

УДК 658.5:622.272

Макимова І.І.

кандидат економічних наук
Криворізького національного університету**ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ СОБІВАРТОСТІ ВИДОБУТКУ ЗАПАСІВ ГІРНИЧОДОБУВНОГО ПІДПРИЄМСТВА****ECONOMIC-MATHEMATICAL MODEL OF COST PRICE OF ORE EXTRACTION AT THE MINING ENTERPRISE****АНОТАЦІЯ**

У статті представлено економіко-математичну модель формування собівартості, яка використовує вдосконалений методичний підхід до визначення виробничих витрат. Досліджено й удосконалено формульний апарат моделі, який дозволяє більш точно визначити величину собівартості за рахунок диференційованого урахування геотехнічних особливостей розробки запасів родовища під час розрахунку витрат основних ресурсів. За результатами моделювання визначено ключові фактори впливу на величину собівартості.

Ключові слова: економіко-математична модель, моделювання витрат, собівартість видобутку, оптимізація, гірничодобувне підприємство.

АННОТАЦИЯ

В статье представлена экономико-математическая модель формирования себестоимости, которая использует усовершенствованный методический подход к определению производственных затрат. Исследован и усовершенствован формульный аппарат модели, который позволяет более точно определить себестоимость на основании дифференцированного учета геотехнических особенностей разработки месторождения при расчете затрат основных ресурсов. По результатам моделирования определены ключевые параметры, влияющие на величину себестоимости.

Ключевые слова: экономико-математическая модель, моделирование затрат, себестоимость добычи, оптимизация, горнодобывающее предприятие.

ANNOTATION

This research describes the economic-mathematical model of cost price, which uses an improved methodical approach to the definition of production expenses. The mathematical apparatus of model was researched and improved. It allows to determine the cost price more precisely on the basis of the differentiated accounting of geotechnical peculiarities at calculation of the main expenditures. According to the results of modelling were determined key parameters, that influence on the cost price.

Keywords: economic-mathematical model, modeling of expenses, cost price of extraction, optimization, mining enterprise.

Постановка проблеми. Нині економіко-математичне моделювання дозволяє вирішити широке коло актуальних завдань у сфері економічного аналізу, прогнозування економічних показників діяльності підприємства та економіки в цілому, обґрунтування управлінських рішень на різних рівнях господарської ієрархії.

Для підприємств різних галузей народного господарства особливий інтерес становить моделювання та оптимізація витрат основних ресурсів і собівартості, які є одними з основних показників, що характеризують ефективність виробництва. Ця галузь досліджень є актуальною й для підприємств гірничо-металургійного комплексу, адже видобуток руди та її подальша

переробка супроводжуються численними технологічно складними процесами, які потребують великих обсягів природних ресурсів, сировини, матеріалів, енергії та людської праці. Оптимізація витрат вказаних ресурсів дозволяє значно знизити собівартість гірничодобувного виробництва, що сприяє зростанню його ефективності. Таку оптимізацію можна здійснити за допомогою побудови відповідної економіко-математичної моделі, що описує механізм формування собівартості на гірничодобувному підприємстві.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика побудови економіко-математичних моделей висвітлена в багатьох працях вітчизняних та закордонних науковців, серед яких слід відмітити роботи В.В. Терешіної, В.В. Федосєєва, О.С. Грінберга, О.Н. Ломкової, О.С. Пеліха та ін. [1–5]. У зазначених наукових працях висвітлено широке коло питань. Зокрема, науковцями розроблено основні принципи формалізації та вимоги до побудови економіко-математичних моделей в умовах діяльності великих промислових підприємств. Так, О.С. Пеліх наголошує, що на сучасних промислових підприємствах економіко-математичні моделі являють собою засіб поєднання економіки, бізнесу й математичних розрахунків [5, с. 28]. В.В. Федосєєв пропонує розглядати об'єкти моделювання як досить складні системи, що активно реагують на вплив численних внутрішніх і зовнішніх факторів, а тому потребують особливої уваги дослідника під час вибору математичних методів розрахунків та побудови формульного апарату моделі [2, с. 10]. О.С. Грінберг акцентує увагу на необхідності встановлення характеру взаємозв'язку між економічними змінними під час моделювання складних промислових систем та визначення факторів впливу шляхом регресійного аналізу [3, с. 19].

Варто зауважити, що під час оптимізації показників промислового виробництва науковці наголошують на необхідності моделювання собівартості як вагомому критерію оптимізації, що в підсумку забезпечить отримання підприємством певного економічного ефекту [1, с. 53; 4, с. 48]. Однак, незважаючи на великий обсяг напрацювань у сфері економіко-математичного моделювання, питання побудови моделей розрахунку вартісних показників гірничодобувного

виробництва недостатньо висвітлені в сучасній науковій літературі. У цьому науковому напрямі слід відмітити роботи В.І. Саллі, В.Н. Кухарева та С.С. Резніченко [6; 7], які присвячені проблематиці моделювання саме гірничодобувного виробництва та на які посилається більшість сучасних дослідників. Науковці пропонують алгоритми формалізації специфіки процесів видобутку та переробки запасів під час побудови статистичних, інформаційних, динамічних, оптимізаційних та стохастичних моделей. Так, В.І. Саллі зазначає, що собівартість видобутку залежить від рівня механізації, продуктивності праці, концентрації гірничих робіт та інших організаційно-технічних факторів [6, с. 14, 89]. Він вказує, що перелік цих факторів слід уточнювати та враховувати під час калькуляції виробничих витрат, однак механізм такого урахування науковцем не наведено.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Проведений аналіз літературних джерел із тематики дослідження показав, що подальшого вивчення потребують питання побудови економіко-математичних моделей собівартості гірничодобувного виробництва. Також доцільно уточнити перелік факторів, що впливають на величину витрат основних ресурсів під час відпрацювання запасів. У розглянутих моделях не передбачено механізмів урахування впливу геотехнічних та технологічних параметрів видобутку на величину собівартості, що знижує точність результатів моделювання.

Мета статті полягає у формалізації економіко-математичної моделі визначення собівартості видобутку запасів гірничодобувного підприємства в умовах підземної розробки родовищ. Під час розрахунку витрат основних ресурсів така модель повинна забезпечити можливість урахування специфіки розробки запасів на гірничодобувному підприємстві, яка значним чином впливає на вартісні показники й може значно відрізнитися для різних проектів відпрацювання руд.

Виклад основного матеріалу. Собівартість видобутку є важливим показником, моделювання якого дозволить здійснити економічне обґрунтування проектів відпрацювання запасів, вибір оптимальної системи розробки, визначити та оптимізувати витрати основних ресурсів. Під час побудови моделі визначення собівартості необхідно забезпечити можливість диференційованого врахування гірничо-геологічних і технологічних параметрів різних проектів розробки запасів. Проведене дослідження показало, що за умов підземної розробки залізних руд основними із цих параметрів є такі: обсяг запасу, що підлягає відпрацюванню, розподіл міцності в добувному блоці, обсяг нарізних, підготовчих робіт та очисного виймання, час відпрацювання запасу, продуктивність обладнання, місячна продуктивність блока з руди. Ці параметри обумовлюють витрати основних ресурсів та впливають на величину собівартості видобутку.

Під час побудови економіко-математичної моделі визначення собівартості було враховано, що на гірничодобувному підприємстві витрати формуються на різних етапах виробничого процесу з видобутку й переробки запасів. Зважаючи на це, під час моделювання доцільно розмежувати такі поняття:

1. Собівартість видобутку (франко-люк) включає витрати на видобуток запасів залізних руд безпосередньо з виїмкової одиниці (добувного блока). Під час формування економіко-математичної моделі варто врахувати, що ці витрати безпосередньо пов'язані з технологічними процесами відпрацювання запасів: витрати на гірничопідготовчі роботи, нарізні роботи та очисне виймання руди. Тотожним до визначення «собівартість видобутку» є поняття «блокова собівартість видобутку», що вперше обґрунтоване в роботі [8, с. 4–6].

2. Виробнича собівартість (або загальношахтна) формується з витрат, що належать до блокової собівартості, додатково включаючи витрати на технологічні перевезення та операції з рудою поза добувним блоком, її підйом на поверхню, вентиляцію, водовідлив, витрати на геологорозвідувальні роботи, інші виробничі витрати в межах шахти [9, с. 350].

3. Повна собівартість включає витрати на виробництво й реалізацію товарної залізорудної продукції та враховує адміністративні витрати й витрати на збут, зокрема витрати на послуги сторонніх організацій та залізничний тариф [9, с. 351; 10, с. 32].

Аналіз результатів моделювання на прикладі шахт Кривбасу показав, що показник блокової собівартості видобутку руд може значно відрізнитися для різних варіантів відпрацювання запасів залежно від гірничо-геологічних, гірничотехнічних параметрів, схемних рішень обраної системи розробки та технології видобутку. Загальношахтні витрати будуть приблизно однаковими для різних добувних блоків. Суттєві відмінності можуть виникнути лише за різних глибин залягання запасів, що обумовить величину витрат на підйом видобутої рудної маси.

Указані аспекти обумовлюють актуальність економіко-математичного моделювання саме блокової собівартості видобутку запасів. Під час моделювання слід врахувати таке:

- під час визначення собівартості видобутку залізних руд варто враховувати зазначені раніше гірничотехнічні та гірничо-геологічні фактори впливу на формування вартісних показників видобутку;

- важливим аспектом під час моделювання є те, що всі елементи витрат, задіяні під час формування собівартості, мають стосуватися саме технологічних процесів у досліджуваному покладі запасів (добувному блоці);

- побудова економіко-математичної моделі здійснюється на підставі даних проекту відпрацювання запасів, проектної інформації про види, довжину виробок, обсяги робіт, міцність

порід, у яких проходять виробки та здійснюються очисні роботи, обсяги робіт із буріння свердловин, штангових шпурів тощо.

Зважаючи на ці аспекти, математичний апарат моделі визначення собівартості передбачає проведення розрахунків:

- вартості матеріалів під час проведення нарізних виробок, необхідних для організації видобутку руд і передбачених системою розробки добувального блока. Слід урахувати всі матеріали, використані на різних етапах циклу проведення виробок;

- вартості матеріалів під час виконання очисного виймання запасу, які використовуються під час буріння штангових шпурів і глибоких свердловин;

- витрат на оплату праці робітників, безпосередньо задіяних під час відпрацювання запасу, включаючи працівників інженерно-технічних професій;

- амортизації основних засобів, задіяних безпосередньо в блоці;

- витрат на електроенергію та стиснене повітря, необхідних для організації видобутку запасу.

Під час визначення собівартості доцільно використати формулу [11, с. 41]

$$C_{\text{бл}} = B_M + B_E + B_{\text{ЗП}} + B_c + B_A + I, \quad (1)$$

де $C_{\text{бл}}$ – собівартість видобутку 1 т руди (блокова), грн/т; B_M – вартість матеріалів на проведення нарізних виробок та очисне виймання руди в блоці/панелі грн/т; B_E – витрати на електроенергію, грн/т; $B_{\text{ЗП}}$ – витрати на оплату праці, грн/т; B_c – відрахування на соціальні потреби, грн/т; B_A – амортизація основних засобів, грн/т; I – інші витрати, грн/т.

Під час моделювання собівартості врахування основних геотехнічних параметрів розробки запасів пропонується здійснити таким чином.

Необхідно врахувати, що видобуток запасів супроводжується конкретними технологічними процесами (буріння свердловин, вибухові роботи, кріплення, скреперування тощо), які відповідно до умов підземного видобутку доцільно згрупувати у дві групи:

- нарізні роботи, які передбачають проведення виробок, необхідних для здійснення очисного виймання запасу;

- технологічні процеси очисного виймання.

Дослідження, проведене на шахтах Кривбасу, показало, що витрати ресурсів під час нарізних робіт залежать від їх обсягів та структури, а також коефіцієнта міцності порід, крізь які проходять виробки. Відтак собівартість виконання нарізних робіт буде формалізована таким чином:

$$C_{n.p} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} C_{n.p.ij} \cdot l_{ij} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} (B_{MKPij} + B_{MBPij} + B_{Eij} + B_{\text{ЗП}ij} + B_{Cij} + B_{Aij}) \cdot l_{ij}, \quad (2)$$

де $i=1...n$ вид нарізної виробки, проходження якої передбачене проектом розробки блока; $j=1...m_i$ – ділянки i -ої виробки, які відрізня-

ються гірничотехнічними характеристиками (міцність руди, породи); $C_{n.p.ij}$ – вартість підготовчо-нарізних робіт для проходження j -ої ділянки в i -ій виробці блока, грн/м; l_{ij} – довжина j -ої ділянки в i -ій виробці блока, м; B_{MKPij} – вартість матеріалів, необхідних для кріплення j -ої ділянки в i -ій виробці блока, грн/м; B_{MBPij} – вартість матеріалів, необхідних для проведення бурових робіт j -ої ділянки в i -ій виробці блока, грн/м; B_{Eij} – витрати на електроенергію, грн/м; $B_{\text{ЗП}ij}$ – витрати на оплату праці робітників, задіяних у розробці j -ої ділянки в i -ій виробці блока, грн/м; B_{Aij} – амортизація основних засобів, грн/м.

Використання наведеної формули (2) у моделі собівартості передбачає, що розподіл кожної i -ої виробки на m_i кількості ділянок здійснюється за значенням коефіцієнта міцності руди/породи, через які проходить виробка відповідно до проекту блока. Таке розмежування обумовлене значним впливом коефіцієнта міцності на витрати ресурсів під час видобутку руди та вартість супроводжувальних технологічних процесів.

Витрати основних матеріалів під час виконання очисного виймання (C_{MO}) розраховуються на підставі даних про обсяги рудної маси, що відбувається глибокими свердловинами та шпурами, а також вартості вибухових речовин і вибухових засобів.

$$C_{MO} = \frac{\sum B_{BP}^{\text{свердл}}}{Q_{\text{свердл}}} + \frac{\sum B_{BP}^{\text{шп}}}{Q_{\text{шп}}} + \frac{\sum B'_{BP}}{Q_{\text{заб}}} + \frac{\sum B_{B3}^{\text{свердл}}}{Q_{\text{свердл}}} + \frac{\sum B_{B3}^{\text{шп}}}{Q_{\text{шп}}} + \frac{\sum B'_{B3}}{Q_{\text{заб}}}, \quad (3)$$

де $\sum B_{BP}^{\text{свердл}}$, $\sum B_{BP}^{\text{шп}}$ – вартість вибухових речовин на обвалення масиву зарядами, відповідно, свердловин або шпурів, грн; $\sum B'_{BP}$, $\sum B'_{B3}$ – вартість відповідно вибухових речовин та засобів висадження на вторинне подрібнення, грн; $\sum B_{B3}^{\text{свердл}}$, $\sum B_{B3}^{\text{шп}}$ – сумарна вартість вибухових засобів на відбивання масиву, відповідно, свердловинами або шпурами, грн; $Q_{\text{свердл}}$, $Q_{\text{шп}}$ – обсяг рудної маси, яка відбивається, відповідно, свердловинними зарядами або шпурами, т; $Q_{\text{заб}}$ – обсяг видобутку рудної маси, т.

Під час моделювання витрати електроенергії можуть бути розраховані на підставі характеристик задіяного технологічного обладнання, його продуктивності та обсягу робіт у блоці. У загальному вигляді витрати на електроенергію складаються з витрат енергоресурсів під час нарізних робіт та безпосередньо під час очисного виймання руди.

$$B_E = B_E^{n.p} + B_E^{o.p} = \frac{V_{n.p.} + V_{n.p.}''}{l_3} \cdot t_3 \cdot N_{\text{скр}} \cdot \eta_{\text{ов}} \cdot \Pi_{\text{квм.ч.}} + \frac{N_{\text{скр}} \cdot \eta_{\text{ов}} \cdot t_{\text{зм}}}{\Pi_{\text{зм}}} \cdot Q_{\text{заб}}, \quad (4)$$

де $B_E^{n.p.}$, $B_E^{o.p.}$ – вартість електроенергії, витраченої, відповідно, на нарізні роботи в блоці та очисне виймання запасу, грн; $V_{n.p.}$ – довжина нарізних виробок під час видобутку запасу, м; $V_{n.p.}''$ – нарізні виробки, проведені подвійним скреперуванням, м; l_3 – просування вибою за робочу зміну, м; t_3 – час на прибирання забою,

год.; $N_{скр}$ – потужність скреперної лебідки, кВт; $\eta_{обв}$ – коефіцієнт корисної дії скреперної лебідки, частка од.; $П_{кВм.ч}$ – вартість електроенергії, грн; $t_{зм}$ – тривалість робочої зміни, год.; $П_{зм}$ – продуктивність скреперної лебідки, т/зміну.

Важливим та суттєвим елементом під час моделювання блокової собівартості є витрати на оплату праці робітників, задіяних у різноманітних технологічних операціях із видобутку запасів. Навантаження на робітників гірничих професій залежить від технологічних операцій у блоці, кількості виробок різних видів, міцності порід тощо [11, с. 53]. Отже, нарахування заробітної плати залежить від умов та обсягів робіт працівників різних професій, задіяних під час відпрацювання запасу. Також доцільно врахувати витрати на оплату праці інженерно-технічних робітників (начальник дільниці, гірничий майстер, механік), які залежать від тривалості розробки запасів.

Формалізація витрат на оплату праці матиме вигляд

$$B_{оп} = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{П_{нл.i}} \cdot Z_{змі} \cdot \left(1 + \frac{H_i + Пp_i}{100\%}\right) + \sum_{j=1}^m t_{обj} \cdot Z_{місj} \cdot k_{Пj} \cdot \left(1 + \frac{H_j + Пp_j}{100\%}\right), \quad (5)$$

де $B_{оп}$ – витрати на оплату праці, грн; n – кількість гірничих професій працівників, задіяних у блоці; Q_i – обсяг робіт у блоці, який треба виконати робітникам i -ої професії, т; $П_{нл.i}$ – продуктивність праці робітника i -ої професії за зміну; $Z_{змі}$ – ставка заробітної плати i -ої професії, грн/зміну; H_i , $Пp_i$ – відповідно, відсотки нарахувань та премій працівників i -ої професії, %; m – кількість інженерно-технічних професій, задіяних у блоці; $t_{обj}$ – час відпрацювання блока, міс.; $Z_{міс}$ – місячний оклад заробітної плати працівників j -ої професії, грн; $k_{Пj}$ – кількість працівників j -ої інженерно-технічної професії, осіб.

Під час побудови моделі також враховано, що спрацювання обладнання в блоках з однаковою тривалістю розробки, проте різними умовами та обсягами робіт, буде різним. Таким чином, амортизаційні відрахування визначатимуться залежно від кількості робочих змін, протягом яких устаткування працювало в блоці.

$$B_A = \sum_{i=1}^k B_{облi} \cdot n_i \cdot \frac{Q_{облi}}{П_{облi}} \cdot HA_{змі}, \quad (6)$$

де k – кількість видів обладнання, задіяного під час розробки запасу; $B_{обл}$ – вартість одиниці обладнання i -го виду, грн; n_i – кількість одиниць обладнання k -го виду, задіяних під час розробки запасу, од.; $Q_{обл}$ – обсяг робіт, який припадає на устаткування i -го виду, т; $П_{обл}$ – планова продуктивність обладнання i -го виду за зміну, т; $HA_{зм}$ – змінна норма амортизації i -го обладнання, частка од.

У результаті виконання викладених розрахунків моделюється собівартість видобутку запасів. Особливістю моделі є диференційоване врахування гірничо-геологічних параметрів видобутку запасів різних добувних блоків під час

визначення вартісних показників їх відпрацювання, що дозволяє збільшити точність кінцевих результатів моделювання.

Апробація моделі була проведена на підприємствах Кривбасу ПАТ «ЄВРАЗ Суха Балка» та ПАТ «КЗРК». Моделювання здійснювалось для 20 добувних блоків, які характеризувалися різними параметрами відпрацювання запасів, за двома методичними підходами:

1. Існуючий – на підставі усереднених нормативів витрат ресурсів, що не враховує особливості розробки окремих добувних блоків і використовується на сучасних шахтах під час калькуляції собівартості.

2. Удосконалений – на підставі викладеного в дослідженні математичного апарату, який під час моделювання вартісних показників ґрунтується на диференційованому детальному врахуванні геотехнічних параметрів розробки.

Результати моделювання відображено на графіку (рис.).



Рис. Моделювання собівартості видобутку запасів залізних руд

На побудованому графіку видно, що застосування економіко-математичної моделі собівартості дозволяє більш точно визначити її величину в кожному випадку розробки запасів порівняно з розрахунком собівартості на підставі усереднених нормативів витрат ресурсів. На практиці моделювання показало, що значення собівартості видобутку можуть майже вдвічі відрізнятися від середнього показника по шахті, який складає 35 грн/т. Максимальне значення блокової собівартості за вибіркою складало 52,7 грн/т, а мінімальне – 19 грн/т. Такий розмах обумовлюється впливом геотехнічних та технологічних умов відпрацювання запасів, які були враховані під час моделювання.

У межах дослідження також було вирішено завдання з визначення найбільш вагомих факторів впливу на величину собівартості. Із цією метою було побудовано статистичну регресійну модель виду $C_{бл} = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$. За результатами відбору факторів установлено, що визначальний вплив на показник собівартості мають міцність руди, обсяг нарізних робіт у блоці та місячна продуктивність блоку по руді:

$$C_{бл} = 1,86 \cdot \nu_{нар} + 2,378 \cdot f_{бл} - 0,0032 \cdot P_{міс}, \quad (7)$$

де $v_{нар}$ – обсяг нарізних робіт у блоці, м; $f_{бл}$ – середньозважене значення коефіцієнта міцності за блоком (за шкалою проф. Протодьяконова); $P_{міс}$ – місячна продуктивність за блоком, т/міс.

Урахування в регресійній моделі (7) указаних параметрів дозволяє визначити значення собівартості з точністю 96,4%.

Отримані результати моделювання показали, що запропонований математичний апарат моделі дозволяє більш точно визначити величину собівартості видобутку запасів, що дозволить використовувати модель під час оптимізації витрат ресурсів та обґрунтування ефективності різних проектів відпрацювання запасів гірничодобувного підприємства.

Висновки. Проведене дослідження показало, що економіко-математичне моделювання собівартості, прибутку та інших економічних показників діяльності гірничодобувного підприємства наразі є актуальним завданням. Економіко-математична модель визначення собівартості має відображати складну технологічну специфіку гірничодобувного виробництва, яка впливає на обсяги витрат ресурсів у кожному конкретному випадку розробки запасів. Формалізація такого впливу досягається за рахунок вивчення взаємозв'язків між вартісними показниками й геотехнічними параметрами видобутку та їх урахування в математичному апараті моделі. Дослідження дозволило дійти висновку, що запропонована модель визначення собівартості дозволяє диференційовано врахувати особливості проектів розробки видобувних блоків, що забезпечує більш точні розрахунки витрат основних ресурсів та собівартості. Моделювання дозволило встановити, що для шахт Кривбасу визначальними факторами впливу на показник собівартості є такі параметри гірничих проектів, як міцність руди, обсяг нарізних робіт у блоці та місячна продуктивність блоку по руді.

Подальшим напрямом досліджень є розвиток представленої економіко-математичної моделі визначення собівартості, розробка інструментарію її застосування під час оцінювання економічної ефективності гірничих проектів та оптимізації виробництва.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Терешина В.В. Методы экономического анализа и экономико-математическое моделирование для оценки эффективности производственных систем : [монография] / В.В. Терешина. – Йошкар-Ола, 2011. – 191 с.
2. Федосеев В.В. Экономико-математические методы и прикладные модели / В.В. Федосеев. – М. : Юнити, 2012. – 302 с.
3. Гринберг А.С. Экономико-математические методы и модели / А.С. Гринберг, О.Б. Плющ, В.К. Шешолко. – Минск, 2005. – 222 с.
4. Пелих А.С. Экономико-математические методы и модели в управлении производством / А.С. Пелих, Л.Л. Терехов, Л.А. Терехова. – Ростов-на-Дону, 2007. – 248 с.
5. Ломкова Е.Н. Экономико-математические методы и модели (теоретические аспекты) / Е.Н. Ломкова, А.А. Эпов. – Волгоград, 2005. – 67 с.
6. Салли В.И. Экономико-математические методы и модели в планировании и управлении горным производством / В.Н. Кухарев, В.И. Салли. – К., 2001. – 350 с.
7. Резниченко С.С. Математическое моделирование в горной промышленности / С.С. Резниченко. – М., 1991. – 206 с.
8. Ступник Н.И. Математическое моделирование стоимостных показателей отработки блока : [монография] / Н.И. Ступник. – Кривой Рог, 1996. – 68 с.
9. Моссаковский Я.В. Экономика горной промышленности / Я.В. Моссаковский. – М. : Изд-во МГУ, 2006. – 525 с.
10. Ларичкин Ф.Д. Анализ известных методов калькулирования себестоимости продукции при комплексном использовании сырья / Ф.Д. Ларичкин // Цветная металлургия. – 2011. – № 12. – С. 31–42.
11. Тонких А.И. Техничко-экономические расчеты при подземной разработке рудных месторождений / А.И. Тонких. – Владивосток : ДВГУ, 2007. – 137 с.