

## **ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ЕКОНОМІКА БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА**

**УДК 625.7/.8(0.75)**

**Кизима С.С.**, канд. техн. наук, **Лихоступ М.М.**, канд. техн. наук

### **РОЗВИТОК СИСТЕМИ ДОВГОСТРОКОВОГО ПЛАНУВАННЯ ДОРОЖНЬОГО ГОСПОДАРСТВА**

**Анотація.** В якості моделі довгострокового планування пропонується система управління станом покриття (СУСП), яка орієнтована на вирішення задач оптимізації стратегій виконання ремонтно – відновлювальних заходів з метою покращання стану дорожнього одягу.

Формування стратегій проведення дорожніх робіт визначається послідовністю виконання певних видів ремонтів при умові досягнення мінімального значення приведених сумарних середньорічних дорожньо-транспортних витрат.

**Ключові слова:** планування, модель управління станом покриття, оптимальні стратегії, варіантне проектування, дорожньо – транспортні витрати.

**Аннотация.** В качестве модели долгосрочного планирования предлагается система управления состоянием покрытия (СУСП), которая ориентирована на решение задач оптимизации стратегий выполнения ремонтно – восстановительных мероприятий с целью улучшения состояния дорожной одежды. Формирование стратегий проведения дорожных работ определяется последовательностью выполнения определенных видов ремонтов при условии достижения минимального значения приведенных суммарных среднегодовых дорожно – транспортных затрат.

**Ключевые слова:** планирование, модель управления состоянием покрытия, оптимальные стратегии, вариантное проектирование, дорожно – транспортные затраты.

**Abstract.** As a long-term planning model proposed system of state coverage (СУСП), which focuses on solving problems of optimization strategies of repair - restoration measures to improve the condition of the pavement.

Forming strategies of road works is determined by the sequence of certain types of repairs provided achieving reduced minimum average annual total road costs.

**Keywords:** planning, management model as coating, optimum strategy, variant design, road - transport costs.

## **Вступ**

Серед всіх видів планування дорожнього господарства довгострокове планування займає ведуче місце, так як отримана при цьому інформація виступає основою розвитку стратегії експлуатації мереж доріг. В останні десятиріччя для вирішення задач довгострокового планування використовуються спеціальні моделі, серед яких і українська система управління станом покриттів – СУСП. В цілому СУСП дозволяє визначити оптимальні параметри довгострокових стратегій проведення ремонтів нежорстких одягів на весь період їх служби з урахуванням поточних умов та обмежень експлуатації мережі доріг державного значення. До головних параметрів системи довгострокового планування віднесені строки виконання ремонтних робіт, необхідні для цього ресурси (і в першу чергу – фінансові), інтенсивність та порядок проведення дорожніх робіт на окремих ділянках доріг.

**Постановка проблеми та її зв'язки з науковими та практичними завданнями.**

В СУСП в якості об'єктів планування розглядаються окремі ділянки автомобільних доріг, транспортно – експлуатаційний стан яких визначається системою показників, що накопичуються та зберігаються в спеціальних банках даних. В банках даних інформація про фактичний стан ділянок доріг складається в окремих таблицях, в яких зберігаються дані про значення геометрично – конструктивних показників, конструкції дорожнього одягу, транспортно – експлуатаційні показники (міцність, рівність, зчеплення), умови роботи ділянки дороги, показники оцінки транспортних потоків та інші дані, що визначені на певний час у відповідності із протоколом збору таких даних.

Проведення капітальних та поточних середніх ремонтів нежорстких дорожніх одягів розглядаються як група ремонтно - відновлювальних робіт по відновленню транспортно - експлуатаційних показників дорожнього одягу.

Таке ствердження зумовлене тим, що сукупні цій групі ремонтні роботи, які виконуються в процесі капітальних і середніх ремонтів одягу відносно інших елементів і об'єктів дороги, визначаються технічною необхідністю та відповідними нормативами і являються такими, що від варіантів капітальних ремонтів одягу практично не залежать.

Процес оптимізації параметрів ремонтів дорожніх одягів здійснюється в межах певних довгострокових стратегій проведення ремонтно – відновлювальних робіт по відновленню експлуатаційних якостей дорожньому одягу. При цьому необхідно відшукувати не раціональні параметри одного з ремонтів, а оптимальну стратегію проведення всієї послідовності ремонтно – відновлювальних робіт на весь період життя дорожнього одягу.

Пошук раціональних довгострокових стратегій проведення ремонтно – відновлювальних робіт використовує принципи варіантного пошуку рішень та базується на ідеї дотримання не допуску виходу стану дорожнього одягу за межі економічно доцільного рівня його транспортно – експлуатаційних якостей. В процесі формування варіантів проведення довгострокових ремонтно – відновлювальних робіт враховуються технічні і ресурсні можливості конкретних дорожніх господарств.

У кожному варіанті оптимізації параметрів ремонтів нежорстких дорожніх одягів в якості критерію використовується значення сумарних приведених середньорічних дорожньо – транспортних витрат (приведеної середньорічної дорожньо-транспортної собівартості). Мінімальне значення цих витрат визначає економічно оптимальну довгострокову стратегію проведення довгострокових ремонтно – відновлювальних заходів на ділянках доріг.

Оптимізація параметрів довгострокових стратегій ремонтно – відновлювальних робіт здійснюється за допомогою спеціально розроблених математичних та економіко – математичних моделей. При цьому структура їх включає як основні чотири групи факторів: перша – фактори, що характеризують особливості конструкції дорожнього одягу, які впливають на інтенсивність змін стану одягу з плином часу; друга – фактори, які враховують природні умови і вантажний режим роботи дорожньої конструкції; треті – фактори, що відображають фактичну транспортно – економічну обстановку на дорозі та закономірності її зміни; четверта – фактори, що відображають вартісні параметри варіантів капітальних та поточних середніх ремонтів і утримання дороги.

У процесі визначення сумарних дорожніх вкладень в капітальні і поточні середні ремонти в межах довгострокових стратегій використовуються розроблені економіко – математичні моделі, в яких ці вкладення приводяться до нульового року стратегії з використанням загальноприйнятої схеми приведення. Значення економічного ефекту від реалізації варіанту довгострокової стратегії визначають як різницю середньорічних дорожньо – транспортних собівартостей при так званій „нульовій” стратегії і стратегії по розглянутому варіанту.

Виконання всіх техніко – економічних розрахунків, передбачених у процесі формування довгострокових стратегій виконання ремонтно – відновлювальних робіт на ділянках доріг та обґрунтування кращих стратегій здійснюється із використанням спеціально створеного для цього програмного забезпечення. Структура баз даних програмного забезпечення адаптована із структурою баз даних галузевих програмних комплексів – АЕСУМ, Електронного паспорту дороги та інших програмних комплексів.

Задача оптимізації визначення раціональних параметрів системи ремонтів дорожнього одягу формується у загальному вигляді наступним чином.

Для деяких умов за техніко – економічними можливостями можна здійснити в нульовий рік планування  $\tau$  варіантів удосконаленого капітального ремонту одягу, а в процесі експлуатації –  $n$  поточних середніх ремонтів за  $j$  варіантами, які можуть виконуватись в  $t_{ni}$  роки служби одягу. Позначимо через  $A\tau$  вартості  $\tau$  варіантів капітального ремонту в нульовий рік –  $i$ , а через  $B_{nj}$  – вартості  $j$  – х варіантів полегшених середніх ремонтів в даних регіональних умовах. Визначимо, що поєднання  $\tau$  – го варіанту капітального ремонту в нульовий рік планування і необхідної кількості полегшених капітальних ремонтів –  $n$  за  $j$  – ми варіантами в  $t_n$  роки складає довгострокову стратегію капітальних ремонтів на весь період служби одягу. Очевидно, що таких стратегій може бути  $\tau_{nj}$ . Оцінимо кінцевий результат реалізації довгострокової стратегії ремонтів одягів показником  $W_{zi}$ , який у зв'язку з відносно тривалим характером дії ремонтів на роботу рухомого складу, буде залежати не тільки від обсягу ресурсів, а і від часу їх вкладень, тобто:

$$W_{zi} = F(z_i; n_j; F_{zi}; B_n; t_{ni}). \quad (1)$$

Тоді суть задачі оптимізації параметрів стратегії відновлювальних ремонтів одягів полягає в тому, щоб з  $Z$  можливих для даних умов вибрати варіант стратегії, який задовольняє умові:

$$\sum_{(z, n, i)} F(\tau_i; n_j; A_{tw}; B_n; t n_i) \rightarrow W_{zmax}. \quad (2)$$

Умова (2) формалізує в загальному вигляді задачу оптимізації параметрів довгострокових стратегій ремонтів дорожнього одягу. Згідно цій умові, оптимізації підлягають наступні параметри стратегій:

- тип стратегії;
- варіант, одяг (вартість) удосконаленого капітального ремонту одягу в нульовий рік стратегії;
- кількість, варіанти, обсягу(вартості) і сторони проведення поточних середніх ремонтів в межах стратегії.

При створенні варіантів довгострокового планування ремонтно-відновлювальних робіт на ділянках доріг використовуються так звані типові стратегії, а саме:

#### 1. Нульова стратегія.

Це практично не реальна стратегія, згідно з якою стан дорожнього одягу підтримується в експлуатації тільки поточними ремонтами і утриманням. Стратегія практичного значення не має. Вона використовується виключно для оцінки ефективності вкладень за варіантами інших реальних довгострокових стратегій ремонтів одягів. Реалізація цієї стратегії здійснюється в інтервал часу, що дорівнює тривалості часу  $-T_k$  (в роках) оцінюваних інших стратегій.

#### 2. Перша стратегія.

Стратегія з капітальним ремонтом одягу в нульовий рік і двома поточними середніми ремонтами економічно необхідної потужності в економічно доцільні строки. Формується за умови не допуску виходу стану проїзної частини за техніко-економічно допустимі межі. Програмним комплексом відшуковуються одночасно найближчі до оптимальних в даних умовах обсяги капітального і поточних середніх ремонтів одягу та строки проведення поточних середніх ремонтів.

#### 3. Друга стратегія.

Стратегія з удосконаленим капітальним ремонтом одягу в нульовий рік і трьома менш потужним поточними середніми ремонтами в економічно

оптимальні строки. Формується за умови не допуску виходу стану проїзної частини за техніко-економічно допустимі межі. Програмно–розрахунковим комплексом одночасно оптимізуються для поточних умов обсяги капітального та поточних середніх ремонтів і строки проведення поточних середніх ремонтів одягу.

#### 4. Третя стратегія.

Стратегія з двостадійною схемою проведення удосконаленого капітального ремонту одягу, який потребує капітального ремонту в нульовий рік, і з двома проміжнимі поточними середніми ремонтами. Формується за умови недопуску виходу стану проїзної частини за економічно допустимі межі. Програмно–розрахунковим комплексом одночасно оптимізуються за даних умов потужності (обсяги) стадій капітального і поточних середніх ремонтів та строки їх проведення.

#### 5. Четверта стратегія.

Стратегія з двостадійною схемою проведення капітального ремонту одягу, який потребує капітального ремонту в нульовий рік, без проміжних поточних середніх ремонтів. Програмно–розрахунковим комплексом оптимізуються для завданих умов конструкції підсилення одягу на першій і другій стадіях капітального ремонту (відповідні їм обсяги) та строки служби стадій ремонту

При формуванні наведених вище довгострокових стратегій ремонтів дорожнього одягу використано ряд параметрів. Так позначення  $KP$ ,  $ПСП$  відповідають капітальному і поточному середньому ремонтам;  $T_k$  – строк, що обмежує тривалість довгострокової стратегії;  $S_0$ ,  $S(t)$  – показники рівності проїзної частини в показаннях поштовхоміра, відповідно в нульовий і  $t$ -ий рік стратегії;  $S_{don}$  – економічно допустиме значення показника рівності проїзної частини;  $t_i$  – оптимальні строки проведення поточних середніх ремонтів з вартостями  $B_i$ ;  $T_1$  – оптимальний строк проведення другої стадії удосконаленого капітального ремонту вартістю  $A_2$ ;  $t$  – координата часу в роках. Кожна із стратегій проведення ремонтно – відновлювальних заходів може бути представлена у вигляді графічної моделі. Лінії на графіках показують характер погіршення з часом міцності одягу, стану проїзної частини і відповідно – характер зростання дорожньо-транспортної собівартості  $E_i$ .

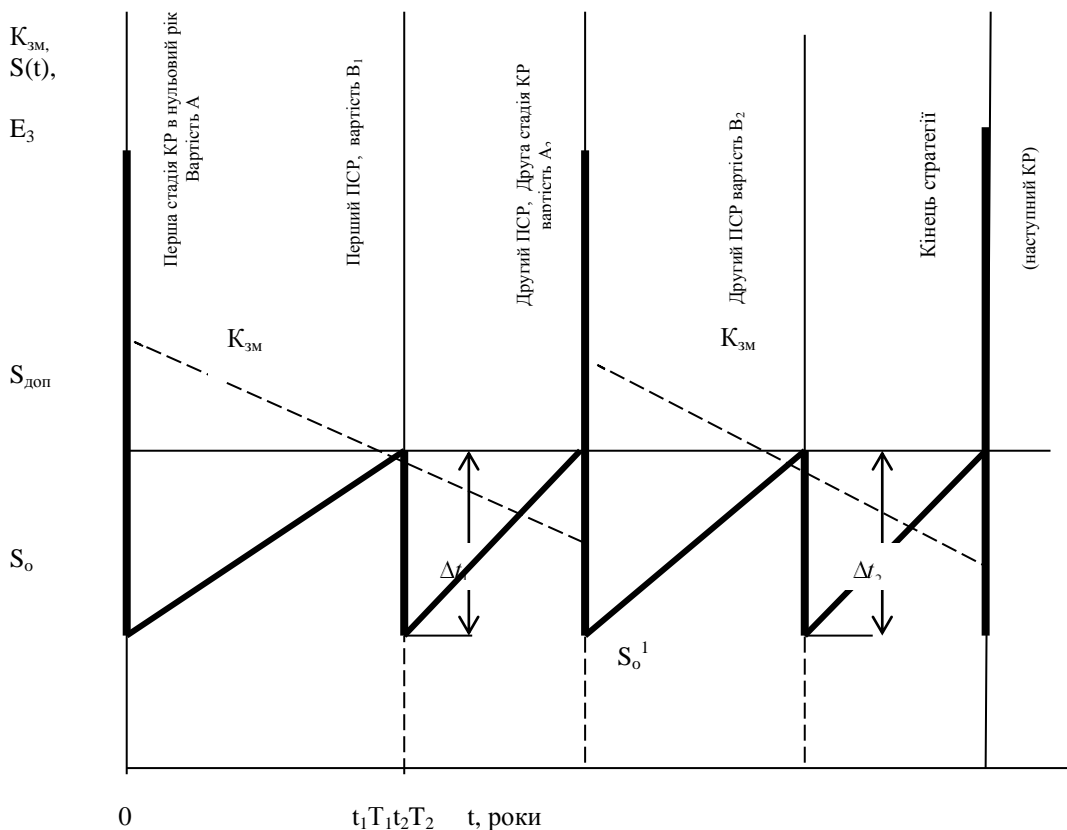
На рис.1 наведено приклад графічного формування третьої стратегії ремонту дорожнього одягу.

Варіантне проектування в межах кожної стратегії є обов'язковим станом процесу оптимізації параметрів довгострокових стратегій проведення ремонтів. За його допомогою вирішується дві задачі:

а) розробка для подальшого аналізу необхідних для завданих умовконструкцій підсилення одягу при капітальному ремонті в нульовий рік стратегії;

б) визначення можливих варіантів поточних середніх ремонтів одягу і строків їх проведення для реалізації в межах відповідної стратегії.

Для вирішення першої задачі в програмно – розрахунковому комплексі реалізовано розрахунок в автоматичному режимі найбільш розповсюджених і доступних для господарств варіантів конструкцій підсилення одягу за чотирма розрахунковими схемами. Для проектування варіантів підсилення дорожнього одягу використовуються типові шари конструкцій із різноманітних матеріалів, що використовуються при будівництві нежорстких одягів.



**Рисунок 1** – Розрахункова схема служби дорожнього одягу за третьою стратегією.

Вирішення другої задачі варіантного проектування зводиться до виділення з числа передбачених переліком ремонтів, що визначені в програмно – методичному забезпеченні СУСП, тих видів поточних середніх ремонтів одягу, які технологічно допустимі для конкретних умов і можуть бути реалізовані даним дорожнім господарством з огляду на його оперативні і організаційні можливості.

Слід зауважити, що даний етап тільки звужує область пошуку можливих видів поточних середніх ремонтів одягів. Конкретні варіанти цих видів ремонтів для певних умов з необхідними їх параметрами визначаються розрахунками за наявними в програмі математичними моделями на етапі формування і розрахунку довгострокових стратегій ремонтів одягів. Задача користувача на даному етапі полягає лише у прийнятті рішення щодо вибору більш доцільного варіанту з числа альтернативних для даних умов варіантів, запропонованих програмно – розрахунковим комплексом.

Критерієм оптимальності довгострокових стратегій є мінімум приведених сумарних середньорічних (за період стратегії) дорожньо-транспортних витрат. Показником оптимальності варіанту стратегії є максимум коефіцієнта ефективності вкладень за варіантом

$$K_e = \frac{(E_0 - E_{ci})\lambda}{D} \quad (3)$$

де  $E_0$ ,  $E_{ci}$  – приведені до нульового року сумарні середньорічні дорожньо-транспортні витрати відповідно для нульової і оцінюваної  $i$  - ої стратегії в грн./км в рік;  $\lambda$  - коефіцієнт, що враховує рівень концентрації вкладень в часі.

Для стратегій з одностадайним капітальним ремонтом  $\lambda=1,0$ ; для стратегій з капітальним ремонтом за двостадійною схемою  $\lambda$  вираховується за виразом

$$\lambda = \frac{A}{A_1 + \frac{A_2}{(1+m)^{T_1}}} \quad (4)$$

де  $A$  – вартість 1 км капітального ремонту в даних умовах при стратегії з одно стадійною схемою ремонту в нульовий рік, грн./км;  $A_1$ ,  $A_2$  – вартості відповідно першої і другої стадій удосконаленого капітального ремонту при



двостадійній схемі, грн./км;  $T_1$  – строк служби першої стадії удосконаленого капітального ремонту в роках;  $D$  – приведені до нульового року середньорічні дорожні витрати на капітальні ремонти одягу за оцінюваною довгостроковою стратегією в грн./км в рік.

$$D = \left[ A + \frac{B_1}{(1+m)^{t_1}} + \frac{B_2}{(1+m)^{t_2}} + \dots \right] \cdot \frac{1}{T_k} \quad (5)$$

для стратегій з удосконаленим капітальним ремонтом за двостадійною схемою

$$D = \left\{ \left[ A_1 + \frac{A_2}{(1+m)^{T_1}} \right] + \left[ \frac{B_1}{(1+m)^{t_1}} + \frac{B_2}{(1+m)^{t_2}} + \dots \right] \right\} \cdot \frac{1}{T_2} \quad (6)$$

де  $B_1, B_2$  - вартості відповідно  $i$ -х поточних середніх ремонтів, виконуваних в  $t_i$  роки довгострокової стратегії, в грн./км;  $T_k, T_2$  – тривалості в роках довгострокових стратегій капітальних ремонтів, з використанням відповідно одно- та двостадійної схеми проведення удосконаленого капітального ремонту;  $m$ - коефіцієнт приведення різнострокових вкладень до нульового року стратегії.

Всі процедури оптимізації параметрів довгострокових стратегій ремонтів дорожнього одягу здійснюються програмним комплексом автоматично, але остаточний вибір стратегії проведення ремонтів здійснюється користувачем із використанням коефіцієнта ефективності вкладень. Результати обґрунтованих стратегій проведення ремонтів є основою для формування різноманітних звітів у розрізі окремих ділянок доріг, окремих маршрутів, областей та регіонів (областей). Також надається можливість отримати інформацію про потреби у фінансовому забезпеченні програм робіт для різних періодів планування: для довгострокової програми робіт (20 років); для перспективних програм робіт (5 років); річних програм робіт.

Особливості створеної системи довгострокового планування полягають у тому, що:

- завдяки сполученню основного програмного забезпечення по обґрунтуванню параметрів довгострокового планування стратегій проведення ремонтів доріг із програмним забезпеченням по визначенню вартості дорожніх робіт надається можливість розрахувати потребу не тільки у фінансових

ресурсах, але також і інших видах ресурсів – технічних, трудових та матеріальних;

- в програмному забезпеченні передбачений режим формування річних програм робіт з урахуванням обмежених ресурсів.

### **Висновки**

Подальше практичне використання створеної СУСП вимагає проведення ряду науково – дослідних та практичних робіт, а саме:

- створення у кожному дорожньому господарстві спеціальної служби, функції якої були б виключно пов'язані із експлуатацією та розвитком СУСП;
- регулярне поповнення банків даних по стан елементів доріг у відповідності із встановленим протоколом та із урахуванням місцевих умов;
- проведення робіт із вивчення даних транспортних потоків, що дасть змогу встановити динамічні характеристики їх роботи;
- створення нових режимів роботи системи планування, наприклад, режиму оперативного планування програм робіт за сукупністю даних про руйнування та деформації елементів доріг;
- введення нових елементів транспортних споруд, наприклад, засобів регулювання дорожнього руху та апробація нових критеріїв прийняття рішень по проведенню ремонтно – відновлювальних робіт.

### **Література**

1. Кизима С.С. Експлуатація автомобільних доріг. /МОН України/. - К.: НТУ, 2009. – 272 с.
2. Кизима С.С., Канін О.П., Лихоступ М.М., Андреев С.І. Загальна характеристика української системи управління станом нежорстких дорожніх одягів.// Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – К.: – 2001. – вип..62. – С.76 – 80.
3. Кизима С.С. Обґрунтування необхідності запровадження в Україні концепції стадійного проведення капітальних ремонтів нежорстких дорожніх одягів.// Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – К.: – 2001. – вип..62. – С.83 – 87.
4. Кизима С.С., Канін О.П., Лихоступ М.М. Рекомендації по використанню СУСП для планування ремонтних робіт.// Державна служба автомобільних доріг України (Укравтодор). – К.: – 2002. 18 с.
5. Кизима С.С., Андреев С.І. Оптимізація планування робіт по ремонту нежорстких дорожніх одягів.// Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – К.: – 1987. – вип..41. – С.78 – 86.

#### **Рецензенти:**

Павлюк Д.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Кіяшко І.В., канд. техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

#### **Reviewers:**

Pavliuk D.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Kiiashko I.V., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Kharkiv National Automobile and Highway University.

Стаття надійшла до редакції: **09.09.2016 р.**