України та Укравтодору створене окреме підприємство — ДП «Українські дорожні інвестиції «Укрдорінвест», метою діяльності якого є забезпечення поточного управління підготовкою та реалізацією інвестиційних проектів [6].

Таким чином, проведений аналіз щодо можливостей впровадження інвестицій та інновацій в розвиток дорожньої галузі України свідчить, що фінансування галузі необхідно здійснювати як із застосуванням фіскальних стимулів, так і шляхом укладання концесійних угод, розміщення на внутрішньому і зовнішньому фондових ринках цільових емісійних цінних паперів, формування міжнародних фінансово-промислових груп, застосування лізингових механізмів, залучення коштів приватних інвесторів та міжнародних фінансових інститутів. Однак забезпечення виконання таких угод можливе при застосуванні сучасних ресурсозберігаючих технологій та оптимізації витрат при дорожньому будівництві.

Література

1. Демішкан В.Ф. Автошляхи — європейський клас [Електронний ресурс] / В.Ф. Демішкан; кореспондент П.Селецький // Урядовий портал — Режим доступу.: http://www.kmu.gov.ua/control/publish/article?art_id=520367

2. Демішкан В.Ф. Перспективи дорожнього будівництва із застосуванням механізмів державно-приватного партнерства / В.Ф.Демішкан; кореспондент В.Бикова // Инвест — Украина. — 2010. — №4(43). — С. 84-87

3. Гуржос В.М. Це міф, що платні дороги можуть змінити ситуацію. 75 відсотків наших доріг потребують капітального ремонту та реконструкції [Електронний ресурс] / В.М.Гуржос; кореспондент Р.Скрипін // Radiosvoboda.org — Режим доступу.; http://www.radiosvoboda.org/content/article/1951218.html

4. Місцевим дорогам — посилена увага. Впровадження сучасних матеріалів і технологій для капітального ремонту автомобільних доріг місцевого значення / С.К.Головко // Дорожня галузь України. — 2010. — № 2. — С. 62-63.

5. Дороги дорогі, та бездоріжжя ще дорожче. Вартість будівництва 1 км дороги // Дорожня галузь України. — 2010. — № 2. — С. 16-18.

6. Автомобільні дороги — інвестиції в майбутнє / О.В. Дубова // Дорожня галузь України. — 2010. — № 2. — С. 48-50

7.Транспортна політика України та її наближення до норм Європейського Союзу / [Сирийчик Т., Фургальські А., Клімкевич Х. та ін.]; за ред. М.Свєнчіцкі. — К.: Аналітично-дорадчий центр Блакитної стрічки, 2010. — 102.

8. Закон «Про державно-приватне партнерство» м.Київ, 1 липня 2010 року N 2404 — VI [Електронний ресурс] — Режим доступу.: http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=2404-17

9. Закон України Про концесії на будівництво та експлуатацію автомобільних доріг (Стаття 1) м. Київ, 14 грудня 1999 року N 1286 — XIV (В редакції Закону N 891-VI від 15.01.2009)

УДК 625.76:338.2

МОДЕЛЬ ОБҐРУНТУВАННЯ РІВНЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Шпиг А.Ю.

У статті розглядається підхід щодо обґрунтування рівня обслуговування елементів доріг, на основі якого запропоновано імітаційну модель обчислення сумарних дорожньо-транспортних витрат та наведено укрупнений алгоритм імітації.

This article is about the approach of level study of service road elements, on which base it was proposed imitating model of total calculation of road-traffic costs and put enlarged algorithm of imitating.

Постановка проблеми. Автомобільні дороги є життєвонеобхідними артеріями країни, від яких залежить робота всієї тарнспортної системи. Однак в останні роки виникла низка проблем з утриманням автомобільних доріг у відповідному стані. Складність полягає в обгрунтуванні рівня втручання та рівня обслуговування автомобільних доріг.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом почали звертати велику увагу на стан автомобільних доріг, який повинен відповідати сучасним вимогам. Так, як мережа автомобільних доріг уже сформована, то увага вчених прикована до експлуатації та утримання автомобільних доріг, а особливо — до рівня втручання, що впливає на вибір ремонтних заходів.

© Шпиг А.Ю., 2010

У світі використовуються різні системи управління станом дорожніх одягів, такі як PMS (Pavement Management System), HDM (Highway Design and Maintenance Standards Model). В Україні такою моделлю є СУСП (Система управління станом покриття).

У ХНАДУ розроблена розрахункова модель, яка дозволяє виконувати комп'ютерний аналіз експлуатаційного стану автомобільних доріг за умов недостатнього тривалого недофінансування.

Але й досі питання обгрунтування рівня втручання потребує глибокого і повного вивчення.

Постановка завдання. Оптимізація рівня втручання та рівня обслуговування шляхом розробки відповідних моделей.

Виклад основного матеріалу. Окрема автомобільна дорога повинна розглядатись в рамках управління проектами, тому що являє собою проект з усіма його характерними ознаками: має початок (будівництво або реконструкція) і кінець (реконструкція або утилізація). Найважливішою фазою проекту автомобільної дороги є фаза експлуатації, коли вона виконує своє призначення — задовольняє вимоги споживачів.

Елементи доріг, (наприклад, покриття, штучні споруди, інженерне облаштування, тощо) в фазі експлуатації знаходяться під впливом двох протилежних процесів: процесу деградації властивостей в результаті дії зовнішніх та внутрішніх факторів та процесу відновлення властивостей шляхом виконання ремонтних робіт. Процес деградації вважається неперервним, а процес відновлення — дискретним.

Об'єми та момент часу виконання робіт залежать від так званого рівня втручання — значення визначального параметру, який характеризує ступінь відповідності властивостей елементу нормативним вимогам в залежності від категорії дороги та деяких інших. Обгрунтування рівня втручання — це встановлення компромісу між вимогами користувачів (автомобільного транспорту) і можливостями підтримки певного рівня стану елементу дорожньою службою. Рівень втручання визначає інший комплексний показник — рівень обслуговування дороги.

Оптимізація рівня втручання і, відповідно, рівня обслуговування являє собою складну техніко-економічну задачу і потребує розробки відповідних цій складності моделей.

Сучасний стан уявлень про обгрунтування рівня втручання та рівня обслуговування елементів доріг базується на:

- моделях деградації стану елементу;
- методах оптимізації рівня втручання за техніко-економічними критеріями.

Фундаментальним поняттям цих моделей і методів є поняття стану елементу дороги та його узагальнення на функціональні групи елементів (земляне полотно, штучні споруди, дорожній одяг, тощо) або на всю дорогу, як правило, стан елементу залежить від декількох параметрів, які в сукупності утворюють складну багатомірну картину.

Починаючи з так званого тесту American Association of State Highway Officials (AASHO) [1], виконаного в США наприкінці 1950-х — на початку 1960-х років, стан покриття дорожнього одягу з його всіма пошкодженнями різного виду оцінювався за безрозмірною шкалою. Тест AASHO був задуманий як дослідження експлуатаційних якостей дорожніх одягів відомої товщини під впливом рухливих навантажень відомої величина та частоти. В тесті вивчались цементобетонні і асфальтобетонні покриття. Для проведення тесту в 1956-1958 роках були споруджені шість кільцевих ділянок з різними типами покриттів, кожна з яких на протязі 1958-1960 років навантажувалась рухом сідельних тягачів з напівпричепами певних видів. Вивчались: рівність і візуальні пошкодження; прогини і напруження; індекс експлуатаційного стану (**Present Serviceability Index** — PSI) покриття. Потім ця шкала була трансформована в 100-бальну шкалу, а показник було названо — Pavement Condition Index (PCI).

В тесті AASHO були висунуті гіпотези відносно залежності розмірів пошкоджень від числа навантажень. Форма функції пошкоджень мала такий вид:

$$g_t = (ESA_t / \rho)^{\beta}, \qquad (1)$$

де g_t — пошкодження в момент t;

ESA_t — сума еквівалентних стандартних осьових навантажень на момент t;

C — критичний рівень пошкодження;
B — норма збільшення пошкодження.

В результаті були отримані кількісні оцінки зносу дорожнього одягу.

Дослідження AASHO були використані при створенні так званих систем управління станом дорожніх одягів — PMS, перш за все, для обґрунтування послідовності превентивних та капітальних ремонтів, яка забезпечує мінімізацію дорожньо-транспортних витрат.

В подальшому процеси деградації були досліджені Світовим банком при створенні системи, яка називалась HDM і була призначена для комбінування технічної та економічної оцінки дорожніх одягів, підготовки дорожніх інвестиційних програм і аналізу стратегій розвитку мережі автомобільних доріг [2]. Перший рух в напрямку розробки моделі оцінки дорожніх проектів був зроблений в 1968 р. Світовим банком (World Bank) разом з Transport and Road Research Laboratory (TRRL) Великої Британії та Laboratoire Central des Ponts et Chaussees (LCPC) Франції. Після цього Світовий банк запропонував Массачусетському технологічному інституту (MIT) провести літературний огляд та сконструювати модель, яка б базувалась на можливій на той час інформації. В результаті була розроблена Дорожня вартісна модель (Highway Cost Model — HCM), яка була значним досягненням відносно інших моделей, які використовувались для дослідження взаємодії між вартістю дорожніх робіт та транспортних витрат. В наступний період були створені моделі HDM-III та HDM-4, які широко використовуються в світі, особливо в країнах третього світу.

В Національному транспортному університеті розроблена Система управління станом покриття (СУСП) [3]. Задача системи полягає в вимірюванні таких показників стану доріг, як міцність, рівність та коефіцієнт зчеплення, і прогнозування на цій основі потреби в поточних та капітальних ремонтів дорожніх одягів. Для умов України була досліджені природа та закономірності деградації рівності нежорстких дорожніх одягів [4] і обґрунтована оптимальна стратегія ремонтів дорожніх одягів [5]. На цій основі були розроблені нормативні показники рівності в залежності від категорії дороги.

Рівність покриття обчислюється за формулою:

$$S(t) = S_0 + \alpha \cdot t \cdot e^{c \cdot t}, \qquad (2)$$

де S_0 — показник рівності в рік вимірювання, см/км;
α — коефіцієнт, який залежить від дорожньо-кліматичної зони, фактичного коефіцієнту запасу міцності, типу місцевості за умовами зволоження, числа смуг руху, приведеної товщини верхніх зв'язних шарів дорожнього одягу, розрахункової добової інтенсивності руху в осьових навантаженнях групи А на смугу руху в нульовий рік, показника структурної міцності несучого шару, ширини смуги руху, коефіцієнту неоднорідності міцності дорожнього одягу;
t — час, років;

$$c = 0,02 + 0,0035 \cdot q, \qquad (3)$$

де q — коефіцієнт приросту інтенсивності руху.

Транспортні витрати в СУСП визначаються за формулою:

$$T = \sum_{i=0}^{t} \frac{(1+q)^i \cdot (a_0 + a_1 \cdot (S_0 + \alpha \cdot i \cdot \exp(c \cdot i)))}{(1+d)^i}, \qquad (4)$$

де t — кількість років між спорудженням покриття (або капітальним ремонтом) і наступним капітальним ремонтом (або реконструкцією);
q — щорічний приріст інтенсивності руху;
a_0, a_1 — коефіцієнти для визначення витрат;
d — коефіцієнт дисконтування для приведення витрат до нульового року.

Дорожня складова витрат спрощено обчислюється за формулою:

$$D = A + \left[\frac{B_1}{(1+d)^{t_1}} + \frac{B_2}{(1+d)^{t_2}} + \ldots \right] + L(t), \qquad (5)$$

де A — вартість 1 км капітального ремонту, грн;

$B_1, B_2, \ldots$ — вартість першого, другого і т.д. відновлювальних поточних ремонтів відповідно, грн/км;

$t_1, t_2, \ldots$ — рік виконання першого, другог і т.д. відновлювальних поточних ремонтів;

$L(t)$ — витрати на поточний ремонт.

Більш детально з питання вартості поточного ремонту можна ознайомитись в роботі [6].

Сумарні дорожньо-транспортні витрати:

$$E = D + T = A + \left[\frac{B_1}{(1+d)^{t_1}} + \frac{B_2}{(1+d)^{t_2}} + \ldots \right] + L(t) +$$
$$+3,06 \cdot N_0 \cdot \sum_{i=1}^{n} \mathrm{E}_i \cdot p_i \cdot \sum_{i=0}^{t} \frac{(1+q)^i \cdot (a_0 + a_1 \cdot (S_0 + \alpha \cdot i \cdot \exp(c \cdot i)))}{(1+d)^i}, \qquad (6)$$

де N_0 — фактична інтенсивність руху в нульовий рік, авт./добу;

E_i — коефіцієнт зведення автомобілів i-х вагових груп до економічно розрахункового автомобіля;

p_i — відсоток автомобілів i-ї вагової групи в потоці.

Економіко-математична модель приведених середньорічних сумарних дорожньо-транспортних витрат включає також і приведені до нульового року дорожні витрати, необхідні для виконання ремонтів покриття. Ремонти в цій моделі виконуються при досягненні показником рівності граничних нормативних показників. Таким чином, нормативні показники рівності і є рівнем втручання. Величина дорожньо-транспортних витрат залежить від рівня втручання, і існує такий рівень втручання, при якому дорожньо-транспортні витрати будуть мінімальними.

Однак, на нашу думку, на сьогоднішній день залежність (6) потребує уточнення як в плані застосування більш адекватних моделей прогнозування змін інтенсивності та складу руху та інших параметрів моделі, так і в плані врахування сучасних економічних реалій, які стосуються оцінок транспортної та дорожньої складової вартості. По суті, модель (4), хоча і отримана шляхом обробки статистичних спостережень, являє собою детерміновану модель. Коефіцієнт приросту інтенсивності руху вважається постійним в часі, але за даними спостережень Укрдіпродору він має значні коливання і може зменшуватись, як було, наприклад, у 2009 році. Очевидно, що і щорічний приріст інтенсивності руху, і коефіцієнт α — це випадкові величини.

Навіть при відомих законах розподілення цих випадкових величин, задачу (4) не можна вирішити аналітичними методами із-за великих обчислювальних труднощів. Тому найбільш реалістичним напрямком є створення імітаційної моделі, в якій реалізації випадкових величин здійснюються методом Монте-Карло [7].

Імітаційне моделювання — це метод, що дозволяє будувати моделі процесів, що описують, як ці процеси проходили б насправді. Таку модель можна «програти» в часі як для одного випробування, так і заданої їх кількості. При цьому результати визначатимуться випадковим характером процесів. За цими даними можна отримати достатньо стійку статистику. Імітація є випадковим експериментом, тому всілякий результат, отриманий шляхом імітаційного моделювання, містить експериментальні помилки і, тому, як і в будь-якому статистичному експерименті, повинен обґрунтовуватись відповідними статистичними перевірками [7].

В якості механізму системного часу в пропонованій імітаційній моделі доцільно вибрати метод «Δt», тобто розглядати стан системи через рівні проміжки часу, наприклад, як в СУСП через один рік. Тоді для чергового i-го періоду (року) за відомими оцінками законів розподілу випадкових величин моделі (4) для q, a_0, a_1, α методом Монте-Карло розігруються конкретні значення, які підставляються в (4) та (5), і на їх основі обчислюються сумарні дорожньо-транспортні витрати. Обчислювання здійснюються за таким укрупненим алгоритмом:

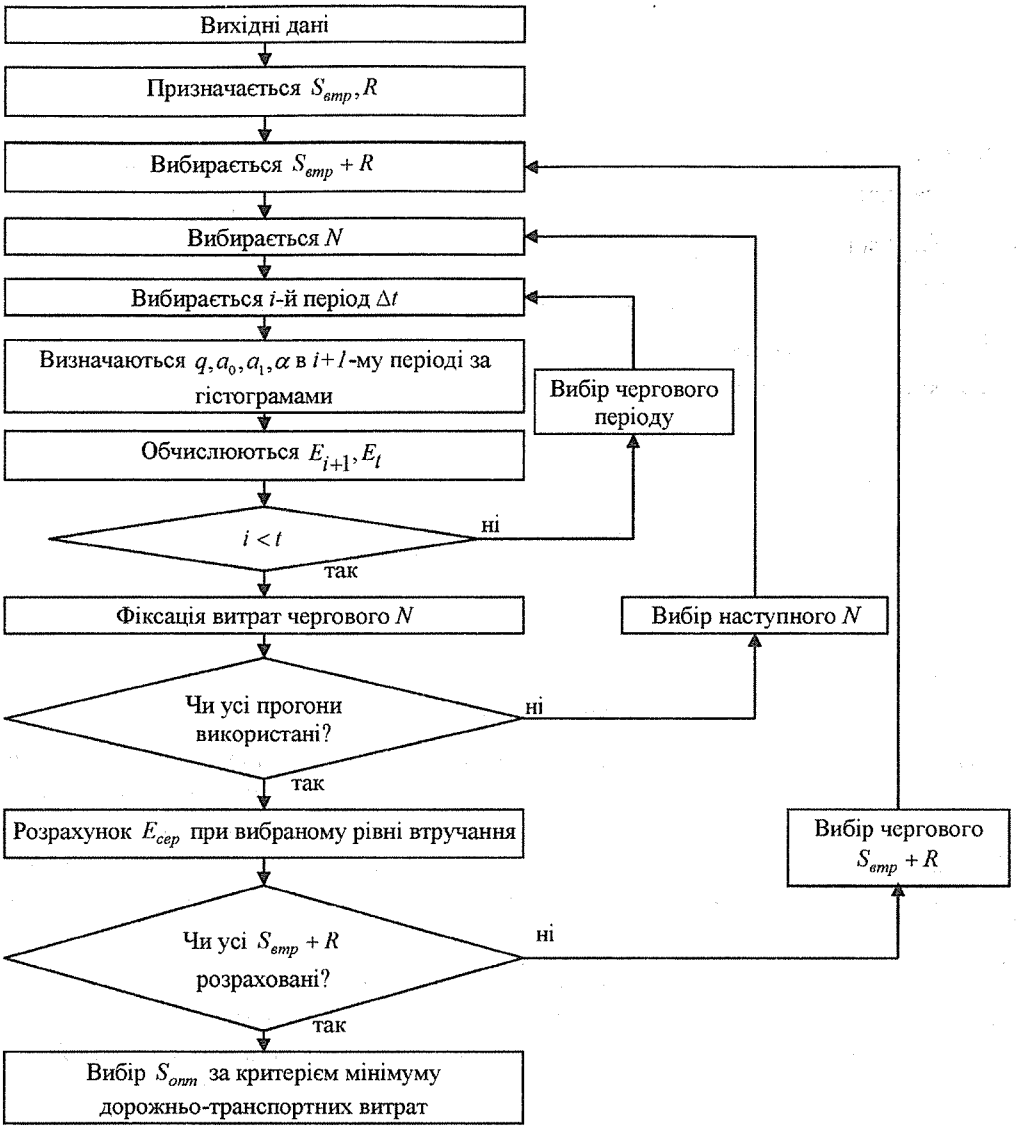

Рис. 1. Укрупнена схема алгоритму імітації обчислення сумарних дорожньо-транспортних витрат

У схемі прийняті позначення:

$S_{втр}$ — початковий рівень втручання;

R — крок зміни рівня втручання;

$S_{втр} + R$ — вибирається черговий рівень втручання;

N — прогін імітаційної моделі;

E_{i+1} — сумарні дорожньо-транспортні витрати за $i+1$-й період;

E_t — сумарні дорожньо-транспортні витрати за весь період t;

t — час, років;

$E_{сер}$ — середнє значення витрат при вибраному рівні втручання;

$S_{опт}$ — оптимальний рівень втручання за критерієм мінімуму дорожньо-транспортних витрат.

Для обґрунтування параметрів законів розподілу випадкових величин в першому наближенні доцільно використовувати гістограми, які приблизно оцінюють ці закони. Взагалі, їх можна побудувати шляхом обробки спеціально зібраних статистичних даних або за допомогою експертних оцінок, однак методика формування гістограм виходить за рамки даної роботи.

Висновок. З вище сказаного випливає, що застосування імітаційного моделювання для обґрунтування рівня втручання підвищує адекватність моделей прогнозування.

Література

1. AASHO Road Test. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://training.ce.washington.edu/PGI/Modules/06_structural_design/aasho_road_test.htm

2. HDM — 4. Highway Development & Management. Volume one. Overview of HDM — 4 // Henry G.R. Kerali. PIARC, World Bank Association, 2000.- 53 p.

3. Наукові принципи та практичні напрямки управління станом автомобільних доріг / С.С. Кизима, О.П. Канін, М.М. Лихоступ // Сучасні проблеми та перспективи розвитку дорожньо-будівельного комплексу України. — К.: НТУ, 2004.

4. Кизима С.С. До питання про природу та закономірності деградації рівності нежорстких дорожніх одягів. / С.С. Кизима // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, вип. 20. — К.: Будівельник, 1977.

5. Кизима С.С. К обоснованию оптимальной стратегии ремонтов дорожных одежд / С.С. Кизима // Повышение качества строительства автомобильных дорог. — М.: СоюздорНИИ, 1987.

6. Кизима С.С., Андрєєв С.І. Оптимізація планування робіт по ремонту нежорстких дорожніх одягів.// Автомоб. дороги і дор. буд-во. — 1987. — Вип. 41. — с. 29-35.

7. Таха, Хемеди А. Введение в исследование операцій, 7-е издание. Пер. С англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. 912 с.

УДК 624.19

ЦІЛКОМ ЗБІРНА ОПРАВА ОДНОСКЛЕПИСТИХ СТАНЦІЙ МЕТРОПОЛІТЕНУ ГЛИБОКОГО ЗАКЛАДЕННЯ

Доктор технічних наук Айвазов Ю.М.,
Кот Д.В.

В статті розглянуто багатошарнірну конструкцію односклепистої станції метрополітену глибокого закладення.

This article describe the multyhinch construction of one-arched vaulted station of underground deep location

Перша з сучасних односклепистих станцій глибокого закладення «Площадь мужества» була введена в експлуатацію на Кіровсько-Виборгській лінії метрополітену Ленінграда (С.-Петербурга) напередодні 1976 року. Відтоді на метрополітенах С.-Петербурга та Москви споруджено біля десятка таких станцій, і було виявлено їхню високу конструктивну, технологічну та економічну ефективність. Однак, поряд з цим застосована конструкція станції має і два основних недоліки. Перший з них полягає в застосуванні масивних опорних бокових стін оправи з монолітного бетону, досить матеріалоємних (витрати монолітного бетону біля *14 м*^{3} на *1 м* довжини станції) та не зовсім зручних у технологічному плані. Другий недолік пов'язується зі складностями спрягання планового положення колій метрополітену у межах платформної частини станції і на прилеглих перегонах.

Геометричні параметри оправи універсальної станційної споруди призначені, виходячи з двох варіантів примикання до торців її пасажирської платформної частини ескалаторних тунелів. За першим варіантом до станції примикає натяжна камера та похилий хід, виконанні у збірному залізобетоні, з чотирма стрічками ескалатору, що вимагає улаштування острівної пасажирської платформи шириною *12 м*. У другому варіанті при примиканні до станції аналогічної ескалаторної споруди з трьома стрічками ескалатору застосовано острівну пасажирську платформу шириною *11 м*. Відстань між осями станційних колій для цих варіантів відповідно становить *14,9* та *13,9* м.

Конструювання оправи універсальної споруди станційного комплексу виконано з урахуванням особливостей гірничо-геологічних умов м. Києва, де потужність пласту достатньо стійкої спонділової глини, як правило, не перевищує *19 м*. Через те, що від шелиги верхнього склепіння до контакту з налягаючим пластом наглінку повинно залишитися не менш ніж *4 м*, а відстань від нижньої точки зворотного склепіння оправи до контакту підустилаючим пластом бучакського піску повинна бути не меншою за *2 м*,

© Айвазов Ю.М., Кот Д.В., 2010