

# ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ВКЛАДЕНЬ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА

©2020 КОВАЛЬЧУК В. А., КОВАЛЬЧУК Т. М.

УДК 519.86[330.322.622.012]

JEL: O14; C54

## Ковальчук В. А., Ковальчук Т. М. Економіко-математичне моделювання оптимальної структури інвестиційних вкладень гірничо-збагачувального підприємства

Відповідно до мети, яка полягає в обґрунтуванні економіко-математичної моделі та методу оптимізації структури основних напрямків інвестиційних вкладень на підтримку мінерально-сировинної та технологічної бази гірничо-збагачувального підприємства, проаналізовано їх сучасний стан і проблемні питання виробництва. Висвітлено основні напрямки інвестиційної діяльності та показано їх зв'язок з ключовими ресурсними і технологічними об'єктами виробничої інфраструктури підприємства. Проведено стохастичний факторний аналіз і встановлено тісноту зв'язків інвестиційних вкладень за напрямками з основними економічними показниками діяльності підприємства в цілому. Обґрунтовано найбільш прийнятний результативний показник для умов роботи конкретного підприємства. Встановлено кореляційні зв'язки між чистим прибутком та обсягами інвестиційних вкладень у технічне переозброєння, капітальні ремонти машин і устаткування та капітальне будівництво. Проаналізовано характер і ступінь впливу напрямків інвестиційних вкладень на величину чистого прибутку. Запропоновано критерій оцінки ефективності використання інвестицій і розроблено економіко-математичну модель. Обґрунтовано метод оптимізації структури напрямків, яким є метод динамічного програмування. Модель адаптовано та реалізовано в умовах роботи типового гірничо-збагачувального підприємства. Наведено результати ефективності реалізації оптимальної структури інвестиційних напрямків. Для умов роботи конкретного гірничо-збагачувального комбінату встановлено оптимальну структуру, яка порівняно з фактичною дозволила одержати суттєвий приріст чистого прибутку. Зазначено можливість поширення області застосування економіко-математичних моделей і методів оптимізації такого типу на вирішення й інших завдань виробництва.

**Ключові слова:** моделювання, інвестиції, структура вкладень, гірничо-збагачувальне підприємство, ефективність.

DOI:

Рис.: 2. Табл.: 3. Формул.: 9. Бібл.: 13.

**Ковальчук Віктор Анатолійович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри економіки, організації та управління підприємствами, Криворізький національний університет (вул. Віталія Матусевича, 11, Кривий Ріг, 50027, Україна)

**Ковальчук Тетяна Михайлівна** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри вищої математики, Криворізький національний університет (вул. Віталія Матусевича, 11, Кривий Ріг, 50027, Україна)

**E-mail:** kovalchuk.tm.knu@gmail.com

УДК 519.86[330.322.622.012]

JEL: O14; C54

## Ковальчук В. А., Ковальчук Т. М. Экономико-математическое моделирование оптимальной структуры инвестиционных вложений горно-обогатительного предприятия

В соответствии с целью, заключающейся в обосновании экономико-математической модели и метода оптимизации основных направлений инвестиционных вложений на поддержание минерально-сырьевой и технологической базы горно-обогатительного предприятия, проанализированы их современное состояние и проблемные вопросы производства. Освещены основные направления инвестиционной деятельности и показана их связь с ключевыми ресурсными и технологическими объектами производственной инфраструктуры предприятия. Проведен стохастический факторный анализ и установлена теснота связи инвестиционных вложений по направлениям с основными экономическими показателями деятельности предприятия в целом. Обоснован наиболее приемлемый результативный показатель для условий работы конкретного предприятия. Установлены корреляционные связи между чистой прибылью и объемами инвестиционных вложений в техническое перевооружение, капитальные ремонты машин и оборудования и капитальное строительство. Проанализированы характер и степень совместного влияния направлений инвестиционных вложений на величину чистой прибыли. Предложен критерий оценки эффективности использования инвестиций и разработана экономико-математическая модель. Обоснован метод оптимизации структуры направлений, каковым является метод динамического программирования. Модель адаптирована и реализована в условиях работы типичного горно-обогатительного предприятия. Приведены результаты эффективности реализации оптимальной структуры инвестиционных направлений. Для условий работы конкретного горно-обогатительного комбината установлена оптимальная структура, которая в сравнении с фактической позволила получить значительный прирост чистой прибыли. Обозначена возможность расширения области применения экономико-математических моделей и методов оптимизации такого типа на решение и других задач производства.

**Ключевые слова:** моделирование, инвестиции, структура вложений, горно-обогатительное предприятие, эффективность.

Рис.: 2. Табл.: 3. Формул.: 9. Библ.: 13.

**Ковальчук Виктор Анатольевич** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры экономики, организации и управления предприятиями, Криворожский национальный университет (ул. Виталия Матусевича, 11, Кривой Рог, 50027, Украина)

**Ковальчук Татьяна Михайловна** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры высшей математики, Криворожский национальный университет (ул. Виталия Матусевича, 11, Кривой Рог, 50027, Украина)

**E-mail:** kovalchuk.tm.knu@gmail.com

UDC 519.86[330.322.622.012]

JEL: O14; C54

## Kovalchuk V. A., Kovalchuk T. M. The Economic-Mathematical Modeling of the Optimal Structure of Investment of a Mining and Dressing Enterprise

In accordance with the task of substantiating the economic-mathematical model and the method of optimizing the main directions of investment to maintain the raw-materials and technology base of a mining and dressing enterprise, their current status and problematic issues of production are analyzed. The main areas of investment activity are highlighted and their connection with the major resource and technological facilities of the enterprise's production infrastructure is displayed. A stochastic factor analysis is carried out and the closeness of investment investments by the areas with the main economic indicators of the

enterprise as a whole is determined. The most acceptable effective indicator for the working conditions of a particular enterprise is substantiated. Correlations between net profit and volumes of investment in technical rearmament, major repairs to machinery and equipment and capital construction are determined. The nature and degree of joint influence of directions of investments on net profit are analyzed. A criterion for evaluating the efficiency of investment use is proposed and an economic and mathematical model is developed. The method of optimizing the structure of directions, which is the method of dynamic programming, is substantiated. The model is adapted and implemented in the working conditions of a typical mining and dressing enterprise. The results of the efficiency of implementation of the optimal structure of investment directions are presented. For the working conditions of a particular mining and dressing enterprise, an optimal structure is determined that, in comparison with the actual, allowed to get a significant increase in net profit. The possibility of expanding the application area of economic-mathematical models together with the methods of optimization of this type to solve other production tasks has been indicated.

**Keywords:** modeling, investment, investment structure, mining and dressing enterprise, efficiency.

**Fig.:** 2. **Tabl.:** 3. **Formulae:** 9. **Bibl.:** 13.

**Kovalchuk Viktor A.** – D. Sc. (Engineering), Professor, Professor of the Department of Economics, Organization and Management of Enterprises, Kryvyi Rih National University (11 Vitaliia Matusevycha Str., Kryvyi Rih, 50027, Ukraine)

**Kovalchuk Tetiana M.** – PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics, Kryvyi Rih National University (11 Vitaliia Matusevycha Str., Kryvyi Rih, 50027, Ukraine)

**E-mail:** kovalchuk.tm.knu@gmail.com

Сучасні підприємства гірничо-металургійного комплексу, як одне з основних джерел наповнення державного бюджету, мають в основі мінерально-сировинну базу та розгалужену виробничу інфраструктуру. Ці підприємства в силу специфіки своєї діяльності характеризуються великою фондоемісністю виробництва, постійним погіршенням гірничо-геологічних умов експлуатації сировинної бази, значним зносом гірничотранспортного та дробильно-збагачувального устаткування та агломераційних і конвеєрно-випалювальних машин. Сталий розвиток таких підприємств повинен відповідати Загальнодержавній програмі розвитку мінерально-сировинної бази України та Закону України про інвестиційну діяльність.

Незважаючи на тимчасовий спад виробництва залізистої продукції, необхідно дбайливо використовувати та зберігати технічний і ресурсний потенціали з огляду на його подальше зростання. У цій сфері економічної діяльності неможливо розділити зазначені потенціали, оскільки вони пов'язані єдиною технологічною взаємодією. Зважаючи на вищевикладене, необхідно скоригувати усталене уявлення та підходи до інвестиційної політики гірничо-збагачувальних підприємств (комбінатів) як складової вертикально інтегрованих структур.

Дослідженню проблеми щодо джерел залучення та ефективного використання інвестицій на промислових підприємствах присвячено багато праць вітчизняних і зарубіжних науковців, зокрема О. А. Зінченко [1], А. М. Турила [2], О. С. Євсєва [3], Г. І. Рудька [4] та інших. У наведених роботах інвестиції розглядаються переважно з точки зору етапів і масштабів їх реалізації, визначення їх розміру та окупності за структурними підрозділами підприємства. Застосування економіко-математичного моделювання використовується в основному для вирішення інформаційного забезпечення та використання резервів підприємства [5], а також для реалізації інвестиційних

стратегій зростання обсягів виробництва і позикових коштів [6; 7]. Питання, які розглянуто, можуть бути ефективно вирішені при стабільних, передбачених умовах функціонування, проте недостатньо вирішеними залишаються питання оптимального розподілу обмежених інвестиційних ресурсів у кризових умовах таких великих підприємств, як гірничо-збагачувальні.

Зважаючи на вищевикладене, метою статті є обґрунтування та застосування економіко-математичного моделювання для оптимізації структури основних напрямків інвестування гірничо-збагачувального підприємства в кризових умовах його функціонування.

Аналіз практики капітальних вкладень, що склалися на гірничо-збагачувальних комбінатах, які мають у своєму складі мінерально-сировинну базу (кар'єри), свідчить про три основні напрямки: технічне переозброєння, капітальний ремонт і капітальне будівництво. Зважаючи на негативну кон'юнктуру ринку залізорудної сировини, визначення оптимальної структури внутрішнього реального інвестування у формі капітальних вкладень у згадані напрямки мають за мету зосередити фінансові ресурси в більш ефективні з них.

Стосовно умов роботи гірничо-збагачувальних комбінатів, слід надати пояснення щодо напрямків капітальних вкладень [8]. Що стосується технічного переозброєння, то до нього відносять такий технічний розвиток комбінату, який забезпечує запровадження нової техніки та технології, модернізацію та заміну застарілого та фізично зношеного устаткування на нове, більш ефективне, усунення «вузьких місць» та інших інноваційних, організаційних, технічних заходів, спрямованих на підтримку та подальшу стабілізацію виробничої потужності, підвищення якості сировини тощо. До капітального будівництва фахівці виробництва відносять будівництво транспортної інфраструктури, дробильно-перевантажувальних пунктів, розкриття нових горизонтів та ін. Капітальні ремонти є основною складовою планово-попереджувальних ремонтів і є найбільш складними

НДР «Інвестиційна підтримка мінерально-сировинної бази гірничо-збагачувальних підприємств», № ДР 0116U001791.

за обсягами робіт і витратами ремонтів. Вони передбачають максимальне відновлення втрачених періодичних експлуатаційних характеристик в основному гірничотранспортного та дробильно-збагачувального устаткування та агломераційних і конвеєрно-випалювальних машин.

Практика показує, що ефективність вищезазначених вкладень є різною і в часовому, і в грошовому вимірах, але суттєво впливає на економічні показники виробництва [9; 10]. Підтвердженням тому є результати проведених досліджень з визначення ступеня впливу розміру інвестицій за зазначеними напрямками на основні економічних показників роботи гірничо-збагачувального підприємства. Типовим у цьому плані є приватне акціонерне товариство «Центральний гірничо-збагачувальний комбінат» (ПрАТ «ЦГЗК»), що здійснює видобуток залізних руд, їх дроблення, збагачення та виробництво товарного концентрату й обкотишів для металургії. На першому етапі дослідження встановлено вплив інвестицій на показники виробництва та збуту товарної продукції та прибутковості ПрАТ «ЦГЗК» за п'ять років [11]. Ці результативні показники є різними за рівнем ієрархії показників оцінки ефективності господарської діяльності підприємства та віддзеркалюють результати від їх звичайної діяльності як монопродуктового підприємства.

За допомогою стохастичного факторного аналізу [12] встановлено тісноту зв'язку між розмірами інвестиційних вкладень за напрямками як факторами та такими результативними економічними показниками діяльності комбінату, як чистий прибуток, дохід від реалізації товарної продукції та обсяги виробництва товарного концентрату у грошовому еквіваленті. Результати кореляційного аналізу наведено в *табл. 1*.

Аналіз даних *табл. 1* свідчить про тісний зв'язок усіх факторів практично з усіма результативними показниками. Необхідно зазначити, що не весь вироблений комбінатом концентрат є товарним, а значна частина його витрачається на виробництво обкотишів. Оскільки дохід від реалізації товарної продукції включає дохід від реалізації як обкотишів, так і товарного концентрату, то останні два результативні

показники певною мірою перекликаються між собою, про що свідчать близькість значень відповідних коефіцієнтів кореляції. На відміну від цих показників, чистий прибуток, як джерело власних інвестиційних ресурсів і який вже позбавлений податків, відрахувань та обов'язкових платежів, – найбільш об'єктивно відображає всю виробничо-господарську логістику підприємства. Виходячи з цього за критерій оцінки ефективності інвестиційної діяльності комбінату доцільно обрати саме чистий прибуток, який в загальному вигляді можна подати так:

$$P_{\text{ч}} = f(T_{\text{П}}; K_{\text{Р}}; K_{\text{Б}}), \quad (1)$$

де  $P_{\text{ч}}$  – чистий прибуток підприємства;  
 $T_{\text{П}}$  – інвестиції в технічне переозброєння;  
 $K_{\text{Р}}$  – інвестиції в капітальні ремонти машин і устаткування;  
 $K_{\text{Б}}$  – інвестиції в капітальне будівництво.

Для постановки задачі оптимізації структури інвестиційних вкладень встановлено кореляційну залежність між чистим прибутком і факторами, що на нього впливають. Зважаючи на тісний зв'язок між згаданими показниками (див. *табл. 1*), лінійна трифакторна кореляційна залежність для умов ПрАТ «ЦГЗК» набуває вигляду:

$$P_{\text{ч}} = 107258,23 + 82,395 \cdot T_{\text{П}} - 1,262 \cdot K_{\text{Р}} - 45,829 \cdot K_{\text{Б}}. \quad (2)$$

Для встановлення впливу факторів як керованих змінних на критерій оцінки ефективності реальних інвестицій по черзі було досліджено характер та ступінь впливу кожного з них окремо з фіксацією двох інших факторів. Для запобігання громіздких розрахунків за крок зміни значення кожного з факторів обрано 40000 тис. грн, а побудовані відповідні графіки наведено на *рис. 1*.

Аналіз графіків показує, що найбільш впливовим фактором на величину чистого прибутку є технічне переозброєння. Незважаючи на достатньо витратний напрямок цього інвестування, його потенційна ефективність більш суттєво за інші відбивається на результаті через збільшення ступеня використання устаткування, машин та обладнання,

Таблиця 1

Тіснота зв'язку між розмірами інвестиційних вкладень ПрАТ «ЦГЗК» за напрямками та результативними показниками його економічної діяльності

Напрямок (фактор)	Значення коефіцієнта кореляції		
	Чистий прибуток	Дохід від реалізації товарної продукції	Обсяги виробництва товарного концентрату
Інвестиції в технічне переозброєння	0,788	0,975	0,887
Інвестиції в капітальні ремонти машин і устаткування	0,802	0,820	0,921
Інвестиції в капітальне будівництво	0,649	0,910	0,920

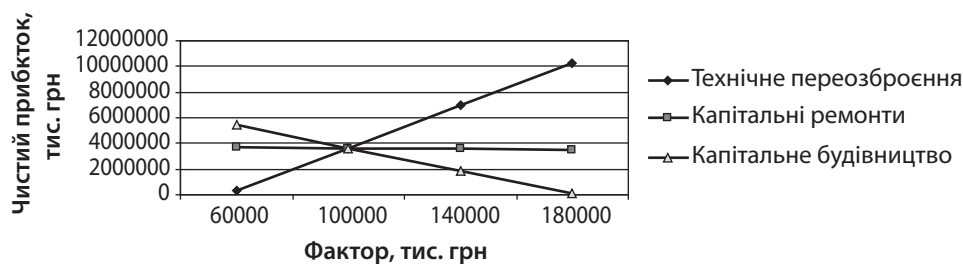


Рис. 1. Графіки залежності величини чистого прибутку від інвестиційних вкладень за напрямками

підвищення їх продуктивності й організаційно-технічну та технологічну взаємодію.

Для формування економіко-математичної моделі [13] оптимізації структури інвестиційних вкладень гірничо-збагачувального підприємства встановлено парні кореляційні залежності між його чистим прибутком і кожною з керованих змінних з використанням прикладної програми «Simply Formula v1.5». Тісноту зв'язку для кожної з встановлених залежностей визначено через середнє квадратичне відхилення  $\sigma$ . Результати досліджень з установаження залежностей між чистим прибутком і величиною власних інвестиційних вкладень за напрямками наведено в табл. 2.

Для наочної порівняльної оцінки характеру та ступеня впливу керованих змінних на чистий прибуток на рис. 2 за даними табл. 2 наведено її графічну інтерпретацію.

Аналіз графіків показує, що темпи зростання чистого прибутку із подальшим збільшенням інвестиційних вкладень у технічне переозброєння та нове будівництво дещо спадають, і з часом відбувається його

насичення. Техніко-технологічне пояснення цьому явищу, при інших рівних умовах (збереження фактичного ступеня інноваційності устаткування та машин, темпів їх модернізації та оновлення, а також будівництва об'єктів основного виробництва), полягає в тому, що означені об'єкти функціонують стаціонарно та потребують інвестиційних вкладень як циклічного, так і неперервного характеру. Перші пов'язані з розвитком гірничих робіт у просторі, а другі – із постійною підтримкою транспортної інфраструктури, комунікацій і мереж. Щодо капітальних ремонтів активної частини основних засобів комбінату, то графік показує наявність локального оптимуму. Це пояснюється значним зносом устаткування та машин, що виправдовує інвестиційні вкладення в цей напрямок, а подальше їх збільшення не є ефективним принаймні в межах амортизаційного періоду їх функціонування.

Цільову функцію економіко-математичної моделі оптимізації складових інвестиційних вкладень на основі обраного критерію (1) у загальному вигляді можна подати так:

Таблиця 2

Результати апроксимації величини чистого прибутку ПрАТ «ІНГЗК» та інвестиційних вкладень за напрямками

Вид залежності	Середнє квадратичне відхилення, $\sigma$
$\Pi_{\text{ч}} = 776,65 \cdot 10^3 \cdot \ln(T_{\text{II}}) - 36,068 \cdot 10^9 / T_{\text{II}} - 6,6844 \cdot 10^6$	$228,75 \cdot 10^3$
$\Pi_{\text{ч}} = -119,34 \cdot 10^{-6} \cdot (K_{\text{P}})^2 - 1,5685 \cdot 10^6 \cdot \ln(K_{\text{P}}) + 58,88 \cdot (K_{\text{P}}) + 14,729 \cdot 10^6$	$218,06 \cdot 10^3$
$\Pi_{\text{ч}} = 928,76 \cdot 10^3 \cdot \ln(K_{\text{B}}) - 9,2985 \cdot 10^6$	$249,35 \cdot 10^3$

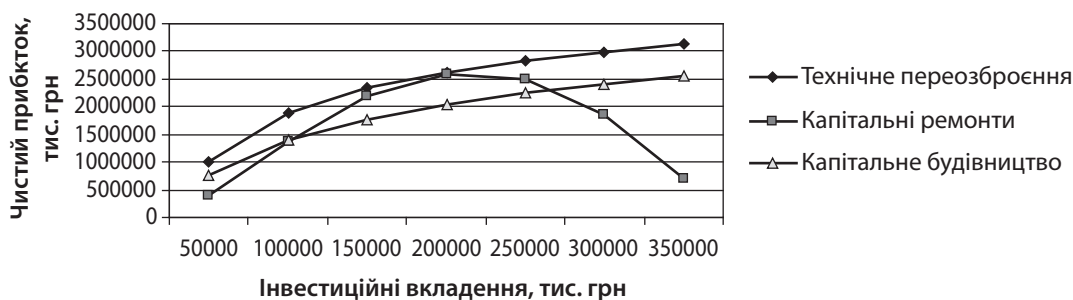


Рис. 2. Графіки кореляційних залежностей величини чистого прибутку від інвестиційних вкладень за напрямками

$$\Pi_{\text{ч}} = f(T_{\text{П}}; K_{\text{Р}}; K_{\text{Б}}) \rightarrow \max. \quad (3)$$

На цільову функцію (3) накладено обмеження, які обумовлені технологією виробництва продукції. Тобто, виключення принаймні одного з напрямків інвестування буде мати негативні наслідки для усього підприємства. Таким чином, систему обмежень в загальному вигляді можна представити таким чином:

$$\begin{cases} T_{\text{П}} \geq T_{\text{Пmin}}; \\ K_{\text{Р}} \geq K_{\text{Рmin}}; \\ T_{\text{Б}} \geq T_{\text{Бmin}}; \\ T_{\text{П}}, K_{\text{Р}}, K_{\text{Б}} \geq 0, \end{cases} \quad (4)$$

де  $T_{\text{Пmin}}, K_{\text{Рmin}}, K_{\text{Бmin}}$  – відповідно мінімально припустимі значення інвестиційних вкладень за напрямками технічного переозброєння, капітальних ремонтів і капітального будівництва.

На основі статистичних даних ПрАТ «ЦГЗК» економіко-математична модель, адаптована для умов роботи цього підприємства, буде мати такий вигляд:

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{ч}} &= 107258,23 + 82,395 \cdot T_{\text{П}} - \\ &- 1,262 \cdot K_{\text{Р}} - 45,829 \cdot K_{\text{Б}} \rightarrow \max, \\ \begin{cases} T_{\text{П}} \geq 34428; \\ K_{\text{Р}} \geq 13376; \\ T_{\text{Б}} \geq 53966; \\ T_{\text{П}}, K_{\text{Р}}, K_{\text{Б}} \geq 0. \end{cases} \end{aligned} \quad (5)$$

Оптимізаційні задачі такого типу найкращим чином вирішуються методом динамічного програмування, що базується зокрема на рекурентних співвідношеннях Белмана, спрямованих на вирішення задач оптимального розподілу ресурсів. Динамічне програмування передбачає оптимізацію процесу прийняття рішення за окремими етапами (кроками), а управління самим процесом розподілу інвестицій включає таку сукупність рішень, що приймаються на кожному етапі та впливають на процес у цілому. Інвестиційний процес є керованим, і саме динамічне програмування дозволяє звести одну складну задачу з багатьма змінними до багатьох задач з малою кількістю змінних. Це значно спрощує обсяг обчислень і прискорює процес прийняття рішень. Принцип оптимізації полягає в тому, що на будь-якому початковому етапі розподілу інвестицій наступні рішення повинні обиратися оптимальними стосовно стану, до якого прийде система на кінець етапу. Таким чином, рішення щодо розподілу інвестиційних вкладень за напрямками на будь-якому етапі не є локально кращим, а є кращим з точки зору процесу в цілому.

Виходячи з вищевикладеного позначимо через  $x$  – загальну величину інвестицій, а через  $x_i$  – їх величину в  $i$ -й напрямку ( $i = 1, 2, \dots, n$ ). Позначимо через  $g_i(x)$  функцію корисності (чистий прибуток), одержану

підприємства після вкладення інвестицій  $x_i$  за  $i$ -м напрямком. Через функцію  $f_k(x)$  позначимо максимальне значення чистого прибутку, який можна одержати після вкладень  $x_i$  від попередніх  $k$  напрямків інвестування. Зазначену задачу можна формалізувати в такій формі:

$$f_n(x) = \max \sum_{i=1}^n g_i(x_i), \quad (6)$$

при обмеженнях

$$\sum_{i=1}^n x_i = x, \quad x_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (7)$$

Для максимізації сумарного чистого прибутку від реалізації інвестицій за  $k$ -м і першими  $(k - 1)$  напрямками необхідно обрати кошти  $x_k$  таким чином, щоб виконувалися рекурентні співвідношення:

$$f_1(x) = g_1(x), \quad (8)$$

$$f_k(x) = \max \{g_k(x_k) + f_{k-1}(x - x_k)\}, \quad k = 2, 3, \dots, n. \quad (9)$$

Для визначення значень функції корисності  $g_i(x_i)$  за формулами, наведеними в табл. 2, розраховано поетапно (50 млн грн) значення чистого прибутку підприємства після вкладення інвестицій  $x_p$ , максимальна загальна величина яких за статистичними даними ПрАТ «ЦГЗК» складає 550 млн грн. При  $n = 1$  усі кошти виділяються на технічне переозброєння, і сумарний чистий прибуток визначається за формулою (8). При  $n = 2$  всі кошти виділяються на технічне переозброєння та капітальні ремонти, причому враховується максимум функції корисності, яку можна одержати при їх вкладанні в перший напрямку інвестування, а розрахунки виконуються за формулою (9). При  $n = 3$  всі кошти виділяються на всі три напрямки (технічне переозброєння, капітальні ремонти та капітальне будівництво), з урахуванням максимуму функції корисності на другому етапі дослідження, та розраховуються за формулою (9). Результати розрахунків наведено в табл. 3.

Аналіз максимального значення функції корисності на третьому етапі дослідження (див. табл. 3) показує, що воно відповідає величині інвестицій 550 млн грн:  $f_3(550) = 7071,565 = 1870,916 + 5200,649$ . Це означає, що на капітальне будівництво необхідно залучити 150 млн грн, тоді на перші два напрямки – 400 млн грн:  $f_2(400) = 5200,649 = 2585,526 + 2615,123$ . Цей максимум досягається, якщо на капітальні ремонти залучається 200 млн грн, і на технічне переозброєння залишається теж 200 млн грн. Одержані результати оптимізації задовольняють системі обмежень (5).

Ефективність результатів оптимізації оцінена в однорідних умовах інвестиційної діяльності ПрАТ «ЦГЗК» як приріст чистого прибутку, що складає 2% (40,2 млн грн). Такі результати обумовлені зміною структури інвестиційних вкладень за напрямками відносно базової, яка складалася на підприємстві, а саме:

Таблиця 3

**Результати розрахунку функції корисності при поетапному залученні інвестицій за напрямками**

Інвестиційні вкладення $x_i$ , млн грн	Етап прийняття рішення		
	$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$
0	381,361	973,275	1794,733
50	997,443	1589,357	2410,815
100	1896,452	2488,366	3309,824
150	2331,582	2923,496	3744,954
200	2615,123	3261,335	4082,793
250	2824,495	4077,630	4899,088
300	2990,140	4512,760	5334,218
350	3127,036	4917,108	5738,566
400	3243,625	5200,649	6002,107
450	3345,120	5410,021	6383,676
500	3434,963	5575,666	6788,024
550	3515,543	5712,562	7071,565

у співвідношенні: технічне переозброєння – 36,4% / 27,2%; капітальні ремонти – 36,4% / 36,4%; капітальне будівництво – 27,2% / 36,4%. Встановлена зміна структури та відповідна переорієнтація інвестицій пояснюється, по-перше, значним моральним і фізичним зносом гірничотранспортного та дробильно-збагачувального устаткування та конвеєрно-випалювальних машин, а, по-друге, – довгостроковим і здебільшого стаціонарним функціонуванням технологічних та інфраструктурних об'єктів та споруд.

### ВИСНОВКИ

Гірничозбагачувальні підприємства, як підприємства з великою технологічною інерційністю та масштабною виробничою структурою, потребують значних інвестицій для підтримки їх сталого функціонування. Ефективний розподіл інвестицій у ключові напрямки інвестиційної діяльності таких підприємств в існуючих умовах потребує застосування і сучасних економіко-математичних методів і моделей.

Підвищення ефективності роботи підприємства в цілому шляхом зміни структури ключових напрямків інвестування дає тільки загальну картину споживання інвестицій. Запропонований підхід до оптимізації можна поширити також на елементи всередині кожного з напрямків, а саме – структуру видів ремонтів, види ресурсів, які споживаються, нематеріальні активи та ін., що є предметом подальших досліджень. ■

### ЛІТЕРАТУРА

1. Зінченко О. А. Економічна оцінка інноваційного розвитку гірничозбагачувальних комбінатів та їх структурних підрозділів : автореф. дис. ... канд. екон. наук : 08.06.01. Кривий Ріг, 2008. 20 с.

2. Турило А. М., Ковальчук М. В. Концепція підтримки та розвитку мінерально-сировинної бази гірничозбагачувальних підприємств на інноваційній основі. *Інноваційна економіка*. 2015. № 2. С. 5–10.
3. Евсеев О. С., Безгласная Е. А. Инновационная вось примчивость национальной экономики в условиях модернизации. *Молодой ученый*. 2012. № 1. Т. 1. С. 98–104. URL: <http://www.econf.rae.ru/pdf/2011/12/823.pdf>
4. Геолого-економічна та вартісна оцінка родовищ корисних копалин як показник ефективності інвестиційних проєктів / за ред. Г. І. Рудька. Чернівці : Бу-крек, 2013. 304 с.
5. Ліпич Л. Г., Івашко О. А. Економіко-математичне моделювання інвестиційних явищ і процесів на територіях зі спеціальним режимом інвестиційної діяльності. *Національні записки університету «Острозька академія». Серія «Економіка»*. 2010. Вип. 13. С. 458–466. URL: <https://eprints.oa.edu.ua/6928/1/55.pdf>
6. Каут О. В., Дунайчук С. М. Аналіз типових інвестиційних стратегій промислових підприємств. *Інвестиції: практика та досвід*. 2018. № 7. С. 20–24. URL: [http://www.investplan.com.ua/pdf/7\\_2018/6.pdf](http://www.investplan.com.ua/pdf/7_2018/6.pdf)
7. Молодоря Т. С., Пакулін С. Л. Моделювання інвестиційних процесів на промислових підприємствах східного регіону України // Проблеми і перспективи розвитку банківської системи України : тези доп. Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Суми, 10–11 листопада 2005 р.). Суми : ДВНЗ «УАБС НБУ», 2005. Вип. 8. С. 58–59. URL: [https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/62734/5/Molodoria\\_Modeliuvannia\\_investytsiinykh.pdf](https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/62734/5/Molodoria_Modeliuvannia_investytsiinykh.pdf)
8. Ковальчук В. А., Оболонська І. В., Ковальчук М. В. Організаційно-економічний механізм забезпечення планової виробничої потужності гірничовидобувного підприємства : монографія. Кривий Ріг : Видавничий центр ДВНЗ «КНУ», 2014. 175 с.
9. Лохман Н. В., Пасічник Н. В. Ідентифікація об'єктів інноваційної інфраструктури. *Інтелект XXI*. 2018. № 1. С. 170–173.
10. Лохман Н. В., Берідзе Т. М., Пасічник Н. В. Інвестиційна діяльність промислових підприємств: практичний досвід : монографія. Кременчук, 2017. 268 с.
11. Центральний гірничозбагачувальний комбінат. Регулярна інформація // Smida. URL: <http://www.smida.gov.ua/>
12. Загребя М. М. Теоретичні аспекти використання факторного аналізу при аналізі динаміки фінансового стану підприємства. *Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету. Серія «Економічні науки»*. 2014. Вип. 25. С. 455–461. URL: <http://economics.kntu.kr.ua/pdf/25/69.pdf>
13. Баранкевич М. М., Антонів В. Б. Вступ до математичної економіки. Фундаментальні моделі: навч. посіб. Дрогобич : Коло, 2009. 348 с.

### REFERENCES

- Barankevych, M. M., and Antoniv, V. B. *Vstup do matematychnoi ekonomiky. Fundamentalni modeli* [Introduction to Mathematical Economics. Basic Models]. Drohobych: Kolo, 2009.

- Heoloho-ekonomichna ta vartisna otsinka rodovyshch korysnykh kopalyn yak pokaznyk efektyvnosti investytsiinykh proektiv* [Geological-economic and Cost Estimation of Mineral Deposits as an Indicator of the Effectiveness of Investment Projects]. Chernivtsi: Bukrek, 2013.
- Kaut, O. V., and Dunaichuk, S. M. "Analiz tipovykh investytsiinykh stratehii promyslovykh pidpriemstv" [Analysis of Typical Investment Strategies of Industrial Enterprises]. *Investytsii: praktyka ta dosvid*. 2018. [http://www.investplan.com.ua/pdf/7\\_2018/6.pdf](http://www.investplan.com.ua/pdf/7_2018/6.pdf)
- Kovalchuk, V. A., Obolonska, I. V., and Kovalchuk, M. V. *Orhanizatsiino-ekonomichni mekhanizm zabezpechennia planovoi vyrobnychoi potuzhnosti hirnychovydobuvnoho pidpriemstva* [Organizational and Economic Mechanism of Maintenance of Planned Production Capacity of the Mining Enterprise]. Kryvyi Rih: Vydavnychi tsentr DVNZ «KNU», 2014.
- Lipych, L. H., and Ivashko, O. A. "Ekonomiko-matematychne modeliuvannia investytsiinykh yavlyshch i protsesiv na terytoriiakh zi spetsialnym rezhymom investytsiinoi diialnosti" [Economic and Mathematical Modeling of Investment Phenomena and Processes in Territories with Special Regime of Investment Activity]. *Natsionalni zapysky universytetu «Ostrozka akademiia»*. Seriya «Ekonomika». 2010. <https://eprints.ua.edu.ua/6928/1/55.pdf>
- Lokhman, N. V., and Pasichnyk, N. V. "Identyfikatsiia obektiv innovatsiinoi infrastruktury" [Identification of Objects of Innovative Infrastructure]. *Intelekt XXI*, no. 1 (2018): 170-173.
- Lokhman, N. V., Beridze, T. M., and Pasichnyk, N. V. *Investytsiina diialnist promyslovykh pidpriemstv: praktychnyi dosvid* [Investment Activity of Industrial Enterprises: Practical Experience]. Kremenchuk, 2017.
- Molodoria, T. S., and Pakulin, S. L. "Modeliuvannia investytsiinykh protsesiv na promyslovykh pidpriemstvakh skhidnoho rehionu Ukrainy" [Modeling of Investment Processes at Industrial Enterprises of the Eastern Region of Ukraine]. *Problemy i perspektyvy rozvytku bankivskoi systemy Ukrainy*. 2005. [https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/62734/5/Molodoria\\_Modeliuvannia\\_investytsiinykh.pdf](https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/62734/5/Molodoria_Modeliuvannia_investytsiinykh.pdf)
- "Tsentralnyi hirnycho-zbahachuvalnyi kombinat. Rehularna informatsiia" [Central Mining and Processing Plant. Regular Information]. Smida. <http://www.smida.gov.ua/>
- Turylo, A. M., and Kovalchuk, M. V. "Kontseptsiiia pidtrymky ta rozvytku mineralno-syrovynnoi bazy hirnycho-zbahachuvalnykh pidpriemstv na innovatsiinii osnovi" [The Concept of Support and Development of Mineral and Raw Materials Base at the Mining and Processing Enterprises on the Innovative Basis]. *Innovatsiina ekonomika*, no. 2 (2015): 5-10.
- Yevseyev, O. S., and Bezglasnaya, Ye. A. "Innovatsionnaya vospriimchivost natsionalnoy ekonomiki v usloviyakh modernizatsii" [Innovative Susceptibility of the National Economy in the Context of Modernization]. *Molodoy uchenyy*. 2012. <http://www.econf.rae.ru/pdf/2011/12/823.pdf>
- Zahreba, M. M. "Teoretychni aspekty vykorystannia faktor-noho analizu pry analizi dynamiky finansovoho stanu pidpriemstva" [Theoretical Aspects of the Use of Factor Analysis in the Analysis of the Financial Condition of the Company]. *Naukovi pratsi Kirovohradskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*. Seriya «Ekonomichni nauky». 2014. <http://economics.kntu.kr.ua/pdf/25/69.pdf>
- Zinchenko, O. A. "Ekonomichna otsinka innovatsiinoho rozvytku hirnycho-zbahachuvalnykh kombinativ ta yikh strukturnykh pidrozdiliv" [Economic Evaluation of Innovative Development of Mining and Processing Enterprises and Their Structural Subdivisions]: *avtoref. dys. ... kand. ekon. nauk. 08.06.01, 2008.*