

Канін О.П., канд.техн.наук, Шпиг А.Ю.

## МОДЕЛЬ ОБҐРУНТУВАННЯ РІВНЯ ВТРУЧАННЯ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ ДОРІГ

**Анотація.** Розроблено імітаційну модель обґрунтування рівня втручання – рейтингу стану елементу дороги, при якому найбільш вигідно виконувати ремонтні роботи.

**Ключові слова:** державно-приватне партнерство, рівень втручання, експлуатаційний стан, рівень обслуговування.

**Аннотация.** Разработана имитационная модель обоснования уровня вмешательства – рейтинга состояния элемента дороги, при котором наиболее выгодно выполнять ремонтные работы.

**Annotation.** Imitating model was developed about level foundation of the interference in such rating of the condition of road element, which is the most useful for the fulfilling of repairing work.

**Постановка проблеми.** Важливою проблемою в експлуатації автомобільних доріг є обґрунтування об'ємів та моменту часу виконання робіт з ремонту та утримання доріг, які забезпечують мінімальні витрати. Особливо актуальною ця проблема стає в умовах здійснення засад державно-приватного партнерства в дорожній галузі. Для визначення об'ємів робіт потрібно обґрунтувати оптимальний рівень втручання в стан елементів дороги та відповідний рівень утримання елементів доріг.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В останні два десятиліття в світі широко використовується механізм державно-приватного партнерства (ДПП) для розвитку суспільно важливих галузей економіки. Відповідно до “Зеленої книги про державно-приватне партнерство”, прийнятої в рамках Євросоюзу, ДПП відноситься до форм співпраці між органами державної влади та сферою бізнесу, які прагнуть гарантувати фінансування, будівництво, реконструкцію, управління та обслуговування інфраструктури або надання послуг [1].

Сьогодні в умовах бюджетного дефіциту дорожній галузі України слід звернути увагу на таку широко застосовувану за кордоном форму ДПП, як контракти за показниками якості виконуваних робіт (КПЯ). КПЯ – це тип контракту, в якому оплата робіт по управлінню та утриманню дорожньої інфраструктури залежить від виконання або перевиконання підрядником чітко поставлених мінімальних вимог по якісним показникам. КПЯ відрізняються від традиційних контрактів тим, що значна кількість ризиків і обов’язків, які раніше несла державна дорожня організація, тепер покладені на підрядника. Вперше КПЯ на дорожнє обслуговування був випробуваний у Британській Колумбії, Канада, в 1988 році [2]. На сьогодні за допомогою КПЯ по всьому світу (наприклад, США, Австралія, Нова Зеландія, Латинська Америка) підтримується у належному стані значна кількість автомобільних доріг.

Український досвід у сфері ДПП практично відсутній, хоча законодавча та нормативно-правова база України [3], в цілому, дозволяє формувати різні типи державно-приватних партнерств. Найбільш поширеними в Україні формами ДПП є контракти на надання послуг, лізинг (оренда), концесія [4].

До складу таких контрактів включаються якісні показники, підтримка яких в межах допустимих значень впливає на транспортно-експлуатаційний стан автомобільних доріг.

**Постановка завдання.** Потрібно розробити модель оптимізації рівня втручання при плануванні ремонтних заходів на основі показників експлуатаційного стану елемента дороги.

**Виклад основного матеріалу.** Будь-який елемент дороги після введення в експлуатацію поступово деградує. З іншого боку, завдяки проведенню ремонтних заходів – стан його відновлюється (рис.1). Відповідно до інструкції [5] кожен елемент дороги протягом життєвого циклу перебуває послідовно в одному з п’яти експлуатаційних станів:

1.  $S_1$  – відповідає першому експлуатаційному стану і має назву “відмінний” та знаходиться в межах від 100 до 80 балів. У цьому стані елементи перебувають або після введення дороги в експлуатацію, або після ремонту;
2.  $S_2$  – відповідно, другий експлуатаційний стан (“добрий”) з границями рейтингу стану в межах від 80 до 60 балів;
3.  $S_3$  – “задовільний” експлуатаційний стан з границями рейтингу стану в межах від 60 до 40 балів;

4.  $S_4$  – “поганий” експлуатаційний стан, рейтинг якого знаходиться в межах від 40 до 20 балів;
5.  $S_5$  – “аварійний” експлуатаційний стан, границі рейтингу якого знаходяться в межах від 20 до 0 балів. У цьому стані автомобільна дорога потребує проведення капітального ремонту або реконструкції.

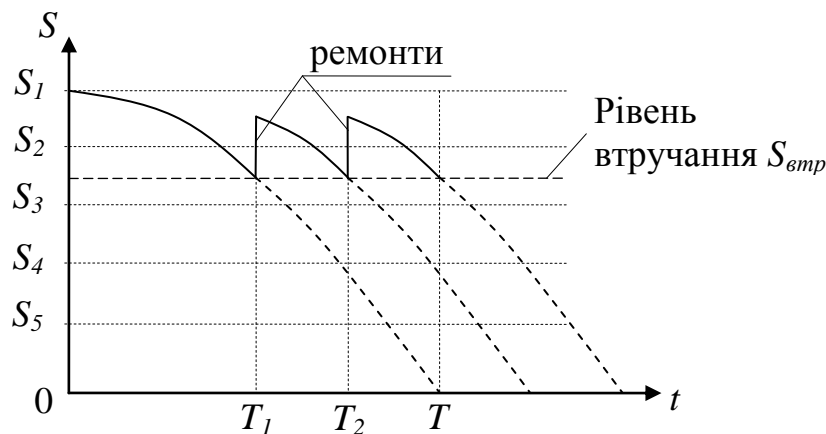


Рис. 1. Зниження якісних показників елементу протягом життєвого циклу автомобільної дороги

Кожен з цих експлуатаційних станів відповідає певному рівню обслуговування автомобільних доріг. На рівень обслуговування впливає рівень втручання – такий розмір пошкодження, при якому необхідно виконувати певні ремонтно-відновлювальні заходи. Проте, значення рівня втручання, тобто конкретний експлуатаційний стан дороги  $S_i$  ( $i = 1, 2 \dots 5$ ), та відповідно цьому значенню час проведення ремонту  $T_i$  ( $i = 1, 2 \dots n$ ) є випадковими. Вони залежать від конкретних умов експлуатації елемента дороги.

В основу розробки моделі вибору оптимального часу проведення ремонтних заходів можна покласти такі теоретичні передумови: процес деградації стану елементу дороги є стохастичним, тобто час перебування в певному експлуатаційному стані є випадковою величиною і залежить від випадкових змін інтенсивності руху, впливу зовнішнього середовища, внутрішніх змін. Розробка аналітичної стохастичної моделі для подібних стохастичних процесів можлива лише при дуже малих перехідних ймовірностях. В цьому випадку краще використати імітаційне моделювання – метод дослідження, при якому система, яку вивчають, замінюється моделлю, що описує реальну систему, і з

нею проводяться експерименти з метою отримання інформації про цю систему [6].

Для побудови загальної моделі припускається, що:

1. Розглядувані елементи автомобільної дороги мають однакову вихідну вартість.
2. Вигин кривої деградації для кожного елемента буде різним, але всі вони будуть вигнуті догори.
3. Для порівняння застосовується економічний критерій – величина дорожньо-транспортних витрат:

$$\dot{A} = D + T \quad (1)$$

Виходячи з цього можна сказати, що потрібно знайти кількість ремонтів протягом терміну  $T$  та час їх проведення. Тобто, потрібно знайти таку стратегію, при якій:

$$0 \leq T_i \leq T, (i=1, 2, \dots, n)$$

при умові

$$T_{i+1} \geq T_i$$

щоб

$$E = \sum_{i=1}^n E_i \rightarrow \min \quad (2)$$

Дану модель можливо використовувати для будь-якого елемента автомобільної дороги. Наприклад, для водопропускних труб вартість витрат буде розраховуватися за такою ж самою формулою, але без врахування транспортних витрат:

$$E = D \quad (3)$$

У якості методу оптимізації можна використати послідовний перебір значень рівня втручання з підрахунком для кожного значення величини

критерію (2) або (3) за допомогою імітаційної моделі з наступним вибором такого рівня, який дає мінімальну величину критерію. Імітаційна модель повинна спиратись на оцінку закону розподілу часу, за який крива деградації стану елементу дороги досягне певного рівня. Така оцінка може бути отримана шляхом накопичення даних спостережень змін рейтингу стану елементу за допомогою системи моніторингу стану доріг [5]. Для моделювання випадкового характеру деградації стану елементу дороги застосовується метод Монте-Карло.

### **Висновок**

Перебування деякого елемента автомобільної дороги в межах певного рівня обслуговування залежить від рівня втручання. Для оптимізації рівня втручання доцільніше застосовувати імітаційне моделювання.

### **Література**

1. Green paper on public-private partnerships and community law on public contracts and concessions // Commission of the European communities. – Brussels, 2004. – 22 p.
2. Наталья Станкевич, Наваид Кюреші и Цезарь Кейроз. Содержание и улучшение дорожной инфраструктуры с помощью контрактов, основанных на показателях качества работ. // Транспортный бюллетень TN-27. – Всемирный банк, Вашингтон, США. – 2005. – 14 с.
3. Закон України “Про загальні засади державно-приватного партнерства” // ВВР. – 2010. - № 40. – С. 524.
4. Винницький Б., Лендшел М., Онищук Б., Сегварі П. Досвід та перспективи впровадження державно-приватних партнерств в Україні та за кордоном. – К.: «К.І.С.», 2008. – 146 с.
5. Інструкція по визначенню рівнів експлуатаційного стану автомобільних доріг державного значення та їх елементів. ІН В.3.1-218-336:2010 // Укравтодор. – 48с.
6. Таха, Хемди А. Введение в исследование операций, 7-е издание. Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. - 912 с.