

ЕКОНОМІКА ПІДПРИЄМСТВА ТА ПРОСТОРОВО – КЛАСТЕРНИЙ БІЗНЕС

УДК 658.511.5

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА

Вороніна О.С.

Харківська національна академія міського господарства

У статті розглянуто використання методів економіко-математичного моделювання для пошуку ефективних управлінських рішень. Обґрунтовано вибір методу лінійного програмування. Проаналізовані результати розподілу фінансових ресурсів на підприємстві з урахуванням можливих інновацій.

Ключові слова: житлово-комунальне господарство, управлінські рішення, економіко-математичне моделювання, лінійне програмування, інновації, розподіл фінансових ресурсів.

In the article the use of methods is considered ekonomiko-mathematical design for the search of effective administrative decisions. The choice of method of the linear programming is grounded. The results of allocation of financial resources are analysed on an enterprise taking into account possible innovations.

Key words: housing and communal services, administrative decisions, ekonomiko-mathematical design, linear programming, innovations, allocation of financial resources.

Актуальність проблеми. Вибір пріоритетних енергозберігаючих заходів на підприємствах житлово-комунального господарства (ЖКГ) регіону є складним завданням. Основна трудність полягає в тому, що при великій різноманітності умов виправданого скорочення ресурсів і різних видів інновацій на кожному підприємстві, що входить до складу житлово-комунального комплексу (ЖКК) регіону, з'являється необхідність багатоваріантних розрахунків.

Аналіз останніх наукових досліджень. Проблеми пошуку ефективних управлінських рішень у сфері енергозбереження досліджувалися у пра-

цях багатьох видатних вчених: Дзядикевича Ю.В. [2], Забельської М.А., Кочегарова А.Д. [3], Логінова В. [4], Орлової І.В. [5], Суходолі О.М. [7], та інших, але за думкою автора, всі ці методи не охоплюють всіх критеріїв оцінки енергозберігаючих заходів. Узагальнення праць цих та інших науковців дозволяє дійти висновку про відсутність єдиного підходу до вирішення проблеми вибору енергозберігаючих заходів на підприємстві, з метою удосконалення існуючих методичних підходів і подальшого розгляду даного питання автор пропонує метод економіко-математичного моделювання.

Метою роботи є обґрунтування вибору економічно-математичної моделі для пошуку ефективних управлінських рішень при інвестуванні у енергозберігаючі проекти на підприємстві ЖКГ.

Викладення основного матеріалу дослідження. Перед інвесторами завжди постає велика проблема у виборі пріоритетних шляхів енергомодернізації, але на практиці найчастіше завдання обмежується розглядом лише декількох варіантів. При цьому вибрані варіанти не завжди можуть виявитися якнайкращими. Автор вважає, що пошук ефективних управлінських рішень в цій сфері пов'язаний із застосуванням методів економіко-математичного моделювання (ЕММ) [6].

Методи економіко-математичного моделювання – це комплекс економіко-математичних дисциплін, об'єднаних для вивчення економіки і організації управління. Ці методи за допомогою комп'ютерної техніки дозволяють в сотні раз прискорювати процес прямого перебору і порівняння варіантів, при цьому забезпечується стовідсоткова гарантія отримання зі всіх можливих варіантів якнайкращого. На практиці застосування методів ЕММ вимагає постановки завдання у формі економіко-математичної моделі. Зі всіх відомих в даний час моделей для наших цілей найбільше підходять моделі лінійного програмування (ЛП). Вибір цього методу моделювання обґрунтовується до того ж можливостями використання стандартного пакету прикладних програм [5].

У загальному вигляді завдання лінійного програмування можна представити як систему рівнянь і нерівностей [9]:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j = b_i, \quad i = m_1 + 1, m_1 + 2, \dots, m_2 \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \geq b_i, \quad i = m_2 + 1, m_2 + 2, \dots, m \quad (3)$$

Канонічна форма, до якої можна привести все три вказані випадки, має вигляд:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j = b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

При цьому потрібно знайти ненегативні числа x_j ($j = 1, 2, \dots, n$) які максимізують або мінімізують лінійну форму. Ця умова може бути представлена таким чином:

$$Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max(\min) \quad (5)$$

Позначення, представлені в даній моделі, з позиції оптимального розподілу ресурсів між підприємствами можна інтерпретувати таким чином:

b_i – кількість ресурсу виду ii ;

m – кількість видів цих ресурсів;

a_{ij} – норма витрати ресурсів виду ii на одиницю продукції виду j ;

x_j – кількість продукції виду j , причому таких видів – n ;

c_j – результат від одиниці цієї продукції (у разі завдання на мінімум – витрати на одиницю продукції, а на максимум – доходи, виручка, прибуток, економія, об'єм продукції та ін.).

Нумерація ресурсів розділена на три частини: від 1 до m , від $m_1 + 1$ до m_2 і від $m_2 + 1$ до m . Це залежить від того, які ставляться обмеження на витрачання ресурсів.

Докладний аналіз основної моделі лінійного програмування свідчить про те, що вона в порівнянні з іншими моделями в кращій мірі відповідає вимогам вирішення проблем енергозбереження. Для використання її при вирішенні досліджуваної нами проблеми припустимо, що є якийсь набір інновацій (енергозберігаючих нововведень) $i = 1, 2, \dots, n$. Ефект, отриманий від впровадження кожного з них, має величину \mathcal{E}_i . Кожне з нововведень вимагає для своєї реалізації деякої мінімально допустимої величини витрат, позначеної $Z_i > 0$. Загальна сума фінансових ресурсів, виділена на інновації ЖКГ з місцевого бюджету, дорівнює S . Величину витрат на

впровадження i -го виду нововведення приймемо рівним $x_i \geq 0$. Рівність $x_i = 0$ означає, що деякі види ресурсозберігаючих нововведень впроваджуються без витрат. На цій підставі можна стверджувати, що розрахунок ефекту повинен проводитися з урахуванням наступних двох умов:

$$\Theta_i = b_i x_i \quad (6)$$

$$x_i \geq Z_i x_i \geq Z_i \quad (7)$$

де b_i – лінійний коефіцієнт пропорційного зростання ефекту при збільшенні витрат.

Наприклад, при використанні енергозберігаючого пристрою на одному ліфті отриманий ефект може зрости в стільки раз, в скільки збільшиться кількість ліфтів, що використовують аналогічні пристрої.

З урахуванням цих умов основні співвідношення даної моделі набувають наступний вигляд:

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq S \quad (8)$$

$$x_i \geq Z_i \quad (9)$$

$$x_i \geq 0 \quad (10)$$

$$\max\{\sum_{j=1}^n b_j x_j = \sum_{i=1}^n \Theta_i\} \quad (11)$$

Вираз (8) відображає умову обмеженості фінансових ресурсів; умова (9) – величину мінімально необхідних засобів для реалізації інновацій; умова (10) – позитивність пошукових змінних (при $x_i > 0$ отримуємо величину необхідних витрат на i -у інновацію, при $x = 0$ інновацію виду i впроваджувати не рекомендується); умова (11) – критерій оптимальності (цільова функція, функціонал), що відображає основну мету завдання – отримання максимального ефекту при впровадженні інновацій.

В результаті рішення задачі (8) – (11) знаходиться оптимальний план впровадження засобів на інновації x_i^{opt} , який забезпечує максимум цільової функції (11).

Завдання розподілу фінансових ресурсів ускладнюється в тому випадку, якщо процес інновації моделюється з урахуванням різноманітності підприємств ЖКГ. Як первинні ланки розглядатимемо підприємства, на яких передбачається впровадження деякого набору інновацій. При цьому необхідно враховувати, що через різну ефективність і техніко-економічний рівень підприємств ЖКГ одна і та ж сума витрат на i -й

вид інновації може приносити різний ефект. В цьому випадку число варіантів, які необхідно проаналізувати для виявлення максимального ефекту, істотно зростає.

В системі розподілу виділених коштів між різними підприємствами ЖКГ кожне з них формує власний портфель пропозицій по інноваціях, які можуть бути здійснені при виділенні підприємству певних коштів [7, 8]. Оскільки ефекти від інновацій у різних об'єктів (підприємств ЖКГ) не збігаються, виникає складне завдання зіставлення витрат і результатів у всій безлічі варіантів (рис. 1).



Рис. 1. Система розподілу фінансових ресурсів

Введемо наступні умовні позначення:

k – число структурних ланок (об'єктів, підприємств) ЖКГ, на яких намічено впровадження інновацій ($k = 1 - K$);

i – варіанти можливих інвестицій ($i = 1 - n$);

Z_{ik} – величина витрат на інновацію типу ii на підприємстві kk ;

Ξ_{ik} – величина ефекту від впровадження інновації типу i на підприємстві k ;

X_{ik} – інтенсивність (кратність) використання інновації ($X_{ik} \geq 0$);

P_k – виробничі можливості k -го підприємства для впровадження

інновації з інтенсивністю (кратністю) X_{ik} .

Відзначимо, що $X_{ik} = 0$ і $\Xi_{ik} = 0$ в тому випадку, якщо даний вид інновацій не входить в портфель пропозицій по k -му об'єкту.

Тоді для цілочисельної постановки завдання, модель розподілу фінансових ресурсів по підприємствах з урахуванням можливих інновацій матиме наступний вигляд:

$$\sum_{i,k}^{n,K} Z_{ik} x_{ik} \leq S \quad (12)$$

$$\sum_i^n Z_{ik} x_{ik} \leq P_k \quad (13)$$

$$x_{ik} - \text{цілі числа, } i = 1 - n, x_i \geq 0, k = 1 - K \quad (14)$$

$$\max\{\sum_{i,k}^{n,K} \Xi_{ik} x_{ik}\} \quad (15)$$

Співвідношення (12) – (15) є оптимальною цілочисельною моделлю. Нерівність (13) характеризує обмежені можливості підприємства по впровадженню інновацій. В результаті рішення цієї задачі формується оптимальний план x_{ik}^{opt} , який характеризується інтенсивністю (кратністю) застосування i -ої інновації на k -ому підприємстві.

Відмітимо, що величина $Z_k^{общ}$, що характеризує витрати k -го підприємства по всіх інноваціях, що впроваджуються на ньому відповідно до отриманого оптимального рішення, може бути визначена таким чином:

$$Z_k^{общ} = \sum_{i=1}^n Z_{ik} x_{ik}^{opt} \quad (16)$$

Аналогічним чином може бути розрахований і інтегральний ефект, що отримується на k -ому підприємстві:

$$\Xi_k^{общ} = \sum_{i=1}^n \Xi_{ik} x_{ik}^{opt} \quad (17)$$

З іншого боку, величина витрат на ii -у інновацію, що впроваджується на даних підприємствах ЖКК, може бути розрахована по формулі:

$$Z_k^{общ} = \sum_{k=1}^K Z_{ik} x_{ik}^{opt} \quad (18)$$

Відповідно загальний ефект, що отримується в міському господарстві від впровадження i -ої інновації, визначається з виразу:

$$\Xi_i^{общ} = \sum_{k=1}^K \Xi_{ik} x_{ik}^{opt} \quad (19)$$

Очевидно, що при цьому повинні дотримуватися балансові умови:

Рівність загальних витрат і ефектів в оптимальному плані забезпечується умовою (12), яка входить до складу оптимального завдання.

Для прикладу розглянемо фрагмент комплексу робіт по впровадженню енергозберігаючих заходів на підприємстві житлово-комунального господарства (табл.1) [2, 4].

Таблиця 1. Основні заходи Програми енергозбереження

Найменування	Питомо мінімально допустимі витрати, тис.грн.	Питомий ефект від реалізації, тис.грн.
Пристрої плавного пуску синхронних електродвигунів	600	828,1
Геліосистеми для підігріву води в теплу пору року	30	39,3
Інфрачервоний обігрів для опалювання цехів	16	6,4
Перетворювачі частоти струму) для управління роботою центрифугами в цеху механічного обезводнення осаду	70	105
Використання теплових насосів з метою теплопостачання комплексу споруд служби мереж	4 100	540

Ми бачимо, що плановані заходи нерівнозначні з погляду витрат на їх впровадження (витрати на інновацію коливаються від 16 тис. грн. до 4,1 млн. грн.), а також по економічному ефекту (від 6,4 тис. грн. до 828,1 тис. грн.).

Загальний об'єм засобів, що виділяються на впровадження перерахованих інновацій, складає 7700 тис. грн.

Початкова модель для отримання числових значень набуває наступного вигляду:

$$828,1X_1 + 39,3X_2 + 6,4X_3 + 105X_4 + 540X_5 \rightarrow \max$$

$$600X_1 + 30X_2 + 16X_3 + 70X_4 + 4100X_5 \leq 7700$$

$$X_1 \geq 0; X_2 \geq 0; X_3 \geq 0; X_4 \geq 0; X_5 \geq 0$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 - \text{цілі числа.}$$

Згідно результатів програми, яка дозволяє вирішувати основну задачу лінійного програмування за допомогою стандартного симплекс-метода без урахування цілочисельності, оптимальне рішення (з урахуванням цілочисельності) було отримане після другого кроку: $X_4 = 110$, тобто

максимальний ефект забезпечує впровадження перетворюючів частоти струму (рис. 2).

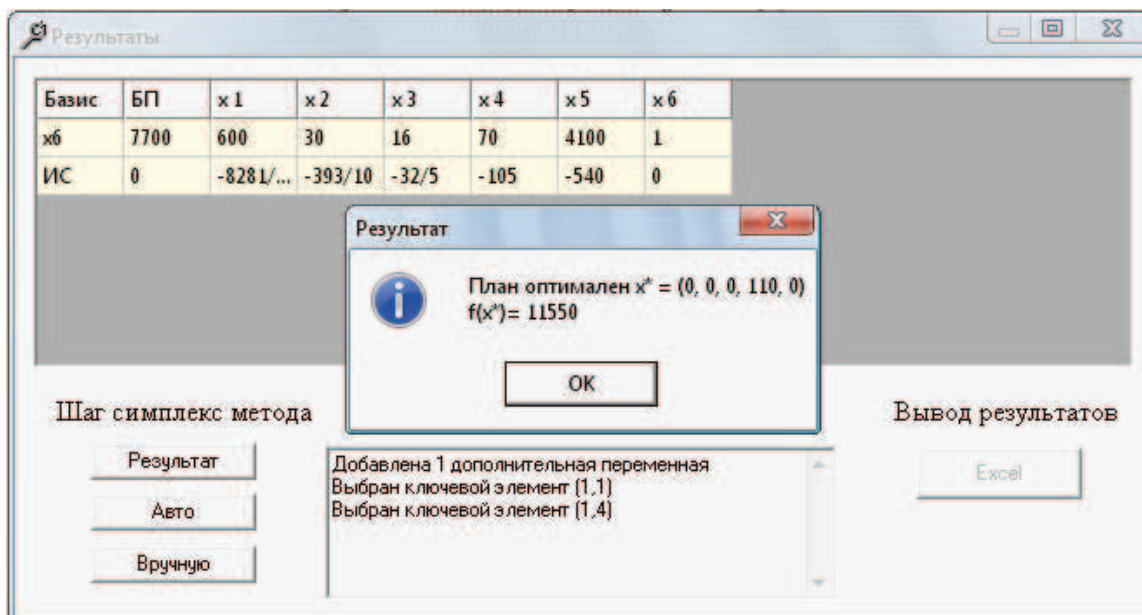


Рис. 2. Рішення задачі лінійного програмування за допомогою програми Simplexwin 3.1

Отримане рішення може бути використане для вироблення стратегії і розробки довгострокових програм з енергозбереження на підприємствах житлово-комунального господарства і містити ті інновації, які дають максимальний питомий ефект [1, 3].

Висновки. Використання описаного методу економіко-математичного моделювання для пошуку ефективних управлінських рішень щодо впровадження енергозберігаючих заходів на підприємстві житлово-комунального господарства, з точки зору автора, дозволить отримати оптимальне рішення і саме вибір методу моделювання обґрунтовується до того ж можливостями використання стандартного пакету прикладних програм. В наведеному фрагменті комплексу робіт по впровадженню енергозберігаючих заходів на підприємстві житлово-комунального господарства обрано оптимальне рішення, яке забезпечить максимальний питомий ефект від впровадження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Амитан В. Н. Формирование механизма ресурсосбережения / В. Н. Амитан, Н.Н. Потапова // Экономика та право. – 2001. – №4 (28). – С. 20-27.
2. Дзядикевич Ю.В. Методи оцінки ефективності інвестицій в енергозбереження

- / Ю. В. Дзяди́кевич, М. В. Бу́ряк, Р. І. Розу́м // Інноваційна економіка. – 2011. – №2. – С. 119-122.
3. Кочегаров А. Д. Управление ресурсосбережением в жилищно-коммунальном хозяйстве. Учебное пособие / А. Д. Кочегаров, Н. Н. Мусинова, А. С. Садыков. – М.: ГУУ, 1998. – 174 с.
 4. Логинов В. Простые критерии экономической эффективности инвестиционных проектов в области энергосбережения / В. Логинов // Инвестиции в России. – 1999. – №10. – С. 24-27.
 5. Орлова И. В. Экономико-математическое моделирование: практическое пособие по решению задач / И. В. Орлова. – М.: Вузовский учебник: ВЗФЭИ, 2005. – 144 с.
 6. Руководство по оценке эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия / [Дмитриев А. Н., Ковалев И. Н., Табунщиков Ю. А., Шилкин Н. В.]. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2005. – 120 с.
 7. Суходоля А. Модель анализа энергопотребления и определение уровня энергоэффективности национальной экономики / А. Суходоля // Экономика Украины. – 2007. – № 5. – С. 31-37.
 8. Проблеми, перспективи та нормативно-правове забезпечення енерго-, ресурсозбереження в житлово-комунальному господарстві: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції. – Алушта: ХО НТТ КГ та ПО, ХНАМГ, 2011. – 295 с.
 9. Федосеев В. В. Экономико-математические методы и прикладные модели / В. В. Федосеев. – М.: ЮНИТИ, 2001. – 276 с.