

## **АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ НОВОЇ СИСТЕМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГОСПОДАРСТВА ІНФРАСТРУКТУРИ**

*За допомогою системного підходу отримана економіко-математична модель, що дозволяє диференційовано визначити ефективність поточного утримання та амортизації колії в залежності від умов експлуатації даної ділянки.*

*С помощью системного подхода получена экономико-математическая модель, позволяющая дифференцированно определить эффективность текущего содержания и амортизацию железнодорожного пути в зависимости от условий эксплуатации данного участка.*

*Using a systematic approach received economic and mathematical models that can differentially determine the effectiveness of maintenance and depreciation of track depending on operating conditions of this area.*

### **Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями**

Системний підхід забезпечує комплексність і глибину аналізу економічної ефективності складних технічних систем. Рухомий склад та залізнична колія є елементами єдиної динамічної транспортної системи, стан якої визначається якостями як рухомого складу, так і залізничної колії. Слід зазначити, що на різних його ділянках можуть бути укладені рейки, шпали, баласт різних типів, різна структура ділянки за ухилом та кривизни колії. По ділянці проходять як вантажні, так і пасажирські поїзди різних мас рухаючись з різними швидкостями. До складу поїздів входять локомотиви і вагони різних типів. Все це визначає також відмінність величин напруги від взаємодії одиниць рухомого складу з елементами залізничної колії, різницю сил опору при пересуванні поїздів по ділянці, різницю витрат енергоресурсів. Але, між усіма вищезгаданими показниками існує стійкий взаємозв'язок. Кількість дефектів, їх складність, знос, як елементів рухомого складу, так і верхньої будови колії, а також розмір витрат, необхідних для забезпечення ефективної життєдіяльності цієї системи, безпосередньо залежать від типу і конструкції верхньої будови колії, рухомого складу, кількості перевозимих по ділянці вантажів і пасажирів, швидкості проходження рухомого складу. Усе різноманіття можливих варіантів експлуатаційних умов характеризує конкретний техніко-економічний рівень стану системи.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми і на які спирається автор**

Визначення техніко-економічного рівня стану транспортної системи у процесі реформування залізниці повинно забезпечити спрощення системи взаємодії між учасниками транспортного ринку [1].

### **Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується означена стаття**

Виходячи з умов математичної теорії ігор діяльність усіх господарств, що визначають функціонування і розвиток транспортної

системи, розглядається як поведінка суб'єктів з не протилежними інтересами. Під суб'єктом розуміємо окремих сегмент транспортної системи (окремі господарства залізничного транспорту), що має власні інтереси розвитку. Тут, функція виграшу кожного суб'єкта, висловлюючи найбільш ефективний розвиток в порівнянні з іншими суб'єктами при встановлених обмеженнях транспортної системи, засновано на мінімумі функції витрат на його розвиток:

$$Вді = f_i(x) \rightarrow \min$$

де  $Вді$  - сукупні витрати на функціонування  $i$ -го суб'єкта транспортної системи, грн.;

$x$  - вектор параметрів управління;

### **Формулювання цілей статті (постановка завдання)**

Метою даної статті є розробка економіко-математичної моделі, що дозволяє диференційовано визначити на кожній залізничній ділянці витрати на поточне утримання та амортизацію колії в залежності від експлуатаційних параметрів залізниці.

### **Виклад основного матеріалу дослідження з обґрунтуванням отриманих наукових результатів**

З економічної точки зору транспортну ситуацію, що складається з функціонування системи ( $n$ ) суб'єктів можна описати ( $n$ ) аналітичними функціями дисконтованих витрат їх діяльності.

$$Вд_1 = f_1(X), \dots, Вді = f_i(X), \dots, Вд_n = f_n(X);$$

Набір параметрів управління ( $x$ ) розбивається на ( $n$ ) наборів:

$$X = (x_1, \dots, x_n),$$

де  $x_i$  - набір параметрів, контрольованих  $i$ -м суб'єктом транспортної системи.

Суб'єкт володіє певною свободою вибору параметрів, якщо існує область ( $X$ ), така, що будь-яке значення з цієї області ( $x \in X$ ) може бути реалізовано суб'єктом.

Кожен суб'єкт транспортної системи вибором контрольованого їм набору параметрів в рамках заданих обмежень прагне мінімізувати рівень сукупних витрат на своє функціонування, а значить, максимізувати виграш - дохід ( $Ді$ ) і економічний ефект ( $Еі$ ).

При встановлених обмеженнях ресурсів інтереси суб'єктів транспортної системи в умовах її розвитку можуть стикатися, спонукаючи суб'єкта спочатку використовувати власні ресурси, а надалі, переважно розвиватися за рахунок ресурсів іншого суб'єкта.

Єдиний доцільний варіант недопущення в даному випадку зниження ефективності всієї транспортної системи - знаходження точки узгодженого оптимуму, що вимагає узгоджених дій конкуруючих сторін. Ситуація, в якій жоден із суб'єктів системи не може поліпшити свій стан, не завдавши своїми

діями шкоди іншим суб'єктам, називається узгодженим оптимумом. Тому стан узгодженого оптимуму є ідеальним або оптимальним для всіх.

Він визначається виходячи з наступного умови:

$$\frac{Df}{Dx} = 0,$$

де  $f = (f_1, \dots, f_n)$  вектор, складений з функцій виграшу  $f_i$ ;

$$\frac{D}{Dx} - \text{якобіан векторного перетворення } B_d = f(x)$$

$$\text{Тоді: } \frac{Df}{Dx} = \left| \frac{\partial f_i}{\partial x_k} \right|_1^n = \frac{\left| \frac{\partial f_1}{\partial x_1} \dots \frac{\partial f_1}{\partial x_n} \right|}{\left| \frac{\partial f_n}{\partial x_1} \dots \frac{\partial f_n}{\partial x_n} \right|} = 0;$$

Знаходження точки узгодженого оптимуму в умовах складної транспортної моделі можливо методом повного перебору.

Аналізуючи економічну ефективність інвестицій в нову систему ведення господарств інфраструктури, не можна не відзначити високу фондомісткість залізничного транспорту, що відповідно, значно знижує показник ефективності. У цьому випадку найбільш доцільним є застосування системного підходу та економіко-математичного моделювання процесів з детальним аналізом складових сукупних витрат системи.

Найбільшу складність при цьому викликає визначення експлуатаційних витрат функціонування транспортної системи, в яких найбільшу питому вагу мають витрати на паливо і витрати на поточне утримання та амортизацію верхньої будови колії.

Для розрахунку витрат палива використовуємо аналітичний метод рішення тягових завдань руху поїздів по реальній залізничній дільниці при використанні наступних характеристик: план і профіль колії, діючі обмеження швидкостей руху, параметри верхньої будови колії, одиниці рухомого складу, що експлуатуються і т.д. Витрати на паливо при пересуванні поїздів по ділянці знаходимо виходячи з:

$$B_n = \sum_{p=1}^2 \sum_{i=1}^n Pn_{pi} * O_n,$$

де  $Pn_{pi}$  - витрати палива на пересування  $i$ -го поїзда  $p$ -го типу по розрахунковій ділянці залізничної колії,  $t$ ;

$O_n$  - Оптова ціна палива, грн. / т;

$n$  - кількість поїздів  $p$ -го типу, що проходять по ділянці за рік, поїзд;

$p$  - кількість досліджуваних типів поїздів (вантажні, пасажирські).

Для підвищення точності і науковості виконання розрахунку витрат на поточне утримання та амортизацію верхньої будови колії вводимо деякі принципово нові положення, що більш чітко враховують особливості взаємодії елементів залізничної колії та рухомого складу. Загальна величина витрат на поточне утримання та амортизацію верхньої будови колії складається з наступних витрат: амортизаційні відрахування залізничної колії ( $B_{ам}$ ); робоча сила для поточного утримання колії ( $B_c$ ); поодинокі зміни рейок ( $B_p$ ); поодинокі зміни скріплень ( $B_{скр}$ ); поодинокі заміни шпал ( $B_{ш}$ ); баластні матеріали ( $B_6$ ).

З метою вдосконалення розрахункової бази вищезгаданих величин пропонуються наступні показники: зміна контактено-втомних руйнувань рейок ( $\alpha_p$ ); зміна терміну служби рейок ( $\beta_p$ ); зміна зносу рейок ( $\alpha_3$ ); зміна зносу шпал ( $\alpha_{ш}$ ); зміна деформації баластового шару ( $\alpha_6$ ).

Величина силових взаємодій рухомого складу і колії великою мірою формує шумовий та вібраційний стан транспортної системи, що в свою чергу визначає величини витрат, пов'язані з втратами по непрацездатності локомотивних та поїзних бригад по шумовий ( $B_{шм}$ ) та вібраційній ( $B_{вб}$ ) складових.

Встановленню пропонованих величин  $B_{шм}$  і  $B_{вб}$  має передувати визначення розроблених нами показників зміни площі стовпчастий діаграми шумового стану і зміни показника плавності ходу рухомого складу.

Звідси випливає, що вибір найбільш ефективного проектного рішення нових способів ведення господарств інфраструктури здійснюємо на основі аналізу техніко-економічного рівня всієї транспортної системи та її найбільш стійкого стану при мінімумі витрат.

Визначення техніко-економічного рівня стану транспортної системи проводиться на основі реалізації економіко-математичної моделі роботи ділянки залізничної колії. При цьому вся ділянка розбивається на окремі сегменти, які мають різну довжину, ухили, радіуси кривих, відповідні типи верхньої будови колії (включаючи рейки, шпали, скріплення, баласт). З огляду на тягові характеристики локомотивів, довжини прийомо-відправних колій і конструкційних особливостей рухомого складу, визначається маса вантажного і пасажирського поїздів. Аналітичним методом вирішуються тягові завдання руху вантажних і пасажирських поїздів по ділянці з урахуванням діючих постійних і тимчасових обмежень швидкості руху по конструкційних якостях рухомого складу та стану колії.

Рішення тягової завдання на кожному розрахунковому етапі вимагало встановлення наступних параметрів: швидкості руху, часу, сили тяги,

величини сумарного опору, використовуваної потужності, витрати палива. По швидкості руху і параметрам елементів верхньої будови колії, екіпажам локомотивів та вагонів визначаються напруги в рейках, шпалах, баласті з подальшим встановленням рівня дефектного стану елементів верхньої будови колії. В залежності від необхідності забезпечення відповідної точності рішення задачі і обчислювальних можливостей визначення техніко-економічних показників транспортної системи регламентується прийнятим кроком інтегрування.

Далі розраховуються групи показників:

а) експлуатаційних: середньодобовий і річний пробіги, кількість пар поїздів, потрібні парки локомотивів та вагонів різних типів, річна продуктивність і т.д.;

б) економічних: витрати на паливо, екіпіровку, мастило, ремонт, технічне обслуговування рухомого складу, витрати на утримання локомотивних і поїзних бригад; на обслуговування, ремонт, амортизацію постійних пристроїв інфраструктури.

Величина витрат на поточне утримання та амортизацію верхньої будови колії по всій розрахунковій ділянці визначається підсумовуванням величин витрат по елементарним ділянкам:

$$B_{ny} = \sum_{i=1}^n B_{ny_i},$$

де  $B_{ny_i}$  - величина витрат на поточне утримання та амортизацію верхньої будови колії на  $i$ -й елементарній ділянці залізничної колії, грн.

#### **Висновки з даного дослідження**

Отримана економіко-математична модель дозволяє диференційовано визначити на кожній  $i$ -й елементарній ділянці витрати на поточне утримання та амортизацію колії по наступним елементам:

$$B_{ny_i} = B_{am_i} + B_{c_i} + B_{r_i} + B_{скr_i} + B_{ш_i} + B_{б_i};$$

Розроблена модель включає також визначення величин капітальних вкладень: у локомотивний і вагонний парки, в колійний розвиток станцій, на технологічне обладнання та реконструкцію об'єктів інфраструктури, в оборотні кошти.

#### **Перспективи подальших робіт у цьому напрямку**

З урахуванням безлічі реалізацій економіко-математичної моделі транспортної системи в ході повного перебору параметрів управління  $X$  відшукується рішення, яке за рівнем ефективності збігається або наближається до точки глобального оптимуму.

#### **Література**

1. Міщенко М.І. Формування інфраструктури залізниць в умовах реструктуризації [Текст] / Проблеми підвищення ефективності інфраструктури. Збірник наукових праць: Випуск 21.-Київ: НАУ, 2009.-с.265.

