

Є.В. Смирнов

Вінницький національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СТРАТЕГІЇ ТЕХНІЧНОГО РОЗВИТКУ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Обґрунтовано використання коефіцієнта технічної готовності, терміну окупності та чистої теперішньої вартості в якості критеріїв ефективності та побудована цільова функція оптимізації. Запропоновано метод визначення оптимальної стратегії технічного розвитку на основі «методу найгіршого випадку» та визначено вагу запропонованих критеріїв.

Ключові слова: технічний розвиток, стратегія, автотранспортне підприємство, критерій ефективності, оптимізація, нечітка множина.

Е.В. Смирнов

Винницкий национальный технический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ ТЕХНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Обосновано использование коэффициента технической готовности, срока окупаемости и чистой текущей стоимости в качестве критериев эффективности и построена целевая функция оптимизации. Предложен метод определения оптимальной стратегии технического развития на основе «метода наихудшего случая» и определены веса предложенных критериев.

Ключевые слова: техническое развитие, стратегия, автотранспортное предприятие, критерий эффективности, оптимизация, нечеткое множество.

E. Smyrnov

Vinnitsia National Technical University

THE DEFINITION OF THE OPTIMAL STRATEGY FOR TECHNICAL DEVELOPMENT OF ROAD TRANSPORT ENTERPRISES

Justified the use of the coefficient of technical readiness, term of payback and net present value as the criteria for the effectiveness and built the task force function optimization. The method for determining the optimal strategy for technical development on the basis of "the method of the worst case" and defined the weight of the proposed criteria.

Keywords: Tehnicheskoe Development, Strategy, Avtotransportnoe predpriyatie, criterion of the effectiveness, optimization, nechetkoe multitude.

Постановка проблеми. Ефективність роботи автотранспортних підприємств (АТП) і організації, які займаються автомобільними перевезеннями, як вантажними, так і пасажирськими, на сьогоднішній день, здебільшого є незадовільною. Це, в першу чергу, пов'язано зі значним фізичним зносом та моральним старінням основних виробничих фондів АТП, а особливо рухомого складу, адже ефективність роботи автомобільного транспорту визначається якістю рухомого складу, яку можна визначити ступенем придатності рухомого складу до виконання транспортної роботи (експлуатаційні властивості) та його надійністю. Застарілий рухомий склад суттєво поступається своїм більш новим та сучасними аналогами як в надійності, так і за експлуатаційними показниками, та, відповідно, не в змозі забезпечити техніко-експлуатаційні показники своєї роботи на аналогічному рівні. Це в свою чергу знижує конкурентоздатність підприємства на ринку транспортних послуг, визиває незадоволення клієнтів як вартістю послуг, так і якістю їх надання.

Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є технічний розвиток, який передбачає оновлення основних виробничих фондів підприємства, а саме, їх активної та пасивної частин з урахуванням всіх взаємозв'язків, що мають місце між цими підсистемами [1, 2]. Технічний розвиток потребує стратегічного планування діяльності підприємства, реалізація якого, зазвичай, передбачає залучення додаткових інвестицій, а результат від якого досягається через певний проміжок часу, як правило – декілька років. Тому визначення ефективної (оптимальної) стратегії технічного розвитку АТП дозволить сформулювати оптимальні заходи з розвитку рухомого складу підприємства та виробничо-технічної бази з технічного обслуговування (ТО) і ремонту автомобілів, що дозволить забезпечити оптимальний рівень технічної готовності рухомого складу в умовах обмеженості ресурсів і забезпечення прибутковості підприємства.

Процес прийняття рішення щодо стратегій технічного розвитку АТП та початку їх реалізації є досить складним, адже він вимагає розробки ефективного алгоритму та економіко-математичної моделі функціонування підприємства при їх реалізації. Це, в свою чергу, ставить задачу по обґрунтуванню критеріїв ефективності, які будуть включати як показники, що оцінюють підвищення технічного рівня підприємства, так і його прибутковості. Таким чином, визначення оптимальної стратегії є багатокритеріальна задача оптимізації на основі техніко-економічних показників ефективності роботи підприємства.

У зв'язку з цим **метою роботи** є обґрунтування системи критеріїв, побудова цільової функції та розробка методу визначення оптимальної стратегії технічного розвитку АТП.

Основна частина. Проблема оцінки технічного використання рухомого складу АТП досить глибоко пророблена в науковій літературі. Однак більшість наукових робіт, присвячених проблемі оцінки економічної ефективності роботи АТП, на сьогоднішній день є неактуальними, оскільки вони засновані на засадах планово-адміністративної економіки і не можуть бути застосованими за ринкових умов.

Серед техніко-експлуатаційних показників роботи рухомого складу, які в найбільшій мірі визначають найважливіші аспекти надійності рухомого складу та якості робіт з ТО і ремонту автомобілів, найбільш доцільно використовувати коефіцієнт технічної готовності парку автомобілів:

$$\alpha_T = \frac{AD_{роб}}{AD_{роб} + AD_p}, \quad (1)$$

де $AD_{роб}$ – кількість автомобіледнів роботи рухомого складу на лінії; AD_p – кількість автомобіледнів перебування автомобілів в ТО, ремонті, або очікуванні ТО чи ремонту.

Слід врахувати, що підвищення коефіцієнта технічної готовності, яке може бути забезпечене різними шляхами: підвищенням середнього напрацювання автомобілів на відмову (заміна рухомого складу), зниженням простою в ТО і ремонті (вдосконалення виробничо-технічної бази підприємства, технологій ТО і ремонту тощо), або будь-якою їх комбінацією, що визначається стратегією технічного розвитку, пов'язане із додатковими витратами. Величина цих витрат може бути достатньо високою, що робить недоцільним забезпечення занадто високого значення коефіцієнта технічної готовності, тобто більшого за деяке оптимальне значення.

Для оцінки ефективності інвестиційних проектів, в тому числі і на транспорті, в світовій практиці широке розповсюдження здобули методи окупності, віддачі на вкладений капітал та дисконтування грошових потоків. Дані методи оцінки були детально розглянуті в роботах [3, 4] і, на погляд автора, для визначення оптимальної стратегії технічного розвитку найбільш доцільно використовувати метод окупності та метод чистої теперішньої вартості, який серед методів дисконтування найбільш повно відповідає поставленій задачі дослідження.

Метод окупності передбачає визначення часового періоду (терміну окупності), тобто періоду, в кінці якого сума притоку грошей від реалізації стратегії стає рівною сумі початкових інвестицій:

$$T_{OK} = \frac{PI}{\sum_t \frac{GPI_t}{T}} < T_{Realiz}, \quad (2)$$

де PI – початкові інвестиції, грн.; GPI_t – грошові потоки від реалізації стратегії в t -му періоді, грн.; T – термін реалізації, років; T_{Realiz} – плановий термін реалізації стратегії, років.

Метод чистої теперішньої вартості передбачає визначення показника, який відображає наскільки сумарний ефект від реалізації стратегії, приведений до теперішнього (початкового) моменту часу (теперішня вартість майбутніх грошових потоків), перевищує величину інвестицій, також приведених до цього моменту часу. Якщо припустити, що інвестиції залучаються лише в початковий момент, то чиста теперішня вартість (ЧТВ) запишеться таким чином:

$$ЧТВ = ТВ - PI = \sum_{t=1}^T \frac{GPI_t}{(1+r)^t} - PI, \quad (3)$$

де TB – теперішня вартість майбутніх грошових потоків; r – ставка дисконту за термін реалізації стратегії.

Якщо величина $ЧТВ > 0$, то стратегія забезпечує необхідну (або більшу) норму доходу на капітал і є ефективною. При цьому критерієм відбору буде максимальне значення чистої теперішньої вартості, так як при цьому визначається величина приросту власного капіталу підприємства (інвестора).

Таким чином, для техніко-економічної оцінки ефективності стратегій технічного розвитку АТП будемо використовувати три критерії – коефіцієнт технічної готовності, термін окупності та чисту теперішню вартість. Вибір оптимальної стратегії, серед множини можливих стратегій технічного розвитку, при застосуванні багатокритеріального підходу, проводиться за допомогою цільової функції. У процесі виконання завдання оптимізації повинні бути знайдені такі значення проектних параметрів, при яких цільова функція має мінімум (або максимум). Для запропонованих показників ефективності цільову функцію оптимізації можна записати таким чином:

$$U = f(\alpha_T, ЧТВ, T_{OK}). \quad (4)$$

При цьому зміну основних параметрів цільової функції та обмеження можна записати у вигляді системи (5), в якій, окрім зазначених вище критеріїв, ще додатково введено обмеження на величину початкових інвестицій, необхідних для реалізації стратегії технічного розвитку АТП. Це пов'язано із тим, що в реальних умовах можливість залучення початкових інвестицій для впровадження стратегій технічного розвитку підприємствами буде обмежена власними ресурсами, доступністю кредитів, або іншими об'єктивними причинами.

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_T \rightarrow \max; \\ ЧТВ \rightarrow \max; \\ T_{OK} \rightarrow \min; \\ T_{OK} < T_{Realiz}; \\ ЧТВ > 0; \\ П \leq П^{\max}; \end{array} \right. \quad (5)$$

де $П^{\max}$ – максимальний обсяг початкових інвестицій, які об'єктивно може залучити підприємство на технічний розвиток.

Завдання прийняття рішення в багатокритеріальних задачах, в загальному вигляді, можна описати безліччю допустимих виборів (альтернатив) і заданим на цій множині відношенням переваги, яке відображає інтереси особи, яка приймає рішення. У моделях прийняття рішень в умовах невизначеності широке поширення одержав принцип Беллмана-Заде [5], згідно з яким оптимальна стратегія, або варіант реалізації стратегії (адже за одною стратегією може бути запропоновано декілька варіантів реалізації, які відрізняються, наприклад, моделями рухомого складу тощо) визначаються у відповідності з такими принципами:

1. Кожний критерій c_i подається у вигляді нечіткої множини, заданої на універсальній множині варіантів B :

$$C = \{(c_1)^{\mu_1}, (c_2)^{\mu_2}, \dots, (c_i)^{\mu_i}\}, \quad (6)$$

де μ_i – вага критерію c_i ;

2. Шляхом перетину нечітких множин-критеріїв утворюється нечітка множина потенційно хороших рішень b_{opt} :

$$b_{opt} \in D = (c_1)^{\mu_1} \cap (c_2)^{\mu_2} \cap \dots \cap (c_i)^{\mu_i}, \quad (7)$$

де D – множина потенційно хороших рішень;

3. В нечіткій множині потенційних рішень вибирається стратегія (варіант) з найбільшим ступенем належності, цей варіант і є оптимальним.

При застосуванні критеріїв з різною важливістю, принцип Беллмана-Заде, як правило, застосовується спільно з методом ієрархій Т. Сааті[6], що дозволяє знаходити ступень приналежності елементів нечітких множин за допомогою процедури парних порівнянь варіантів. Такий метод багатокритеріального вибору найкращого варіанту розвитку в умовах невизначеності, який носить назву «метод найгіршого випадку», запропоновано в роботах [7, 8], основу якого складають принцип перетинання нечітких критеріїв Беллмана-Заде [5] і 9-бальна шкала лінгвістичних оцінок Сааті[6].

Кожний критерій $c_l \in C = \{(c_1)^{\mu_1}, (c_2)^{\mu_2}, \dots, (c_l)^{\mu_l}\}$ будемо інтерпретувати як нечітку множину, що задана на універсальній множині альтернатив $B = \{b_{11}, b_{12}, \dots, b_{21}, \dots, b_{ij}\}$ у вигляді:

$$c_l = \left\{ \frac{(\omega_{11}^l)^{\mu_1}}{b_{11}}, \frac{(\omega_{12}^l)^{\mu_2}}{b_{12}}, \dots, \frac{(\omega_{ij}^l)^{\mu_l}}{b_{ij}} \right\}, \quad (8)$$

де ω_{ij}^l – ступені належності елементів b_{ij} до нечітких множин, що є числами в інтервалі [0, 1], які можуть враховуватись як вага альтернатив відносно критеріїв c_l ; i – індекс номеру стратегії; j – індекс номеру варіанту реалізації i -ї стратегії.

При цьому необхідне виконання умови:

$$\omega_{11}^l + \omega_{12}^l + \dots + \omega_{ij}^l = 1. \quad (9)$$

В теорії нечітких множин має місце заміна операцій: $\cap \rightarrow \min$. Виходячи з цього множина потенційно хороших рішень буде мати вигляд:

$$D = \left\{ \frac{\min \{(\omega_{11}^1)^{\mu_1}, \dots, (\omega_{11}^l)^{\mu_l}\}}{b_{11}}, \frac{\min \{(\omega_{12}^1)^{\mu_1}, \dots, (\omega_{12}^l)^{\mu_l}\}}{b_{12}}, \dots, \frac{\min \{(\omega_{ij}^1)^{\mu_1}, \dots, (\omega_{ij}^l)^{\mu_l}\}}{b_{ij}} \right\}. \quad (10)$$

Як найкращий варіант b_{opt} приймається варіант $b_{opt} \in D$ з максимальною вагою:

$$\omega(b_{opt}) = \max_{\substack{i=1, \dots, n \\ j=1, \dots, m}} \min \{(\omega_{ij}^1)^{\mu_1}, (\omega_{ij}^2)^{\mu_2}, \dots, (\omega_{ij}^l)^{\mu_l}\}. \quad (11)$$

Визначення ваг всіх варіантів (альтернатив), що входять до нечіткої множини (8) базується на ідеях методу структурного аналізу систем [9], в якому належність системи розповсюджується між її елементами відповідно до рангів. Ранг елемента характеризує його важливість в сенсі надійності. В нашому випадку сума ваг, яка дорівнює одиниці, буде розподілятися між варіантами відповідно до їх рангів.

Нехай q_{ij}^l – ранг варіанту $b_{ij} \in B$ стосовно критерію $c_l \in C$. Припустимо таке: чим вища вага ω_{ij}^l варіанту, тим вищий його ранг q_{ij}^l . Це формально можна записати у вигляді:

$$\frac{\omega_{11}^l}{q_{11}^l} = \frac{\omega_{12}^l}{q_{12}^l} = \dots = \frac{\omega_{fg}^l}{q_{fg}^l} = \dots = \frac{\omega_{ij}^l}{q_{ij}^l}. \quad (12)$$

Нехай b_{fg}^l найгірший варіант (за критерієм $c_l \in C$) з вагою ω_{fg}^l і рангом q_{fg}^l . Використовуючи співвідношення (12) виразимо ваги усіх варіантів через вагу найгіршого варіанту:

$$\omega_{11}^l = q_{fg}^l \frac{\omega_{fg}^l}{q_{11}^l}, \omega_{12}^l = q_{fg}^l \frac{\omega_{fg}^l}{q_{12}^l}, \dots, \omega_{ij}^l = q_{fg}^l \frac{\omega_{fg}^l}{q_{ij}^l}. \quad (13)$$

Підставляючи ваги варіантів в умову $\omega_{11}^l + \omega_{12}^l + \dots + \omega_{ij}^l = 1$, отримаємо вагу найгіршої альтернативи за критерієм c_l :

$$\omega_{fg}^l = \frac{1}{\frac{q_{11}^l}{q_{fg}^l} + \frac{q_{12}^l}{q_{fg}^l} + \dots + \frac{q_{nm}^l}{q_{fg}^l}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{q_{ij}^l}{q_{fg}^l}}. \quad (14)$$

Для визначення ваги критеріїв μ_k скористаємось принципами і припущеннями наведеними вище. Припускатимемо, що чим вища вага μ_l критерію $c_l \in C$, тим вищий його ранг J_l , тобто

$$\frac{\mu_1}{J_1} = \frac{\mu_2}{J_2} = \dots = \frac{\mu_q}{J_q} = \dots = \frac{\mu_l}{J_l}. \quad (15)$$

Нехай μ_q і J_q – вага і ранг найменш важливого критерію. Тоді, вимагаючи виконання умов $\mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_l = 1$ за аналогією з наведеним вище при визначенні ω_{ij} , розподілимо ваги критеріїв відповідно до їх рангів:

$$\mu_q = \frac{1}{\frac{J_1}{J_q} + \frac{J_2}{J_q} + \dots + \frac{J_l}{J_q}} = \frac{1}{\sum_{l=1}^h \frac{\mu_l}{\mu_q}}; \quad (16)$$

$$\mu_1 = \mu_q \frac{J_1}{J_q}, \mu_2 = \mu_q \frac{J_2}{J_q}, \dots, \mu_l = \mu_q \frac{J_l}{J_q}. \quad (17)$$

де співвідношення рангів критеріїв оцінюється за 9-бальною шкалою Сааті[6].

Використовуючи наведені співвідношення за формулами (16) і (17), визначимо вагу критеріїв для побудованої цільової функції (4). Позначимо критерії:

- c_1 – коефіцієнт технічної готовності;
- c_2 – чиста теперішня вартість;
- c_3 – термін окупності.

Найменш важливим критерієм цільової функції є термін окупності (c_3). На основі лінгвістичних оцінок Сааті[5]: $\frac{J_1}{J_3} = 3, \frac{J_2}{J_3} = 5, \frac{J_3}{J_3} = 1$, тоді за формулами (16) і (17) вага критеріїв буде дорівнювати:

$$\mu_1 = \frac{3}{3+5+1} = 0,333; \quad \mu_2 = \frac{5}{3+5+1} = 0,556; \quad \mu_3 = \frac{1}{3+5+1} = 0,111.$$

Враховуючи вагові коефіцієнти критеріїв, цільову функцію можна записати як множину:

$$C = \left\{ \alpha_{\tau}^{0,333}, ЧТВ^{0,556}, T_{ок}^{0,111} \right\}.$$

Висновки. В роботі обґрунтовано використання коефіцієнта технічної готовності, терміну окупності та чистої теперішньої вартості в якості техніко-економічних критеріїв ефективності стратегій технічного розвитку. На

основі обґрунтованих критеріїв побудована цільова функція визначення оптимальної стратегії та система обмежень для цих показників. Розроблено метод визначення оптимальної стратегії технічного розвитку на основі «методу найгіршого випадку» та визначено вагу запропонованих критеріїв.

Література

1. Бідняк М. Н. Виробничі системи на транспорті: теорія і практика / М. Н. Бідняк, В. В. Біліченко. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 176 с. – ISBN 966-641-200-4.
2. Біліченко В. В. Шляхи та перспективи технічного розвитку виробництва на автомобільному транспорті / В. В. Біліченко, Є. В. Смирнов // Вестник Харьковского національного автомобільно-дорожного університета. – 2005. – № 30. – с. 168 - 170.
3. Біліченко В. В. Визначення ефективності проектів технічного розвитку виробництва на автомобільному транспорті / В. В. Біліченко, Є. В. Смирнов // Наукові праці Вінницького національного технічного університету, – 2009. – №2. – режим доступу до журн. : http://archive.nbuv.gov.ua/e-journals/vntu/2009-2/2009-2.files/uk/09vvboat_ua.pdf.
4. Бідняк М. Н. Планування інвестицій на автомобільному транспорті України / М. Н. Бідняк, Н. М. Бондар. – К.: Б. В., 2000. – 118 с.
5. Беллман Р. Принятие решений в расплывчатых условиях / Р. Беллман, Л. Заде // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. Сборник переводов. – М. : Мир, 1976. – с. 172 – 215.
6. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати [Перевод с английского Р. Г. Вачнадзе]. – М. : «Радио и связь», 1993. – 279 с.
7. Ротштейн А. П. Нечеткий многокритериальный выбор альтернатив: метод наилучшего случая / А. П. Ротштейн // Изв. РАН. Теория и системы управления. – 2009. – №3. – С. 51–55.
8. Біліченко В. В. Вибір найбільш ефективного проекту стратегій організаційно технічного розвитку підприємств автомобільного транспорту/ В. В. Біліченко // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2011. – № 3 – С. 68 – 74.
9. Нечипоренко В. И. Структурный анализ систем: надежность и эффективность / В. И. Нечипоренко. – М. : Сов. Радио, 1976. – 216 с.

Стаття надійшла в редакцію 28.04.2016