12,13], о разрушающем действии взрыва [14] и принципах неравномерного дробления горных пород [15].

Цель работы. Воспользоваться моделью идеальной несжимаемой жидкости для разработки математической модели, которая позволит исследовать скорость движения горных пород в массиве при взрыве удлиненных зарядов.

При разработке математической модели учесть возможность исследования скорости движения породы в зависимости от угла расположения удлиненных зарядов.

Учесть в математической модели короткозамедленный характер взрывания и инерционный характер среды.

Материалы и результаты исследований. При описании динамики жидкой среды, которая заполняет некоторый объем, считается, что ее движение задано, если в любой момент времени t можно определить поле скоростей частиц среды $\vec{v}(\vec{x}, t)$ в выбранной точке \vec{x} . Кроме поля скоростей должны определяться другие величины, которые характеризуют состояние среды: дав-

¹ © Васильчук Я.В., 2012