

Шпиг А.Ю.

## ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ОБҐРУНТУВАННЯ СТРАТЕГІЙ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

**Анотація.** Запропонований алгоритм імітаційного моделювання обґрунтування стратегії експлуатації автомобільних доріг, на основі якого розроблено комп'ютерну програму.

**Ключові слова:** стан елемента, імітаційне моделювання, марківський процес.

**Аннотация.** Предложен алгоритм имитационного моделирования обоснования стратегии эксплуатации автомобильных дорог, на основе которого разработана компьютерная программа.

**Ключевые слова:** состояние элемента, имитационное моделирование, марковский процесс.

**Annotation.** This article is about introduced algorithm of imitating model of the foundation of the strategy of automobile roads operation, on which a computer program is designed.

**Keywords:** status element simulation, markov process.

**Постановка проблеми.** Процес прийняття рішення щодо вибору ремонтних заходів для підтримки потрібного експлуатаційного стану доріг дуже складний. Тому проблема визначення оптимальної стратегії ремонтів та утримання доріг ще не знайшла свого науково-обґрунтованого вирішення. Для оптимізації стратегії найбільш доцільне застосування імітаційних моделей.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У більшості країн світу утриманню автомобільних доріг приділяється дуже велика увага. Саме від стану мережі доріг залежить стабільний економічний розвиток країни. Але, на жаль, нинішній стан доріг далеко не найкращий. Тому, починаючи з кінця минулого століття, вчені в усьому світі зробили чимало спроб, щоб оптимізувати рівень утримання доріг.

Системи управління станом дорожніх одягів, які набули значного поширення в країнах світу, отримали аббревіатуру PMS (Pavement Management System). Дорожній тест AASHO в 1958-61 роках та дослідження, які з ним пов'язані, зробили величезний внесок в управління станом дорожнього одягу. На основі цього тесту були розроблені перші системи управління дорожнім одягом [1]. За допомогою PMS вирішуються задачі обґрунтування необхідних заходів щодо ремонту та утримання покриття.

У 1976 році Світовим Банком була розроблена і впроваджена модель HDM (Highway Design and Maintenance Standards Model) [2], яка призначалася для порівняння проектів дорожнього будівництва та реконструкції і розробки програм експлуатації автомобільних доріг. На основі HDM були розроблені програми HDM-III та HDM-4, які широко використовуються в різних країнах.

В Україні для управління станом автомобільних доріг використовуються такі програмні комплекси, як СУСП (Система управління станом покриття), АЕСУМ (Аналітична експертна система управління мостами) та СУПРУД (Система управління поточним ремонтом та утриманням доріг), розроблені в Національному транспортному університеті за участю ДП «Укрдіпродор» та ДерждорНДІ.

Проте, незважаючи на такі світові досягнення, питання оптимізації утримання мережі доріг у належному стані залишається відкритим.

**Постановка завдання.** Розробка алгоритму та комп'ютерної програми для обґрунтування стратегій експлуатації автомобільних доріг з використанням імітації.

**Виклад основного матеріалу.** Стратегія експлуатації автомобільних доріг повинна базуватись на передбаченні деградації елементів доріг і споруд на них, спричинених дією процесів втомлювання від повторних транспортних навантажень, впливом кліматичних і гідрологічних чинників, старіння матеріалів конструкцій, втручання дій з підтримки інших інфраструктурних об'єктів і процесом відновлення експлуатаційних якостей елементів доріг.

Стратегією експлуатації доріг можна назвати послідовність виконання в часі поточних та капітальних ремонтів. Існує багато варіантів стратегії експлуатації, тому для вибору однієї з них – найкращої – необхідний критерій, який надає перевагу одній стратегії над іншою. Таким критерієм прийнято

вважати мінімальні дорожньо-транспортні витрати. Алгоритм обчислення дорожньо-транспортних витрат наведений в [3].

З часом, в міру того, як в елементах споруди накопичуються дефекти, її надійність зменшується. Тобто розглядаються моделі накопичення пошкоджень, що виникають в результаті зносу елемента споруди. Процес деградації описується марківським процесом [4]. Виходячи з цього можна сказати, що елемент може знаходитися послідовно в одному з п'яти станів  $S_1, S_2, \dots, S_5$ , а переходи з одного дискретного стану в інший здійснюються у моменти часу  $t_1, t_2, \dots, t_5$  (рис. 1). Кожен стан має якісні та кількісні показники. Їх характеристика наведена в [5].

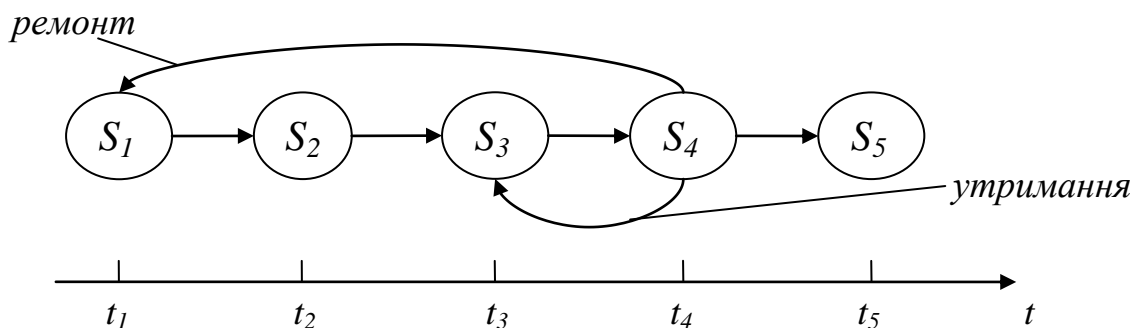


Рис. 1. Граф станів елемента споруди

Задачу обґрунтування стратегії можна розв'язати методом імітаційного моделювання за укрупненим алгоритмом, наведеним на рис. 2.

Для визначення наступного стану елемента використовується метод Монте-Карло [6]. Рівномірно розподілені в інтервалі від 0 до 1 випадкові числа розігруються за допомогою функції - генератора випадкових чисел.

На основі даного алгоритму розроблена комп'ютерна програма, екранна форма якої наведена на рис. 3. Вона може слугувати в якості вихідної для подальшого удосконалення.

За цією програмою елемент дороги може обслуговуватися з різними стратегіями. Починаючи з стану  $S_2$  будь-який елемент можна переводити в стан  $S_1$ , з стану  $S_3$  в стан  $S_2$  або  $S_1$  і т.д. шляхом проведення певних ремонтно-відновлювальних робіт. Стан  $S_5$  є поглинаючим, тобто виходу з нього немає. При стані  $S_5$  потрібно проводити реконструкцію. Зміна станів елемента задається матрицею перехідних ймовірностей (рис. 3).

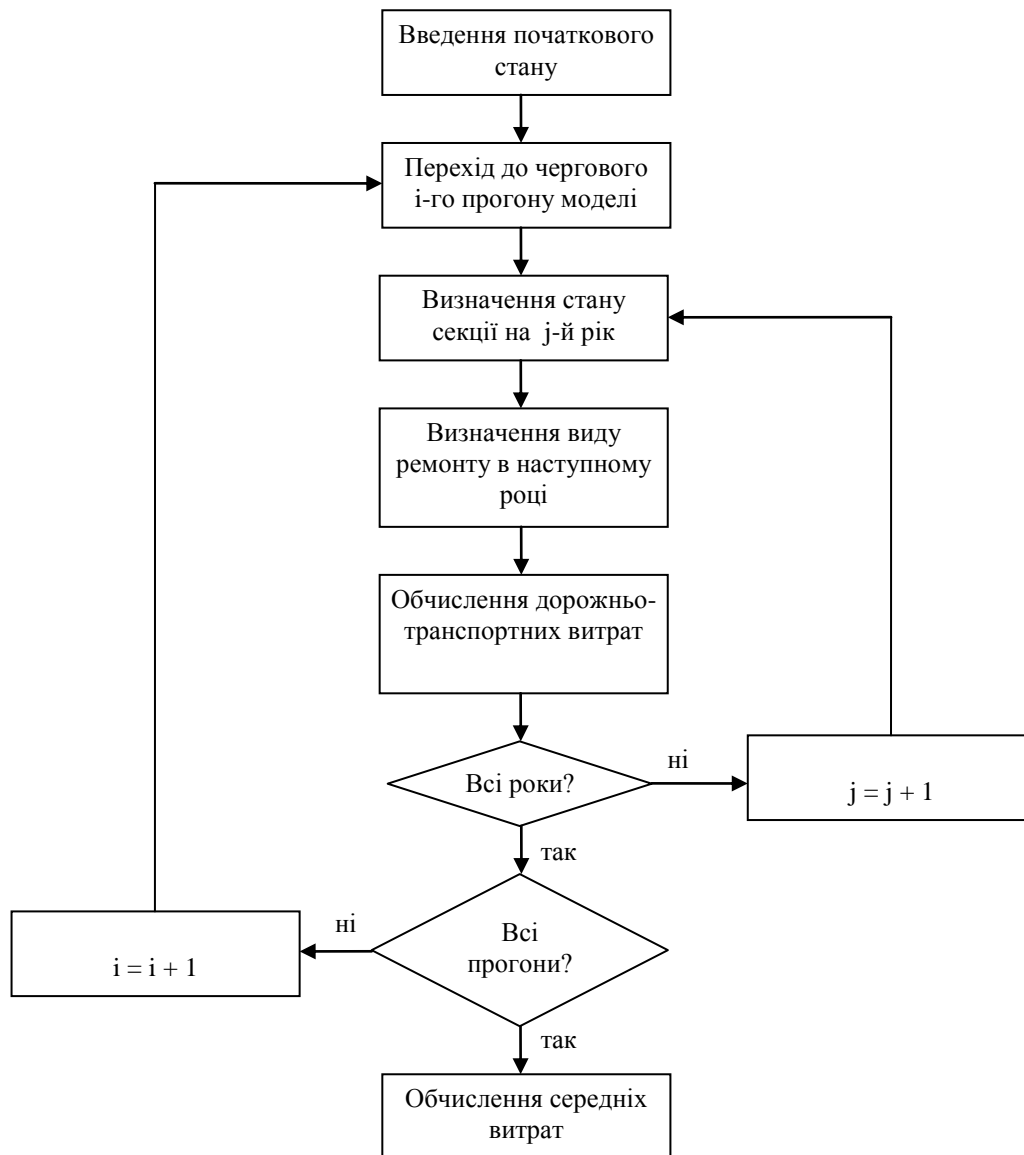


Рис. 2. Схема алгоритму імітаційного моделювання

Стратегія ремонту задається вектором «Стратегія», у якому 0 означає відсутність ремонту, а 1 – проведення ремонту. При певній стратегії потрібно зробити велику кількість прогонів для того, щоб отримати потрібний результат.

За допомогою імітаційної моделі можна дослідити вплив різних факторів на ефективність стратегій ремонту.

### Висновок

За допомогою розробленої комп'ютерної програми можливо прогнозувати стан будь-якого елементу доріг. В подальших дослідженнях програму доцільно деталізувати за рахунок збільшення кількості станів елементу. Це дозволить точніше обґрунтувати так званий рівень втручання – таке значення

експлуатаційного параметру, при якому потрібно виконувати ремонт або утримання елемента дороги.

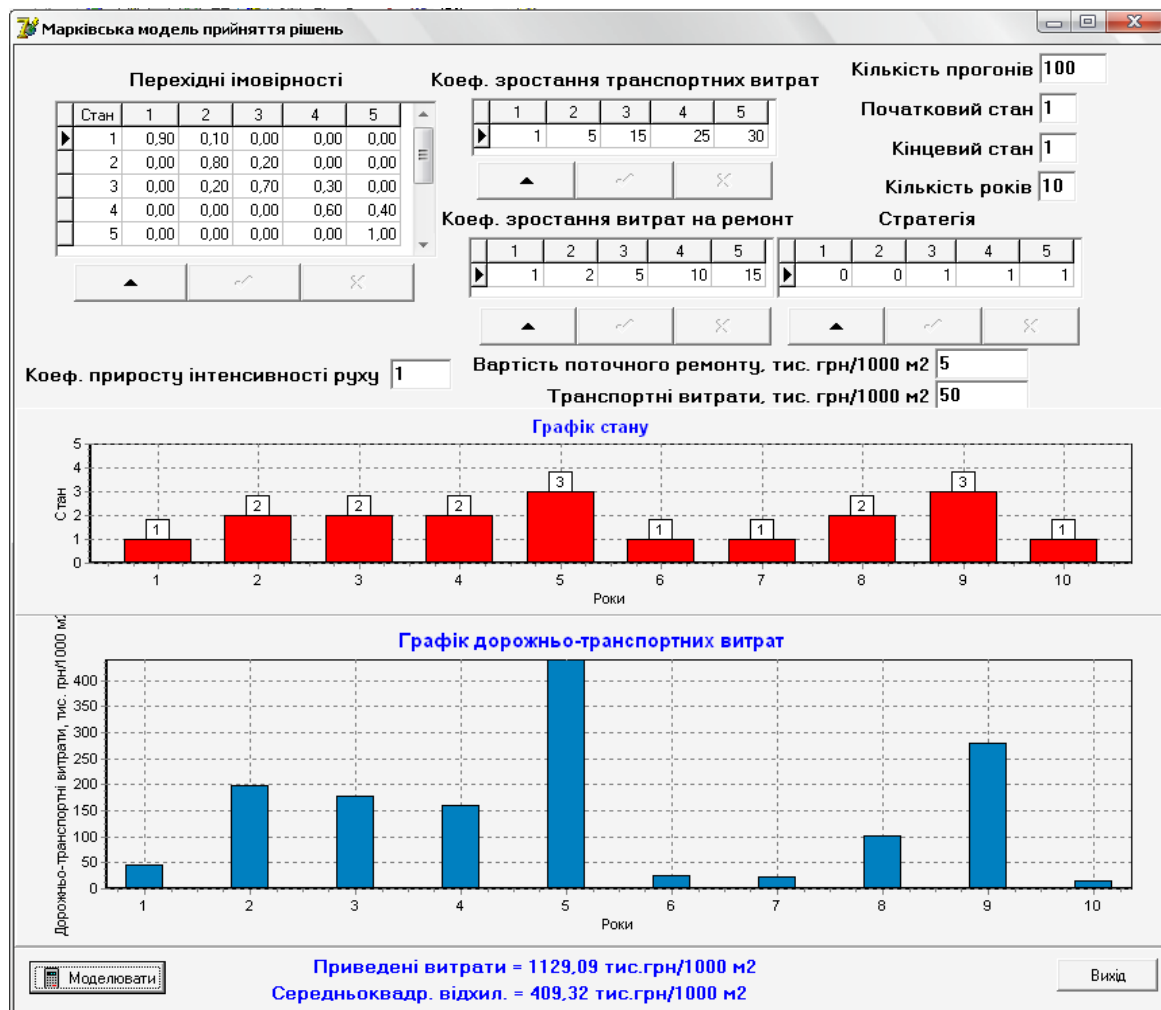


Рис. 3. Комп'ютерна реалізація імітаційної моделі

## Література

1. Haas and Hudson 1978 and Haas et al 1994, TAC 1997, AASHTO 1993.
2. HDM – 4. Highway Development & Management. Volume one. Overview of HDM – 4 // Henry G.R. Kerali. PIARC, World Bank Association, 2000.- 53 p.
3. Шпиг А.Ю. Модель обґрунтування рівня обслуговування елементів автомобільних доріг. // Вісник Національного транспортного університету: В 2-х частинах: Ч.1. – К.: НТУ. – 2010. – Вип. 21. – с. 94-99.
4. Лантух-Лященко А.І. Оцінка технічного стану транспортних споруд, що знаходяться в експлуатації. // Вісник ТАУ та УТУ. – К., РВВ УТУ. – 1999. – Вип. 3. – с. 59-63.
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, Хемеди А. Введение в исследование операций, 7-е издание. Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс». – 2005. – 912 с.