УДК 330.115:338.95

**В. Я. Нусінов, Є. К. Бабець, І. Є. Афанасьєв**

*Криворізький національний університет*

# МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПЛЕКСНОГО ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ ПІДПРИЄМСТВ ГІРНИЧОРУДНОЇ ГАЛУЗІ

**Узагальнено прикладні аспекти моделювання економічного ризику в процесі виробничо-господарської діяльності гірничо-збагачувального підприємства. Розроблено методологічні підходи щодо раціоналізації виробничих процесів залізовидобувних підприємств.**

*Ключові слова:* невизначеність, конфліктність, ризик, змішана стратегія.

**Обобщены прикладные аспекты моделирования экономического риска в процессе производственно-хозяйственной деятельности горно-обогатительного предприятия. Разработаны методологические подходы к рационализации производственных процессов железодобывающих предприятий.**

*Ключевые слова:* неопределенность, конфликтность, риск, смешанная стратегия.

**The applied aspects of economic risk's modeling in the process of the productive – economic activity of the mining – enrichment enterprise are generalized. The methodologic approaches to the production processes rationalization of the iron – extraction enterprises are elaborated.**

*Key words:* uncertainty conflictness, risk, mixed strategy.

Гірничодобувні підприємства, а тим більше виробничі об'єднання, є складними динамічними системами, стан яких визначається безліччю факторів, умов, що безупинно змінюються в просторі й у часі. Моделювання таких систем характеризується великою складністю, яка значною мірою обумовлює те, що в планово-економічній практиці завдання планування розвитку виробництва часто формулюються не завжди коректно, з урахуванням різнотипних факторів і в неоднаковій шкалі їхньої оцінки. Тому **актуальними** постають проблеми щодо виділення основних видів завдань планування розвитку об'єктів гірничорудного підприємства (ГРП), які повинні супроводжуватися певними узагальненнями, без яких неможливе впорядкування завдань та їх забезпечення щодо економіко-математичного моделювання зазначених процесів виробничо-економічної діяльності підприємства. Усі менеджери в будь-якій сфері фінансово-економічної діяльності ГРП зацікавлені у зведенні до мінімуму економічного ризику та пов'язаних із ним небажаних наслідків, а тим більше – значних збитків [1, с. 82–83; 2, с. 9; 3, с. 134; 4, с. 155; 5, с. 3–6]. За умов нестабільності та швидкої зміни виробничо-економічної ситуації ГРП суб'єкти фінансово-економічної діяльності змушені враховувати всі можливі наслідки дій своїх конкурентів, а також інших змін у ринковому середовищі.

Таким чином, можливі ситуації із спотворенням реальної діяльності підприємства. Але, незважаючи на все це, **мета наукового дослідження,** на нашу думку, має бути спрямована на гранично точне відображення явищ і процесів виробничо-економічної діяльності підприємства. Зрозуміло, що це дасть можливість дійти до раціоналізації його ефективності та виконання завдань щодо планування його розвитку на підгрунті економіко-математичних моделей, використання яких, у свою чергу, дозволить урахувати недетерміновані фактори виробництва відповідно до прийняття управлінських рішень.

При таких ситуаціях в аналізі випадкових процесів із дискретними станами зручно користуватися геометричною схемою – графом станів. Але для вирішен-

© В. Я. Нусінов, Є. К. Бабець, І. Є. Афанасьєв, 2013

ня поставлених проблем доцільно розглянути математичний опис марківського процесу з дискретними станами і неперервним часом на прикладі випадкового процесу в завданнях оцінки і планування обсягів диверсифікованої продукції гірничо-збагачувального комбінату при комплексній розробці рудного родовища. [7, с. 15].

Техніко-економічна система (ТЕС) ГРП ($S$), з точки зору комплексного освоєння надр, має $m$ можливих станів: $S_0$ – аналітично-селективний стан керуючої системи, який передбачає пошукові роботи щодо генерування сукупності альтернативних стратегічних напрямів розвитку (стійких станів системи) ГРП відносно можливостей випуску певної множини видів мінеральної продукції тощо; $S_1, S_2, ..., S_m$ – можливі робочі стани системи; $\lambda_{0i}$, $\lambda_{i0}$ – інтенсивності вхідних і вихідних потоків (попит на мінеральну продукцію та її пропозиція за одиницю часу: місяць, квартал, рік).

Імовірністю $i$-го стану називається ймовірність $p_i(t)$ того, що в момент $t$ система буде знаходитися в стані $S_i$. Очевидно, що для будь-якого моменту $t$ сума ймовірностей усіх станів дорівнює одиниці:

$$\sum_{i=0}^{m} p_i(t) = 1. \tag{1}$$

$$P_{\Delta t} = P(T < \Delta t) = 1 - e^{-\lambda \Delta t} \approx \lambda \Delta t. \tag{2}$$

Розглянемо систему в момент $t$ і, задаючи малий проміжок $\Delta t$, знайдемо ймовірність $p_0(t+\Delta t)$ того, що система в момент $t+\Delta t$ буде знаходитись у стані $S_0$. Цього можна досягти таким способом.

Система в момент $t$ з імовірністю $p_0(t)$ знаходилася в стані $S_0$, а за час $\Delta t$ не вийшла з нього. Вивести систему з цього стану можна сумарним найпростішим потоком з інтенсивністю $(\lambda_{01} + \lambda_{02} + ... + \lambda_{0m})$, тобто відповідно до (2) з імовірністю, приблизно рівною $(\lambda_{01} + \lambda_{02} + ... + \lambda_{0m})\Delta t$. А ймовірність того, що система не вийде зі стану $S_0$, дорівнює $[1 - (\lambda_{01} + \lambda_{02} + ... + \lambda_{0m})\Delta t]$. Імовірність того, що система буде знаходитися в стані $S_0$ згідно із цим способом (тобто того, що знаходилася в стані $S_0$ і не вийде з нього за час $\Delta t$), дорівнює, за теоремою множення ймовірностей,

$$p_0(t)[1 - (\lambda_{01} + \lambda_{02} + ... + \lambda_{0m})\Delta t]. \tag{3}$$

Також можна припустити, що система в момент $t$ з імовірностями $p_1(t)$, $p_2(t)$,..., $p_m(t)$ знаходилася в стані $S_1$, $S_2$,..., $S_m$ і за час $\Delta t$ перейшла у стан $S_0$.

Потоком інтенсивністю $\lambda_{10}$, $\lambda_{20}$,..., $\lambda_{m0}$ система перейде у стан $S_0$ з імовірністю, приблизно рівною $\lambda_{10}\Delta t$, $\lambda_{20}\Delta t$,..., $\lambda_{m0}\Delta t$. Імовірність того, що система буде знаходитися в стані $S_0$ згідно із цим способом, дорівнює $p_1(t)\lambda_{10}\Delta t$, $p_2(t)\lambda_{20}\Delta t$,..., $p_k(t)\lambda_{m0}\Delta t$.

Застосовуючи теорему додавання ймовірностей, одержимо

$$\begin{gathered} p_0(t+\Delta t) = p_1(t)\lambda_{10}\Delta t + p_2(t)\lambda_{20}\Delta t + ... + \\ + p_m(t)\lambda_{m0}\Delta t + p_0(t)[1 - (\lambda_{01} + \lambda_{02} + ... + \lambda_{0m})\Delta t], \end{gathered}$$

звідки

$$\begin{gathered} \frac{p_0(t+\Delta t) - p_0(t)}{\Delta t} = p_1(t)\lambda_{10} + p_2(t)\lambda_{20} + ... + \\ + p_m(t)\lambda_{m0} - (\lambda_{01} + \lambda_{02} + ... + \lambda_{0m})p_0(t). \end{gathered} \tag{4}$$

Спрямуємо $\Delta t \to 0$ і перейдемо до визначення граничного показника умови задачі:

$$\lim_{\Delta t \to 0} \frac{p_0(t+\Delta t) - p_0(t)}{\Delta t} = p_1(t)\lambda_{10} + p_2(t)\lambda_{20} + \ldots + \\ + p_m(t)\lambda_{m0} - (\lambda_{01} + \lambda_{02} + \ldots + \lambda_{0m})p_0(t). \tag{5}$$

Отже, наближені рівності, пов’язані із застосуванням формули (2), перейдуть у точні. В результаті цієї операції отримаємо в лівій частині рівняння похідну $p_0'(t)$ (позначимо її для простоти $p_0'$):

$$p_0' = \lambda_{10}p_1 + \lambda_{20}p_2 + \ldots + \lambda_{m0}p_m - (\lambda_{01} + \lambda_{02} + \ldots + \lambda_{0m})p_0 . \tag{6}$$

Одержане диференціальне рівняння першого порядку містить як саму невідому функцію, так і її похідну першого порядку.

Розмірковуючи аналогічно щодо інших станів системи $S$, можна одержати систему диференціальних рівнянь Колмогорова для ймовірностей станів:

$$\begin{cases} p_0' = \lambda_{10}p_1 + \lambda_{20}p_2 + \ldots + \lambda_{m0}p_m - (\lambda_{01} + \lambda_{02} + \ldots + \lambda_{0m})\,p_0 \\ p_1' = \lambda_{01}p_0 - \lambda_{10}p_1 \\ p_2' = \lambda_{02}p_0 - \lambda_{20}p_2 \\ \ldots \\ p_m' = \lambda_{0m}p_0 - \lambda_{m0}p_m. \end{cases} \tag{7}$$

Згідно із правилом складання рівнянь Колмогорова система має $m$ рівнянь і $m + 1$ невідомих. У системі (7) незалежних рівнянь на одиницю менше, ніж загальне число рівнянь. Тому для вирішення системи необхідно додати рівняння (1).

Особливість розв’язання диференціальних рівнянь узагалі полягає в тому, що потрібно задати так звані початкові умови, тобто у даному випадку ймовірності станів системи в початковий момент $t = 0$. Так, наприклад, систему рівнянь (7) доцільно розв’язувати за умови, що в початковий момент система знаходилася у стані $S_0$, тобто при початкових умовах, коли $p_0(0) = 1$.

Рівняння Колмогорова можуть надати можливості знайти всі ймовірності станів як функції часу. Особливий інтерес становлять імовірності системи $p_i(t)$ у граничному стаціонарному режимі, тобто при $t \to \infty$, що називаються граничними (фінальними) ймовірностями станів.

При цьому з теорії випадкових процесів відомо, що якщо число станів системи є скінченим і з кожного з них можна (за кінцеве число кроків) перейти в будь-який інший стан, то граничні ймовірності існують.

Тоді гранична ймовірність стану $S_i$ має чіткий сенс: вона показує середній відносний час перебування системи в цьому стані.

Оскільки величини граничних імовірностей не залежать від часу, то відповідні похідні дорівнюють нулю. Прирівнявши ліві частини в рівняннях Колмогорова до нуля, одержимо систему лінійних однорідних алгебраїчних рівнянь (8) для обчислення граничних імовірностей, де $p_0$ – гранична ймовірність аналітично-селективного стану системи; $p_1, p_2, \ldots, p_m$ – граничні ймовірності можливих робочих станів системи, $\sum_{i=0}^{m} p_i(t) = 1$:

$$\begin{cases} \lambda_{10}p_1 + \lambda_{20}p_2 + \ldots + \lambda_{m0}p_m - (\lambda_{01} + \lambda_{02} + \ldots + \lambda_{0m})\,p_0 = 0 \\ \lambda_{01}p_0 - \lambda_{10}p_1 = 0 \\ \lambda_{02}p_0 - \lambda_{20}p_2 = 0 \\ \ldots \\ \lambda_{0m}p_0 - \lambda_{m0}p_m = 0. \end{cases} \tag{8}$$

Система (8) побудована безпосередньо для достатньо орієнтованого графа станів, який можна буде брати за основу складання рівнянь Колмогорова, ураховуючи стаціонарність режиму: ліворуч у рівняннях знаходиться сума добутків інтенсивностей усіх потоків, що входять у $i$-ті стани, помножені на ймовірності цих станів, із яких ці потоки виходять, а праворуч – гранична ймовірність даного стану $p_i$, помножена на сумарну інтенсивність усіх потоків, що ведуть із даного стану.

Таким чином, можна поставити завдання визначення вагових коефіцієнтів у рейтингових оцінках робочих станів ТЕС $k_i^{(M)}$ у функції попиту на мінеральну продукцію та її пропозиції, які дають можливість раціонально обґрунтувати альтернативні варіанти диверсифікованого розвитку гірничорудного підприємства в умовах невизначеності ринку мінеральної продукції та гнучко реагувати на його потреби.

При цьому має виконуватися умова:

$$\sum_{i=1}^{m} k_i^{(M)} = 1 . \qquad (9)$$

У такому випадку розв'язок системи рівнянь (8, 9) слід помножити на коефіцієнт приведення до єдиних відносних одиниць:

$$\alpha = \frac{1}{1 - p_0} . \qquad (10)$$

У результаті отримаємо значення шуканих вагових оцінок стійкої роботи ТЕС ГРП відносно можливостей випуску певної множини видів мінеральної продукції:

$$k_i^{(M)} = p_i \alpha = \frac{p_i}{1 - p_0} . \qquad (11)$$

Зрозуміло, що розглянута задача в умовах ринкової економіки набуває вирішення, яке зовсім відрізняється від тих, що пропонувалися в умовах централізованого планового господарювання. Вона не може бути вирішена одразу в силу закону інерції ринку, проте об'єктивно існують усі передумови для диверсифікованості продукції гірничорудних підприємств та їх конверсії за рахунок цього.

Разом із тим весь комплекс працюючих і взаємодіючих механізмів і машин під управлінням і за участю людини доцільно розглядати з єдиних позицій, використовуючи принципи кібернетики, основним серед яких є поняття «система».

Як і на будь-якому підприємстві, виробничий процес економічної системи ГРП в цілому складається з окремих трудових процесів. Існує велика кількість конкретних виробничих процесів, сукупність взаємовідносин яких визначається характером кінцевої товарної продукції та іншими виробничими особливостями (факторами). З точки зору проблем комплексного системного економічного аналізу, при економіко-математичному моделюванні виробничих процесів доцільно виділяти основні, у ході яких виробляється готова продукція, що реалізується на ринку. Тому засобами науково-практичного вирішення таких завдань мають стати економіко-математичні моделі, що базуються на теорії конфліктних ситуацій і дають можливість визначати оптимальні змішані стратегії підприємства, орієнтовані на гарантовану середню величину прибутку при будь-якому стані попиту на продукцію в умовах невизначеності ситуації на ринку.

У теоретико-ігровій моделі, з одного боку, повинно бути розглянуто підприємство у вигляді певного набору чистих стратегій, що представлені, наприклад, різним асортиментом продукції, а з іншого, наприклад, представлено зовнішнє середовище, вплив якого відображений у техніко-економічних показниках підприємства за минулі та прогнозні періоди його діяльності.

Подальшою метою досліджень є моделювання теоретико-ігрової ситуації та визначення оптимальної стратегії для кожної зі сторін, коли у загальному випадку конфліктна ситуація має розмірність $m \times n$, а її вирішенням є вибір сторонами оптимальної пари стратегій: $A_i$ і $B_j$ ($S_A^* = (k_1^{(a)}, k_2^{(a)}, ..., k_m^{(a)})$ і $S_B^* = (k_1^{(b)}, k_2^{(b)}, ..., k_n^{(b)})$), де $i = \overline{1, m}$; $j = \overline{1, n}$; $k_i^{(a)}$ $k_j^{(b)}$ – інтегровані вагові показники ефективності чинників моделі, що дають оцінку відповідних чистих стратегій $A_i$, $B_j$. Причому $k_1^{(a)} + k_2^{(a)} + ... + k_m^{(a)} = 1$, $k_1^{(b)} + k_2^{(b)} + ... + k_n^{(b)} = 1$.

Отже, головним питанням у таких ситуаціях має бути визначення змішаної стратегії щодо ефективності окремих виробничих об’єктів підприємства або його асортименту товарної продукції.

Формальна постановка завдання оптимізації щодо конкретних ситуацій виробничо-економічної діяльності виробничого підприємства не завжди матиме всі позитивні компоненти розв’язку. Тоді прийняття управлінських рішень на основі такого економіко-математичного моделювання ризикової ситуації не буде раціонально обґрунтованим. Так, наприклад, стосовно гірничо-збагачувального підприємства таке розв’язання задачі оптимізації може помилково вказувати на неефективність певної виробничої ланки. Проте вилучення технологічного ланцюга будь-якої ланки ГРП може спричинити не тільки розлад всієї виробничої системи, а й загрозу її діяльності в цілому.

Разом із тим одним із традиційних підходів в аналізі виробничо-економічної діяльності підприємства є порівняння показників звітного та базисного періодів. У цьому зв’язку застосуємо гру $m \times 2$, у якій сторона $A$ має $m$ чистих стратегій $A_1$ ,..., $A_m$, а сторона $B$ - дві чисті стратегії $B_1$ і $B_2$ (базисний і звітний періоди, що характеризують діяльність підприємства).

За визначенням показника «неефективності», коли такий є відображенням недостатньо раціональної діяльності підприємства $\beta(Q)$, яка є ключовою характеристикою її стратегії $Q = (q_1, q)$, $q_1 \geq 0$, $q_2 \geq 0$, $q_1 + q_2 = 1$, зокрема зі сторони $B$ отримує такий вигляд:

$$\beta(Q) = \max_{1 \leq i \leq m} H(A_i, Q) = \max_{1 \leq i \leq m} (q_1 a_{i1} + q_2 a_{i2}). \tag{12}$$

За теоремою фон Неймана, ціна гри має вигляд:

$$V = \beta\left(Q^0\right). \tag{13}$$

Тобто ціна гри $V$ дорівнює ординаті мінімальної точки верхньої обгинаючої.

На підставі вищезазначеного можна сформулювати алгоритм задачі оптимізації шляхом геометричного подання процесу моделювання змішаних стратегій відносно сторони $B$ щодо пошуку ціни гри [10, с. 175; 11, с. 363].

Оптимальну стратегію $Q^0 = (1 - q^0, q^0)$ сторони $B$ і ціну гри $V$ можна обчислити за такими формулами.

Якщо через мінімальну точку $M$ верхньої ламаної, що обгинає сімейство відрізків $a_{i1}a_{i2}$, $i = 1, ..., m$, що утворюються чистими стратегіями $A_i$, $i = 1, ..., m$, сторони $A$, проходять два будь-яких відрізка $a_{i_1 1}a_{i_1 2}$ та $a_{i_2 1}a_{i_2 2}$, $i_1 \neq i_2$, $i_1, i_2 \in \{1, ..., m\}$, то абсциса точки $M$ дорівнює

$$q_2^0 = q^0 = \frac{a_{i_2 1} - a_{i_1 1}}{\left(a_{i_1 2} + a_{i_2 1}\right) - \left(a_{i_1 1} + a_{i_2 2}\right)}, \tag{14}$$

отже,

$$q_1^0 = 1 - q_2^0 = 1 - q^0 = \frac{a_{i_1 2} - a_{i_2 2}}{\left(a_{i_1 2} + a_{i_2 1}\right) - \left(a_{i_1 1} + a_{i_2 2}\right)}, \tag{15}$$

а ціна гри розраховується так:

$$V = \frac{a_{i_1 2} a_{i_2 1} - a_{i_1 1} a_{i_2 2}}{\left(a_{i_1 2} + a_{i_2 1}\right) - \left(a_{i_1 1} + a_{i_2 2}\right)}. \tag{16}$$

Аналогічно можна визначити стратегію сторони $A$.

Нехай через мінімальну точку $M$ верхньої ламаної, що обгинає сімейство відрізків $a_{i1} a_{i2}$, $i = 1, \ ..., \ m$, що утворюються чистими стратегіями $A_i$, $i = 1, \ ..., \ m$, сторони $A$, проходять два будь-яких відрізка $a_{i_1 1} a_{i_1 2}$ та $a_{i_2 1} a_{i_2 2}$, $i_1 \neq i_2$, $i_1, i_2 \in \{1, ..., m\}$.

Для того, щоб змішана стратегія $P^0 = \left(p_1^0, ..., p_m^0\right)$ сторони $A$, де

$$p_{i_1}^0 = \frac{a_{i_2 2} - a_{i_2 1}}{\left(a_{i_2 2} - a_{i_2 1}\right) - \left(a_{i_1 2} - a_{i_1 1}\right)}, \tag{17}$$

$$p_{i_2}^0 = \frac{-(a_{i_1 2} - a_{i_1 1})}{\left(a_{i_2 2} - a_{i_2 1}\right) - \left(a_{i_1 2} - a_{i_1 1}\right)}, \tag{18}$$

$$p_i = 0, i \in \{1, ..., m\} \setminus \{i_1, i_2\}, \tag{19}$$

була оптимальною, необхідно й достатньо, щоб відрізки $a_{i_1 1} a_{i_1 2}$ та $a_{i_1 2} a_{i_2 2}$ мали різні нахили, де $k_{i_1} = a_{i_1 2} - a_{i_1 1}$ і $k_{i_2} = a_{i_2 2} - a_{i_2 1}$ – кутові коефіцієнти відповідно відрізків $a_{i_1 1} a_{i_1 2}$ та $a_{i_2 1} a_{i_2 2}$.

Таким чином, із вищенаведених результатів досліджень можна зробити висновок про те, що в кожної зі сторін у такій теоретичній грі $m \times 2$ існує змішана оптимальна стратегія, яка включає в себе не більше двох чистих стратегій. Звісно, це не означає, що в теоретико-ігровій моделі $m \times 2$ максимальне число чистих стратегій, які використовує сторона $A$ в будь-якій своїй оптимальній змішаній стратегії, дорівнює двом.

У цьому зв'язку вище було зазначено, що прийняття управлінських рішень на основі такого економіко-математичного моделювання ризикової ситуації не матиме під собою раціональної підстави, тому що, наприклад, стосовно великих монопродуктових підприємств таке рішення задачі оптимізації може помилково вказувати на неефективність певної виробничої ланки, а її вилучення з технологічного процесу буде недопустимим.

Збільшенню потужності моделювання може сприяти підсилення досліджень щодо аналізу стохастичних процесів.

Сукупність чинників, що характеризують виробничо-господарську діяльність, можна задати у вигляді багатомірного вектора, матрицею $F$ кількісних оцінок стохастичних процесів, отриманих із певною надійністю прогнозу.

У нашому випадку (при побудові економіко-математичних моделей на основі задач дослідження операцій), використавши показники ($a_{ij}^{(q)}$, $j = \overline{1,2}$), що задані матрицею гри, доцільно сформувати розширені матриці ситуації прийняття рішень за умов стохастичної невизначеності із заданим вектором надійності прогнозу [9, с. 27]. Отже, ураховуючи стохастичність виробничо-економічних процесів гірничорудного підприємства, для кожного альтернативного рішення $A_i$ функціоналів оцінювання $A^{(q)}$ застосуємо модель (20) і отримаємо нові функціонали оцінювання:

$$B_i^{+(-)} = M(X_i) \mp \delta_{ij_{np}} = M(X_i) \mp \frac{\sigma(X_i)}{\sqrt{1 - p_{j_{np}}}}, \ i = \overline{1,m}, \tag{20}$$

$$F^{\left(q;\Theta_{np}^*\right)} = \left( f_{ij_{np}}^{(q)} : \quad i = \overline{1,m}; \ j_{np} = \overline{1,n^{(f)}} \right) = \left( M^{(q)}(A_i) \pm \frac{\sigma^{(q)}(A_i)}{\sqrt{1 - p_{j_{np}}}} \right);$$

$$i = \overline{1,m}; \ j = \overline{1,n^{(f)}} \tag{21}$$

при обмеженні

$$p_{j_{\min}} \le p_{j_{np}} \le p_{j_{\max}} , \tag{22}$$

де $f_{ij_{np}}^{(q)}$ – кількісні оцінки використання чистих стратегій із заданою ймовірністю прогнозу, коли «природа» (економічне середовище) перебуває у своєму $j_{np}$-му стані ( $j_{np} = \overline{1, n^{(f)}}$ );

$i$ – альтернативи стратегії розвитку ГРП;

$\Theta_{np}^{*} = \{\theta_{np}^{*}(p_{j_{np}})\}$ – стани економічного середовища при заданій надійності прогнозу $p_{j_{np}}$ ;

$j_{np}$ – сценарії станів економічного середовища при заданих імовірностях прогнозу;

$n^{(f)}$ – кількість сценаріїв станів економічного середовища у матрицях гри $\left(f_{ij_{np}}^{(q)}\right)$;

$\theta^{*}(M^{(q)}(A_i))$ – стан економічного середовища для сценарію $j_{np} = 1$ із кількісними показниками, що відповідають їхнім математичним сподіванням $M^{(q)}(A_i)$ ;

$p_{j_{\min}}$, $p_{j_{\max}}$ – мінімальне і максимальне значення інтервалу надійності прогнозу відхилень випадкового параметра від його середнього значення (граничні значення ризику).

Використання основних чинників прийняття багатоцільових рішень [9, с. 26] дозволяє одержати ситуацію прийняття рішень з одним скалярним функціоналом оцінювання $(f_{ij})$ .

Згідно з теорією стратегії гарантованого результату (при $V > 0,\ \ f_{ij} \ge 0$ ), якщо сторона $A$ застосовує змішану стратегію $S_A^{*} = (k_1^{(a)}, k_2^{(a)}, ..., k_m^{(a)})$ проти будь-якої чистої стратегії $B_j$ сторони $B$ , то вона одержує середній результат або математичне сподівання результату:

$$f_j = f_{1j}k_1^{(a)} + f_{2j}k_2^{(a)} + ... + f_{mj}k_m^{(a)}, \ \ j = \overline{1, n^{(f)}} , \tag{23}$$

тобто елементи $j$ -го стовпчика матриці ефективності почленно перемножуються на відповідні ймовірності стратегій $A_i$ і результати додаються.

Для оптимальної стратегії $S_A^{*}$ всі середні результати не менші за ціну гри $V$ , а оскільки ціна гри може бути розрахована за формулою (16), то модель визначення змішаної стратегії є системою рівнянь:

$$\sum_{i}^{m} f_{ij}k_i^{(a)} = V = \frac{a_{i_1 2}a_{i_2 1} - a_{i_1 1}a_{i_2 2}}{\left(a_{i_1 2} + a_{i_2 1}\right) - \left(a_{i_1 1} + a_{i_2 2}\right)}, \quad j = \overline{1, n^{(f)}} . \tag{24}$$

Отже, отримана модель уже не обмежується розв'язком, який включає в себе не більше двох чистих стратегій у всій їхній сукупності.

Важливим моментом при розв'язанні теоретико-ігрової задачі $m \times 2$ є те, що при знаходженні розв'язку немає необхідності приводити матричну гру до задачі лінійного програмування, а визначена ціна $V$ гри дає можливість побудувати модель визначення змішаної стратегії, що являє собою систему рівнянь (24).

При цьому графічне (геометричне) представлення процесу моделювання змішаних стратегій дозволяє наочно оцінити всі $m$ стратегій підприємства, включаючи й ті, що не увійшли до оптимальних у результаті розв'язання задачі, проте мають певну цінність і важливість для підприємства.

Разом із тим слід враховувати, що хоча отримана модель уже не обмежується розв'язком, який включає в себе не більше двох чистих стратегій у всій їх сукупності, але ж і не є гарантом включення всіх стратегій, із певною оцінкою значущості, у змішану стратегію підприємства. Тому постає завдання визначення субоптимальних оцінок для всіх стратегій, які і будуть характеризувати узагальнену субоптимальну змішану стратегію підприємства. Тобто необхідно розв'язати багатоетапну задачу оптимізації.

Візьмемо за основу вищенаведене математичне представлення процесу моделювання змішаних стратегій, які будуть визначати, на нашу думку, нову інтерпретацію розв'язання теоретико-ігрової задачі $m \times 2$, із застосуванням багатоетапної оптимізації.

Отже, у даному випадку на першому етапі задача розв'язується відносно точки $M_1$ з ціною гри, розрахованою за формулою (16):

$$V_1 = \frac{a_{i_1 2} a_{i_2 1} - a_{i_1 1} a_{i_2 2}}{\left(a_{i_1 2} + a_{i_2 1}\right) - \left(a_{i_1 1} + a_{i_2 2}\right)}, \tag{25}$$

де для оптимальної стратегії $S_A^{*(I)}$ всі середні результати не менші за ціну гри $V_1$, а модель визначення змішаної стратегії є системою рівнянь, аналогічною моделі (24):

$$\sum_i^m f_{ij} k_i^{(a)} = V_1 = \frac{a_{i_1 2} a_{i_2 1} - a_{i_1 1} a_{i_2 2}}{\left(a_{i_1 2} + a_{i_2 1}\right) - \left(a_{i_1 1} + a_{i_2 2}\right)}, \quad j = \overline{1, n^{(f)}}. \tag{26}$$

На другому етапі стратегії $A_1$ та $A_2$ у змішану стратегію як оптимальні виключаються з теоретико-ігрової задачі $m \times 2$. Тому на другому етапі задача розв'язується відносно точки $M_2$ із ціною гри $V_2$, розрахованою за формулою

$$V_2 = \frac{a_{i_3 2} a_{i_4 1} - a_{i_3 1} a_{i_4 2}}{\left(a_{i_3 2} + a_{i_4 1}\right) - \left(a_{i_3 1} + a_{i_4 2}\right)}, \tag{27}$$

де для оптимальної стратегії $S_A^{*(II)}$ всі середні результати не менші за ціну гри $V_2$, а модель визначення змішаної стратегії є системою рівнянь

$$\sum_i^m f_{ij} k_i^{(a)} = V_2 = \frac{a_{i_3 2} a_{i_4 1} - a_{i_3 1} a_{i_4 2}}{\left(a_{i_3 2} + a_{i_4 1}\right) - \left(a_{i_3 1} + a_{i_4 2}\right)}, \quad j = \overline{1, n^{(f)}}, \tag{28}$$

де $i = \overline{3, m}$.

На геометричному поданні процесу багатоетапного моделювання теоретико-ігрової задачі $m \times 2$ наведено тільки чотири можливі чисті стратегії підприємства.

Проте у загальному випадку маємо $m$ чистих стратегій.

Тому на $N$ -му етапі (коли $m$ - парне число) задача розв'язується відносно точки $M_N$ із ціною гри $V_N$, розрахованою за формулою

$$V_N = \frac{a_{i_{m-1} 2} a_{i_m 1} - a_{i_{m-1} 1} a_{i_m 2}}{\left(a_{i_{m-1} 2} + a_{i_m 1}\right) - \left(a_{i_{m-1} 1} + a_{i_m 2}\right)}, \tag{29}$$

де для оптимальної стратегії $S_A^{*(N)}$ всі середні результати не менші за ціну гри $V_N$, а модель визначення змішаної стратегії є системою рівнянь

$$\sum_i^m f_{ij} k_i^{(a)} = V_N = \frac{a_{i_{m-1} 2} a_{i_m 1} - a_{i_{m-1} 1} a_{i_m 2}}{\left(a_{i_{m-1} 2} + a_{i_m 1}\right) - \left(a_{i_{m-1} 1} + a_{i_m 2}\right)}, \quad j = \overline{1, n^{(f)}}, \tag{30}$$

де $i = \overline{m-1, m}$.

Якщо $m$ – непарне число, то ціна гри визначається за останньою чистою стратегією, а її кількісна оцінка дорівнює 1.

Таким чином, визначено $N$ змішаних стратегій, які необхідно упорядкувати відповідно до їхньої значущості:

$$S_A^{*(I)}(k_i^{(a)}),\ S_A^{*(II)}(k_i^{(a)}),\ \ldots,\ S_A^{*(N)}(k_i^{(a)}). \tag{31}$$

У результаті упорядкування визначається узагальнена субоптимальна змішана стратегія підприємства $S_A^{*(U)}$.

Застосувавши до матриці $(a_{ij})$ теоретико-ігрової задачі $m \times 2$ певним чином вибрану функцію упорядкування (узгодження), отримаємо розв'язок:

$$\chi\left(k_i^{(a)}\right) = f(a_{ij}), \quad i = \overline{1,m};\ j = \overline{1,n};\ n = 2\,, \tag{32}$$

де $f(a_{ij})$ – функція упорядкування.

У відносному вираженні отриманий розв'язок визначається за допомогою коефіцієнтів:

$$\tilde{\chi}\left(k_i^{(a)}\right) = \frac{\chi\left(k_i^{(a)}\right)}{\sum_{i=1}^{m} \chi\left(k_i^{(a)}\right)}. \tag{33}$$

Вагові коефіцієнти певного рівня оптимізації обчислюються за формулою

$$\gamma_\tau = \sum_{\tau=1}^{N} \tilde{\chi}\left(k_{i^{(\tau)}}^{(a)}\right). \tag{34}$$

Тоді рішення задачі багатоетапної оптимізації в змішаних стратегіях маємо у вигляді субоптимальних рішень.

Отже, після завершення розрахунків щодо визначення вагових коефіцієнтів $k_i^{(M)}$ оцінки альтернативних варіантів комплексного освоєння надр необхідно визначити оцінки за техніко-економічними показниками та організаційно-технічними факторами виробництва.

## Бібліографічні посилання


1. **Воловик В. П.** Современное состояние горно-обогатительных комбинатов Кривбасса и перспективы их развития / В. П. Воловик, Н. И. Голярчук, Е. Н. Бельченко // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2000. – № 4. – С 59–61 ; № 5. – С. 80–83.
2. **Федоренко С. А.** О приоритетности минерального сырья по видам и ранжировании при комплексной оценке рудных месторождений / С. А. Федоренко, С. А. Жуков // Наук. вісн. нац. гірн. ун-ту. – 2003. – № 5. – С. 8–11.
3. Автоматизация планирования горных работ на железорудных карьерах / Ю. П. Астафьев, А. С. Давидкович, Н. Д. Бевз и др. – М. : Недра, 1982. – 280 с.
4. **Афанасьєв І. Є.** Підвищення ефективності гірничорудних підприємств шляхом удосконалення прогнозування якісних показників залізної руди / І. Є. Афанасьєв // Вісн. Дніпропетр. ун-ту : серія «Економіка». – Д., 2012. – Т. 20, вип. 6/2, № 10/1. – С. 152–158.
5. **Турило А. М.** Економічна оцінка інноватизації залізорудного виробництва : монограф. / А. М. Турило, О. А. Зінченко, В. Я. Нусінов. – Кривий Ріг : Вид. дім, 2006. – 200 с.
6. Исследование операций в экономике / под ред. проф. Н. Ш. Кремера. – М. : ЮНИТИ, 1997. – 407 с.
7. Ситуационное регламентирование геотехнологий с разделенными рудопотоками : монограф. / С. Жуков, Н. Горлов, Ш. Фарси, Н. Буауджа. – Кривой Рог : Минерал, 2004. – 210 с.
8. **Афанасьєв Є. В.** Економіко-математичне моделювання ризику ранжирування варіантів комплексної розробки рудних родовищ / Є. В. Афанасьєв, С. О. Федоренко // Економіка: проблеми теорії та практики : зб. наук. пр. – Д. : ДНУ, 2004. – Вип. 193, т. 5. – С. 1253–1262.
9. **Жуков С. О.** Визначення пріоритетності диверсифікованої продукції і ранжирування варіантів конверсії рудника / С. О. Жуков, Є. В. Афанасьєв, С. О. Федоренко // Вісн. Криворізьк. техн. ун-ту. – Кривий Ріг, 2003. – Вип. 2. – С. 25–33.

10. Исследование операций в экономике : учеб. пособ. для вузов / Н. Ш. Кремер, Б. А. Путко, И. М. Тришин и др. ; под ред. проф. Н. Ш. Кремера. – М. : Банки и биржи; ЮНИТИ, 2003. – 407 с.

11. **Ульянченко О. В.** Дослідження операцій в економіці : підруч. для студ. вузів / Харк. нац. аграр. ун-т ім. В. В. Докучаєва. – Х. : Гриф, 2002. – 580 с.

*Надійшла до редколегії 23.12.2012 р.*

УДК 331.101.262

**Л. Е. Ревуцкая**

*Украинская государственная академия железнодорожного транспорта (г. Харьков)*

# УПРАВЛЕНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ КАПИТАЛОМ: ЦЕЛИ, МЕТОДЫ, РЕЗУЛЬТАТЫ

**Розглянуто поняття «людський капітал» і механізми управління людським капіталом.**

*Ключові слова:* бізнес, вартість, ресурс, людський капітал, механізм, управління.

**Рассмотрены понятие «человеческий капитал» и механизмы управления человеческим капиталом.**

*Ключевые слова:* бизнес, стоимость, ресурс, человеческий капитал, механизм, управление.

**A concept «chelovechesiy capital» and mechanisms of management a human capital is considered in the article.**

*Key words:* business, cost, resource, human capital, mechanism, management.

На рубеже 90-х гг. XX в. начался активный процесс формирования так называемой новой экономики, или экономики, основанной на знаниях. Ее отличительной чертой является ускоренное развитие нематериальной сферы и нематериальной среды хозяйственной деятельности. Знания, а не капитал и не средства производства, становятся основным экономическим ресурсом, определяющим, в конечном счете, конкурентоспособность любой компании.

Носителями и создателями знаний являются люди. Именно поэтому в современных условиях еще больше возрастает роль управления человеческим капиталом компании. Анализ литературы, посвященной вопросам управления человеческим капиталом [3–5], показал, что для их характеристики используются различные понятия. Наиболее часто употребляются понятия «трудовой потенциал», «кадровый потенциал», «человеческий капитал». Общим для всех этих понятий является то, что они рассматриваются на различных уровнях иерархии: отдельного работника, предприятия и на уровне экономики региона или национальной экономики. Различия, на наш взгляд, связаны с развитием теории в области управления человеческим капиталом предприятия.

Как отмечено выше, управление человеческим капиталом компании – тема не новая. Во-первых, до отношения к персоналу, как к ценнейшему ресурсу, требующему особых управленческих подходов, предприятию необходимо дорасти. Тем не менее механизмы такого управления используются далеко не повсеместно. Иными словами, когда налажены системы управления финансового, маркетингового и логистического, приходит черед глубинного анализа механизмов управле-

© Л. Е. Ревуцкая, 2013