

Evaluation of emissions and exposures at workplaces using desktop 3-dimensional printers. Journal of Chemical Health and Safety, 2019, Vol. 26, Iss. 2, pp. 19–30. <https://doi.org/10.1016/j.jchas.2018.11.001>

22. Nima Afshar-Mohajer, Chang-Yu Wu, Thomas Ladun, Didier A. Rajon, Yong Huang. Characterization of particulate matters and total VOC emissions from a binder jetting 3D printer. Building and Environment, 2015, Vol. 93, Part 2, pp. 293–301. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.07.013>

Рукопис подано до редакції 01.02.2023

УДК [330.4:004]:378.22

В.А. КОВАЛЬЧУК, д-р техн. наук, проф., Т.М. КОВАЛЬЧУК, канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ДИНАМІЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ ПРИ ВИКОНАННІ МАГІСТЕРСЬКИХ КВАЛІФІКАЦІЙНИХ РОБІТ З ЕКОНОМІКИ

Мета. Підвищення якості підготовки магістрів з економіки в системі вищої освіти ґрунтується не тільки на глибокому засвоєнні фахових, але й фундаментальних дисциплін. Саме практичне застосування набутих знань з математичного програмування при виконанні кваліфікаційних робіт з економіки дозволяє вирішувати конкретні виробничі завдання в умовах невизначеності та ризику прийняття рішень. Тому вільне володіння оптимізаційними методами, зокрема методом динамічного програмування, є необхідною передумовою досягнення поставленої мети.

Методи дослідження. В статті використана багаторівнева методологія пізнання за рівнем загальності, а саме загальнонаукові та часткові методи наук. Зокрема, при аналізі сучасних наукових напрацювань з проблеми застосування оптимізаційних методів використані методи аналізу і узагальнення. Методи емпіричного дослідження використано при встановленні взаємозв'язків між показниками виробничо-господарської діяльності суб'єктів господарювання і параметрами функціонування їх структурних підрозділів. Методи оптимізації застосовано при розробці найбільш ефективної програми відновлення та заміни екскаваторного парку, при розподілі інвестицій у розвиток підприємства та при розподілі заохочувального фонду стимулювання робітників цеху технологічного автотранспорту.

Наукова новизна досліджень полягає у поширенні уявлень про області застосування методу динамічного програмування з вирішення прикладних завдань при підготовці магістрів з економіки і виконанні кваліфікаційних робіт.

Практична значимість результатів дослідження, викладених у статті, полягає у посиленні фахових компетентностей, які набувають магістри в процесі навчання і виконання кваліфікаційної роботи. Ці компетентності дозволяють ставити та вирішувати конкретні виробничі завдання з використанням методів динамічного програмування, що в сучасних умовах виробничої та економічної діяльності підприємств є актуальними. Важливим елементом є можливість впровадження результатів дослідження у діяльність базових підприємств гірничо-металургійного комплексу, які є системоутворюючими і у значній мірі формують регіональний та державний бюджети.

Результати. Сутність одержаних результатів полягає у кваліфікаційній складовій підготовки магістрів з економіки і виробничій, де вони можуть самореалізуватися і показати вміння застосовувати одержані знання і навички з оптимізації та оцінки виробничих завдань з найбільшою ефективністю.

Ключові слова: економіка, магістрант, кваліфікаційна робота, економіко-математичне моделювання, динамічне програмування, ефективність.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Оцінка якості підготовки фахівців за другим освітньо-професійним рівнем вищої освіти «магістр» відбувається за результатами виконання на високому науково-методологічному та методичному рівнях кваліфікаційної роботи і подальшого її захисту. Магістерська робота є концентрованим вираженням результатів попередньої поточної успішності в рамках всієї системи одержаних за період навчання знань і практичних навичок. Зокрема, підготовка магістрів спеціальності 051 «Економіка» спрямована на набуття ряду компетентностей, опанування якими дозволяє досягнути інтегральної у формулюванні: «Здатність визначати та розв'язувати складні економічні задачі та проблеми, приймати відповідні аналітичні та управлінські рішення у сфері економіки або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій за невизначених умов і вимог» [1, с. 6]. Зазначене вище надає можливість формулювати конкретні «професійні задачі в сфері економіки та розв'язувати їх, обираючи належні напрями і відповідні методи для їх розв'язання, беручи до уваги наявні ресурси» [1, с. 7]. Для сучасного фахівця окрім постановки і визначення напрямків вирішення проблемного завдання, більш нагальною задачею є знаходження оптимально-ефективного варіанту вирішення поставленого завдання. Досягнення зазначеної мети неможливе

без економіко-математичного моделювання, яке в залежності від вихідних умов і задачі оптимізації пропонує цілу низку методів реалізації завдання.

Аналіз досліджень і публікацій. Проблемам економіко-математичного моделювання присвячено багато праць, в яких автори розглядають сутність процесу моделювання, його основні етапи, приклади практичного застосування для вирішення прикладних задач економічного спрямування тощо.

Так, Зеленко С.В. і Гуляницька Д.В. у статті [2, с. 73] вважають, що «моделювання засноване на заміщенні реальних об'єктів їх аналогами, зразками та математичними моделями для кращого сприйняття, задля здійснення оцінки стану і прогнозу в господарській, фінансовій, економічній діяльності підприємства». Вони пропонують при економічних дослідженнях три основні види моделей: фізичні; аналогові; математичні, але процес моделювання вони зазвичай зводять до банального кореляційно-регресійного аналізу.

Автори [3, с. 5] розглядають основні моменти та процедури в організації моделювання, причини його обмеженого використання, але як і попередні автори все зводять до побудови множинних кореляційних залежностей та їх аналізу.

Хорошун В.В. та Науменко І.А. [4, с. 179] при прогнозуванні збутової логістики неабияку увагу приділяють математичному апарату теорії дослідження операцій, а саме ймовірнісній моделі управління запасами, моделі кількісних знижок та одноперіодній моделі, але всі вони базуються на виробничих функціях, які не враховують при побудові економіко-математичної моделі реально існуючих обмежень, що на них накладаються.

Назаренко І.М. [5, с. 66] пропонує застосовувати зарубіжний досвід для «прогнозування платоспроможності, фінансової стійкості і окреслення майбутніх перспектив фінансової безпеки та розвитку суб'єктів господарювання» здійснювати за допомогою економіко-математичного моделювання, «спрямованого на виявлення ймовірності банкрутства». Це стосується моделей, що були розроблені Е. Альтманом у 1983 році і Г.В. Савицькою, але всі вони зводяться до регресійних рівнянь, точність яких залежить від кількості факторів, які вони вміщують.

Юрчук Н.П. [6, с. 29] вважає, що «модель повинна відображати найбільш істотні, найбільш характерні риси, основні властивості, відношення реального життя» та «найважливіша вимога до економіко-математичної моделі полягає в її можливості адекватного відображення економічних процесів», але «потрібен компроміс між складністю моделі і можливістю її реалізації для практичного застосування». Автор наводить основні методи моделювання: методи елементарної математики; методи вищої математики; методи математичної статистики; економетричні методи; методи математичного програмування; методи дослідження операцій; евристичні методи. Процес управління він розглядає як «метод пошуку найкращих рішень для аналізу поведінки реальної виробничої системи без безпосереднього експериментування із самою системою».

Автори [7, с. 128] вирішують практичну задачу і сутність якої полягає у «визначенні оптимального обсягу випуску кожного виду виробу можливої номенклатури виробництва гірничорудних машин і механізмів при обмежених виробничих ресурсах, з урахуванням обов'язкових поставок щодо виробничих замовлень і можливості збуту даної продукції та забезпеченні максимального сумарного прибутку підприємства і необхідних умов поставки для замовника продукції». Формулювання є дуже конкретним і передбачає знання не тільки економічних процесів, але їх поєднання з технологією виробництва. Вони складають економіко-математичну модель, яка потребує економіко-технологічного обґрунтування як цільової функції (обсяги випуску у грошових одиницях), так і систему обмежень (можливості ресурсного забезпечення). Дана економіко-математична модель є найбільш простою і відноситься до лінійного програмування і має розроблені алгоритми її реалізації. Тому вона є статичною і не передбачає урахування можливих змін у економічних показниках, що були задіяні при моделюванні.

На важливість навчання моделюванню економічних процесів при підготовці майбутніх фахівців звертає увагу Гончаренко Я.В. [8, с. 23], який пропонує розширити коло моделей, оскільки на його думку «економічні системи ... з великими труднощами піддаються дослідженню звичайними (вербальними) теоретичними методами» і «прямий експеримент над ними неможливий» і «ціна помилок і прорахунків велика», тому «математичне (економіко-математичне) моделювання є необхідною складовою науково-технічного прогресу».

Як видно з наведеного аналізу, переважна більшість авторів не оперують поняттям економіко-математичної моделі у класичному її значенні як сукупність цільової функції і системи обмежень, що на неї накладається. Окрім того, у публікаціях недостатньо уваги приділено прикладам застосування саме точних моделей та прикладам їх реалізації на основі розроблених алгоритмів і підходів лінійного, нелінійного, дробово-лінійного, динамічного та ін. методів програмування.

Постановка завдання. Освітня підготовка магістрів спеціальності «Економіка» повинна передбачати виконання всіх етапів систематизації, обробки та аналізу інформації для встановлення оптимального варіанту вирішення практичних задач економічного спрямування за допомогою економіко-математичного моделювання, важливою складовою якого є динамічне програмування, в умовах непередбачуваності і ризику прийняття рішень, що сприяє здобувачеві на високому рівні виконувати навчально-дослідну кваліфікаційну роботу.

Викладання матеріалу та результати. Кваліфікаційна магістерська робота, яка є підсумком підготовки майбутнього фахівця з економіки, включає проведення ряду досліджень:

визначення сильних і слабких сторін об'єкту дослідження на основі аналізу показників його виробничо-господарської діяльності;

проведення стохастичного факторного аналізу з визначення найбільш впливових факторів на результативні показники функціонування цього об'єкту;

в залежності від теми дипломної роботи і результатів факторного аналізу, сформулювати задачу дослідження (обрати критерій оцінки та керовані змінні), що має економічний зміст і враховує можливості суб'єкта господарювання;

формалізувати задачу, тобто представити її у загальному вигляді за допомогою рівнянь та нерівностей (скласти економіко-математичну модель);

за допомогою встановлених кореляційних залежностей (метод найменших квадратів) адаптувати економіко-математичну модель до умов функціонування досліджуваного суб'єкта господарювання;

дослідити вплив керованих змінних на поведінку цільової функції при послідовній фіксації значень змінних на рівні базового року і покроковій зміні однієї з них;

визначити вид економіко-математичної моделі та проаналізувати можливі методи її реалізації;

знайти оптимальний розв'язок задачі за найбільш придатним методом математичного програмування, вищої математики тощо;

провести аналіз одержаних результатів оптимізації і визначити економічну ефективність запропонованого рішення.

Обсяг необхідного дослідження є значним, тому розглянемо тільки останні його етапи, що стосуються саме реалізації розробленої економіко-математичної моделі у разі, коли доцільно застосувати динамічне програмування. Специфікою задач динамічного програмування є можливість враховувати фактор часу, що передбачає зміну оптимального плану на різних етапах його реалізації. Типи задач, що вирішуються методом динамічного програмування, за кінцевою метою дослідження наведено на рис. 1.

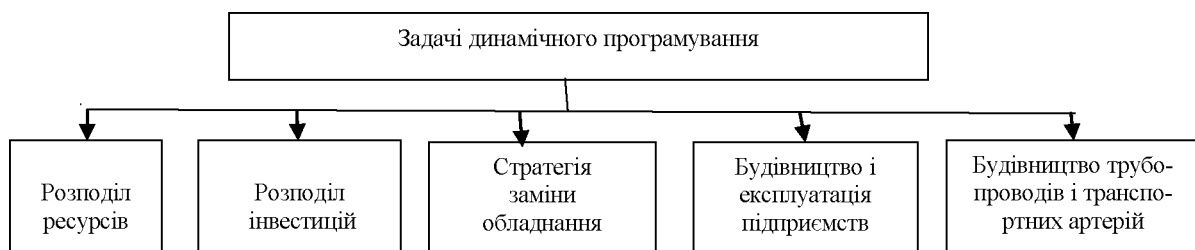


Рис. 1. Основні задачі динамічного програмування

Основним методом реалізації задач динамічного програмування є метод рекурентних співвідношень, в основу якого покладено принцип оптимальності, розроблений Р. Беллманом, який є багатокроковим і незалежно від ефективності кожного з кроків, забезпечує оптимальність процесу загалом. Тобто «відшукується оптимальний план процесу за допомогою рекурентних співвідношень, які пов'язують між собою окремі послідовні етапи календарного періоду» [9, с. 492].

Розглянемо конкретні приклади застосування динамічного програмування, які можна використувати у кваліфікаційній роботі.

1. Вибір оптимального методу амортизації екскаваторного парку Інгулецького гірничо-збагачувального комбінату.

Постановка економічної задачі.

Скласти програму відновлення та заміни екскаваторного парку за різними методами амортизації (метод зменшення залишкової вартості та прямолінійний метод амортизації) за плановий період N років для екскаваторного парку з віком експлуатації t років, з річними обсягами навантажувальних робіт $Q_e(t)$ (річна продуктивність), з річними затратами на технічне обслуговування $TO(t)$, з витратами на поточні ремонти $PP(t)$, з амортизаційними відрахуваннями $AM(t)$, із залишковою вартістю $ZB(t)$, з вартістю капітальних ремонтів $KP(t)$. При складанні програми можливі варіанти, або відновлення, або продаж за залишковою вартістю (або за вартістю металобрухту).

Оскільки екскаваторний парк є структурним підрозділом комбінату, то за критерій оцінки ефективності його роботи, оптимальність на кожному кроці визначається за умовним прибутком, що враховує «застосування рентабельності звичайної діяльності підприємства в цілому і інтерполяції її на економічні показники окремих технологічних процесів». Зважаючи на те, що всі наведені показники залежать від віку експлуатації екскаватора, то необхідно попередньо визначити їх значення на кожний рік програми.

Рекурентні співвідношення для кожного кроку мають вигляд:

$$УП_1(t) = \max_t \begin{cases} c_e^T \cdot (1+R) \cdot Q_e(t) - TO(t) - PP(t) - AM(t) - \text{збереження}, & \text{для останнього року програми (n = 1);} \\ c_e^T \cdot (1+R) \cdot Q_e(0) - TO(0) - PP(0) - AM(0) + ZB(t) - \text{заміна}. \end{cases}$$

грамми ($n = 1$);

$$УП_2(t) = \max_t \begin{cases} c_e^T \cdot (1+R) \cdot Q_e(t) - TO(t) - PP(t) - AM(t) + УП_1(t+1) - \text{збереження}, & \text{за останні два роки програми (n = 2);} \\ c_e^T \cdot (1+R) \cdot Q_e(0) - TO(0) - PP(0) - AM(0) + ZB(t) + УП_1(1) - \text{заміна}. \end{cases}$$

грамми ($n = 2$);

$$УП_n(t) = \max_t \begin{cases} c_e^T \cdot (1+R) \cdot Q_e(t) - TO(t) - PP(t) - AM(t) + УП_{n-1}(t+1) - \text{збереження}, & \text{за останні n років програми, n = 2, 3, \dots; t = 0, 1, 2, \dots,} \\ c_e^T \cdot (1+R) \cdot Q_e(0) - TO(0) - PP(0) - AM(0) + ZB(t) + УП_{n-1}(1) - \text{заміна} \end{cases}$$

грамми, $n = 2, 3, \dots$; $t = 0, 1, 2, \dots$,

де $УП$ - умовний прибуток роботи екскаваторного парку для кожного кроку програми; c_e^T - собівартість екскавації 1 м^3 гірничої маси; R - рентабельність звичайної діяльності підприємства.

Результатами розрахунків є програма відновлення та заміни екскаватора ЕКГ-8И при застосуванні методу зменшення залишкової вартості (рис. 2) і прямолінійного методу амортизації (рис. 3).

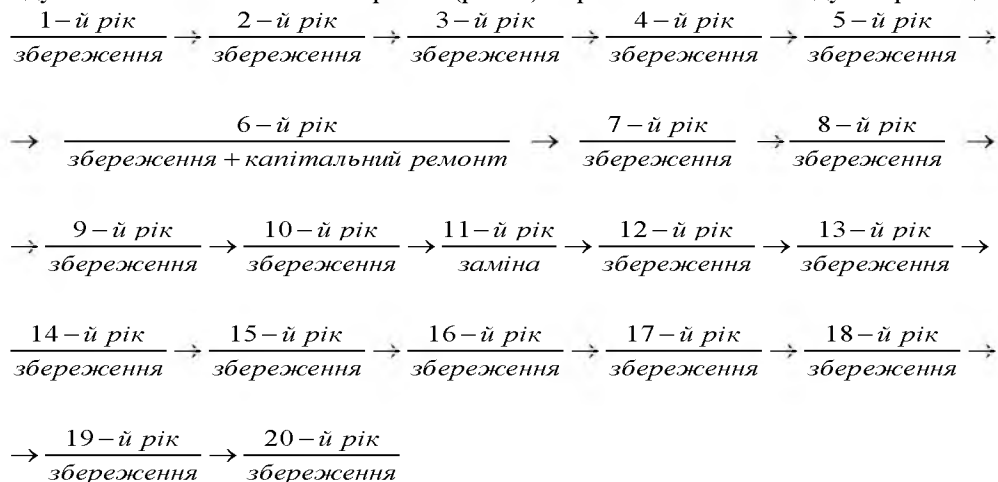


Рис. 2. Програма при використанні методу зменшення залишкової вартості

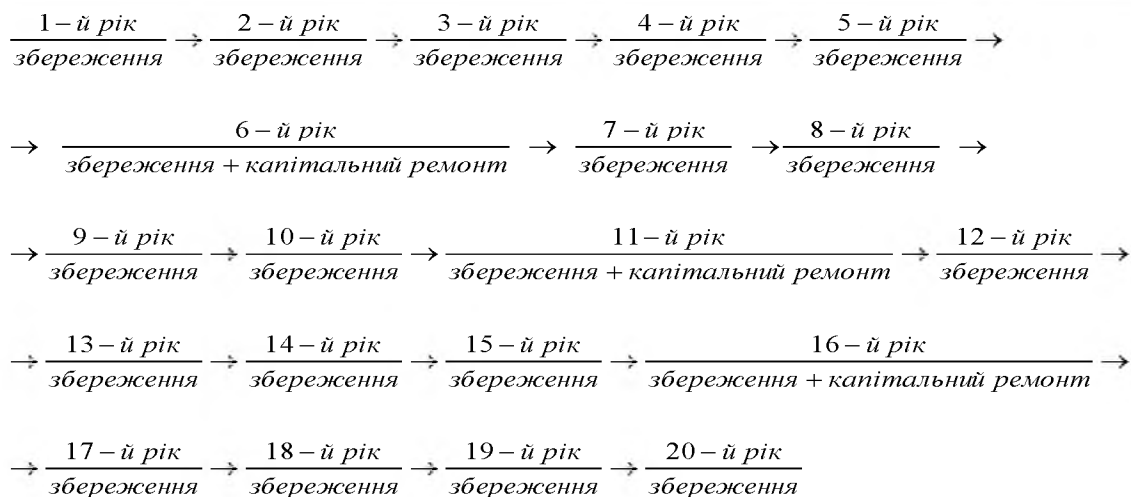


Рис. 3. Програма при використанні прямолінійного методу амортизації

Порівняння значень умовного прибутку за різними методами амортизації показало, що найбільш ефективним є метод зменшення залишкової вартості, а економічна ефективність за процесом екскавації збільшилася більш ніж на 5%.

2. Встановлення оптимальної структури інвестиційних вкладень у розвиток Центрального гірничо-збагачувального комбінату.

Постановка економічної задачі.

Знайти оптимальний розподіл коштів x між напрямками інвестування (технічне переозброєння x_1 , капітальні ремонти машин і устаткування x_2 , капітальне будівництво x_3), що забезпечує максимальний приріст чистого прибутку підприємства $g(x)$.

На цільову функцію $g(x) = f(x_1; x_2; x_3) \rightarrow \max$ накладено обмеження, що обумовлені технологією виробництва, при якій виключення будь-якого з напрямків інвестування має негативні наслідки, тобто $x_1 \geq x_1^{\min}$; $x_2 \geq x_2^{\min}$; $x_3 \geq x_3^{\min}$.

Рекурентні співвідношення у загальному вигляді можна представити:

$$f_1(x) = g_1(x), \text{ для останнього напрямку інвестування (капітальне будівництво);}$$

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

Для останніх двох напрямків інвестування (капітальне будівництво та капітальні ремонти машин і устаткування) $k = 2$ та для всіх трьох напрямків інвестування $k = 3$.

Для адаптації економіко-математичної моделі до умов роботи Центрального гірничо-збагачувального комбінату встановлено кореляційні залежності між чистим прибутком і інвестиційними вкладеннями за напрямками, які графічно представлені на рис. 4.

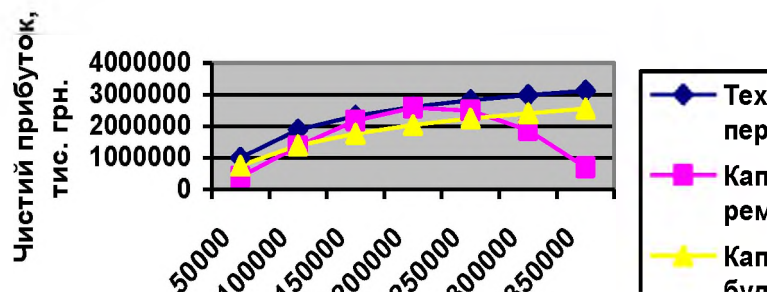


Рис. 4. Кореляційні залежності між чистим прибутком і напрямками інвестування

За наведеними залежностями покроково розраховано величини чистого прибутку в залежності від величини інвестиційних вкладень за напрямками. Аналіз максимального значення чистого прибутку $f_3(x)$ показав, що воно відповідає величині інвестицій 550 млн грн, при цьому на капітальне будівництво необхідно залучити 150 млн грн, тоді на перші два напрямки залишається 400 млн грн. Аналіз $f_2(x)$ показав, що цей максимум досягається при величині коштів на капітальні ремонти 200 млн грн. Тоді на технічне переозброєння необхідно виділити

200 млн грн. Всі ці значення x_1, x_2, x_3 , що є результатами оптимізації, задовольняють системі обмежень.

Ефективність результатів оптимізації визначена через приріст чистого прибутку, величина якого складає 40,2 млн грн (2%), при цьому запропонована наступна структура інвестиційних вкладень відносно тієї, що склалася на Центральному гірничо-збагачувальному комбінаті, що позначена в дужках: технічне переозброєння – 36,4% (27,2%); капітальні ремонти – 36,4% (36,4%); капітальне будівництво – 27,2% (36,4%).

3. *Економіко-математичне моделювання структури заохочувального фонду працівників цеху технологічного автотранспортного Інгулецького гірничо-збагачувального комбінату. Постановка економічної задачі.*

Встановити оптимальний розподіл величини заохочувального фонду 3Φ між трьома основними групами робітників, а саме водіїв-технологів, водіїв автосамоскидів та робітників ремонтної групи, що забезпечить максимальний приріст умовного прибутку $УП$ цеху технологічного автотранспорту.

Зважаючи на те, що робота автотранспортного цеху оцінюється за витратними показниками, то за критерій оцінки її ефективності доцільно обрати умовний прибуток $УП$. На основі статистичних даних виробничої діяльності цеху встановлено кореляційні залежності між $УП$ і величинами заохочувальних фондів наведених груп робітників

$$УП = 371,88 \cdot (3\Phi_1)^2 - 172427 \cdot 3\Phi_1 + 20523825,189 \quad (R^2 = 0,7663),$$

де $3\Phi_1$ - заохочувальний фонд водіїв-технологів;

$$УП = 513,82 \cdot (3\Phi_2)^2 - 202684 \cdot 3\Phi_2 + 20524754,389 \quad (R^2 = 0,7783),$$

де $3\Phi_2$ - заохочувальний фонд водіїв автосамоскидів;

$$УП = 648,79 \cdot (3\Phi_3)^2 - 227753 \cdot 3\Phi_3 + 20524575,327 \quad (R^2 = 0,7552),$$

де $3\Phi_3$ - заохочувальний фонд робітників ремонтної групи.

Коефіцієнти трудової участі груп визначаються за формулами

$$k_1 = 3\Phi_1/3\Phi; \quad k_2 = 3\Phi_2/3\Phi; \quad k_3 = 3\Phi_3/3\Phi,$$

де k_1, k_2, k_3 - заохочувальні коефіцієнти для водіїв-технологів, водіїв автосамоскидів і працівників ремонтної групи відповідно.

Цільову функцію економіко-математичної моделі можна представити як $П_y = f(3\Phi_1, 3\Phi_2, 3\Phi_3) \rightarrow \max$, яка має наступні обмеження $3\Phi_1 \geq 3\Phi_{1\min}; 3\Phi_2 \geq 3\Phi_{2\min}; 3\Phi_3 \geq 3\Phi_{3\min}$, де $3\Phi_{1\min}, 3\Phi_{2\min}, 3\Phi_{3\min}$ - мінімальні значення величини заохочувального фонду для водіїв-технологів, водіїв автосамоскидів та для робітників ремонтної групи відповідно.

Рекурентні співвідношення мають вигляд

$$f_1(3\Phi) = g_1(3\Phi), \text{ для заохочувального фонду робітників ремонтної групи;}$$

$$f_k(3\Phi) = \max\{g_k(3\Phi_k) + f_{k-1}(3\Phi - 3\Phi_k)\}, \quad k = 2, 3.$$

Для останніх двох груп робітників (водіїв автосамоскидів та робітників ремонтної групи) $k = 2$ та для всіх трьох груп робітників $k = 3$.

Результати оптимізації за покроковими розрахунками показують, що максимальний $УП$ при розподілі загальної суми фонду у розмірі 700 тис. грн серед працівників цеху буде тоді, коли водіям-технологам і водіям автосамоскидів виділяють кошти у розмірі 231,832 тис. грн (34%) та 197,232 тис. грн (29%) відповідно, а робітникам ремонтної групи – 259,609 тис. грн (37%). З урахуванням коефіцієнтів трудової участі $k_1 = 0,337; k_2 = 0,286; k_3 = 0,377$ запропоновано зменшити розміри заохочувальних фондів для водіїв-технологів і водіїв автосамоскидів на 12%, а для робітників ремонтної групи збільшувати на 16%. Тоді умовний прибуток цеху збільшиться на 8%.

Як видно з наведених прикладів задач, кожна з них носить конкретний характер і вимагає розуміння економічної і технологічної суті досліджуваних процесів, а також врахування значної кількості показників, що характеризують ці процеси і впливають на їх ефективність.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Наведений у статті аналіз з досвіду використання оптимізаційних задач в економічній сфері обмежується спрощеним уявленням про сутність економіко-математичного моделювання процесів і явищ та ґрунтується переважно на

кореляційних взаємозв'язках. Запропонована стаття надає можливість поширити інструментарій для вирішення актуальних задач реального виробництва за допомогою класичного підходу до процесу моделювання з використанням методу динамічного програмування. Запропоновані підходи обумовлені власним досвідом вирішення таких задач магістрантами при виконанні кваліфікаційних робіт. Застосування зазначеного методу оптимізації не обмежується тільки задачами, наведеними у статті, і може бути поширеним на вирішення й інших економічних задач, що є предметом подальших досліджень.

Список літератури

1. Освітньо-професійна програма «Економіка» другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 051 «Економіка» галузь знань «05 Соціальні та поведінкові науки» кваліфікація магістр з економіки. URL: <https://eoup.knu.edu.ua/projects>
2. Зеленко С.В., Гуляницька Д.В. Економіко-математичне моделювання отриманого прибутку підприємства. *Економічні науки. Серія «Облік і фінанси»*. 2019. Вип. 16 (61). С. 72-84.
3. Щербініна С.А., Клименко О.Г., Марочко Т.Р. Застосування економіко-математичного моделювання для аналізу діяльності промислового підприємства. URL: <http://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/6151>
4. Хорошун В.В., Науменко І.А. Економіко-математичні методи та моделі прогнозування збутової логістики торговельного підприємства. *Причорноморські економічні студії*. 2018. Вип. 28-2. С. 179-183.
5. Назаренко І.М. Економіко-математичне моделювання залежності фінансового стану підприємств від складових капіталу. *Економіка та держава*. 2016. № 2. С. 65-68.
6. Юрчук Н.П. Використання економіко-математичних методів в управлінні економічним розвитком інноваційних систем. *Інвестиції: практика та досвід*. 2015. №18. С. 28-32.
7. Паршина О.А., Паршин Ю.І. Економіко-математичне моделювання виробництва гірничорудних машин крупного машинобудівного підприємства. *Економічний вісник НГУ*. 2005. №1. С. 128-134.
8. Гончаренко Я.В. Економіко-математичні методи та моделі в системі підготовки студентів математичних та економічних спеціальностей. URL: <http://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/15441>
9. Бугір М.К. Математика для економістів: посібник. Київ: Видавничий центр «Академія», 2003. 520 с.

Рукопис подано до редакції 17.02.2023

УДК 622.684: 622.271

В.І. ПАХОМОВ, канд. техн. наук, доц., І.В. ГІРІН, ст. викл.
Криворізький національний університет

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РОБОТИ АВТОТРАНСПОРТУ ГЛИБОКИХ КАР'ЄРІВ

Мета. Метою роботи є розробка методу енергетичної оцінки та практичних рекомендацій щодо зниження енергоємності транспортних систем глибоких кар'єрів за рахунок підвищення інтенсивності використання технологічних автосамоскидів шляхом оптимізації та вдосконалення планування їх продуктивності в конкретних умовах залізорудних кар'єрів.

Методи дослідження. У роботі використано методи статистичного та кореляційно-регресійного аналізу, аналітичні розрахунки, виконано узагальнення опублікованих теоретичних розробок. Наукові положення, висновки та рекомендації обґрунтовані аналізом досвіду планування продуктивності технологічних автосамоскидів на залізорудних кар'єрах; достатнім обсягом експериментальних досліджень із оцінкою точності результатів за критеріями математичної статистики; збіжністю результатів теоретичних досліджень із результатами дослідно-промислових випробувань; ефективністю впровадження на кар'єрах Криворізького басейну норм змінної продуктивності та рекомендацій щодо раціональних умов продуктивної експлуатації технологічних автосамоскидів, розроблених на основі виконаних досліджень.

Наукова новизна роботи полягає у: - розробці диференційованого методу вибору параметрів доріг, залежно від просторового розвитку поля кар'єра та вантажності автосамоскида; - встановленні схеми утворення раціональних профілів кар'єрних автошляхів; - створення нової методології для оцінки значущості та ступеня впливу факторів, що визначають економічність інформаційної панелі автомобілів на основі положень теорії планування екстремальних експериментів та дозволяють передбачити ресурсозбереження транспортних засобів в динаміці технічних умов експлуатації.

Практична цінність роботи полягає у підвищенні продуктивності автотранспорту на кар'єрах Криворізького басейну за рахунок застосування: - зон ефективної роботи автотранспорту в кар'єрі залежно від його вантажопідйомності, удосконалення приводу трансмісії та рівня технічного стану автосамоскидів; - раціональних параметрів поздовжніх профілів автомобільних з'їздів; - підвищення надійності та точності планування змінної роботи транспортних засобів.

Результати. В результаті проведених теоретичних досліджень встановлено, що при застосуванні автосамоскидів великої вантажності раціональним поздовжнім профілем для автодоріг глибоких кар'єрів є увігнутий, який за-