

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІГНАТЮК Вікторія Василівна



УДК 005.8:625.76

**УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМАМИ РЕМОНТІВ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ
АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ**

Спеціальність 05.13.22 – управління проектами та програмами

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

КИЇВ -2015

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано на кафедрі управління виробництвом і майном в Національному транспортному університеті Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник –

кандидат технічних наук, доцент

Канін Олександр Петрович,

Національний транспортний університет
Міністерства освіти і науки України (м. Київ),
професор кафедри управління виробництвом і
майном

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор

Цюцюра Світлана Володимирівна,

Київський національний університет будівництва і
архітектури Міністерства освіти і науки України
(м. Київ), професор кафедри інформаційних
технологій

кандидат технічних наук, доцент

Калінько Ірина Василівна,

Чернігівський національний технологічний
університет Міністерства освіти і науки України
(м. Чернігів), доцент кафедри управління якістю
та проектами

Захист відбудеться “4” грудня 2015 р. о 12⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.059.01 у Національному транспортному університеті за адресою: 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, ауд. 333.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного транспортного університету за адресою: 01103, м. Київ, вул. Кіквідзе, 42.

Автореферат розіслано “29” жовтня 2015 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук, професор



О.І. Мельниченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. За останні два десятиріччя різко змінився якісний склад транспортних потоків на автомобільних дорогах України. Збільшення інтенсивності руху та маси експлуатаційного навантаження викликало пришвидшений фізичний знос дорожнього одягу і погіршення його стану. За даними обліку в Системі управління станом покриття Укравтодору на початку 2010-х років за інструментальними обстеженнями дорожнього одягу автомобільних доріг державного значення більше половини протяжності доріг потребувало негайного капітального або поточного середнього ремонтів. Головною причиною виникнення швидких руйнувань дорожнього одягу є низький рівень фінансування ремонтних робіт, який за останні роки становив всього 14-34 % визначеної науковцями мінімальної необхідної потреби на ремонт і утримання мережі автомобільних доріг. З цієї причини, кількість відкладених ремонтів продовжує зростати.

Виконання відкладених ремонтів і поступове приведення стану дорожнього одягу та його покриття до рівня нормативних вимог є складною науковою проблемою управління станом доріг, вперше окресленою В.В. Філіпповим, Є.Д. Прусенком, В.К. Жданюком та Н.В. Смірноюю. Вона може бути вирішена на підґрунті методів оптимізації стратегій ремонтів дорожнього одягу, висвітлених в роботах С.С. Кизими, А.Ю. Шпиг, К. Абазі, У. Даніельсона, Г. Кералі, С. Паркмана, Р. Робінсона, Н. Робертсона, М. Снейса, Т. Фва та ін. і застосування програмно-ціннісного методу управління на державному, регіональному та галузевому рівнях через розробку і здійснення програм ремонтів доріг.

Теоретичні основи управління програмами розвинуті, зокрема, в роботах українських вчених А.О. Білощицького, С.Д. Бушуєва, Н.С.Бушуєвої, Т.А. Воркут, В.Д. Гогунського, І.О. Гордєєвої, В.Х. Далеки, І.В.Калінько, К.В. Колеснікової, І.В. Кононенка, К.В. Кошкіна, О.М.Медведевої, В.М. Молоканової, Ю.П. Рака, В.А. Рача, А.І. Рибак, С.В.Руденка, О.В. Сидорчука, П.А. Тесленка, Ю.М. Теслі, А.М. Харченко, С.В. Цюцюри, І.В. Чумаченка.

В той же час, як показали дослідження, ще недостатньо розроблений інструментарій обґрунтування ефективних стратегій відновлення стану дорожнього одягу мережі доріг, відсутні моделі і методики з управління програмами ремонтів дорожнього одягу та відповідне комп'ютерне програмне забезпечення.

З наведених причин, удосконалення управління програмами ремонтів дорожнього одягу автомобільних доріг є надзвичайно важливим для дорожньої галузі. Відсутність науково-обґрунтованого підходу до вирішення зазначеної проблеми обумовлює актуальність теми дослідження та є передумовою постановки його мети та завдань.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано відповідно до державної бюджетної теми науково-дослідної роботи кафедри організації виробництва Національного транспортного університету № 87 від 01.01.2010 р. «Основи менеджменту експлуатації автомобільних доріг» (державний реєстраційний номер 0110U000126) та науково-дослідної теми кафедри управління виробництвом і майном НТУ «Удосконалення системи управління процесами розвитку дорожнього господарства України» (етап 2014 р., державний реєстраційний номер 0115U002056). Особисто автором у контексті даних тем

запропоновано модель управління програмою відновлення стану мережі автомобільних доріг на основі моделей деградації дорожнього одягу та планування досягнення нормативного стану автомобільних доріг за задану кількість років.

Об'єктом дослідження є процес управління відновленням транспортно-експлуатаційного стану дорожнього одягу автомобільних доріг до рівня нормативних вимог.

Предметом дослідження є моделі управління програмами ремонтів дорожнього одягу автомобільних доріг у фазах ініціювання, планування і коригування програм.

Центральна наукова ідея дослідження полягає в пошуку моделі управління програмою ремонтів дорожнього одягу та алгоритму оптимізації змісту і розкладу програми - аналітичної процедури, що дозволяє визначити рівень фінансування, достатній для досягнення нормативного рівня експлуатаційного стану дорожнього одягу за задану кількість років із забезпеченням мінімуму транспортних витрат.

Мета та завдання дослідження. Метою дослідження є підвищення ефективності процесу управління відновленням експлуатаційного стану дорожнього одягу автомобільних доріг до рівня нормативних вимог на основі розроблення моделі оптимізації управління програмами ремонтів дорожнього одягу у фазах ініціювання, планування і коригування програм.

Досягнення поставленої мети обумовило необхідність виконання наступних завдань:

- на основі узагальнення сучасних теоретичних уявлень з управління програмами сформулювати концептуальні передумови обґрунтування змісту, розкладу і бюджету програми ремонтів автомобільних доріг на задану кількість років;
- визначити критерій оптимальності управління програмою ремонтів дорожнього одягу;
- розробити математичну модель формування та коригування програми ремонтів для відновлення стану дорожнього одягу;
- розробити алгоритм пошуку оптимальних рішень в управлінні програмою ремонтів дорожнього одягу;
- розробити методику управління програмою ремонтів із створенням нового модулю у складі програмного забезпечення Системи управління станом покриття.

Методи дослідження. У процесі дослідження використані фундаментальні положення управління проектами та програмами та комплекс взаємодоповнюючих загальнонаукових та спеціальних методів. Методи системного аналізу – для встановлення зв'язків між складовими досліджуваного процесу при розробці вихідних концептуальних положень, як структурної основи для побудови моделі і алгоритму управління програмами відновлення експлуатаційного стану дорожнього одягу; методи математичного моделювання – для розробки математичної моделі обґрунтування змісту, розкладу і бюджету програми; метод еволюційного моделювання – для пошуку оптимального рішення на основі розробленої математичної моделі; комп'ютерний експеримент – для оцінки ефективності запропонованої моделі і комп'ютерної програми, які її реалізують, у пошуку оптимальних змісту, розкладу і бюджету довгострокової програми.

Інформаційною базою дослідження є результати обстежень стану автомобільних доріг України, що містяться в базі даних Системи управління станом покриття.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в розробці теоретичних та практичних аспектів обґрунтування змісту та розкладу програм ремонтів дорожнього одягу автомобільних доріг у фазах їх ініціювання, планування і коригування шляхом оптимального вибору проектів програм та їх визначальних параметрів при заданому рівні фінансування. Наукова новизна найбільш суттєвих результатів полягає в наступному:

вперше:

- запропоновано поняття модулю програми ремонтів доріг – сукупності взаємно залежних проектів ремонтів на однорідних за умовами експлуатації неперервних ділянках доріг, яке відрізняється врахуванням зв'язку процесів деградації та відновлення стану дорожнього одягу і створює структурну основу формалізації процесу управління програмою ремонтів мережі доріг;

- розроблено модель управління програмою відновлення стану дорожнього одягу на рівні мережі доріг, яка відрізняється від існуючих застосуванням методу еволюційного моделювання у фазах ініціювання, планування і коригування програми, що дозволяє максимізувати вигоди реалізації програми.

удосконалено методи обґрунтування довгострокової програми ремонтів дорожнього одягу.

дістали подальшого розвитку інформаційні технології з планування ремонтів дорожнього одягу на мережі автомобільних доріг.

Практичне значення наукових результатів полягає у тому, що теоретичні положення дисертаційної роботи доведені до рівня алгоритмів, комп'ютерної програми та методики управління програмами ремонтів дорожнього одягу. Їх достовірність обґрунтована порівнянням з результатами розрахунків в Системі управління станом покриття. До результатів, які мають найбільше практичне значення, належать модель, алгоритм та комп'ютерні програмні засоби управління програмами автомобільних доріг.

Робота є удосконаленням створеної в Національному транспортному університеті Інформаційно-аналітичної системи управління дорожнім господарством і Системи управління станом покриття Укравтодору. Наукові положення, висновки, пропозиції і рекомендації дисертаційної роботи можуть бути використані при впровадженні в дорожній галузі систем програмно-ціннісного управління та обґрунтуванні потреби фінансових ресурсів, необхідних для приведення стану дорожнього одягу до рівня нормативних вимог за задану кількість років.

Результати дослідження були впроваджені в державному підприємстві «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна» (довідка № 20.26-20/1-508 від 13.05.2014 р.), державному підприємстві «Український державний інститут з проектування об'єктів дорожнього господарства» (довідка № 761-11 від 13.05.2014 р.) та Державному агентстві автомобільних доріг України (довідка № 13-8-84 від 25.08.2015 р.).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійним науковим дослідженням. Автором самостійно сформульовані і обґрунтовані наукові ідеї,

теоретичні розробки, висновки і рекомендації, а також практичне впровадження результатів дисертаційної роботи. Внесок автора в дві опубліковані колективні роботи:

- виконано аналіз світового досвіду обґрунтування стратегій дорожньо-ремонтних робіт в системах управління дорожнім одягом [2];
- запропоновано підхід до оптимального управління станом дорожнього одягу [6].

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертації доповідались і отримали позитивну оцінку на Міжнародній науково-практичній конференції за участю студентів і молодих вчених «Современные компьютерно-инновационные технологии проектирования, строительства, эксплуатации автомобильных дорог и аэродромов» (м.Харків, 1-4 листопада 2012 р.), XV-й Міжнародній науково-технічній конференції «Автомобильный транспорт: проблемы и перспективы» (м. Севастополь, 10-17 вересня 2012 р.), II Міжнародній науково-технічній конференції «Науково-прикладні аспекти автомобільної і транспортно-дорожньої галузей» (м. Луцьк, 30 травня - 3 червня 2012 р.), LXVIII науковій конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів Національного транспортного університету (м.Київ, травень 2012 р.), LXIX науковій конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів Національного транспортного університету (м. Київ, травень 2013 р.), III Міжнародній науково-технічній конференції «Науково-прикладні аспекти автомобільної і транспортно-дорожньої галузей» (м. Луцьк, 29.05-01.06.2014 р.) та 6-й Міжнародній науково-практичній конференції «Інтегроване стратегічне управління, управління проектами і програмами розвитку підприємств і територій» (курортна зона Буковель, 10-13 лютого 2015 р.).

Публікації. За темою дисертації та результатами досліджень автором опубліковано: 1 наукову статтю в зарубіжному виданні, 9 наукових статей у фахових наукових виданнях України (з них: 7 – особисто автором, 2 – в співавторстві), 4 тези доповідей на наукових конференціях.

Структура дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, додатків, списку використаних джерел. Повний обсяг дисертації – 162 сторінки, із них 134 сторінки основного тексту, список використаних джерел складається із 142 найменувань на 20 сторінках, 3 додатки на 9 сторінках. Робота містить 73 рисунка, 9 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету, завдання, об'єкт, предмет та визначено методи дослідження, розкрито наукову новизну, теоретичне й практичне значення отриманих результатів, наведено дані щодо їх апробації.

У **першому розділі** виконаний аналіз вітчизняних та зарубіжних наукових джерел з управління станом дорожнього одягу на підґрунті теоретичного базису управління проектами та програмами.

Дорожній одяг (ДО) – це багат шарова конструкція в межах проїзної частини автомобільної дороги, яка сприймає навантаження від автотранспортних засобів і передає її на ґрунт. Стан ДО безпосередньо впливає на швидкість, економічність, безпеку і комфортність руху. В процесі експлуатації дороги він поступово погіршується, а шляхом виконання ремонтів – періодично відновлюється.

Обґрунтування програми ремонтів ДО для відновлення або підтримки його стану являє собою складне наукове завдання. Виділено три перспективні напрями досліджень, розвиток яких обумовлює успішне розв’язання проблеми поступового зниження об’ємів відкладених ремонтів:

- теоретичні основи динаміки відкладених ремонтів в залежності від стратегії фінансування робіт;
- принципи моделювання зміни в часі експлуатаційного стану доріг та прогнозування накопичення та зменшення об’ємів відкладених ремонтів;
- оптимізацію стратегій фінансування усунення відкладених ремонтів та повернення дорожньої мережі в нормативний стан.

Ремонти доріг завжди здійснюються як сукупність окремих проектів, отже їх доцільно розглядати з позицій управління програмами, на підґрунті сучасних методів управління за цінностями.

Процеси управління програмами в деяких країнах стандартизовані. Згідно із стандартами, управління програмою зосереджується на інтеграційній діяльності для повної реалізації місії програми і на об’єднанні задумів проектів, що входять в програму, їх стратегій, архітектури і елементів управління при реалізації програми.

Значний внесок у розвиток теорії управління проектами та програмами (УПП) зробили українські вчені. Ними сформульовані закони проектного менеджменту, виявлена тенденція розвитку УПП від інструментального рівня до методологічного на основі системної цілісності і системної цінності. Проекти та програми розглядаються як системи, що виникають і здійснюються в оточенні, яке динамічно змінюється, зокрема, під впливом самих проектів і програм.

В результаті розвитку методології УПП було розроблено ієрархію підходів: системний, що забезпечує систематизований погляд; проектний, що орієнтується на створення продукту; процесний, що приводить регламентовані та уніфіковані дії менеджерів програм до процесів перетворення входу у вихід; сценарний, зв’язаний з процесами підготовки і прийняття рішень. В якості інструментарію в УПП використовуються моделі системної динаміки, нечіткі множини і нечітка логіка, методи теорії ігор та імітаційні моделі, генетичні алгоритми, моделі марковських процесів, логіко-лінгвістичні моделі, когнітивні карти тощо.

Обґрунтування стратегій управління станом ДО здійснюється за допомогою систем управління станом ДО, які включають різні математичні моделі та алгоритми оптимізації розподілу ресурсів в програмах ремонтів ДО.

Проте, наукові дослідження з управління проектами та програмами ще не знайшли необхідного розвитку в дорожньому господарстві. Це обумовлює необхідність удосконалення методології програмного управління за цінностями в процесі відновлення стану дорожнього одягу.

У **другому розділі** визначені концептуальні передумови програмного управління відновленням стану дорожнього одягу, виявлені особливості

моделювання цього процесу, запропонований критерій оптимальності рішень та математична модель управління програмами ремонтів.

Реальною створеною цінністю програми ремонтів є задоволення потреб користувачів доріг. Місія програми полягає в досягненні економічно обґрунтованої допустимої щорічної протяжності ділянок доріг, які потребують ремонту. Це забезпечує зменшення собівартості перевезень і позитивні зовнішні ефекти, які не враховуються у вартості програми в повному обсязі, наприклад, зростання довіри до влади та дорожньої адміністрації, підвищення економічної привабливості прилеглої до доріг території, зменшення негативного екологічного впливу, покращення умов соціального і культурного розвитку тощо.

На основі системного аналізу проблеми відновлення стану ДО за допомогою управління програмою ремонтів запропоновано розглядати програму як сукупність модулів (рис. 1), яким дано наступне визначення:

модуль – це закономірна послідовність взаємно залежних проектів капітального, поточного середнього, поточного дрібного ремонтів, експлуатаційного утримання ДО і його покриття на неперервній ділянці дороги з однорідними конструктивними параметрами, однаковим віком дорожнього одягу і однаковими впливами зовнішніх чинників – інтенсивності і складу дорожнього руху, природних факторів тощо, які у сукупності утворюють програму і управляються на основі теорії і методології управління програмами.

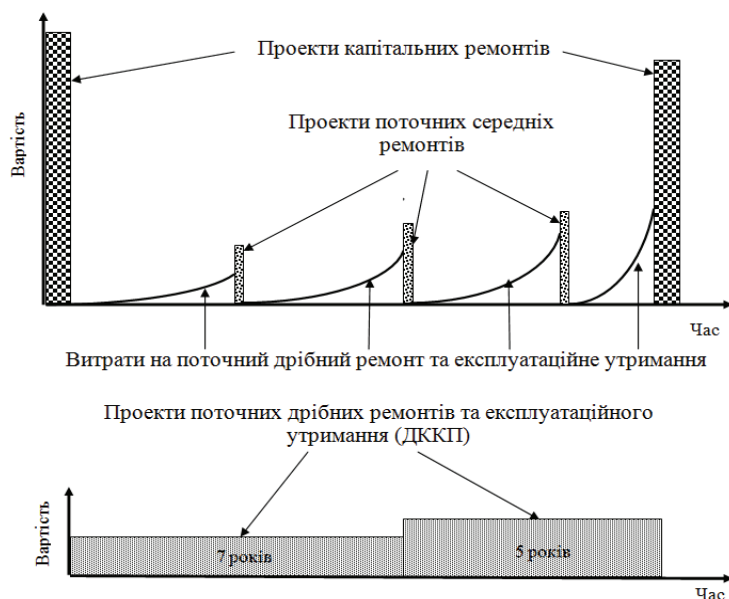


Рис. 1. Варіант профілю програмного модулю

На рис. 1 ДККП – це довгостроковий (5 – 7 років) проект з поточного дрібного ремонту та експлуатаційного утримання доріг, який фінансується фіксованими місячними платежами для підтримки певного значення показника рівня їх обслуговування.

Оптимізація довгострокової програми ремонтів ДО полягає в тому, що за допомогою розроблених моделі і алгоритму виконується ітеративний процес розрахунку поточного стану ДО модулів на початок року, оптимізується річна програма ремонтних робіт і обчислюється прогнозований поточний стан ДО на

кінець року - результат інтегральної дії процесів деградації та відновлення стану ДО. Для пошуку оптимального варіанта річної програми робіт пропонується розробка і застосування генетичного алгоритму (рис. 2).

На основі оптимального рішення відносно складу і параметрів річної програми робіт, яке включає перелік програмних модулів, відібраних для виконання ремонтів, формуються проектні матеріали – список проектів ремонтних робіт, управління реалізацією яких здійснюється в рамках річної програми. Таким чином, управління програмою – це додаткові (над управлінням проектами) дії, ціль яких полягає у створенні цінності – поліпшення стану ДО, за рахунок чого відбувається зменшення транспортних витрат.

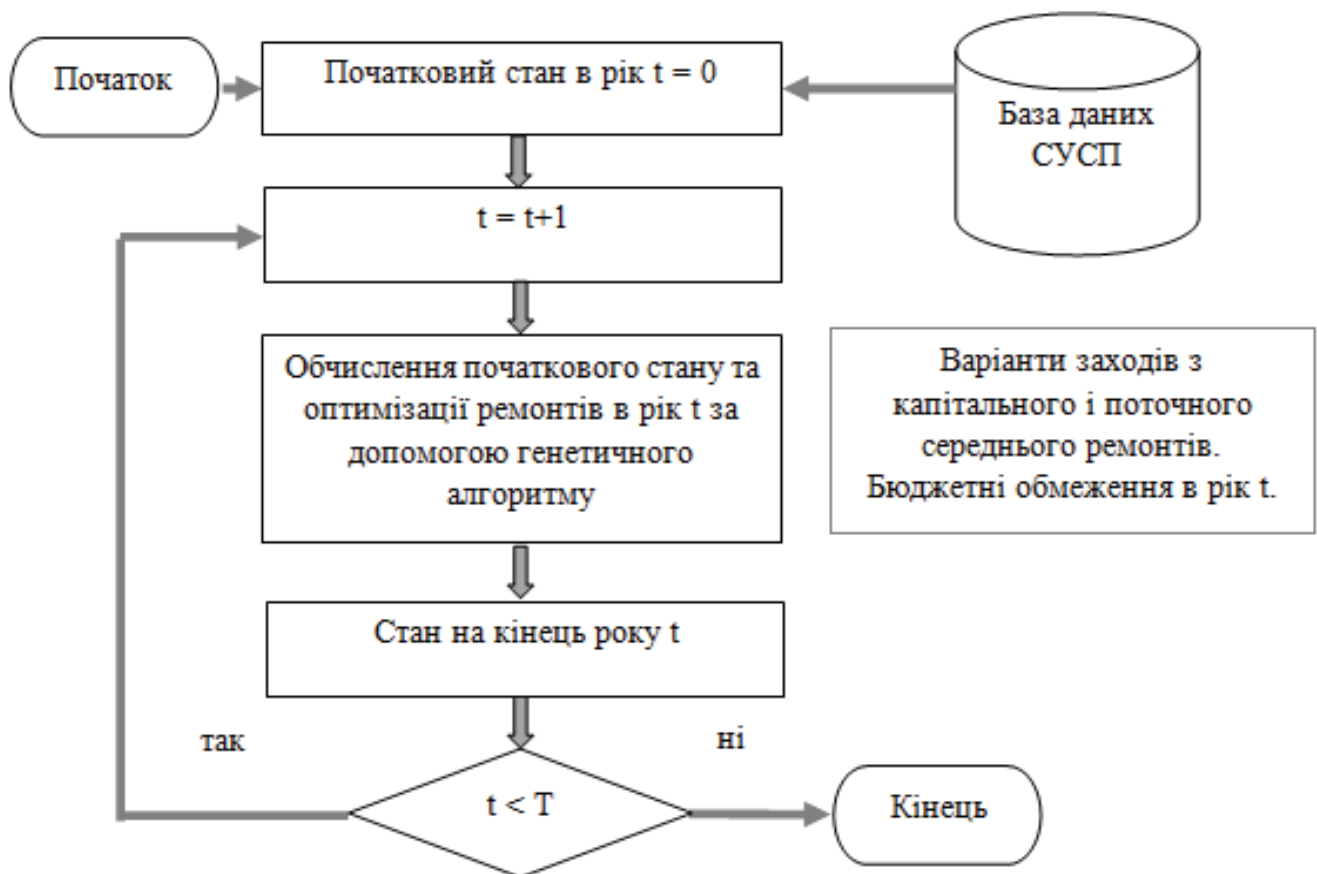


Рис. 2. Схема алгоритму оптимізації довгострокової програми ремонтів ДО

Основними показниками стану автомобільних доріг на стадії експлуатації є рівність дорожніх покриттів, їх зчіпні якості та міцність дорожнього одягу. Математичні моделі деградації дорожнього одягу Системи управління станом покриття Укравтодору (СУСП) в даному дисертаційному дослідженні були удосконалені у напрямі врахування затримки ремонтів через бюджетні обмеження.

Приймаючи до уваги той факт, що капітальний і поточний середній ремонт через бюджетні обмеження може бути не виконаний в цей рік, потрібно *корегувати відставання* за кожний рік відкладання ремонту. Дефіцит фінансування програм ремонтів ДО призводить до стрімкого зростання транспортних витрат (рис. 3).

Задача управління програмою ремонтів дорожнього одягу мережі автомобільних доріг може бути сформульована наступним чином.

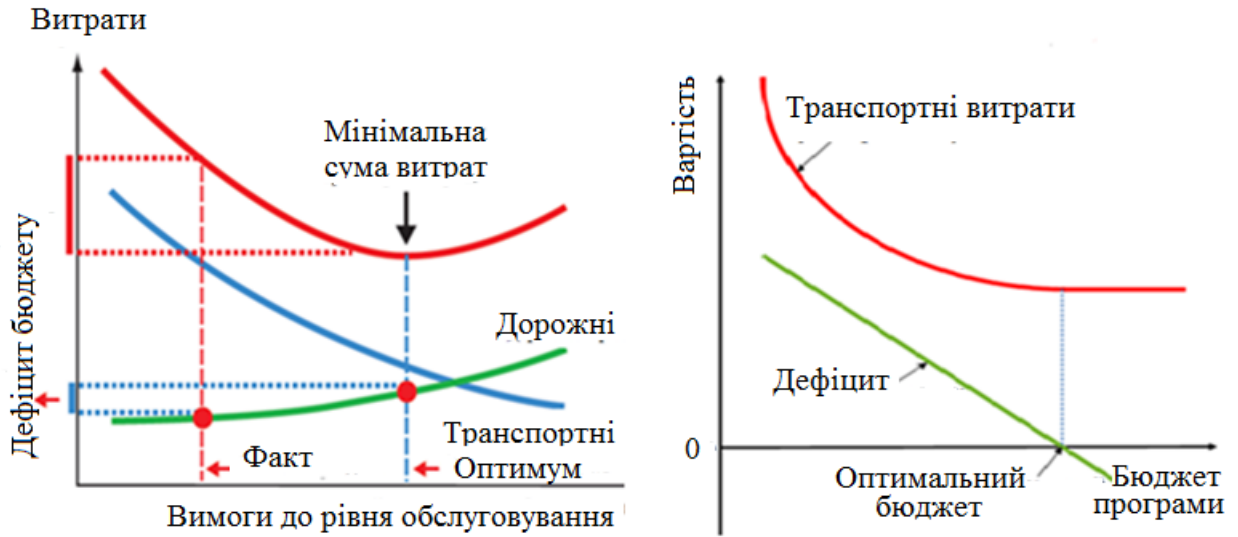


Рис. 3. Гіпотетична залежність суми витрат від бюджету програми ремонтів

Цільова функція:

$$F_{mp} = \sum_{t=1}^T (1+d)^{-t} \cdot \sum_{n=1}^N (c_{t,n,r,m(r)}^{mp} \cdot X_{t,n,r,m(r)}) \Rightarrow \min, \quad (1)$$

де F_{mp} - приведені до 0-го року транспортні витрати на мережі доріг; t - номер року з початку виконання програми; T - тривалість програми, років; n - номер модулю; N - кількість модулів; r - вид ремонту; d - коефіцієнт дисконтування: $d = (1 + c_d)(1 + i) - 1$, де c_d - ставка дисконту, i - середньорічний індекс інфляції; $m(r)$ - варіант ремонту виду r ; $c_{t,n,r,m(r)}^{mp}$ - річні транспортні витрати в залежності від експлуатаційного стану, забезпеченого або не забезпеченого виконанням проекту ремонту $m(r)$ -го варіанту r -го виду ремонту n -го модулю в рік t , грн.; $X_{t,n,r,m(r)}$ - змінна рішення: $X_{t,n,r,m(r)} = 1$, якщо буде здійснено проект $m(r)$ -го варіанту r -го виду ремонту n -го модулю в рік t ; $X_{t,n,r,m(r)} = 0$, якщо проект ремонту варіанту $m(r)$ -го r -го виду n -го програмного модулю не буде здійснено в рік t .

У випадку $X_{t,n,r,m(r)} = 0$, здійснюються проект поточного дрібного ремонту та експлуатаційне утримання покриття дорожнього одягу.

Вид ремонту r приймає значення з множини $\{0,1,2\}$, де 0 – поточний дрібний ремонт та утримання дорожнього одягу; 1 – поточний середній ремонт; 2 – капітальний ремонт.

Повинна виконуватись умова допустимості тільки одного виду і варіанту ремонту:

$$\sum_{r=1}^2 \sum_{m(r)=1}^{K_r} X_{t,n,r,m(r)} \leq 1. \quad (2)$$

Варіант ремонту приймає значення з відповідної виду ремонту множини $m(r) \in \{1,2, \dots, K_r\}$, де K_r - кількість варіантів ремонту r -го виду.

Транспортні витрати мають місце і при новому рівному покритті – після будівництва або капітального ремонту. Показник рівності для нового покриття прийнято $S_{min} = 45$ см/км. Отже, доцільно враховувати тільки подальші транспортні витрати, що мають місце при збільшенні цього показника:

$$C_{t,n,r,m(r)}^{mp} = T_0 \cdot N_0 \cdot (1+q)^t \cdot \sum_{i=1}^{N_{za}} [(\xi_i \cdot p_i) \cdot b \cdot (S_t - S_{min}) \cdot L], \quad (3)$$

де T_0 – кількість діб за рік; N_0 - середньорічна добова інтенсивність руху, авт./добу; N_{za} - кількість груп автомобілів у складі руху; q - коефіцієнт приросту інтенсивності руху; ξ_i - коефіцієнт зведення автомобілів i -го типу до розрахункового за вартістю автомобіля (приймається з СУСП); p_i - частка автомобілів i -го типу в складі руху; b – коефіцієнт збільшення транспортних витрат за один сантиметр погіршення рівності на один кілометр руху автомобіля, грн./см; S_t - рівність покриття в рік t , см/км; L - довжина модулю, км.

Обмеження витрат на ремонти в рік t :

$$\sum_{n=1}^N \sum_{r=0}^R \sum_{m_r=1}^{K_r} (C_{t,n,r,m(r)}^{mp} \cdot X_{t,n,r,m(r)}) \leq B_t, \quad (4)$$

де $C_{t,n,r,m(r)}^{mp}$ - вартість ремонту; B_t - бюджет t -го року.

$$C_{t,n,r,m(r)}^{mp} = C_{r,m(r)}^{od} \cdot B \cdot L \cdot h, \quad (5)$$

де $C_{r,m(r)}^{od}$ - вартість ремонту одиниці вимірювання площі покриття, грн./(см·м²); B - ширина покриття, м; L - довжина модулю, м; h - товщина шару ремонту, см.

Вартість поточного дрібного ремонту та утримання доріг:

$$C_{t,n,0}^{pem} = C_0^{od} \cdot \omega(t) \cdot B \cdot L, \quad (6)$$

де C_0^{od} - вартість дрібного ремонту та утримання одиниці вимірювання площі покриття, грн./м²; $\omega(t)$ - частка площі руйнування від площі покриття.

Таким чином враховуються витрати на виконання ремонтів. Вони не можуть перевищувати річного бюджету (4).

Керованими змінними моделі (1) є рік виконання, вид та варіант ремонту.

Стан дорожнього одягу на рівні мережі доріг можна охарактеризувати двома показниками:

$$a) S_k = \frac{\sum_{n=1}^N L_{k,n}}{\sum_{n=1}^N L_n} \times 100\% \Rightarrow \min, \quad б) S_c = \frac{\sum_{n=1}^N L_{c,n}}{\sum_{n=1}^N L_n} \times 100\% \Rightarrow \min, \quad (7)$$

де $L_{k,n}$ - довжина модулю n дороги, яка потребує капітального ремонту, км; $L_{c,n}$ - довжина модулю n дороги, яка потребує поточного середнього ремонту; L_n - довжина модулю n дороги, км.

Виконання проектів ремонтів зменшує величину показників стану дороги та, одночасно, транспортні витрати.

У **третьому розділі** розроблений генетичний алгоритм (ГА) пошуку оптимальних рішень в управлінні програмами ремонтів дорожнього одягу і виконанні комп'ютерні експерименти щодо раціональних параметрів його застосування.

ГА необмежений жорсткими вимогами до властивостей цільової функції і області визначення керованих змінних. Він дає змогу команді управління програмою швидко здійснювати пошук оптимального рішення на основі критерію мінімуму транспортних витрат.

На відміну від класичного ГА, запропонований ГА для формалізації аргументів рішень (генів хромосом) використовує структури даних, які потрібні для реалізації алгоритму визначення виду ремонту та його варіанту. Наявність бюджетних та технологічних обмежень спричинили розробку спеціальних алгоритмів виконання генетичних операторів: кросоверу (взаємному обміну значень частини аргументів двох батьківських рішень - хромосом) та мутації (варіації значень аргументів цільової функції), які не дозволяють аргументам (керованим змінним) – видам та варіантам капітального та поточного середнього ремонтів виходити за межі області їх визначення. Вид ремонту кожного модулю визначається за фактичними значеннями коефіцієнту запасу міцності ДО або показника рівності, а варіант ремонту, як і його параметри, визначаються методом Монте-Карло. В дисертації детально викладена методика і схеми розробки запропонованого ГА.

Розроблена комп'ютерна програма, яка реалізує математичну модель і генетичний алгоритм оптимізації, забезпечила можливість здійснення комп'ютерних експериментів з дослідження впливу параметрів генетичного алгоритму на значення цільової функції.

У якості прикладу досліджувалась 10-річна програма ремонтів ділянки дороги М-12 Стрий-Тернопіль-Кіровоград-Знам'янка протяжністю 225 кілометрів. Програма складається з 225 модулів. Інформаційною базою для дослідження слугували дані спостережень стану цієї ділянки дороги, які зберігаються в базі даних СУСП.

На рис. 4 наведений приклад графіку оптимізації річної програми ремонтів для сьомого року виконання десятирічної програми. Економія транспортних витрат, яка отримана від оптимального призначення проектів ремонтів та їх параметрів, складає 2,5% від витрат початкової ітерації обґрунтування рішення. При цьому, відсоток потреби в капітальних ремонтах знизився з 50% до 12%.

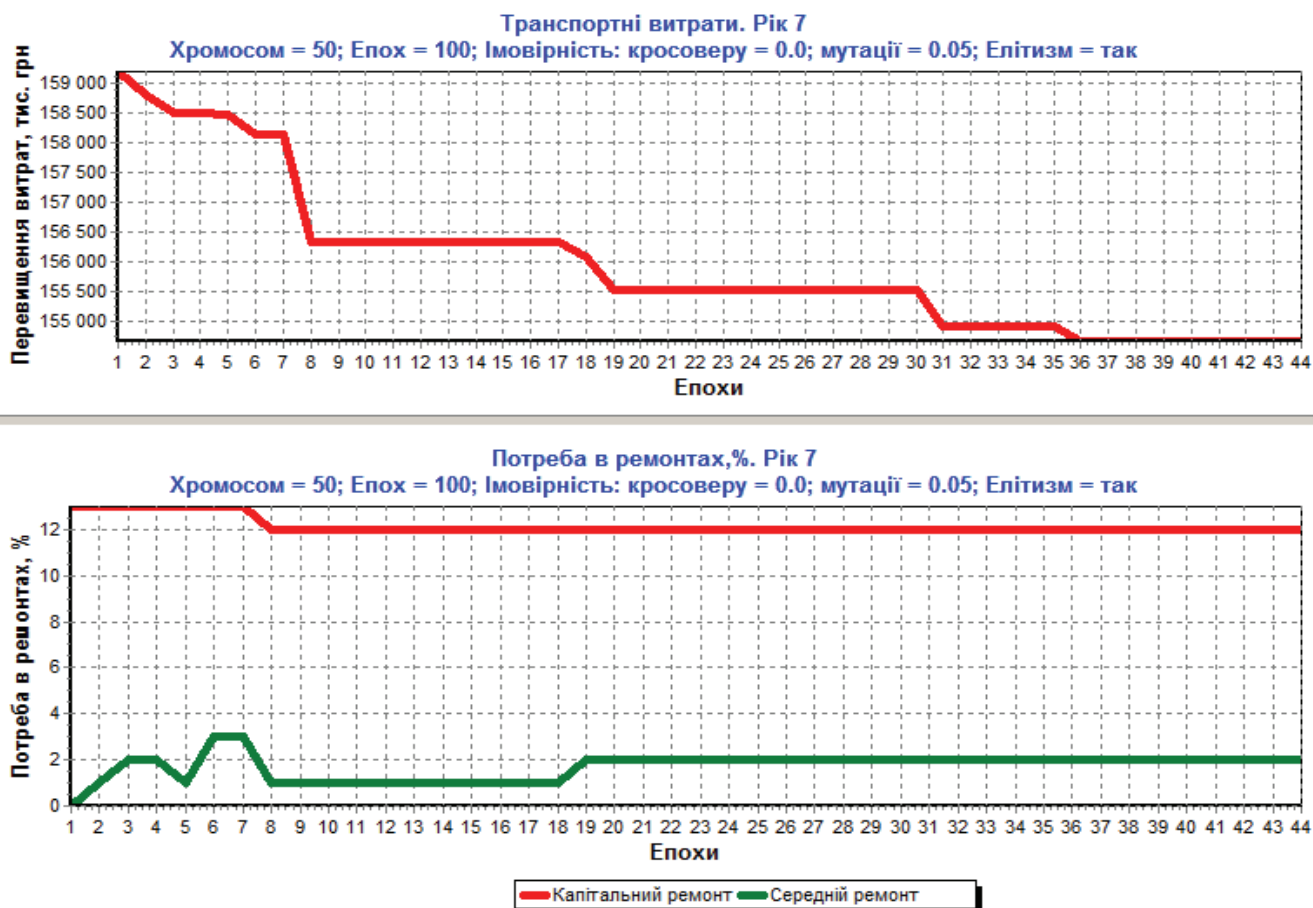


Рис. 4. Приклад оптимізації річної програми ремонтів

Досліджено вплив імовірності оператора кросоверу і оператора мутації на ефективність роботи алгоритму. З'ясовано, що при «жорстких» обмеженнях задачі (неперевищення бюджету) недоцільне використання оператора кросоверу. У зв'язку з цим, введено поняття «м'яких» обмежень, коли бюджетні обмеження виконуються на етапі ініціалізації популяції хромосом-рішень, а в процесі застосування оператора кросоверу можуть порушуватись у бік незначного перевищення бюджету з метою включення останнього ремонту, вартість якого перевищує залишок бюджету.

На рис. 5 наведені результати дослідження впливу розподілу загального бюджету програми по роках її виконання. За варіантом а) транспортні витрати менші від транспортних витрат варіанту б) приблизно на 56%.

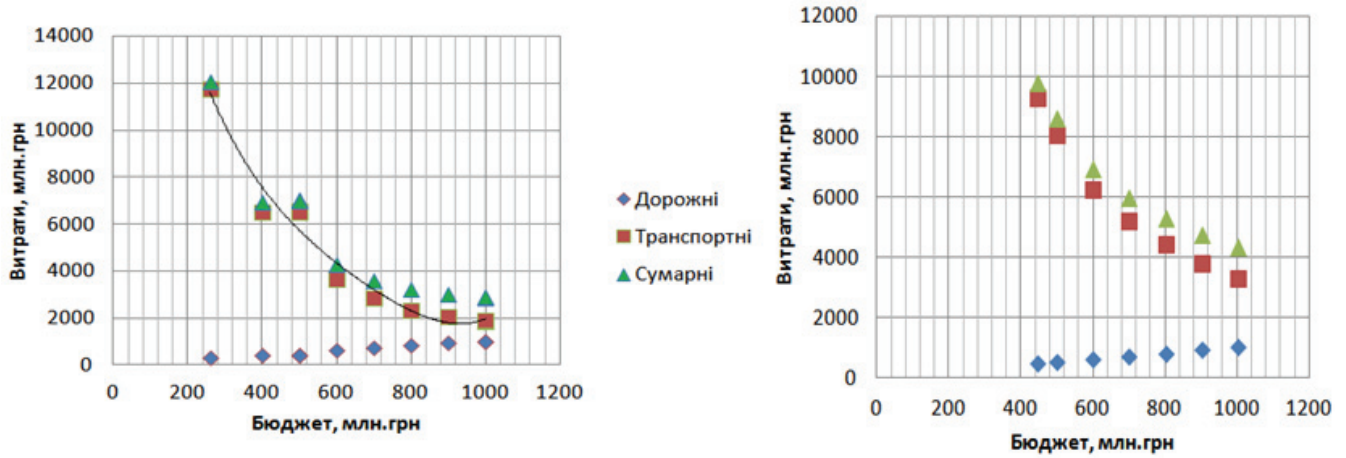
У **четвертому розділі** запропоновано методику розрахунку раціонального рівня витрат на ремонти за період здійснення програми ремонтів, яка дозволяє досягти бажаного експлуатаційного стану дорожнього одягу.

Показано, як виконати дослідження впливу вхідних параметрів ГА на характер змін цільової функції і як здійснювати пошук оптимальних рішень з управління програмою ремонтів ДО нежорсткого типу.

Розроблена програма є надбудовою над існуючими програмними засобами, які слугують інформаційною базою управління програмою ремонтів (рис. 6).

На головній екранній формі програми (рис. 7) розміщені елементи управління даними, які можуть бути змінені дослідником. Відображення результатів експериментів здійснюється у вигляді графіків та даних таблиць Excel що

розміщуються у тій самій книзі Excel, яка містить вихідні дані. Результати досліджень складають інформацію, потрібну для формування сукупності річних програм ремонтів доріг та всієї програми на передбачений період її виконання.



а) поступове зниження бюджету

б) поступове збільшення бюджету

Рис. 5. Вплив розподілу бюджету програми по рокам на вартість її здійснення

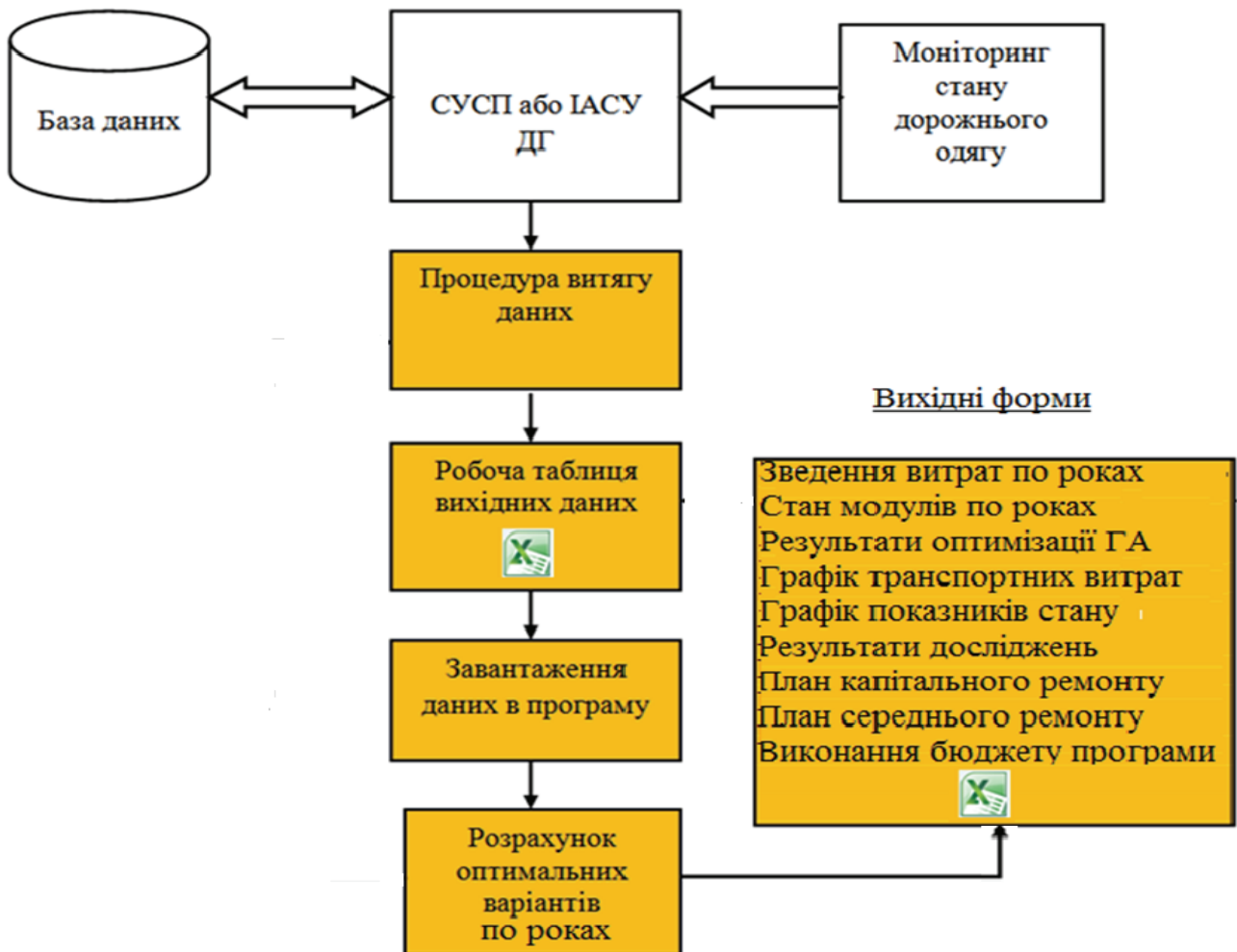


Рис. 6. Місце програми у програмному комплексі управління станом дорожнього одягу

Рис. 7. Головна екранна форма програми ГА

Вихідні дані для розрахунку отримуються з бази даних СУСП. Після завантаження вихідних даних в таблицю Excel здійснюється їх перевірка і моделювання в інтерактивному режимі. В результаті моделювання формуються вихідні таблиці, в яких наводяться результати оптимізації, отримані за допомогою ГА щорічних програм ремонтів. Частина з них наведена на рис. 8 – 10.

ЗВЕДЕННЯ ВИТРАТ ПО РОКАХ ПЛАНОВОГО ПЕРІОДУ

D:\# A Ignat\GA\Templates\NewData-225-150-10-years-.xlsx

Хромосом = 50; Епох = 100; Імовірність: кросоверу = 0.0; мутації = 0.05; Елітизм: так

Рік	КР	ПСР	ПДР+У	Дорожні	Трансп.	Дор.+Тран.	% КР	% ПСР	Бюдж.КР	Зал.КР	Бюдж.СР	Зал.СР
0							54	67				
1	148 351	23 682	5 803	177 836	419 076	596 912	45	1	150 000	1 649	40 000	16 318
2	148 320	6 963	4 369	159 652	268 682	428 334	34	0	150 000	1 680	10 000	3 037
3	147 841	5 984	3 517	157 342	186 046	343 388	24	0	150 000	2 159	10 000	4 016
4	98 989	8 290	2 751	110 030	157 807	267 837	20	0	100 000	1 011	10 000	1 710
5	97 089	8 611	3 191	108 891	143 280	252 171	16	0	100 000	2 911	10 000	1 389
6	69 048	5 994	2 475	77 517	129 275	206 792	12	0	70 000	952	10 000	4 006
7	29 863	6 740	2 762	39 365	155 348	194 713	13	0	30 000	137	10 000	3 260
8	29 032	8 193	2 654	39 879	178 590	218 469	12	3	30 000	968	10 000	1 807
9	24 116	8 076	2 799	34 991	209 017	244 008	12	9	25 000	884	10 000	1 924
10	24 677	7 085	3 289	35 051	249 851	284 902	12	17	25 000	323	10 000	2 915
Всього	817 326	89 618	33 610	940 554	2 096 972	3 037 526						

Рис. 8. Вихідна форма зведених витрат у книзі Excel

ПОТОЧНИЙ СТАН ДОРІГ

D:\# A Ignat\GA\Templates\NewData-225-150-10-years-.xlsx

Популяція		50	Епох	100	Елітизм	кросоверу	0	так	мутації	0.05	Зупинка при співпадінні	5	епох
Рік	Код	Початок, м	Кінець, м	Кзм після ремонту	Кзм до ремонту	Рівність, см/км	Витрати, тис.грн					Вид ремонту	Товщина шару, см
							КР	ПСР	ЦДР+У	транспортні	Разом		
0	М - 12	210 000	211 000	0.795	0	109	0	0	0	954	954		
1				0.784	0.7836	144	0	0	50	1 304	1 354	ДР	
2				0.772	0.7722	189	0	0	50	1 972	2 022	ДР	
3				0.761	0.7608	248	0	0	50	2 890	2 940	ДР	
4				1.370	0.7494	45	7 012	0	0	0	7 012	КР	13
5				1.359	1.3586	55	0	0	2	86	88	ДР	
6				1.347	1.3472	65	0	0	2	230	232	ДР	
7				1.336	1.3358	75	0	0	3	418	421	ДР	
8				1.324	1.3244	85	0	0	3	580	583	ДР	
9				1.313	1.313	95	0	0	4	790	794	ДР	
10				1.302	1.3016	105	0	0	4	971	975	ДР	
0	М - 12	212 000	213 000	0.838	0	117	0	0	0	1 073	1 073		
1				0.827	0.8266	148	0	0	50	1 350	1 400	ДР	
2				0.815	0.8152	184	0	0	50	1 909	1 959	ДР	
3				1.280	0.8038	45	5 935	0	0	0	5 935	КР	11
4				1.269	1.2686	55	0	0	3	84	87	ДР	
5				1.257	1.2572	65	0	0	3	223	226	ДР	
6				1.246	1.2458	75	0	0	4	407	411	ДР	
7				1.234	1.2344	85	0	0	4	564	568	ДР	

Рис. 9. Дані прогнозу експлуатаційного стану ДО

КАПІТАЛЬНИЙ РЕМОНТ

D:\# A Ignat\GA\Templates\NewData-225-150-10-years-.xlsx

Популяція	50	епох	100
Елітизм	так		
Імовірність кросоверу	0	Зупинка при співпадінні	
Імовірність мутації	0.05	5	епох

Рік	Код дороги	Початок, м	Кінець, м	Витрати, тис.грн	Товщина шару, см	Кількість стадій
1	М - 12	239000	240000	4 859	9.0	2
	М - 12	242000	243000	4 049	7.5	1
	М - 12	263000	264000	4 859	9.0	1
	М - 12	268000	269000	4 319	8.0	2
	М - 12	379000	380000	3 374	7.5	1
	М - 12	382000	383000	3 824	8.5	2
	М - 12	383000	384000	4 949	11.0	1
	М - 12	384000	385000	4 049	9.0	2

Рис. 10. Вихідна форма потреби в капітальних ремонтах

Розрахунковий економічний ефект від застосування генетичного алгоритму оптимізації річної програми робіт отримується від вибору оптимального змісту програми – щорічних проектів для кожного з модулів завдяки вибору оптимальних видів, років виконання і варіантів ремонтів. В результаті оптимізації кожного року виконання програми ремонтів отримується річна економія транспортних витрат. Економічний ефект розраховано для ділянки автомобільної дороги М-12 Стрий – Тернопіль – Кіровоград – Знам'янка протяжністю 225 км (рис. 11).

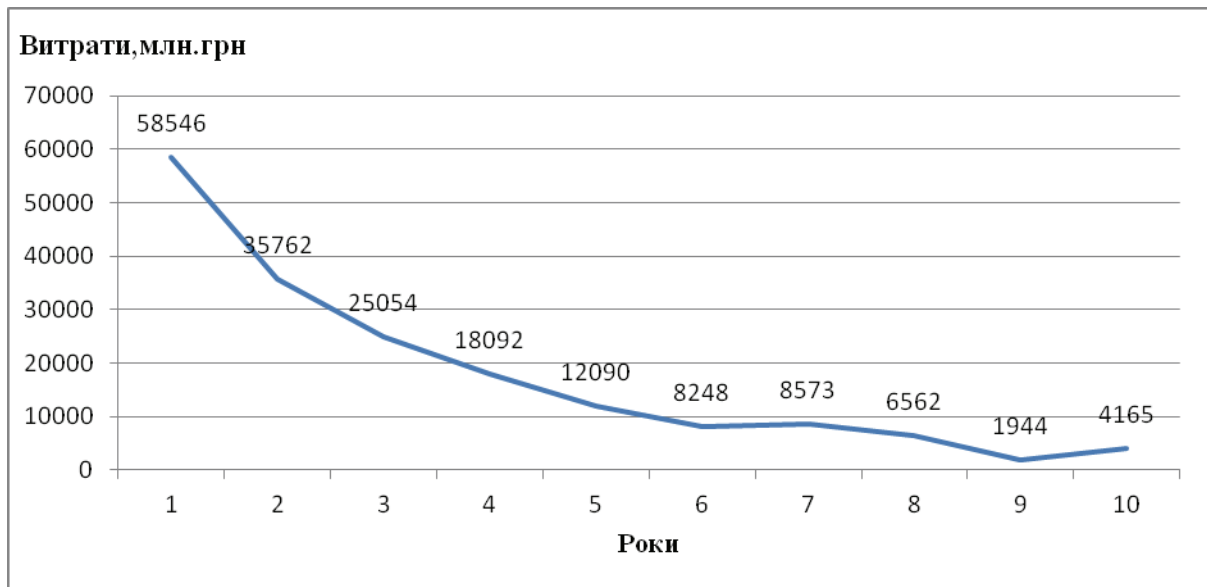


Рис. 11. Графік економії транспортних витрат за 10 років

Для вибраної ділянки дороги М - 12 Стрий–Тернопіль–Кіровоград–Знам’янка сумарна економія за 10 років, наведена на рис. 11 і віднесена до повної суми транспортних витрат, складає 6% від суми перевищення транспортних витрат над витратами при русі автомобілів по новому покриттю з рівністю 45 см/км.

Економічний ефект має індивідуальний характер для вибраної мережі доріг, залежить від тривалості програми ремонтів. Він обчислюється кожного разу при використанні розробленої в дисертації комп’ютерної програми і може складати 4-6% від суми перевищення транспортних витрат над витратами при русі автомобілів по новому покриттю.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведене теоретичне узагальнення і нове вирішення наукового завдання відновлення стану дорожнього одягу за задану кількість років, що виявляються у теоретичному обґрунтуванні та розробці практичних інструментів управління програмами ремонтів дорожнього одягу автомобільних доріг. Отримані наукові результати підтверджують досягнення поставленої мети завдяки вирішенню визначених завдань дослідження, що дає підстави зробити такі висновки.

1. На основі аналізу існуючих досліджень в управлінні відновленням стану автомобільних доріг на теоретичному підґрунті управління програмами запропоновано розглядати ремонти дорожнього одягу ділянок автомобільних доріг з однорідними зовнішніми та внутрішніми характеристиками умов експлуатації в рамках єдиного модулю, що складається з визначеної послідовності взаємозалежних проектів, характер і час виконання яких обумовлюються взаємним впливом процесів деградації і відновлення стану дорожнього одягу.

2. В якості критерію оптимальності в управлінні програмою ремонтів дорожнього одягу прийнято мінімум різниці транспортних витрат спричинених погіршенням стану покриття та транспортних витрат, які мають місце на новому

покритті, при обмеженні витрат на ремонти та експлуатаційне утримання дорожнього одягу заданим об'ємом фінансування.

3. Для управління програмами ремонтів дорожнього одягу у фазах ініціювання, планування і коригування програми запропоновано математичну модель оптимізації рішень за прийнятим критерієм, що поєднує модель деградації дорожнього одягу та модель відновлення його стану. В якості алгоритму пошуку оптимальної стратегії ремонтних робіт застосований один з методів еволюційного моделювання - генетичний алгоритм. Адекватність моделі підтверджується порівнянням отриманих результатів з даними розрахунків СУСП.

4. За допомогою створеної на основі запропонованої математичної моделі комп'ютерної програми, в якій реалізовано генетичний алгоритм оптимізації, досліджений вплив розміру популяції, числа генерацій генетичного алгоритму, ймовірностей кросоверу і мутації на ефективність пошуку оптимального рішення. Визначені достатній розмір популяції в 150 рішень, ймовірність кросоверу від 0,7 до 0,9, ймовірність мутації від 0,025 до 0,05.

5. Створена методика управління програмами ремонтів дорожнього одягу і відповідне комп'ютерне програмне забезпечення дозволяють швидко обґрунтувати оптимальну стратегію ремонтних робіт і є інструментами для підвищення ефективності прийняття рішень в управлінні програмою ремонтів. Розроблена методика дозволяє за рахунок вибору кращого за вибраним критерієм рішення – років і варіантів ремонтів досягти зниження транспортних витрат до 4 - 6% порівняно з евристичним рішенням за принципом «найгірші – перші».

Подальші дослідження моделей і методів управління програмами ремонтів дорожнього одягу повинні бути направлені на створення історичних баз даних про кількісні параметри стану доріг і фактично здійснені ремонти, на розробку сучасних математичних методів прогнозування інтенсивності руху і оцінки вартісних показників, необхідних для обґрунтування довгострокових стратегій і програм ремонтів дорожнього одягу, а також створення відповідних інформаційних технологій.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у виданнях іноземних держав:

1. Ігнатюк Вікторія. Модель формирования программы ремонтов автомобильных дорог [Текст] / Вікторія Ігнатюк // Systemy i srodki transportu samochodowego / Seria: TRANSPORT. – Rzeszow: Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Lukasiewicza – 2014. – №5. S. 253-262.

Статті у наукових фахових виданнях:

2. Ігнатюк В.В. Шляхи оптимізації програми дорожньо-ремонтних робіт [Текст] / В.В. Ігнатюк, О.П. Канін // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: Науково-технічний збірник. – К.: НТУ. – 2011. – Вип.81. – С. 108-114.

Особистий внесок – виконано аналіз світового досвіду обґрунтування стратегій дорожньо-ремонтних робіт в системах управління дорожнім одягом.

3. Ігнатюк В.В. Розвиток методів управління транспортно-експлуатаційним станом автомобільних доріг [Текст] / В.В. Ігнатюк // Вісник СевНТУ: зб. наук. пр.

Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – Севастополь . - 2012. - Вип.135/2012. - С. 93-97.

4. Ігнатюк В.В. Оптимізаційні моделі в управлінні станом дорожнього одягу автомобільних доріг [Текст] / В.В. Ігнатюк // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: Науково-технічний збірник. – К.: НТУ. – 2012. – Вип.85. – С. 85-91.

5. Ігнатюк В.В. Оптимізація програм ремонту дорожнього одягу автомобільних доріг [Текст] / В.В. Ігнатюк // Вісник Національного транспортного університету: В 2-х частинах: Ч.1. – К.: НТУ. – 2012. – Вип. 26. – С. 74-77.

6. Ігнатюк В.В. Генетичний алгоритм оптимізації програм ремонту дорожнього одягу автомобільних доріг [Текст] / В.В. Ігнатюк, О.П. Канін // Управління проектами, системний аналіз і логістика: Науковий журнал. – К.: НТУ. – 2012. – Вип. 10. – С. 72-78.

Особистий внесок – запропоновано підхід до оптимального управління станом дорожнього одягу.

7. Ігнатюк В.В. Математична модель програми ремонтів автомобільних доріг [Текст] / В.В. Ігнатюк // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: Науково-технічний збірник. – К.: НТУ. – 2013. – Вип.90. – С. 135-142.

8. Ігнатюк В.В. Управління програмами відновлення стану дорожнього одягу [Текст] / В.В. Ігнатюк // Наукові нотатки, Міжвузівський збірник (за галузями знань, «Машинобудування та металообробка», «Інженерна механіка», «Металургія та матеріалознавство»). – Луцьк. - Луцький національний технічний університет. - Вип. 46. - 2014. - С.221-226.

9. Ігнатюк В.В. Оптимізація програмами ремонтів дорожнього одягу [Текст] / В.В. Ігнатюк // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ. – 2014. – Вип. 30. – С. 131-138.

10. Ігнатюк В.В. Управління програмами дорожньо-ремонтних робіт мережі автомобільних доріг [Текст] / В.В. Ігнатюк // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія : Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. - Х.:НТУ «ХПІ». - 2015. - №1 (1110).- С 183-190.

Опубліковані праці апробаційного характеру:

11. Ігнатюк В.В. Управління програмою відновлення стану мережі автомобільних доріг [Текст] / В.В. Ігнатюк // LXVIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету. – К: НТУ, 2012. – С. 136-137.

12. Ігнатюк В.В. Порівняльний аналіз оптимізаційних моделей в управлінні станом дорожнього одягу [Текст] / В.В. Ігнатюк // Международная научно-практическая конференция с участием студентов и молодых ученых «Современные компьютерно-инновационные технологии проектирования, строительства, эксплуатации автомобильных дорог и аэродромов», 1-4 ноября 2012., - Х.: ХНАДУ. - 2012. – С.134-138.

13. Ігнатюк В.В. Обґрунтування довгострокової програми дорожньо-ремонтних робіт [Текст] / В.В. Ігнатюк // II Міжнародна науково-технічна конференція "Науково-прикладні аспекти автомобільної і транспортно-дорожньої галузей".– Луцьк. – 2012. - Вип. 37. - С.120-123.

14. Ігнатюк В.В. Модель управління проектами і програмами забезпечення оптимального стану мережі автомобільних доріг [Текст] / В.В. Ігнатюк // LXVII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету. – К: НТУ, - 2013. – С. 154.

АНОТАЦІЯ

Ігнатюк В.В. Управління програмами ремонтів дорожнього одягу автомобільних доріг. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.22 – управління проектами і програмами. – Національний транспортний університет. – Київ, 2015.

В дисертації запропонований науково-методичний підхід до розв’язання задачі управління програмами ремонтів дорожнього одягу автомобільних доріг методом управління за цінностями на підґрунті теорії управління проектами та програмами. Програма ремонтів складається з програмних модулів – взаємно залежних проектів ремонтів та утримання неперервних ділянок доріг з однорідними умовами експлуатації. Через досягнення нормативного експлуатаційного стану забезпечується отримання зовнішніх політичних, економічних, соціальних та інших ефектів від експлуатації дороги, вартість яких важко врахувати у програмі. На основі системного аналізу з’ясовані концептуальні передумови управління програмою ремонтів, розроблена математична модель оптимізації змісту і розкладу програми за критерієм мінімуму транспортних витрат та аналітична процедура, які дозволяють визначити рівень фінансування, достатній для досягнення потрібного рівня експлуатаційного стану дорожнього одягу за задану кількість років. Для пошуку оптимального варіанту річної програми робіт розроблений генетичний алгоритм, який враховує взаємний вплив процесу деградації дорожнього одягу і процесу відновлення його стану. На основі створеного програмного забезпечення, яке реалізує запропоновану модель і генетичний алгоритм оптимізації, розроблена інженерна методика управління програмами ремонтів дорожнього одягу.

Ключові слова: управління програмами, дорожній одяг, відновлення стану, модель, оптимізація, генетичний алгоритм, аналітична процедура.

ANNOTATION

Ignatyuk V. Pavement repairing Programs Management. –Manuscript.

Dissertation for obtaining the candidate of technical sciences degree, specialty 05.13.22 – Projects and Programs Management. - National Transport University, Kyiv, 2015.

The thesis proposes scientific-methodical approach to the solution of the problem of pavement repairs programs management by management-by-values method based on projects and programs management theory. The repairs program consists of program modules - mutually dependent repair projects and maintenance of continuous road sections with similar operating conditions. After achieving normative operational status we obtain external political, economic, social and other effects from the maintenance of roads the

cost of which is difficult to take into account in the program. Using system analysis we have clarified the conceptual prerequisites of the repairs management programs. We have developed the mathematical model of optimization of the program's content and scheduling according to the criterion of minimum transport costs and we have developed analytical procedure. Mathematical model and analytical procedure enable us to determine the level of funding, sufficient to achieve the desired level of operational condition of pavement for a specified number of years. We have the genetic algorithm to find the optimal variant of annual work program. The algorithm takes into account the mutual influence of pavement degradation process and process of restoring of its status. Using the created software that implements the proposed model and genetic optimization algorithm we have developed engineering method of pavement repairs programs management.

Keywords: program management, road pavement, restoring state model, optimization, genetic algorithm, analytical procedure.

АННОТАЦИЯ

Игнатюк В.В. Управление программами ремонтов дорожной одежды автомобильных дорог. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.22 – управление проектами и программами. - Национальный транспортный университет. – Киев, 2015.

Диссертация посвящена разработке теоретических и методических положений к решению задачи восстановления нормативного состояния нежесткой дорожной одежды за счет выполнения отложенных ремонтов и управления программами ремонтов дорожной одежды автомобильных дорог методом управления по ценностям на основе теории управления проектами и программами.

Предложено понятие программного модуля – закономерной последовательности взаимно зависимых проектов ремонтов и содержания дорожной одежды и ее покрытия на непрерывном участке дороги с однородными конструктивными параметрами, одинаковым возрастом дорожной одежды и одинаковыми воздействиями внешних факторов - интенсивности и состава дорожного движения, природных факторов и т.д., которые в совокупности образуют программу. При достижении нормативного эксплуатационного состояния дорожной одежды, кроме снижения транспортных затрат, обеспечивается получение внешних политических, экономических, социальных и других эффектов (ценностей) от эксплуатации дороги, которые не учитываются в стоимости программы.

На основе системного анализа выяснены концептуальные предпосылки управления программой ремонтов. Показано, что управление программой ремонтов базируется на моделировании двух процессов - процесса деградации дорожной одежды и процесса восстановления нормативного эксплуатационного состояния. С целью реализации процесса деградации дорожной одежды были усовершенствованы модели прогнозирования потребности в ремонтах, используемые в Системе управления состоянием покрытия.

Разработана математическая модель оптимизации содержания и расписания программы по критерию минимума разницы фактических (прогнозируемых)

транспортных затрат и транспортных затрат при движении по новому покрытию, а также аналитическая процедура, которые в совокупности позволяют определить уровень финансирования, достаточный для достижения требуемого уровня эксплуатационного состояния дорожной одежды за заданное количество лет.

Для поиска оптимального варианта годовых программ ремонтов, из которых состоит долгосрочная программа ремонтов, разработан генетический алгоритм, учитывающий взаимное влияние процесса деградации дорожной одежды и процесса восстановления ее состояния. В генетическом алгоритме тип ремонта и его параметры внутри вида ремонта (капитальный или средний) при назначении ремонта выбираются методом Монте-Карло.

Разработана компьютерная программа, которая реализует аналитическую процедуру. Компьютерные эксперименты позволили установить рациональные значения параметров генетического алгоритма – размер популяции решений – хромосом, вероятность кроссовера и мутации, достаточное число генераций. Исследование зависимости транспортных потерь от величины годового бюджета подтвердило выдвинутую гипотезу о существовании оптимального его размера, превышение которого практически не влияет на величину транспортных затрат и затрат на ремонты и содержание дорожной одежды.

На основе созданного программного обеспечения, которое реализует предложенную модель и генетический алгоритм оптимизации, разработана инженерная методика управления программами ремонта дорожной одежды. Ее применение позволяет получить ряд выходных документов, необходимых в управлении программой ремонтов в фазе инициирования и планирования программы, а также ее корректировки в ходе реализации.

Ключевые слова: управление программами, дорожная одежда, восстановление состояния, модель, оптимизация, генетический алгоритм, аналитическая процедура.

Підписано до друку 20.10.2015.
Папір офсетний №1. Гарнітура Times New Roman
Формат 60 x 84 / 8. Тираж 100. Зам. 4334.

Редакційно-видавничий відділ НТУ.
01010, Україна, Київ, вул. Кіквідзе, 39, тел. +(38 044) 284 26 26