

Національний транспортний університет
Міністерства освіти і науки України

Національний транспортний університет
Міністерства освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ХАРЧЕНКО АННА МИКОЛАЇВНА

УДК 004.942:625:7/8

ДИСЕРТАЦІЯ

НАУКОВІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМАМИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО УТРИМАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

05.13.22 – управління проектами та програмами

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

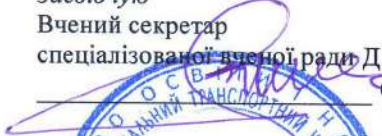
Дисертація містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших
авторів мають посилання на відповідне джерело


_____ А.М. Харченко

Науковий консультант –
доктор технічних наук, професор
Дмитриченко Микола Федорович

Ідентичність усіх примірників дисертації
Засвідчую

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 26.059.01


_____ О.І. Мельниченко



Київ – 2021

АНОТАЦІЯ

Харченко А.М. Наукові основи управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.22 – управління проектами та програмами. – Національний транспортний університет, Київ, 2021.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної проблеми в області управління програмами – розробленню методології управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг, яка дозволяє виконувати моделювання пакету проектів у програмі за визначеним набором цілей, факторів та з урахуванням некерованих впливів.

Проведене теоретичне дослідження видів проектів, програм, стратегій та методичних підходів до впливу ремонтно-відновлювальних заходів на стан мережі автомобільних доріг показало необхідність змін у парадигмі системного управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг, зокрема, обґрунтовано, що для ефективного експлуатаційного утримання необхідно застосовувати довгострокове планування, що ґрунтується на забезпеченні якісних показників доріг, а не на об'ємах виконаних робіт як за традиційними підходами.

Проведене дослідження стандартів та наукових розробок у сфері управління проектами та програмами, зіставно-порівняльний аналіз найбільш поширених комп'ютерних програм та інформаційно-аналітичних систем оцінювання, прогнозування та управління станом дорожніх активів, виходячи із зарубіжного досвіду розвитку методології управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг, а також інструментів до її реалізації на практиці. На основі проведених теоретичних досліджень було сформовано концептуальну модель розробки методології управління

програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг, що базується на тезаурусу, моделях, методах, критеріях та інструментах управління. Існуючий тезаурус з управління проектами, програмами та з предметної області було доповнено рядом нових визначень з управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг, зокрема, визначеннями програми експлуатаційного утримання автомобільних доріг, пакету проектів, стратегії, моделі прогнозування, моделі оптимізації, управління станом мережі автомобільних доріг та іншими. Сформовано набір критеріїв, які включають: рівень фінансування (бюджет) програми, необхідність збереження доріг від деградації, значення доріг для розвитку економіки держави, вимоги до безпеки дорожнього руху, рівень задоволення потреб споживачів (естетика, комфорт тощо), вимоги до захисту довкілля.

Визначено цільову функцію максимізації ефективності проекту в програмі та сформульовано ряд обмежень до неї. Вдосконалено модель стратегічного планування програми з управління мережею автомобільних доріг та розроблено архітектуру моделі управління програмою експлуатаційного утримання автомобільних доріг, яка є набором інструментів для пошуку оптимальних стратегій збереження дорожніх активів у визначеному дорожнім агентством стані.

Вдосконалено математичну модель обґрунтування стратегії відновлення стану автомобільних доріг на основі проектів, які реалізуються через довгострокові контракти з утримання автомобільних доріг за принципом забезпечення їх експлуатаційного стану. Математична модель включає застосування методу еталонів (нормативного методу), інвентаризації даних, оцінки поточного стану дорожньої мережі, прогнозування деградації дорожнього покриття, економічної оцінки альтернативних ремонтно-відновлювальних заходів та експлуатаційного утримання, пріоритезації заходів, призначення головних компонентів проектів, які реалізуються у вигляді довгострокових контрактів.

Обґрунтовано модель управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг, що базується на використанні мультисруктурного підходу, методу аналізу ієрархій АНР Saaty та методів оптимізації за набором цілей, факторів та некерованих впливів.

Математичну модель оптимізації проектів в програмі експлуатаційного утримання доріг доповнено коефіцієнтом ризику нездійсненності стратегії. Модель оптимізації являє собою математичний опис, призначений для порівняння альтернативних стратегій та виявлення відносних переваг кожної стратегії відповідно до призначених критеріїв прийняття рішень, таких як безпека, вартість, екологія та інші. Пріоритезація ділянок доріг виконується за набором факторів з урахуванням некерованих впливів методами оптимізації, які в дослідженні було проаналізовано на предмет їх ефективності. Перелік методів оптимізації, які потенційно застосовні до довгострокових рішень та рішень на рівні мережі, встановлюється шляхом уточнення техніки їх використання та в подальшому вноситься в алгоритм визначення програми. Екологічний фактор при пріоритезації проектів в програмі враховано за методикою кількісного визначення показників оцінки впливу на довкілля від планованої діяльності за комбінованим підходом – матрицею Леопольда та згідно з функцією розподілу бажаності показників Харрінгтона. Визначено цільову функцію моделі оптимізації проектів в програмі експлуатаційного утримання з обмеженнями щодо мінімальних рівнів обслуговування, ефективності ремонтно-відновлювальних заходів, у здійсненні певної кількості заходів за один рік, за цілями та бюджетом. Вибір стратегій за програмою експлуатаційного утримання доріг виконується підходом двійкових змінних. Запропоновано остаточне рішення щодо включення проекту в програму приймати на основі принципу Парето.

Розроблено візуальну модель оптимізації проектів у програмі, яка базується на визначенні та оцінюванні особливостей експлуатаційного утримання певних дорожніх активів, прогнозуванні стану активів, визначенні цілей рівня обслуговування та встановленні мінімально допустимих його

показників, узгодженні цілей та особливостей утримання, визначенні стратегій експлуатаційного утримання та здійснення економічної оцінки, встановленні границь допустимого бюджету для здійснення цілей за програмою. Вдосконалено алгоритм прогнозування стану дорожніх активів за програмою, який складається п'яти основних етапів, що включають обґрунтування базової моделі визначення стану активу, збору даних про активи, застосування моделі оцінки життєвого циклу, використання методу аналізу ієрархій, визначення стану з урахуванням цілей та факторів.

Визначено, що результати оптимізації програми можуть слугувати для управління проектами експлуатаційного утримання автомобільних доріг залежно від: визначених цілей та планів проекту, включаючи розмежування обсягу, складання бюджету, планування, встановлених вимог до ефективності та вибору учасників проекту; максимізації ефективного використання ресурсів; здійснення функцій координації та контролю, планування, проектування, оцінки, укладання контрактів та виконання проектів за контрактами.

За результатами застосування запропонованих моделей та методів визначено, що при 10-річній програмі експлуатаційного утримання, починаючи з 4-го року відзначається економічна ефективність від 10% вартості програми, а на кінець програми відносна економія по вартості ремонтно-відновлювальних заходів сягає 35% при підтримці мережі на мінімально встановленому рівні обслуговування.

Вдосконалено алгоритм прийняття рішення щодо управління програмою експлуатаційного утримання автомобільних доріг, який включає збір даних про стан доріг та фактори впливу, визначення цілей щодо мережі доріг, встановлення рівнів обслуговування, прогнозування стану активів, визначення пріоритету за факторами, обрання множини альтернатив заходів, виконання аналізу ефективності проектів та результатів обраної оптимальної стратегії, формування остаточного пакету проектів – програми.

Також запропоновані вдосконалення до алгоритмізованих рішень у програмних комплексах й інформаційно-аналітичних системах, що використовуються з метою управління мережею автомобільних доріг.

Отримані результати досліджень є обґрунтованими, що підтверджено їх застосуванням в розробці ряду нормативно-технічних документів, актами впровадження в діяльність організацій дорожнього господарства та в навчальний процес Національного транспортного університету на третьому (освітньо-науковому) рівні вищої освіти.

Ключові слова: програма експлуатаційного утримання, пакет проектів, методологія управління програмами, стратегія, цілі управління, стан автомобільних доріг, експлуатаційне утримання.

Список публікацій здобувача

Статті у виданнях іноземних держав, які включені до міжнародних наукометричних баз:

1. Vasyl Mateichyk, Viktoriia Khrutba, Anna Kharchenko, Yuliia Khrutba, Olexander Protsyk, Iuliia Silantieva. Developing a Tool for Environmental Impact Assessment of Planned Activities and Transport Infrastructure Facilities. *Transportation Research Procedia*. Volume 55, 2021, P. 1194-1201. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.07.185>

2. Kanin A.P., Kharchenko A.N., Sokolova N.M., Sphyh A.U., Zavorotnyi S.M. Modern approaches to road maintenance on performance long-term contracts based on the operating condition principle. *International Scientific Periodical Journal "Modern Technology and Innovative Technologies"*. Vol. 152, No. 14, November. 2020. P. 12-22.

3. Slavinska O., Stozhka V., Kharchenko A., Bubela A., Kvatadze, A. Development of a model of the weight of motor roads parameters as part of the information and management system of monetary evaluation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (97)). 2019. P. 46–59. DOI: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.156519>

4. Slavinska, O., Savenko, V., Kharchenko, A., Bubela, A. Development of a mathematical model of evaluation of road-and-transport assets as a component of information-and-management system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (4 (90)). 2017. P. 45–57. DOI: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.118798>

Статті у фахових виданнях:

5. Dmytrychenko, N., & Kharchenko, A. Development of method for road network management program optimization. *Technology Audit and Production Reserves*, 4(2(60)). 2021. P. 56–60. DOI: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.237949>

6. Kharchenko, A., Zaviyskyi, O., Tsybulskyi, V., & Zavorotnyi, S. Development of methods for parameters of long-term contracts optimization for operational road maintenance. *Technology Audit and Production Reserves*, 1(2(57)). 2021. P. 49–53. DOI: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.225532>

7. Slavinska O., Kharchenko A., Bubela A., Chechuha O. Development of road sector's land valuation method for aims of asset management. *Technology audit and production reserves*, 2 (2 (52)). 2020. P. 43–46. DOI: <http://doi.org/10.15587/2312-8372.2020.200743>

8. Bubela A., Kharchenko A., Bezugliy A., Hresko I., Slavinska O., Bibyk Y. Features of carrying out the cost evaluation of public roads. *Dorogi i mosti [Roads and bridges]*. Iss. 19-20. 2019. P. 5-15. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2019.19.005>

9. Kharchenko A., Chechuha O. Development of proposals for improving the monetary value of land at their allocation for roads within the settlement. *Dorogi i mosti [Roads and bridges]*. Iss. 21. 2020. P. 217-225. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2020.21.217>

10. Канін О.П., Харченко А.М., Цинка А.О. Аналіз світового досвіду та розробка пропозицій щодо реалізації контрактів FIDIC в Україні. *Вісник Національного транспортного університету*. Вип.40. 2018. С. 140-154. URL: <http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/40/140.pdf>

11. Заворотний С.М., Харченко А.М. Genetic algorithm as optimization method relationship "time - cost" to implement performance based road maintenance contracts. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Київ, 2020. Вип. 108. С. 31-38. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/108/31.pdf

12. Канін О.П., Харченко А.М., Цинка А.О. Проблеми та перспективи впровадження контрактів FIDIC в дорожнє господарство України. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник*. Вип. 104. 2018. С. 6-16.

13. Харченко А.М., Смірнов А.М. Основні дослідження в напрямку обґрунтування рівнів обслуговування автомобільних доріг в зимовий період. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник*. Вип. 102. 2017. С. 131-143. http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/102/131-143.pdf

14. Заворотний С.М., Харченко А.М. Аналіз методів оптимізації відношення «час – вартість» для реалізації довгострокових контрактів заснованих на кінцевих показниках. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Київ, 2017. Вип. 101. С. 57-67. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/101/057-067.pdf

15. Заворотний С.М., Харченко А.М. Фактори, які впливають на час, вартість та якість реалізації довгострокових контрактів заснованих на кінцевих показниках. *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. Київ, 2017. Вип. 20. С. 41-49.

16. Kharchenko A. Problems of property rights in the implementation of standard forms FIDIC contracts in the road sector in Ukraine. *Вісник Національного транспортного університету*. Iss. 2 (38). 2017. P. 92-97. URL: <http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/38/092.pdf>

17. Харченко А.М., Заворотний С.М. Історія розвитку та переваги використання контрактів ДККП в дорожній галузі. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Київ, 2016. Вип. 97. С. 124-135. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/97/124-135.pdf

18. Харченко А.М., Соколова Н.М. Методи аналізу ефективності проектів державно-приватного партнерства в дорожній галузі. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 96. 2016. С. 121-133. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/96/121-133.pdf

19. Славінська О.С., Харченко А.М. Застосування кваліметричної моделі до оцінки транспортно-експлуатаційного стану автомобільної дороги. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 95. 2016. С. 111-120. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/95/111-120.pdf

20. Заворотний С.М., Харченко А.М. Оптимізація відношення «час – вартість» для реалізації довгострокових контрактів заснованих на кінцевих показниках. *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. Київ, 2016. Вип. 18. С. 54-61. URL: http://publications.ntu.edu.ua/upravl_progekt/2016_18_tech/054.pdf

21. Канін О.П., Харченко А.М., Соколова Н.М., Шпиг А.Ю. База даних рівнів обслуговування в управлінні довгостроковими контрактами на основі кінцевих показників якості доріг. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 94. 2015. С. 124-134. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/94/124-134.pdf

22. Харченко А.М., Мелешук Т.П. Аналіз світового досвіду впровадження та використання довгострокових контрактів, заснованих на кінцевих показниках. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 93. 2015. С. 138-143. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/93/138-143.pdf

23. Соколова Н.М., Харченко А.М. Еколого-економічне оцінювання впливу автомобільних доріг на навколишнє середовище. *Вісник Національного транспортного університету*. Вип. 33. 2015. С. 230-238. URL: http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/33_2015/230-238.pdf

24. Канін О.П., Харченко А.М. Управління дорожнім господарством шляхом застосування інформаційно-аналітичної системи. *Інформаційні процеси, технології та системи на транспорті*. Вип.2. 2014. С. 98-102.

25. Харченко А.М., Сагатюк Я. Дослідження взаємозв'язку вартості та тривалості проектів у дорожньому виробництві. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 89. 2013. С. 152-158. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/avtodorogi_i_stroitelstvo_89/152-158.pdf

26. Соколова Н.М., Харченко А.М. Оптимізація стану автомобільних доріг в умовах державно-приватного партнерства. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 88. 2013. С. 196-206. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/avtodorogi_i_stroitelstvo_88/196-206.pdf

27. Харченко А.М., Канін О.П., Соколова Н.М. Еволюція розвитку та переваги застосування довгострокових контрактів, заснованих на кінцевих показниках, у дорожній галузі. *Вісник Національного транспортного університету*. Вип.28. 2013. С. 496-504. URL: http://www.publications.ntu.edu.ua/visnyk/28_2013/496-504.pdf

28. Харченко А.М., Канін О.П., Соколова Н.М. Система управління станом доріг за показником рівня обслуговування в довгострокових контрактах з поточного дрібного ремонту та утримання доріг. *Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія*, Вип.12. НТУ. С. 195-207. URL: http://publications.ntu.edu.ua/upravl_progekt/2013_12_tech/193.pdf

29. Соколова Н.М., Канін О.П., Харченко А.М. Теоретичні аспекти довгострокових контрактів на основі кінцевих показників. *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. Вип.11. 2013. С. 130-139. URL: http://publications.ntu.edu.ua/upravl_progekt/11_2013/130-139.pdf

30. Харченко А.М. Формування річної програми дорожньо-ремонтних робіт з позиції теорії управління проектами. *Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія*. Вип. 10. 2012. –С. 279-285. URL: http://publications.ntu.edu.ua/upravl_progekt/10_2012/279-285.pdf

31. Канін О.П., Харченко А.М. Сутність та призначення інформаційно-аналітичних систем управління дорожнім господарством України. *Управління*

проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія. Вип.9. 2012. С. 71-78.

32. Канін О.П., Соколова Н.М., Харченко А.М. Інформаційно-аналітична система управління дорожнім господарством. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 84. 2012. С. 133-138.
URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/84/133-138.pdf

33. Харченко А.М. До застосування експертної системи проектування річної програми робіт в дорожньо-ремонтних організаціях. *Вісник Національного транспортного університету*. Вип. 26 (1). 2012. С. 99-103.
URL: http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/26_1_2013/099-103.pdf

34. Канін О.П., Харченко А.М. Проектування річної програми робіт в системі управління проектами експлуатації автомобільних доріг. *Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія*. Вип.8. 2011. С. 88-94.

35. Харченко А.М. Стан інформаційного і програмного забезпечення проектування річної програми робіт в дорожній галузі України. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип.81. 2011. С. 103-107.
URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/81/103-107.pdf

36. Харченко А.М. Експертна система обґрунтування річної програми дорожньо-ремонтних робіт. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 80. 2011. С. 88-95.
URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/80/088-095.pdf

Монографії:

37. Дмитриченко М.Ф., Харченко А.М., Мороз Т.М. Система діагностування стану автомобільних доріг як засіб стратегічного планування експлуатаційного утримання. *Erbe der europäischen Wissenschaft / Heritage of European science, Germany*. 2021. P. 224-258.

38. Anna Kharchenko, Ylia Khrutba. Development and implementation of electronic service for environmental impact assessment from planned road construction activities. *Integration of traditional and innovation processes of*

development of modern science: collective monograph / edited by authors, 3rd ed, Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2020. Pp.246-276. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-021-6-40>

Опубліковані праці апробаційного характеру:

39. Дмитриченко М.Ф., Харченко А.М. Розробка методу оцінки стану мережі автомобільних доріг для управлінських цілей. *Conference «Scientific developments: yesterday, today, tomorrow '2021»*. Р. 13-18.

40. Viktoriia Khrutba, Inesa Rutkovska, Anna Kharchenko, Tetiana Morozova, Alla Herasymenko. Environmental impact assessment of the planned activity of aviation transport. *VIII International Scientific-Technical Conference «Problems of chemmotology. Theory and practice of rational use of traditional and alternative fuels & lubricants»*, 2021. Р. 59-60.

41. Харченко А.М., Заворотний С.М. Оптимізація часу, вартості та якості в довгострокових контрактах на експлуатаційне утримання автомобільних доріг загального користування. *LXXVI Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів Національного транспортного університету: тези доповідей*. К.: НТУ, 2020. С. 190.

42. Заворотний С.М., Харченко А.М. Сучасні методи оптимізації відношення «час-вартість-якість» для реалізації довгострокових контрактів заснованих на кінцевих показниках. *XII всеукраїнська заочна науково – практична конференція «Освіта і наука в Україні: шляхи розвитку та напрямки взаємодії»*. Харків, 2020. С. 3-11.

43. Харченко А. М., Чечуга О. С., Колбасін М. І. Оптимізація процесу оцінки впливу на довкілля в сучасних умовах. *Розроблення та реалізація регіональних Програм поводження з відходами: проблемні питання та кращі практики : збірка матеріалів Національного форуму «Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології»*. м. Івано-Франківськ, 8–10 жовтня 2020 р. К. : Центр екологічної освіти та інформації, 2020. С.394-395.

44. Харченко А.М. Обґрунтування рівнів обслуговування при експлуатаційному утриманні автомобільних доріг. *International scientific and practical conference «Science, engineering and technology: global trends, problems and solutions» : Conference proceedings*, September 25–26, 2020. Prague: Izdevnieciba «Baltija Publishing», 2020. P. 131-133.

45. Канін О.П., Харченко А.М., Соколова Н.М. Розробка державних стандартів щодо обґрунтування рівнів обслуговування при експлуатаційному утриманні автомобільних доріг. *Ювілейна LXXV наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. Том 2. К.: НТУ, 2019. С. 133.

46. Харченко А.М., Заворотний С.М. Аналіз особливостей взаємозв'язку часу, вартості та якості реалізації контрактів з метою створення математичної оптимізаційної моделі. *XII Міжнародна наукова конференція. Наука та освіта. Секція: проблем економіки і управління*. Київ, 2018. С. 84-85.

47. Грищук О.К., Харченко А.М. Проблеми та перспективи реформування системи управління дорожнім господарством як складової галузі інфраструктури. *Економічний розвиток: теорія, методологія, управління [матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції]*. Nemoros s.r.o., Prague. 2018. С. 162-164.

48. Канін О.П., Харченко А.М., Соколова Н.М. Основні проблеми впровадження типових контрактів FIDIC в Україні. *LXXIV наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. К.: НТУ, 2018. С. 169.

49. Канін О.П., Харченко А.М., Соколова Н.М. Дослідження передумов реалізації контрактів FIDIC в Україні. *LXXIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. К.: НТУ, 2017. С. 160.

50. Харченко А.М., Заворотний С.М. Основні положення використання довгострокових контрактів заснованих на кінцевих показниках в дорожній

галузі. *LXXII Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів Національного транспортного університету: тези доповідей.* К.: НТУ, 2016. С. 161.

51. Канін О.П., Соколова Н.М., Харченко А.М. Управління станом автомобільних доріг на основі довгострокових контрактів з поточного дрібного ремонту та утримання доріг за показником рівня їх обслуговування. *LXXI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету.* К.: НТУ, 2015. С. 154-155.

52. Харченко А.М. Теоретичні основи проектного управління станом автомобільних доріг під час виконання довгострокових контрактів. *LXX наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету.* К.: НТУ, 2014. С. 129.

53. Канін О.П., Соколова Н.М., Харченко А.М. Інформаційно-аналітична система управління дорожнім господарством. *LXIX наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету.* К.: НТУ, 2013. С. 141.

54. Харченко А.М. Застосування інформаційно-аналітичних систем в управлінні дорожнім господарством. *Міжнародна конференція. Сучасна інформатика: проблеми, досягнення та перспективи розвитку.* Київ: Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, 2013. С.128.

55. Харченко А.М. Основи проектування річної програми робіт в системі управління проектами експлуатації автомобільних доріг. *LXVIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету.* К.: НТУ, 2012. С. 134.

Опубліковані праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

56. Kharchenko A., Kotyk D. Development of algorithm for risk assessment of the large ring road construction project around Kyiv. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник*. Випуск 110, 2021. С.225-233.

57. Канін О.П., Харченко А.М., Соколова Н.М. Обґрунтування рівнів обслуговування при експлуатаційному утриманні автомобільних доріг загального користування *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник*. Випуск 109, 2021. С.11-26.

58. Харченко А.М. Теоретико-методологічні аспекти експлуатаційного утримання автомобільних доріг за довгостроковими контрактами. *Scientific letters of academic society of Michal Baludansky*. 2019. Р. 20-25.

59. Дмитриченко М.Ф., Токін О.П., Харченко А.М. Перспективи розвитку системи професійних кваліфікацій у вищій освіті. *Вісник Національного транспортного університету*. Вип.49. 2021. С. 63-71.

Свідоцтва та патенти:

1. Свідоцтво України про реєстрацію авторського права на твір. № 102073. Україна. Літературний письмовий твір науково го характеру «Історія розвитку та переваги використання контрактів ДККП в дорожній галузі». Заворотний С.М., Харченко А.М. Дата реєстрації 27.01.2021 р.

2. Свідоцтво України про реєстрацію авторського права на твір. № 102074. Україна. Літературний письмовий твір наукового характеру «Genetic algorithm as optimization method relationship «time - cost» to implement performance based road maintenance contracts». Заворотний С.М., Харченко А.М. Дата реєстрації 27.01.2021 р.

3. Свідоцтво України про реєстрацію авторського права на твір. № 102213. Україна. Літературний письмовий твір наукового характеру «Оптимізація відношення «час-вартість» для реалізації довгострокових контрактів заснованих на кінцевих показниках». Заворотний С.М., Харченко А.М. Дата реєстрації 01.02.2021 р.

4. Свідоцтво України про реєстрацію авторського права на твір № 86516. Україна. Літературний письмовий твір наукового характеру «Розробка моделі вагомостей параметрів автомобільних доріг у складі інформаційно-управлінської системи грошової оцінки» Славінська О.С., Стьожка В.В., Харченко А.М., Бубела А.В., Кватадзе А.І. Дата реєстрації 01.03.2019 р.

5. Свідоцтво України про реєстрацію авторського права на твір № 76497. Україна. Літературний письмовий твір науково-практичного характеру «Методичні рекомендації з проведення вартісної оцінки автомобільних доріг і споруд на них». Славінська О.С., Харченко А.М., Бубела А.В., Чесноков С.В. Дата реєстрації 01.02.2018 р.

6. Свідоцтво України про реєстрацію авторського права на твір № 76682. Україна. Літературний письмовий твір наукового характеру «Розробка математичної моделі вартісної оцінки дорожньо-транспортних активів як складової інформаційноуправлінської системи» Славінська О.С., Савенко В.Я., Харченко А.М., Бубела А.В. Дата реєстрації 06.02.2018 р.

7. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 58880. Україна. Науковий твір «Методика оцінки ефективності проектів державно – приватного партнерства в дорожній галузі». Харченко А.М., Соколова Н.М. Дата реєстрації 05.03.2015 р.

8. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 50503. Україна. Комп'ютерна програма «Інформаційно – аналітична система управління дорожнім господарством – Аналітична експертна система управління мостами» («ІАСУ ДГ – АЕСУМ»). Канін О.П., Харченко А.М., Соколова Н.М. Дата реєстрації 30.07.2013 р.

9. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 50504. Україна. Комп'ютерна програма «Інформаційно – аналітична система управління дорожнім господарством – Система управління станом покриття» («ІАСУ ДГ – СУСП»). Канін О.П., Харченко А.М., Соколова Н.М. Дата реєстрації 30.07.2013 р.

10. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 50972. Україна. Комп'ютерна програма «Інформаційно – аналітична система управління дорожнім господарством» («ІАСУ ДГ»). Канін О.П., Харченко А.М., Соколова Н.М. Дата реєстрації 27.08.2013 р.

ABSTRACT

Kharchenko A.M. Scientific bases of road maintenance program management. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the doctor of technical sciences on a specialty 05.13.22 – project and program management. – National Transport University, Kyiv, 2021.

The dissertation work is devoted to the decision of an actual problem in the field of program management – development a methodology of road maintenance program management, which allows to perform modeling of a projects package in the program according to a certain set of goals, factors and taking into account uncontrolled influences.

The theoretical study of projects, programs, strategies types and methodological approaches to the repair and restoration measures impact on the road network condition showed the need for changes in the paradigm of system management of road maintenance programs, in particular, it is necessary to apply long-term planning which is based on ensuring the quality of roads, rather than on the volume of work performed as in traditional approaches.

A study of standards and research in the field of project and program management, comparative analysis of the most common computer programs and information-analytical systems for assessment, forecasting and management of road assets, based on foreign experience in developing a methodology for managing road maintenance programs, as well as tools for its implementation in practice. On the basis of the conducted theoretical researches the conceptual model of methodology development of road maintenance program management based on the thesaurus,

models, methods, criteria and management tools was formed. The existing project, program and subject area management thesaurus has been supplemented by a number of new definitions of road maintenance program management, in particular, definitions of the program of operational road maintenance, a package of projects, strategy, model of forecasting, model of optimization, management of a condition of road network and others. A set of criteria has been formed, which includes: the level of funding (budget) of the program, the need to preserve roads from degradation, the importance of roads for economic development, road safety requirements, the level of customer satisfaction (aesthetics, comfort, etc.), environmental requirements.

The target function of maximizing the efficiency of the project in the program is defined and a number of restrictions to it are formulated. The model of strategic planning of the road network management program has been improved and the architecture of the model of road maintenance program management has been developed, which is a set of tools for finding optimal strategies for preserving road assets in determined condition by the road agency.

The mathematical model of substantiation of road condition restoration strategy on the basis of the projects which are realized through road maintenance long-term contracts on the principle of operational condition is improved. The mathematical model includes the application of the standard method (normative method), data inventory, assessment of the current condition of the road network, forecasting of road degradation, economic assessment of alternative repairs and maintenance, measures prioritization, main components appointment of projects implemented in the form of long-term contracts.

The model of road maintenance program management based on the use of a multistructural approach, the method of analysis of hierarchies AHP Saaty and optimization methods by a set of goals, factors and uncontrolled influences is substantiated.

The mathematical model of project optimization in the program of road operational maintenance is supplemented by the risk factor of strategy impossibility. The optimization model is a mathematical description designed to compare

alternative strategies and identify the relative benefits of each strategy according to the assigned decision criteria, such as safety, cost, environment and others. Priority of road sections is performed according to a set of factors taking into account uncontrolled influences by optimization methods, which in the study were analyzed for their effectiveness. The list of optimization methods that are potentially applicable to long-term solutions and solutions at the network level is established by refining the technique of their use and further included in the algorithm for determining the program. The environmental factor in the prioritization of projects in the program is taken into account by the method of quantification of environmental impact assessment indicators from the planned activities according to the combined approach - the Leopold matrix and according to the distribution function of Harrington indicators. The target function of the project optimization model in the maintenance program with restrictions on the minimum levels of service, the effectiveness of repair and restoration measures, in the implementation of a certain number of measures in one year, by objectives and budget. The choice of strategies for the road operational maintenance program is performed by the approach of binary variables. It is proposed that the final decision on the inclusion of the project in the program be made on Pareto principle basis.

A visual model of project optimization has been developed in the program, which is based on determining and evaluating the features of operational maintenance of certain road assets, forecasting the state of assets, defining service level goals and setting minimum allowable indicators, agreeing goals and features of maintenance, defining maintenance strategies and economic evaluation, setting the limits of the allowable budget for the implementation of the objectives of the program. The algorithm for forecasting the state of road assets according to the program has been improved, which consists of five main stages, including substantiation of the basic model of determining the asset condition, collecting data on assets, applying the life cycle assessment model, using the method of hierarchy analysis.

It is determined that the results of program optimization can be used to manage road maintenance projects depending on: defined project goals and plans, including volume delimitation, budgeting, planning, established efficiency requirements and selection of project participants; maximizing the efficient use of resources; implementation of functions of coordination and control, planning, design, evaluation, conclusion of contracts and implementation of projects under contracts.

According to the results of the proposed models and methods, it is determined that with a 10-year maintenance program, starting from the 4th year there is an economic efficiency of 10% of the program cost, and at the end of the program relative savings on repair and restoration measures reach 35% networks at the minimum set level of service.

Improved decision-making algorithm for road maintenance maintenance program, which includes collecting data on road condition and impact factors, setting goals for road network, setting service levels, forecasting asset status, prioritizing by factors, selecting many alternatives, performing performance analysis projects and results of the chosen optimal strategy, formation of the final package of projects - programs.

Improvements to algorithmic solutions in software packages and information-analytical systems used to manage the road network are also proposed.

The obtained research results are substantiated, which is confirmed by their application in the development of a number of regulatory and technical documents, acts of implementation in the activities of road management organizations and in the educational process of the National Transport University at the third (educational and scientific) level.

Key words: maintenance program, project package, program management methodology, strategy, goals of management, road condition, maintenance.

List of published works

Articles in foreign publications that are included in international scientometric databases:

1. Vasyl Mateichyk, Viktoriia Khrutba, Anna Kharchenko, Yuliia Khrutba, Olexander Protsyk, Iuliia Silantieva. Developing a Tool for Environmental Impact Assessment of Planned Activities and Transport Infrastructure Facilities. *Transportation Research Procedia*. Volume 55, 2021, P. 1194-1201. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.07.185>

2. Kanin A.P., Kharchenko A.N., Sokolova N.M., Sphyh A.U., Zavorotnyi S.M. Modern approaches to road maintenance on performance long-term contracts based on the operating condition principle. *International Scientific Periodical Journal "Modern Technology and Innovative Technologies"*. Vol. 152, No. 14, November. 2020. P. 12-22.

3. Slavinska O., Stozhka V., Kharchenko A., Bubela A., Kvatadze, A. Development of a model of the weight of motor roads parameters as part of the information and management system of monetary evaluation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (97)). 2019. P. 46–59. DOI: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.156519>

4. Slavinska, O., Savenko, V., Kharchenko, A., Bubela, A. Development of a mathematical model of evaluation of road-and-transport assets as a component of information-and-management system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (4 (90)). 2017. P. 45–57. DOI: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.118798>

Articles in professional editions:

5. Dmytrychenko, N., & Kharchenko, A. Development of method for road network management program optimization. *Technology Audit and Production Reserves*, 4(2(60)). 2021. P. 56–60. DOI: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.237949>

6. Kharchenko, A., Zaviyskyi, O., Tsybulskyi, V., & Zavorotnyi, S. Development of methods for parameters of long-term contracts optimization for operational road maintenance. *Technology Audit and Production Reserves*, 1(2(57)). 2021. P. 49–53. DOI: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.225532>
7. Slavinska O., Kharchenko A., Bubela A., Chechuha O. Development of road sector's land valuation method for aims of asset management. *Technology audit and production reserves*, 2 (2 (52)). 2020. P. 43–46. DOI: <http://doi.org/10.15587/2312-8372.2020.200743>
8. Bubela A., Kharchenko A., Bezugliy A., Hresko I., Slavinska O., Bibyk Y. Features of carrying out the cost evaluation of public roads. *Dorogi i mosti [Roads and bridges]*. Iss. 19-20. 2019. P. 5-15. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2019.19.005>
9. Kharchenko A., Chechuha O. Development of proposals for improving the monetary value of land at their allocation for roads within the settlement. *Dorogi i mosti [Roads and bridges]*. Iss. 21. 2020. P. 217-225. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2020.21.217>
10. Канін О.П., Харченко А.М., Цинка А.О. Аналіз світового досвіду та розробка пропозицій щодо реалізації контрактів FIDIC в Україні. *Вісник Національного транспортного університету*. Вип.40. 2018. С. 140-154. URL: <http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/40/140.pdf>
11. Заворотний С.М., Харченко А.М. Genetic algorithm as optimization method relationship "time - cost" to implement performance based road maintenance contracts. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Київ, 2020. Вип. 108. С. 31-38. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/108/31.pdf
12. Канін О.П., Харченко А.М., Цинка А.О. Проблеми та перспективи впровадження контрактів FIDIC в дорожнє господарство України. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник*. Вип. 104. 2018. С. 6-16.
13. Харченко А.М., Смірнов А.М. Основні дослідження в напрямку обґрунтування рівнів обслуговування автомобільних доріг в зимовий період.

Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник. Вип. 102. 2017. С. 131-143.

http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/102/131-143.pdf

14. Заворотний С.М., Харченко А.М. Аналіз методів оптимізації відношення «час – вартість» для реалізації довгострокових контрактів заснованих на кінцевих показниках. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво.* Київ, 2017. Вип. 101. С. 57-67. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/101/057-067.pdf

15. Заворотний С.М., Харченко А.М. Фактори, які впливають на час, вартість та якість реалізації довгострокових контрактів заснованих на кінцевих показниках. *Управління проектами, системний аналіз і логістика.* Київ, 2017. Вип. 20. С. 41-49.

16. Kharchenko A. Problems of property rights in the implementation of standard forms FIDIC contracts in the road sector in Ukraine. *Вісник Національного транспортного університету.* Iss. 2 (38). 2017. Р. 92-97. URL: <http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/38/092.pdf>

17. Харченко А.М., Заворотний С.М. Історія розвитку та переваги використання контрактів ДККП в дорожній галузі. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво.* Київ, 2016. Вип. 97. С. 124-135. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/97/124-135.pdf

18. Харченко А.М., Соколова Н.М. Методи аналізу ефективності проектів державно-приватного партнерства в дорожній галузі. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво.* Вип. 96. 2016. С. 121-133. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/96/121-133.pdf

19. Славінська О.С., Харченко А.М. Застосування кваліметричної моделі до оцінки транспортно-експлуатаційного стану автомобільної дороги. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво.* Вип. 95. 2016. С. 111-120. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/95/111-120.pdf

20. Заворотний С.М., Харченко А.М. Оптимізація відношення «час – вартість» для реалізації довгострокових контрактів заснованих на кінцевих

показниках. *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. Київ, 2016. Вип. 18. С. 54-61. URL: http://publications.ntu.edu.ua/upravl_progect/2016_18_tech/054.pdf

21. Канін О.П., Харченко А.М., Соколова Н.М., Шпиг А.Ю. База даних рівнів обслуговування в управлінні довгостроковими контрактами на основі кінцевих показників якості доріг. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 94. 2015. С. 124-134. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/94/124-134.pdf

22. Харченко А.М., Мелешук Т.П. Аналіз світового досвіду впровадження та використання довгострокових контрактів, заснованих на кінцевих показниках. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 93. 2015. С. 138-143. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/93/138-143.pdf

23. Соколова Н.М., Харченко А.М. Еколого-економічне оцінювання впливу автомобільних доріг на навколишнє середовище. *Вісник Національного транспортного університету*. Вип. 33. 2015. С. 230-238. URL: http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/33_2015/230-238.pdf

24. Канін О.П., Харченко А.М. Управління дорожнім господарством шляхом застосування інформаційно-аналітичної системи. *Інформаційні процеси, технології та системи на транспорті*. Вип.2. 2014. С. 98-102.

25. Харченко А.М., Сагатюк Я. Дослідження взаємозв'язку вартості та тривалості проектів у дорожньому виробництві. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 89. 2013. С. 152-158. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/avtodorogi_i_stroitelstvo_89/152-158.pdf

26. Соколова Н.М., Харченко А.М. Оптимізація стану автомобільних доріг в умовах державно-приватного партнерства. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 88. 2013. С. 196-206. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/avtodorogi_i_stroitelstvo_88/196-206.pdf

27. Харченко А.М., Канін О.П., Соколова Н.М. Еволюція розвитку та переваги застосування довгострокових контрактів, заснованих на кінцевих показниках, у дорожній галузі. *Вісник Національного транспортного університету*. Вип.28. 2013. С. 496-504.

URL: http://www.publications.ntu.edu.ua/visnyk/28_2013/496-504.pdf

28. Харченко А.М., Канін О.П., Соколова Н.М. Система управління станом доріг за показником рівня обслуговування в довгострокових контрактах з поточного дрібного ремонту та утримання доріг. *Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія*, Вип.12. НТУ. С. 195-207.

URL: http://publications.ntu.edu.ua/upravl_progekt/2013_12_tech/193.pdf

29. Соколова Н.М., Канін О.П., Харченко А.М. Теоретичні аспекти довгострокових контрактів на основі кінцевих показників. *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. Вип.11. 2013. С. 130-139.

URL: http://publications.ntu.edu.ua/upravl_progekt/11_2013/130-139.pdf

30. Харченко А.М. Формування річної програми дорожньо-ремонтних робіт з позиції теорії управління проектами. *Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія*. Вип. 10. 2012. С. 279-285.

URL: http://publications.ntu.edu.ua/upravl_progekt/10_2012/279-285.pdf

31. Канін О.П., Харченко А.М. Сутність та призначення інформаційно-аналітичних систем управління дорожнім господарством України. *Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія*. Вип.9. 2012. С. 71-78.

32. Канін О.П., Соколова Н.М., Харченко А.М. Інформаційно-аналітична система управління дорожнім господарством. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 84. 2012. С. 133-138.

URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/84/133-138.pdf

33. Харченко А.М. До застосування експертної системи проектування річної програми робіт в дорожньо-ремонтних організаціях. *Вісник Національного транспортного університету*. Вип. 26 (1). 2012. С. 99-103.

URL: http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/26_1_2013/099-103.pdf

34. Канін О.П., Харченко А.М. Проектування річної програми робіт в системі управління проектами експлуатації автомобільних доріг. *Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія*. Вип.8. 2011. С. 88-94.

35. Харченко А.М. Стан інформаційного і програмного забезпечення проектування річної програми робіт в дорожній галузі України. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип.81. 2011. С. 103-107.
URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/81/103-107.pdf

36. Харченко А.М. Експертна система обґрунтування річної програми дорожньо-ремонтних робіт. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 80. 2011. С. 88-95.
URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/80/088-095.pdf

Monographs:

37. Дмитриченко М.Ф., Харченко А.М., Мороз Т.М. Система діагностування стану автомобільних доріг як засіб стратегічного планування експлуатаційного утримання. *Erbe der europäischen Wissenschaft / Heritage of European science, Germany*. 2021. P. 224-258.

38. Anna Kharchenko, Ylia Khrutba. Development and implementation of electronic service for environmental impact assessment from planned road construction activities. *Integration of traditional and innovation processes of development of modern science: collective monograph / edited by authors*, 3rd ed, Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2020. Pp.246-276. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-021-6-40>

Published approbation works:

39. Дмитриченко М.Ф., Харченко А.М. Розробка методу оцінки стану мережі автомобільних доріг для управлінських цілей. *Conference «Scientific developments: yesterday, today, tomorrow '2021»*. P. 13-18.

40. Viktoriia Khrutba, Inesa Rutkovska, Anna Kharchenko, Tetiana Morozova, Alla Herasymenko. Environmental impact assessment of the planned activity of aviation transport. *VIII International Scientific-Technical Conference*

«*Problems of chemmotology. Theory and practice of rational use of traditional and alternative fuels & lubricants*», 2021. P. 59-60.

41. Харченко А.М., Заворотний С.М. Оптимізація часу, вартості та якості в довгострокових контрактах на експлуатаційне утримання автомобільних доріг загального користування. *LXXVI Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів Національного транспортного університету: тези доповідей*. К.: НТУ, 2020. С. 190.

42. Заворотний С.М., Харченко А.М. Сучасні методи оптимізації відношення «час-вартість-якість» для реалізації довгострокових контрактів заснованих на кінцевих показниках. *XII всеукраїнська заочна науково – практична конференція «Освіта і наука в Україні: шляхи розвитку та напрямки взаємодії»*. Харків, 2020. С. 3-11.

43. Харченко А. М., Чечуга О. С., Колбасін М. І. Оптимізація процесу оцінки впливу на довкілля в сучасних умовах. *Розроблення та реалізація регіональних Програм поводження з відходами: проблемні питання та кращі практики : збірка матеріалів Національного форуму «Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології»*. м. Івано-Франківськ, 8–10 жовтня 2020 р. К. : Центр екологічної освіти та інформації, 2020. С.394-395.

44. Харченко А.М. Обґрунтування рівнів обслуговування при експлуатаційному утриманні автомобільних доріг. *International scientific and practical conference «Science, engineering and technology: global trends, problems and solutions» : Conference proceedings, September 25–26, 2020. Prague: Izdevnieciba «Baltija Publishing»*, 2020. P. 131-133.

45. Канін О.П., Харченко А.М., Соколова Н.М. Розробка державних стандартів щодо обґрунтування рівнів обслуговування при експлуатаційному утриманні автомобільних доріг. *Ювілейна LXXV наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. Том 2. К.: НТУ, 2019. С. 133.

46. Харченко А.М., Заворотний С.М. Аналіз особливостей взаємозв'язку часу, вартості та якості реалізації контрактів з метою створення математичної оптимізаційної моделі. *XII Міжнародна наукова конференція. Наука та освіта. Секція: проблем економіки і управління*. Київ, 2018. С. 84-85.

47. Грищук О.К., Харченко А.М. Проблеми та перспективи реформування системи управління дорожнім господарством як складової галузі інфраструктури. *Економічний розвиток: теорія, методологія, управління [матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції]*. Nemoros s.r.o., Prague. 2018. С. 162-164.

48. Канін О.П., Харченко А.М., Соколова Н.М. Основні проблеми впровадження типових контрактів FIDIC в Україні. *LXXIV наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. К.: НТУ, 2018. С. 169.

49. Канін О.П., Харченко А.М., Соколова Н.М. Дослідження передумов реалізації контрактів FIDIC в Україні. *LXXIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. К.: НТУ, 2017. С. 160.

50. Харченко А.М., Заворотний С.М. Основні положення використання довгострокових контрактів заснованих на кінцевих показниках в дорожній галузі. *LXXII Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів Національного транспортного університету: тези доповідей*. К.: НТУ, 2016. С. 161.

51. Канін О.П., Соколова Н.М., Харченко А.М. Управління станом автомобільних доріг на основі довгострокових контрактів з поточного дрібного ремонту та утримання доріг за показником рівня їх обслуговування. *LXXI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. К.: НТУ, 2015. С. 154-155.

52. Харченко А.М. Теоретичні основи проектного управління станом автомобільних доріг під час виконання довгострокових контрактів. *LXX наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. К.: НТУ, 2014. С. 129.

53. Канін О.П., Соколова Н.М., Харченко А.М. Інформаційно-аналітична система управління дорожнім господарством. *LXIX наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. К.: НТУ, 2013. С. 141.

54. Харченко А.М. Застосування інформаційно-аналітичних систем в управлінні дорожнім господарством. *Міжнародна конференція. Сучасна інформатика: проблеми, досягнення та перспективи розвитку*. Київ: Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, 2013. С.128.

55. Харченко А.М. Основи проектування річної програми робіт в системі управління проектами експлуатації автомобільних доріг. *LXVIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. К.: НТУ, 2012. С. 134.

Published works that additionally reflect the scientific results of the dissertation:

56. Kharchenko A., Kotyk D. Development of algorithm for risk assessment of the large ring road construction project around Kyiv. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник*. Випуск 110, 2021. С.225-233.

57. Канін О.П., Харченко А.М., Соколова Н.М. Обґрунтування рівнів обслуговування при експлуатаційному утриманні автомобільних доріг загального користування *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник*. Випуск 109, 2021. С.11-26.

58. Харченко А.М. Теоретико-методологічні аспекти експлуатаційного утримання автомобільних доріг за довгостроковими контрактами. *Scientific letters of academic society of Michal Baludansky*. 2019. Р. 20-25.

59. Дмитриченко М.Ф., Токін О.П., Харченко А.М. Перспективи розвитку системи професійних кваліфікацій у вищій освіті. *Вісник Національного транспортного університету*. Вип.49. 2021. С. 63-71.

Certificates and patents:

1. Свідоцтво України про реєстрацію авторського права на твір. № 102073. Україна. Літературний письмовий твір науково го характеру «Історія розвитку та переваги використання контрактів ДККП в дорожній галузі». Заворотний С.М., Харченко А.М. Дата реєстрації 27.01.2021 р.

2. Свідоцтво України про реєстрацію авторського права на твір. № 102074. Україна. Літературний письмовий твір наукового характеру «Genetic algorithm as optimization method relationship «time - cost» to implement performance based road maintenance contracts». Заворотний С.М., Харченко А.М. Дата реєстрації 27.01.2021 р.

3. Свідоцтво України про реєстрацію авторського права на твір. № 102213. Україна. Літературний письмовий твір наукового характеру «Оптимізація відношення «час-вартість» для реалізації довгострокових контрактів заснованих на кінцевих показниках». Заворотний С.М., Харченко А.М. Дата реєстрації 01.02.2021 р.

4. Свідоцтво України про реєстрацію авторського права на твір № 86516. Україна. Літературний письмовий твір наукового характеру «Розробка моделі вагомостей параметрів автомобільних доріг у складі інформаційно-управлінської системи грошової оцінки» Славінська О.С., Стьожка В.В., Харченко А.М., Бубела А.В., Кватадзе А.І. Дата реєстрації 01.03.2019 р.

5. Свідоцтво України про реєстрацію авторського права на твір № 76497. Україна. Літературний письмовий твір науково-практичного характеру «Методичні рекомендації з проведення вартісної оцінки автомобільних доріг і

споруд на них». Славінська О.С., Харченко А.М., Бубела А.В., Чесноков С.В. Дата реєстрації 01.02.2018 р.

6. Свідоцтво України про реєстрацію авторського права на твір № 76682. Україна. Літературний письмовий твір наукового характеру «Розробка математичної моделі вартісної оцінки дорожньо-транспортних активів як складової інформаційноуправлінської системи» Славінська О.С., Савенко В.Я., Харченко А.М., Бубела А.В. Дата реєстрації 06.02.2018 р.

7. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 58880. Україна. Науковий твір «Методика оцінки ефективності проектів державно – приватного партнерства в дорожній галузі». Харченко А.М., Соколова Н.М. Дата реєстрації 05.03.2015 р.

8. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 50503. Україна. Комп'ютерна програма «Інформаційно – аналітична система управління дорожнім господарством – Аналітична експертна система управління мостами» («ІАСУ ДГ – АЕСУМ»). Канін О.П., Харченко А.М., Соколова Н.М. Дата реєстрації 30.07.2013 р.

9. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 50504. Україна. Комп'ютерна програма «Інформаційно – аналітична система управління дорожнім господарством – Система управління станом покриття» («ІАСУ ДГ – СУСП»). Канін О.П., Харченко А.М., Соколова Н.М. Дата реєстрації 30.07.2013 р.

10. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 50972. Україна. Комп'ютерна програма «Інформаційно – аналітична система управління дорожнім господарством» («ІАСУ ДГ»). Канін О.П., Харченко А.М., Соколова Н.М. Дата реєстрації 27.08.2013 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	34
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЕКТІВ ТА ПРОГРАМ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО УТРИМАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ.....	42
1.1 Традиційні та сучасні підходи до управління проектами та програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг.....	42
1.2 Дослідження підходів до управління проектами та програмами для їх застосування в дорожньому господарстві.....	50
1.3 Практичний досвід використання сучасних підходів до управління проектами експлуатаційного утримання доріг в деяких країнах світу.....	58
Висновки за розділом 1.....	87
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ МЕТОДОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМАМИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО УТРИМАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ.....	90
2.1 Термінологія та сутність методології.....	90
2.2 Концептуальна модель формування методології управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг.....	94
2.3 Модель стратегічного планування програми з управління мережею доріг	101
2.4 Архітектура моделі управління програмою експлуатаційного утримання	104
Висновки за розділом 2.....	106
РОЗДІЛ 3 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОБҐРУНТУВАННЯ СТРАТЕГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ СТАНУ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ.....	109
3.1 Концептуальні передумови управління станом доріг на основі довгострокових контрактів.....	109
3.2 Поняття та порядок визначення рівня обслуговування доріг.....	127
3.3 Концепція рівня втручання.....	130
3.4 Підходи до визначення ефективності стратегії ремонтно-відновлювального заходу.....	173
Висновки за розділом 3.....	181

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА МОДЕЛІ ДОВГОСТРОКОВОГО ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО УТРИМАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ	183
4.1 Застосування мультиструктурного підходу до управління програмою експлуатаційного утримання доріг.....	183
4.2 Вплив екологічної складової на пріоритезацію проектів в програмі експлуатації доріг.....	192
4.3 Алгоритм застосування методів оптимізації рішень щодо управління мережею доріг.....	213
4.4 Модель оптимізації проектів у програмі та алгоритм прогнозування стану дорожніх активів	241
Висновки за розділом 4.....	252
РОЗДІЛ 5 ФОРМУВАННЯ НАБОРУ ІНСТРУМЕНТІВ ДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМАМИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО УТРИМАННЯ ДОРІГ.....	255
5.1 Алгоритм прийняття рішення щодо управління програмою з використанням інформаційно-аналітичних систем та програмних комплексів.....	255
5.2 Алгоритмізовані рішення для вдосконалення існуючих програмних комплексів та інформаційно-аналітичних систем.....	260
5.3 Застосування електронного сервісу оцінки впливу на довкілля для управління екологічним фактором в програмах експлуатаційного утримання доріг	300
Висновки за розділом 5.....	310
ВИСНОВОК.....	312
СПИСОК ПОСИЛАНЬ.....	316
ДОДАТОК А ПЛАН – ЗАВДАННЯ ДО ДОВГОСТРОКОВОГО КОНТРАКТУ НА ДІЛЯНЦІ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ ДЕРЖАВНОГО ЗНАЧЕННЯ.....	351
ДОДАТОК Б ФОРМА ЗВІТНОСТІ ЗА ПРОЕКТАМИ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНЕ УТРИМАННЯ ДОРІГ.....	372
ДОДАТОК В СВІДОЦТВА ПРО РЕЄСТРАЦІЮ АВТОРСЬКИХ ПРАВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ РОБОТИ.....	377
ДОДАТОК Г ДОВІДКИ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ УЧАСТІ В НДР...388	
ДОДАТОК Д СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ.....	404

ВСТУП

Актуальність теми. Проведений аналіз життєвого циклу автомобільних доріг та їх елементів у багатьох країнах світу показав важливість визначення обґрунтованих підходів до формування набору проектів з експлуатаційного утримання дорожніх активів. З цією метою в країнах з різним ступенем економічного розвитку в сфері експлуатації автомобільних доріг поширюється відносно нова форма реалізації проектів – у вигляді довгострокових контрактів, заснованих на кінцевих показниках якісного стану доріг, зокрема, показника рівня їх обслуговування, які є основною складовою програми довгострокового утримання доріг.

Зменшення коштів на проекти транспортної інфраструктури спонукає виконати розробку та впровадити економічно ефективні процедури щодо збереження та відновлення дорожніх активів. Основна філософія збереження передбачає довгострокову та економічно ефективну програму, що застосовується на рівні проектів із стратегічним програмуванням, яка охоплює всю мережу автомобільних доріг.

Впровадження довгострокових програм експлуатаційного утримання доріг в світовій практиці отримало позитивний досвід, що визначає необхідність обґрунтування моделей управління проектами експлуатаційного утримання з урахуванням сучасного стану мережі в Україні, що дозволить забезпечити стабільні умови здійснення необхідних ремонтно-відновлювальних заходів. Аналіз світового досвіду реалізації таких програм у вигляді довгострокових контрактів, заснованих на кінцевих показниках якісного стану доріг, показує, що від їх впровадження може бути отримана економія від 10 % до 40 % вартості виконуваних заходів у порівнянні з традиційними підходами.

Проте, на шляху такого впровадження ще існує значна кількість невирішених проблем теоретичного, методологічного і методичного

характеру. Ці проблеми обумовили актуальність та необхідність побудови методології управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.

Наукові результати роботи одержані в процесі виконання:

- плану науково-дослідних робіт Національного транспортного університету за темою «Удосконалення системи управління станом автомобільних доріг та методів їх оцінки» (РК 0116U002491);

- плану науково-дослідних робіт МОН України за темами:

- «Розвиток державно-приватного партнерства як складової управління проектами в дорожньому виробництві» (РК 0113U000300);

- «Розробити аналітичну систему технічної експертизи та грошової оцінки автомобільної дороги як складової матеріально-технічної бази дорожнього господарства» (РК 0117U002326);

- плану науково-дослідних робіт Державного агентства автомобільних доріг України за темами:

- «Розробити інформаційно-аналітичну систему управління дорожнім господарством» (договір № 74-11 від 01 квітня 2011 р. РК 0111U006056);

- «Розробити Методику та Інформаційно-аналітичну систему управління станом автомобільних доріг на основі довгострокових контрактів з поточного дрібного ремонту та утримання доріг за показником рівня їх обслуговування» (договір № 35-13 від 18 квітня 2013р. РК 0113U001972);

- «Виконати аналіз та розробити вимоги до усунення дефектів елементів доріг при реалізації довгострокових контрактів з поточного дрібного ремонту та експлуатаційного утримання автомобільних доріг загального користування» (договір № 49-15 від 19 червня 2015 р. РК 0115U001654);

- «Провести аналіз, правове дослідження та підготувати пакет документів для внесення змін до нормативно-правових актів і нормативно-технічних документів для можливості реалізації форм контрактів на експлуатаційне

утримання автомобільних доріг загального користування тривалого строку дії» (договір № 26-16 від 19 вересня 2016 р. РК 0116U007509);

- «Провести аналіз, правове дослідження та підготувати пакет документів до нормативно-правових актів і нормативно-технічних документів для можливості реалізації типових форм контрактів міжнародних інженерних організацій в дорожньому господарстві України» (договір № 25-16 від 19 вересня 2016 р. РК 0116U007508);

- «Розробити методичні рекомендації з проведення вартісної оцінки автомобільних доріг і споруд на них» (ДерждорНДІ, договір № 294/15-16 від 23 вересня 2016 р.);

- «Провести дослідження та розробити національні стандарти щодо експлуатаційних рівнів обслуговування елементів автомобільних доріг та їх обґрунтування при реалізації довгострокових контрактів на експлуатаційне утримання автомобільних доріг загального користування» (договір № 92-17 від 21 листопада 2017 р. РК 0117U005111);

- «Виконати аналіз та надати технічні рішення до об'єктів експлуатаційного утримання автомобільних доріг державного значення на основі довгострокових договорів за принципом забезпечення їх експлуатаційного стану відповідно до нормативно-правових актів» (договір № 108-20 від 16 листопада 2020 р. РК 0120U104802).

Мета і задачі дослідження.

Метою дослідження є розробка методології управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг для забезпечення ефективності прийняття управлінських рішень щодо мережі автомобільних доріг.

Для досягнення мети дисертаційного дослідження були поставлені такі *задачі*:

— провести дослідження проектів та програм експлуатаційного утримання мережі автомобільних доріг, стратегій та методичних підходів до планування ремонтно-відновлювальних заходів;

- виконати розробку основних положень методології управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг, сформувати концептуальну модель;

- виконати вдосконалення математичної моделі обґрунтування стратегії відновлення стану автомобільних доріг на основі проектів, які реалізуються через довгострокові (договори) контракти про утримання автомобільних доріг загального користування за принципом забезпечення їх експлуатаційного стану;

- обґрунтувати модель управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг, що базується на застосуванні методу аналізу ієрархій АНР Saaty для пріоритезації ділянок доріг методами оптимізації за набором факторів з урахуванням некерованих впливів;

- вдосконалити інструменти до реалізації розробленої методології на практиці, а саме, алгоритм прийняття рішення щодо управління програмою експлуатаційного утримання автомобільних доріг та алгоритмізовані рішення у вигляді програмних комплексів та інформаційно-аналітичних систем.

Об’єкт дослідження – програма експлуатаційного утримання автомобільних доріг.

Предмет дослідження – сукупність методів та моделей управління програмами та проектами з експлуатаційного утримання автомобільних доріг.

Методи дослідження. В дослідженні було використано основні підходи системного аналізу та теорії управління проектами; методи аналізу та синтезу; методи прогнозування, програмування, математичного моделювання; методи та моделі оптимізації; методи прийняття рішень; моделі деградації; мультиструктурний підхід; кваліметрична модель; метод аналізу ієрархій Saaty; методи експертного оцінювання.

Наукова новизна:

Основний науковий результат дисертації полягає у розробці методології управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг, яка дозволить виконувати моделювання пакету проектів у програмі за визначеним

набором цілей, факторів та з урахуванням некерованих впливів.

Вперше:

- сформовано концептуальну модель формування методології управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг, яка включає вдосконалений тезаурус, розроблені моделі управління, оцінювання, планування та прогнозування, методи, критерії та інструменти управління;

- розроблено архітектуру моделі управління програмою експлуатаційного утримання автомобільних доріг, що дозволяє формувати пакети проектів на основі пріоритезації набору стратегій, які базуються на цілях управління;

Удосконалено:

- модель стратегічного планування програми з управління мережею автомобільних доріг, яка, на відміну від попередніх, дозволяє максимізувати ефективність програми управління мережею автомобільних доріг;

- математичну модель обґрунтування стратегії відновлення стану автомобільних доріг, яка на відміну від існуючої, базується на основі пакету проектів, які, в тому числі реалізуються через довгострокові (договори) контракти про утримання автомобільних доріг загального користування за принципом забезпечення їх експлуатаційного стану з урахуванням факторів та довгострокових цілей;

- математичну модель оптимізації проектів в програмі експлуатаційного утримання доріг, яка, на відміну від існуючих, дозволяє враховувати цілі утримання мережі та доповнена коефіцієнтом ризику нездійсненності стратегії;

Отримали подальший розвиток:

- алгоритми прогнозування стану дорожніх активів за програмою та прийняття рішення щодо управління програмою експлуатаційного утримання автомобільних доріг;

- алгоритмізовані рішення до програмних комплексів та інформаційно-аналітичних систем з управління проектами в дорожній галузі;

– тезаурус з управління програмами, який доповнено визначеннями програми експлуатаційного утримання автомобільних доріг, пакету проектів, стратегії, моделі прогнозування, моделі оптимізації, управління станом мережі автомобільних доріг.

Практичне значення отриманих результатів:

Підходи, які були покладені в розробку методології управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг, що дозволяють виконувати моделювання пакету проектів у програмі за визначеним набором цілей та факторів були застосовані в:

– «Рекомендаціях щодо розвитку системи державно-приватного партнерства як складової управління проектами в дорожньому виробництві» (рекомендовані Науково-технічною радою ДП «ДерждорНДІ», протокол №5 від 6.11.2014 р.);

– МР В.3.2-02070915-844:2014 «Методичні рекомендації з управління станом автомобільних доріг на основі довгострокових контрактів з поточного дрібного ремонту та утримання доріг за показником рівня їх обслуговування»;

– МР Д 1.2-37641918-884:2017 «Методичні рекомендації з проведення вартісної оцінки автомобільних доріг і споруд на них»;

– ДСТУ 8992:2020 «Автомобільні дороги. Настанова з обґрунтування рівнів обслуговування під час експлуатаційного утримання»;

– ДСТУ 8993:2020 «Автомобільні дороги. Рівні обслуговування під час експлуатаційного утримання».

Особистий внесок здобувача.

Отримані автором результати теоретичних досліджень та розроблена методологія управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг, які виносяться на захист, відображені в публікаціях, що оприлюднені у фахових виданнях та виданнях іноземних держав.

У публікаціях [203, 88, 201, 202, 200, 204, 187] розглянуті підходи та методи до оцінки якісного стану автомобільних доріг та їх елементів, в тому числі вартісної оцінки та оцінки вартості земель дорожнього господарства; за

результатами досліджень [17, 84, 148, 149, 151, 177, 190] було визначено нову парадигму експлуатаційного утримання автомобільних доріг на основі довгострокових контрактів; в роботах [3, 4, 40, 251, 252, 277] проведено аналіз використання традиційних підходів до виконання експлуатаційного утримання доріг та їх еволюційного розвитку; в роботах [41, 156, 160, 161, 255, 271] розглянуті питання оптимізації контрактів з утримання доріг за критерієм «час-вартість»; в дослідженнях [33, 34, 35] наведені основні передумови запровадження контрактів Міжнародної федерації інженерів-консультантів FIDIC в Україні; в роботах [275, 276] наведені дослідження щодо аналізу ефективності застосування державно-приватного партнерства до проектів дорожньої галузі; в дослідженнях [91, 221, 223] наведені підходи, методи та інструменти щодо оцінки впливу на довкілля інфраструктурних проектів; в публікації [76] визначено основоположні принципи побудови інформаційно-аналітичної системи управління програмами експлуатаційного утримання доріг на основі критерію якісного стану та рівня обслуговування; в дослідженнях [77, 260, 261, 262] наведено результати побудови інформаційно-аналітичних систем з управління автомобільними дорогами.

Апробація результатів дисертації.

Основні положення дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на: наукових конференціях професорсько-викладацького складу Національного транспортного університету №№ 67-76 в 2011-2020 рр.; круглих столах Дорожнього клубу в 2018-2020 роках; XII Міжнародній науковій конференції «Наука та освіта» в 2018 році; періодичних заочних конференціях «Економічний розвиток: теорія, методологія, управління» в 2018-2020 роках, організованих Інститутом сталого розвитку; науково-практичному семінарі «Фінансове планування в дорожньому господарстві» Державного агентства автомобільних доріг України (Укравтодор) в 2019 році; круглому столі «Проект OPRC в Україні. Плюси та мінуси в процесі реалізації» у м. Львові в 2019 році; конференції «Визначення вартості та ціноутворення в будівництві» в 2019 році; V Міжнародній науково-практичній конференції

«Наукові розробки, передові технології, інновації» в 2019 році; IV Міжнародній науково-практичній конференції «Інфраструктура якості: перспективи та тенденції розвитку. Переваги застосування стандартів» в 2019 році; International scientific and practical conference «Science, engineering and technology: global trends, problems and solutions» в 2020 році; XII Всеукраїнській заочній науково-практичній конференції «Освіта і наука в Україні: шляхи розвитку та напрямки взаємодії» в 2020 році; Міжнародній науковій інтернет-конференції «Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення» в 2020 році; I Міжнародній науково-практичній конференції «Наука. Інновації. Якість» (SIQ) в 2020 році; VIII International Scientific-Technical Conference «Problems of chemmotology. Theory and practice of rational use of traditional and alternative fuels & lubricants» в 2021 році; Міжнародній конференції «Scientific developments: yesterday, today, tomorrow '2021» в 2021 році; Науково-технічних радах ДП «ДерждорНДІ».

Публікації.

Основний зміст дисертаційної роботи викладено у 59 публікаціях: 4 статті у виданні іноземної держави, що включено до міжнародної наукометричної бази (з них 3 Scopus), 2 статті у вигляді розділу зарубіжної монографії, 32 статті у фахових виданнях, 4 статті дискусійного характеру, які додатково висвітлюють результати дослідження, 17 праць апробаційного характеру. За матеріалами дисертаційних досліджень отримано 10 охоронних документів (свідомств України про реєстрацію авторського права).

Структура дисертації.

Дисертація включає вступ, п'ять розділів, загальні висновки, список використаних джерел із 289 найменувань та п'ять додатків. Основний текст викладений на 282 сторінках та ілюструється 126 рисунками, містить 35 таблиць.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЕКТІВ ТА ПРОГРАМ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО УТРИМАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

1.1 Традиційні та сучасні підходи до управління проектами та програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг

Мережа автомобільних доріг загального користування України знаходиться в незадовільному стані, зокрема, біля 90 % доріг потерпають від недоремонтів протягом останніх 30 років, про що свідчать данні в офіційних джерелах [1]. Це призвело до невідповідності показників якісного стану доріг нормативним. Відмічено, що за міцністю в даний час не відповідають 39,2% доріг загального користування, за показником рівності – 51,1% [1]. Більше половини штучних споруд, розміщених на дорогах загального користування, не відповідають діючим нормам та стандартам. Хоча основною причиною виникнення даної проблеми є недостатній рівень фінансування, існує ряд додаткових причин, що з точки зору управління знижують можливості приведення стану мережі доріг до нормативного. Зокрема, до них слід віднести застарілі підходи до управління мережею, річне планування експлуатаційного утримання мережі, недосконала практика ініціації, планування та виконання проектів в дорожній галузі тощо.

Для кращого розуміння вище зазначених причин доцільно розглянути види програм та проектів з експлуатаційного утримання автомобільних доріг, які використовуються у вітчизняній та зарубіжній практиці.

Традиційно в Україні, згідно чинного законодавства та нормативно-технічних документів експлуатаційне утримання мережі направлене на забезпечення споживчих властивостей автомобільних доріг, які відповідають інтересам користувачів, та здійснюється відповідно до Законів України «Про автомобільні дороги», «Про автомобільний транспорт», «Про дорожній рух»,

Постанови Кабінету Міністрів України «Про правила дорожнього руху», ДСТУ 3587-97 «Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану», СОУ 42.1-37641918-105:2013 «Класифікація робіт з експлуатаційного утримання автомобільних доріг загального користування». Традиційні проекти з експлуатаційного утримання доріг засновані на метод-базованих специфікаціях, інакше кажучи, на контрактах на основі «входів», а експлуатаційне утримання здійснюється в рамках річної програми робіт дорожньої організації. Досить ґрунтовно практику проектування річної програми робіт дорожньо-ремонтних організацій було розглянуто в дослідженнях [2-4], зокрема, в дослідженні визначено концептуальну модель проектування річної програми робіт з експлуатаційного утримання доріг як інструменту управління проектами та програмами експлуатації доріг, розроблено модель оцінки експлуатаційного стану доріг та математичну модель обґрунтування річної програми ремонтних робіт на основі максимізації показника експлуатаційного стану.

Останнім часом світова практика розробки та реалізації проектів та програм експлуатаційного утримання автомобільних доріг визначила перспективний напрямок досліджень – вивчення проектів експлуатаційного утримання автомобільних доріг, які реалізуються у дорожній галузі у вигляді довгострокових контрактів, що засновані на показниках якості (або так званих «кінцевих показниках»). Цей напрямок набув широкого розповсюдження, оскільки багатьма дослідженнями була доведена неефективність традиційних методів укладання контрактів. Зокрема, у 2009 році Американською асоціацією інженерів-будівельників (American Society of Civil Engineers – ASCE) був опублікований звіт проведеного дослідження дорожньої інфраструктури з критичними поглядами авторів щодо існуючих типів та моделей довгострокових контрактів [5]. До основних недоліків традиційних підходів, як було зазначено в звіті, автори віднесли зростаючі витрати на експлуатаційне утримання автомобільних доріг, неможливість підрядниками використовувати нововведення без погодження з замовниками,

нераціональний розподіл ризиків між учасниками контрактів, відсутність гарантій від виконавців, ризик недосягнення необхідного експлуатаційного стану. В результаті було запропоновано використовувати проекти, які реалізуються у вигляді контрактів, що засновані на показниках якості доріг (Performance-Based Contract – PBC) [5].

Вперше такий різновид контрактів до автомобільних доріг був використаний в 1988 р. в Канаді [6-12]. З 1995 року він активно використовується в Австралії для міських доріг міста Сідней. А з 1998 року – довгостроковий контракт впроваджено в Новій Зеландії для утримання доріг національного значення, що в даний час складає 15% національної мережі [13, 14, 9, 11].

В США довгостроковий контракт, заснований на показниках якості, був вперше впроваджений в 1996 р. в штаті Вірджинія. Практика його використання згодом була розповсюджена на інші штати (Аляска, Флорида, Оклахома, Техас, округ Колумбія) [15]. Згодом ці контракти в США еволюціонували в так звані «гарантійні контракти» (Warranty Contract), які класифікуються на: короткострокові гарантійні контракти, довгострокові та гарантійні контракти на утримання доріг.

З середини 90-х років контракти типу PBC набули поширення в Аргентині, Уругваю, Бразилії, Чилі, Колумбії, Еквадорі, Гватемалі, Мексиці, Перу, Великобританії, Швеції, Фінляндії, Нідерландах, Норвегії, Франції, Естонії, Сербії, Чорногорії, Південній Африці, Замбії, Чаді, на Філіппінах [6-9]. Більш детально розповсюдження даного виду контрактів було досліджено в працях [16, 17].

Здебільшого рішення про перехід на нову систему довгострокового управління автомобільними дорогами було прийнято за ініціативи однієї зі сторін: державних органів вищої влади; зовнішнього інвестора; представника приватного сектору.

Фактично кожна країна, беручись за впровадження ідеології довгострокового програмування експлуатаційного утримання доріг,

впроваджувала певну модифіковану версію контрактів, заснованих на кінцевих показниках якості. Наприклад, у звітах та керівництвах Світового Банку, контракти PBC мають окрему класифікацію та іншу аббревіатуру OPRC (Performance-Based Road Contract) [18, 19, 20, 21], або більш рання їх версія PMMR (Performance-based Management and Maintenance of Roads) [18, 22], які спеціалізувалися на управлінні та утриманні існуючих доріг на основі «виходів» (outcomes) [20]. Англійська версія контракту звучить як «Агентський контракт з управління» (MAC) та розповсюджена на мережу доріг загальнодержавного значення [5]. В Фінляндії використовується «Контракт з утримання сектору», який застосовується в рамках проектів державно-приватного партнерства (Public-Private Partnership – PPP) [5]. В деяких країнах Латинської Америки контракти PBC мають назву CREMA (Contract For Rehabilitation And Maintenance) [23, 24-28, 29]. У світовій практиці довгострокового експлуатаційного утримання доріг на основі показників якості також зустрічаються такі різновиди контрактів як – повний контракт з утримання (Total Maintenance Contract), контракт, що заснований на окремих показниках (Performance-Specified Maintenance Contract), контракт з управління активами (Asset Management Contract), довгостроковий контракт з утримання (Long-Term Maintenance Contract) [30].

В дослідженнях [8, 31] були визначені основні переваги даних контрактів у порівнянні з традиційними, до яких відносять:

- економію фінансових ресурсів за рахунок створення системи стимулювання підрядника до впровадження інновацій;
- перенесення ризиків перевитрат за контрактом на підрядника;
- відносне вивільнення управлінського персоналу;
- оплата за якісні показники, а не за кількісні (ціннісно-орієнтований підхід);
- стабільне довгострокове фінансування експлуатаційного утримання автомобільних доріг.

На відміну від традиційних програм довгострокові програми експлуатаційного утримання доріг, які базуються на зазначених контрактах, можуть включати чотири напрямки діяльності [18, 20] (рис.1.1):

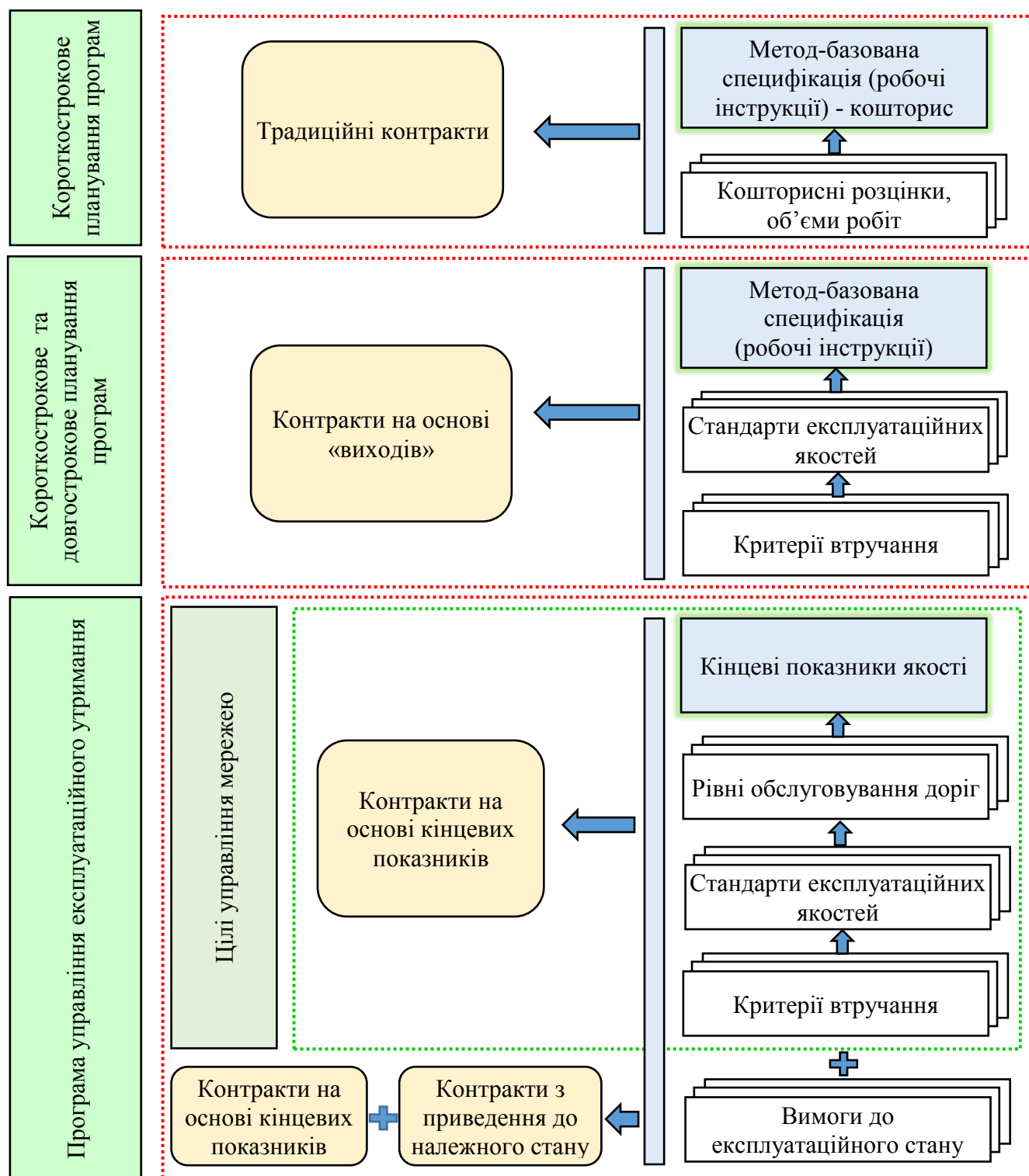


Рисунок 1.1 – Еволюція програм з експлуатаційного утримання доріг

– управління станом мережі та експлуатаційне утримання доріг;

- відновлювальні роботи: повернення доріг у стан відповідно до раніше прийнятих стандартів;
- роботи з благоустрою: облаштування дороги відповідно до потреб у безпеці з врахуванням інтенсивності руху тощо;
- аварійні роботи: ремонт доріг, що зруйновані під впливом непередбачених подій.

Також довгострокові контракти, що засновані на показниках якості, можуть бути складовою мультифазових програм (наприклад, DBOM проектування-будівництво-експлуатація-утримання), які в світовій практиці здійснюються в рамках державно-приватного партнерства [20].

В [32] визначено місце довгострокових контрактів на експлуатаційне утримання доріг в системі управління дорожнім господарством (рис.1.2).

На рис.1.2 контракти FIDIC – це контракти за стандартами Міжнародної федерації інженерів-консультантів (International Federation of Consulting Engineers), які виконуються із залученням професійних консультантів. Зокрема, можливість застосування стандартів FIDIC в Україні в рамках виконання довгострокових контрактів на утримання доріг регламентована статтею 6 Закону України «Про автомобільні дороги», а проблематика їх впровадження в дорожню галузь розглянута в ряді наукових праць [33, 34, 35].

Вивченню довгострокових контрактів, що засновані на показниках якості присвятили свої наукові дослідження Zietlow [36], Singh [37], Tomanelli [38], Ozbek [39], Queiroz [12], а в Україні – Канін О.П [40], Соколова Н.М. [40], Заворотний С.М. [16], Завійський О.І. [41], Маковська Ю.А. [42], Безуглий А.О. [43] та інші. Автори зазначають перспективність даного напрямку досліджень, проте, було також виокремлено й труднощі, що можуть стати на заваді впровадженню довгострокових програм, в які входять контракти на експлуатаційне утримання доріг, що засновані на кінцевих показниках, зокрема, це – розвиток законодавчої та нормативно-правової бази, необхідність розробки ефективної системи стимулювання підрядника, розвиток інструментів моніторингу та управління контрактами, створення

моделі обґрунтування вартості контракту, оцінювання ризиків, розроблення системи моніторингу та контролю якісних показників [36, 40, 16, 42].

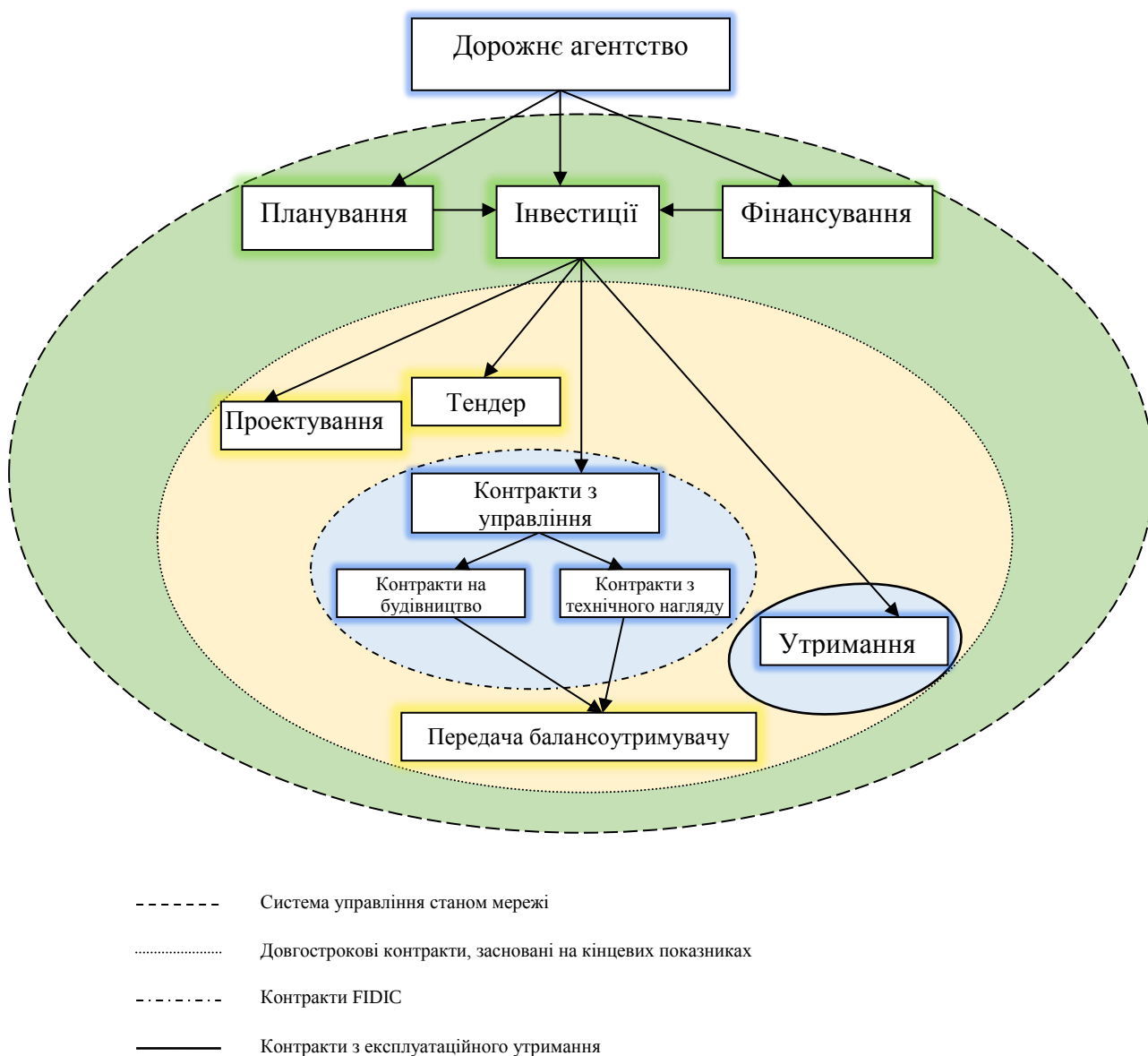


Рисунок 1.2 – Система управління дорожнім господарством

Окрім того, останнім часом в Україні було прийнято ряд стандартів та галузевих нормативно-технічних документів – МР В.3.2-02070915-844:2014 «Методичні рекомендації з управління станом автомобільних доріг на основі довгострокових контрактів з поточного дрібного ремонту та утримання доріг за показником рівня їх обслуговування» [44]; ДСТУ 8992:2020 «Автомобільні дороги. Настанова з обґрунтування рівнів обслуговування під час

експлуатаційного утримання» [45]; ДСТУ 8993:2020 «ДСТУ 8993:2020 Автомобільні дороги. Рівні обслуговування під час експлуатаційного утримання» [46]; СОУ 42.1-37641918-085:2018 «Автомобільні дороги. Правила визначення вартості робіт з поточного ремонту та експлуатаційного утримання» [47]; МР Д.2.4-37641918-910:2020 «Методичні рекомендації щодо реалізації довгострокових договорів (контрактів)» [48]; МР Д.2.4-37641918-911:2020 «Методичні рекомендації з визначення прогнозних обсягів робіт з експлуатаційного утримання автомобільних доріг загального користування при реалізації довгострокових договорів (контрактів)» [49]. В 2021-2022 роках планується ряд науково-дослідних робіт на замовлення Державного агентства автомобільних доріг України щодо обґрунтування та вартості штрафного балу при застосуванні рівнів обслуговування під час експлуатаційного утримання доріг.

Вирішення проблеми довгострокового програмування експлуатаційного утримання автомобільних доріг ґрунтується не тільки на застосованих методах та моделях, а й на ефективних інструментах – комп'ютерних програмах та інформаційно-аналітичних системах оцінювання, прогнозування та управління станом дорожніх активів. Зокрема, у світовій практиці поширені – Pavement Management System (PMS), Bridge Management System (BMS), Highway Design and Maintenance Standards Models (HDM-4), Система управління проектами з експлуатаційного утримання (Bentley), Система управління дорожнім господарством (RMS), Система управління дорожніми активами (RAMS), а у вітчизняній – розроблені Система управління станом покриття (СУСП), Аналітична експертна система управління мостами (АЕСУМ), Інформаційно-аналітична система управління дорожнім господарством (ІАСУ ДГ), Інформаційно-аналітична система управління станом автомобільних доріг на основі довгострокових контрактів з поточного дрібного ремонту та утримання доріг за показником рівня їх обслуговування (ІАСУ-ДККП) та інші.

Як правило, більшість з них призначені для управління станом покриття автомобільних доріг, як основного конструктивного елементу автомобільної

дороги, через який відбувається взаємодія автомобіля з дорогою (PMS, HDM-4, СУСП) [50]. Подібні системи дозволяють приймати рішення на основі економічних стратегій експлуатаційного утримання покриття з урахуванням потреб користувачів [51, 52, 53]. Таким самим чином працюють також і системи, що призначені для управління станом мостів (BMS, АЕСУМ) [54, 55].

В багатьох країнах світу розроблені власні системи управління активами, зокрема, в США [56,57, 58, 59, 60], Німеччині [61,62,63], Франції [64, 65], Данії [66, 67], Швеції [68], Болгарії [69], Угорщині [70], Польщі [71], Китаї [72], на Філіппінах [73], в Камбоджі [74], Кувейті [75] та інших.

Для управління проектами з експлуатаційного утримання, які реалізуються у вигляді контрактів, що засновані на кінцевих показниках, були розроблені окремі інструменти – Системи управління проектами з експлуатаційного утримання (Bentley, ІАСУ-ДККП) [76].

Системне управління дорожнім господарством здійснюється через програмні комплекси, які, як правило, базуються на хмарних технологіях, та є надбудовами над іншими локальними програмними комплексами та інформаційно-аналітичними системами (наприклад, RMS, RAMS, ІАСУ ДГ). Цей напрямок ще розвивається, про що свідчить стан останніх досліджень [77, 78], зокрема, останнім часом такі системи розвиваються в напрямку їх поєднання з геоінформаційними системами (наприклад, RAMS based on GIS).

1.2 Дослідження підходів до управління проектами та програмами для їх застосування в дорожньому господарстві

До основних стандартів з управління проектами та програмами, що широко поширені у світі, слід віднести – PMBoK (A Guide to the Project Management Body of Knowledge) [79], PRINCE2 (Projects in a Controlled Environment) [80], P2M (A Guidebook of Project and Program Management for Enterprise Innovation) [81], ISO 10006 «Quality management - Guidelines for quality management in projects», ISO 21500 «Guidance on project management»,

ISO 21504 «Project, Programme and Portfolio Management», The APM Body of Knowledge, SPgM (Standart Programme Management). Якщо для управління проектами можуть бути застосовані усі з перелічених стандартів, то для управління програмами якнайкраще підходять стандарти P2M, ISO 21504, SPgM. Проаналізовані стандарти з управління проектами та програмами засвідчують, що для побудови методології управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг найбільше підходить стандарт P2M, який взято за основу в подальшому дослідженні. Стандарт P2M використовує системний підхід та дозволяє в контексті управління проектами здійснювати управління стратегіями, фінансами, системами, організацією проекту, задачами, ресурсами, ризиками, цінністю, IT-проекта, в контексті управління програмами – управління життєвим циклом програми, визначення її цінності та зв'язок зі стратегіями.

Формуванням методології управління проектами та програмами займалися науковці С.Д. Бушуєв, Н.С. Бушуєва, А.О. Білощицький, В.І. Воропаєв, Т.А. Воркут, В.Д. Гогунський, О.Б. Данченко, Є.А. Дружинін, Л.А. Заде, І.В. Кононенко, Є.К. Корноушенко, К.В. Кошкин, О.В. Криворучко, П.Р. Левковець, В.І. Максимова, А.С. Морозова, В.І. Прангішвілі, В.А. Рач, А.І. Рибак, В.Б. Силова, Ю.М. Тесля, О.Г. Тімінський, Ю.Н. Харитонов, С.В. Цюцюра, С.К. Чернов, І.В. Чумаченко та інші.

Проблеми управління проектами і програмами транспортної та цивільної інфраструктури розглядали С.Д. Бушуєв [82], Д.А. Бушуєв [82], І.П. Гамеляк [83], М.Ф. Дмитриченко [84], О.Б. Зачко [85], О.П. Канін [77], Б.Ю. Козир [86], А.І. Лантух-Лященко [55], Г.Є. Ліпський [87], В.Я. Савенко [88], О.С. Славінська [88], Т.Г. Фесенко [89], Т.О. Халай [90], В.О. Хрутьба [91], С.В. Цюцюра [92] та ін.

Стосовно вивчення системного управління програмами у дорожній галузі в різних країнах світу, а саме Road Asset Management System, слід відзначити праці К. McPherson [93], Е. R. Petersen [94], Р. Haas [95], F. Finn [56], R. Robinson [96], U. Danielson [96], М. Snaith [96], J. Sodikov [97], Т. Porter [98],

М.Е. Ozbek [39].

Зокрема, в дослідженні [94] вперше введено термін «система управління дорожнім покриттям», який вживався у якості інструменту прийняття рішень для всіх видів діяльності із забезпечення та підтримки визначеного експлуатаційного стану дорожнього покриття та його елементів. В роботах дослідників Техаського університету вперше було використано системний підхід до оптимізації ресурсів в проектах ремонтів та експлуатаційного утримання мережі автомобільних доріг. Канадські дослідники започаткували подібний науковий напрямок в 1968 році [95] та визначили, що система управління станом дорожнього покриття – це злагоджений комплекс заходів, спрямованих на досягнення найкращого значення набору показників якісного стану для забезпечення безперебійного, безпечного функціонування дороги, можливого завдяки наявним державним фінансовим ресурсам. Більшість результатів канадських досліджень щодо системи управління дорожніми активами були узагальнені у двох книгах R. Naas [74], які у європейських наукових колах вважаються фундаментальними в даному напрямку.

Поширеними рішеннями щодо оптимізації процесу управління проектами та програмами експлуатаційного утримання доріг згідно зарубіжного досвіду є використання методів математичного моделювання та програмування, теорії масового обслуговування, методів оптимізації, теорії управління запасами тощо [99-101].

Теоретичні основи експлуатації автомобільних доріг були розвинені в наукових дослідженнях О.К. Бірулі [102], В.Ф. Бабкова [103], О.П. Васильєва [104], О.П. Каніна [51-52], С.С. Кизими [105], І.І. Леоновича, С.І. Миховича [106], В.К. Некрасова [103], Д.О. Павлюка [107], Б.С. Радовського [108], В.М. Сиденка [104, 106], В.В. Сільянова [109], О.Я. Тулаєва [103] та іншими. Дослідниками визначено системні підходи до позиціонування дорожньої організації (агентства) як керуючого елементу в системі «Автомобільний транспорт – автомобільна дорога». Виконуючи свої функції (здійснюючи керуючі впливи на дану систему), дорожнє агентство безпосередньо впливає

на якісний стан автомобільної дороги.

Згідно з [2] стан доріг визначається поняттями: технічного рівня доріг, експлуатаційного стану, транспортно-експлуатаційного стану, техніко-експлуатаційних якостей (характеристик) доріг, споживацьких властивостей доріг. Стан доріг з точки зору теорії життєвого циклу докладно проаналізовано в [2, 110, 111, 16, 90]. Експлуатаційний стан дорожнього активу (або елементу дороги) представляє собою область значень показників, які характеризують його придатність забезпечувати споживчі якості дороги [2]. Стан дорожнього активу згідно з теорією життєвого циклу з часом під впливом зовнішніх (рух, погодно-кліматичні, ґрунтово-гідрологічні) та внутрішніх (старіння матеріалів) чинників погіршується (відбувається процес деградації, переходу від одного стану в інший). Цей процес прийнято описувати кривими деградації (рис. 1.3).

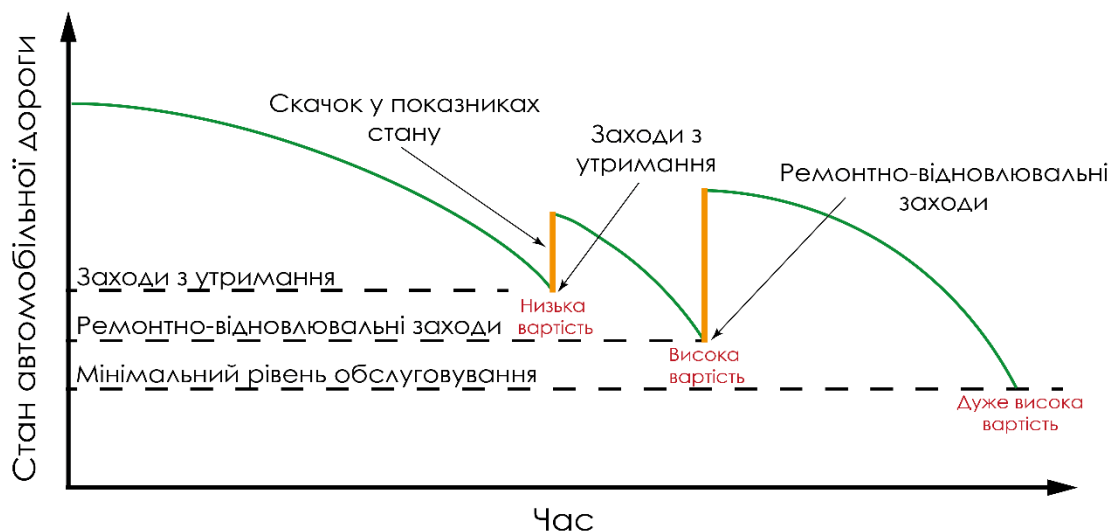


Рисунок 1.3 – Процес деградації елементу дороги і вплив ремонтних робіт

В Україні моделі деградації найбільш ґрунтовно розроблені для дорожнього одягу [112, 113, 50].

Керуючі впливи на стан активу (заходи з покращення – на рис. 1.3 жовта лінія), згідно з зарубіжного досвіду прийнято розділяти на такі категорії [114]:

- поточне експлуатаційне утримання (Routine Maintenance);
- планово-попереджувальні (превентивні) ремонтні заходи (Preventive Maintenance);
- ремонтно-відновлювальні заходи (Rehabilitation).

Поточне експлуатаційне утримання та превентивні заходи покликані попередити розвиток пошкоджень активів з відновленням незначних відхилень якісних показників доріг.

Ремонтно-відновлювальні заходи – це комплекс робіт з приведення якісних показників доріг до визначеного дорожнім агентством стану. В Україні роботи з ремонтів та експлуатаційного утримання доріг визначені в нормативно-правових документах [50, 114, 115, 116]. В ДСТУ 3587 [117] визначено основні контрольовані показники дорожніх активів щодо безпеки, відхилення від яких має бути усунене у встановлені терміни. Крім того в [118] встановлено, що якість заходів повинна відповідати вимогам комфортності, економічності та безпеки дорожнього руху. Проте, даний підхід застосовний не до всіх видів робіт з ремонтів та експлуатаційного утримання доріг та не враховує окремі важливі критерії для прийняття рішення, такі як, наприклад, важливість елементу, рівень фінансування, екологічність та інші.

Розробка системи таких критеріїв для проектів експлуатаційного утримання автомобільних доріг дає можливість виконувати їх пріоритезацію при складанні довгострокової програми.

Ефект від підтримки дорожньої мережі у задовільному стані через впровадження системи управління довгостроковими програмами з експлуатаційного утримання доріг може мати більш глобальний відтінок: впливати на соціальний розвиток, економічне зростання і скорочення бідності. Однак, через складність їх досягнення і численні фактори, що впливають на них, не можливо провести прямий причинно-наслідковий зв'язок цих факторів з дорожньою галуззю (рис.1.4) [119].

Проте, слід зазначити, що наявність доріг в відповідному експлуатаційному стані забезпечує доступ населення до соціальних об'єктів

(шкіл, лікарень, державних установ тощо) і також дозволяє здійснювати швидке обслуговування населення комунальними службами, службами соціальної сфери, представниками служб захисту та безпеки населення тощо. В такому випадку згідно досліджень [119] можна визначити соціальну ефективність від провадження довгострокових програм з експлуатаційного утримання доріг через підрахунок, як приклад, кількості відвідувань населенням школи, лікарні, державної установи тощо, збільшення зайнятості в регіоні, рівня розвитку торгівлі тощо.

Згідно проведених досліджень визначено, що економічний ефект від застосування довгострокових програм з експлуатаційного утримання доріг дорожніми агентствами різних країн складає 10-50% (табл. 1.1), також в рамках дії цих контрактів відбулося відносно вивільнення працівників, підвищився сервісний рівень доріг, а відповідно й була визначена соціальна ефективність - задоволеність споживачів [30, 78, 9, 120 - 123].

Таблиця 1.1 – Економічний ефект від впровадження довгострокових програм з експлуатаційного утримання доріг в розрізі країн світу

Країна	Економічний ефект, %
Норвегія	Близько 20% -40%
Швеція	Близько 30%
Фінляндія	Близько 30% -35%
Голландія	Близько 30% -40%
Естонія	20% -40%
Англія	10% мінімум
Австралія	10% -40%
Нова Зеландія	Приблизно 20% -30%
Сполучені Штати	10% -15%
Онтаріо, Канада	Близько 10%
Альберта, Канада	Близько 20%
Британська Колумбія, Канада	Близько 10%

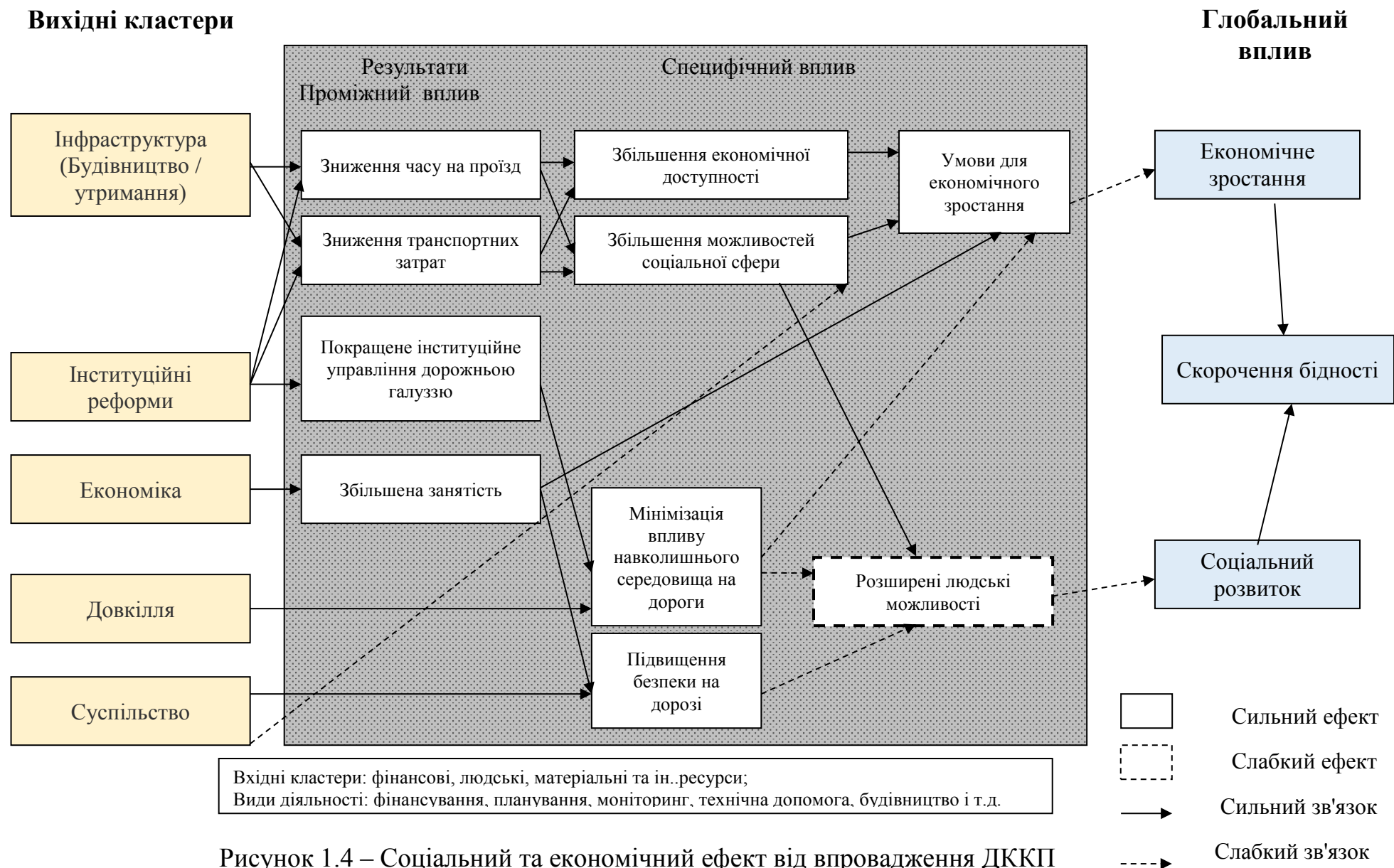


Рисунок 1.4 – Соціальний та економічний ефект від впровадження ДККП

В американському звіті NCHRP 389 [9] зазначено, що вигоду від впровадження довгострокових програм з експлуатаційного утримання доріг можна визначити за формулою:

$$E_{oprc} = \frac{\Delta PO}{\Delta C_{oprc}} \quad (1.1)$$

де ΔPO – зміна рівня обслуговування;

ΔC_{oprc} – зміна вартості (витрат) контракту.

В результаті оцінки вже реалізованих контрактів в рамках довгострокових програм було визначено, що рівень сервісу доріг за ними зберігався або був вище визначеного рівня. Щодо витрат на утримання, то спостерігалось відносно їх зниження відносно витрат за традиційними контрактами [9, 36, 124]. Також, було відзначено неефективне планування витрат за традиційними контрактами (рис. 1.5) [125]. Майже у всіх розглянутих країнах Європи та Центральної Азії, в середньому за контрактом ціни мають тенденцію бути нижче кошторисних витрат, за винятком Вірменії, Македонії та Сербії.

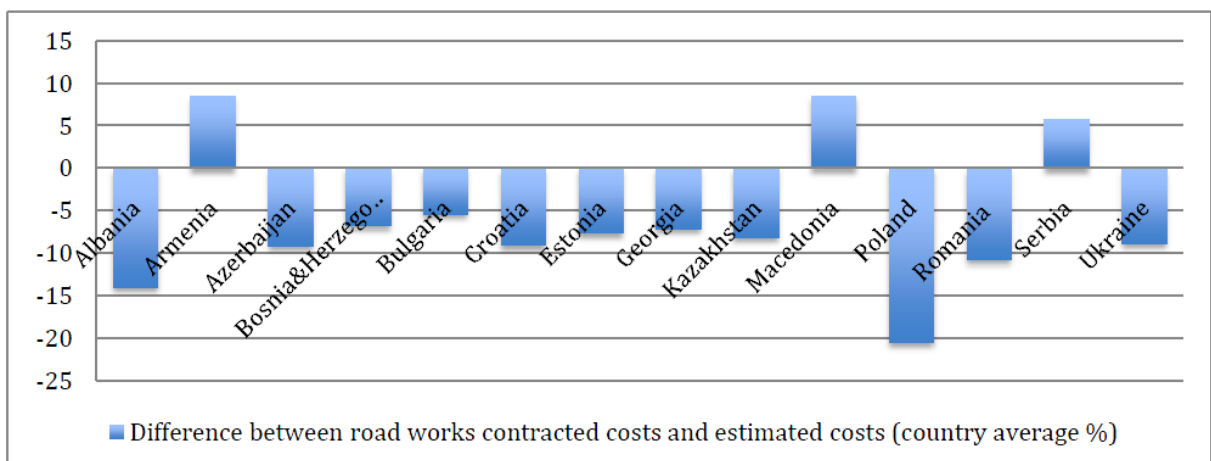


Рисунок 1.5 – Різниця між вартістю робіт за контрактом та розрахунковою вартістю дорожніх робіт, в середньому по країні

1.3 Практичний досвід використання сучасних підходів до управління проектами експлуатаційного утримання доріг в деяких країнах світу

Управління проектами експлуатаційного утримання доріг, які реалізуються у вигляді довгострокових контрактів, є досить перспективним напрямком досліджень, який з'явився переважно з причини залучення приватного сектору до виконання робіт та послуг в рамках експлуатаційного утримання мережі (рис.1.6).



Рисунок 1.6 – Утримання доріг до і після впровадження довгострокових контрактів (за фотоматеріалами Egis)

Процес здійснення процедури заключення довгострокового контракту, заснованого на кінцевих показниках, за проектом експлуатаційного утримання доріг представлено на рис.1.7 [20].

Перед оголошенням про проведення тендеру з вибору підрядника, дорожнє агентство ініціює процес інвентаризації та збору даних з метою:

- визначення стану дорожніх активів, які передаються підряднику на час дії контракту;

- визначення показників якості виконуваних робіт (так званого «рівня обслуговування»);
- попередньої оцінки витрат;
- розробки механізму моніторингу.

На першому етапі визначається джерело реклами, яке має забезпечити заохочення більшої кількості потенційних підрядників для попереднього кваліфікаційного відбору.

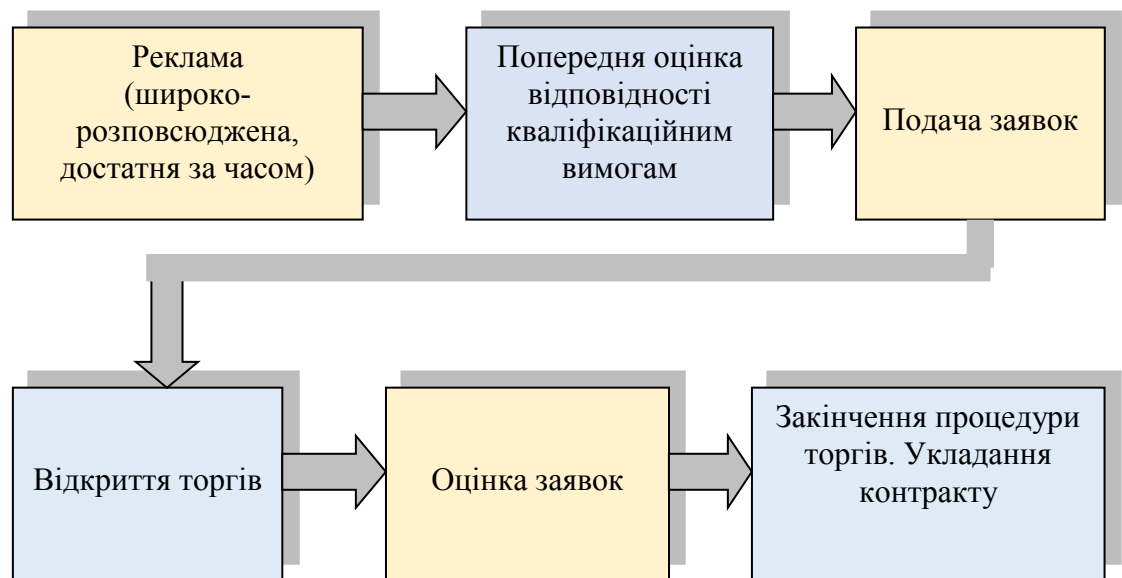


Рисунок 1.7 – Процес здійснення процедури заключення довгострокового контракту з утримання автомобільних доріг

Далі виконується попередня оцінка відповідності кваліфікаційним вимогам, яка базується на врахуванні можливостей / ресурсів підрядника, досвіду участі у подібних контрактах чи у виконанні подібних робіт тощо.

Основні вимоги попереднього кваліфікаційного відбору до кандидатів згідно з [126] можуть бути наступні:

- фінансові, технічні та управлінські можливості;
- досвід будівництва, фінансування та експлуатації таких об'єктів;
- досвід успішної участі в торгах на отримання подібних контрактів;
- досвід роботи в країні, в якій виконується проект (у разі потреби).

До тендерних документів можуть відносити [20]:

1. Інструкції для підготовки / подачі заявки та критерії оцінки.
2. Специфікація торгів.
3. Кваліфікаційні вимоги та критерії оцінки.
4. Форми для тендеру (лист – пропозиція, графіки цін і т.д.).
5. Список країн, які мають право участі в тендері.
6. Технічні специфікації.
7. Загальні умови (у тому числі умови оплати, тривалість контракту і механізм вирішення спорів).
8. Особливі умови.
9. Додаток – форми контрактів.

Процес оцінки заявок потенційних підрядників визначається за діючими у відповідній країні критеріями. Приклад критеріїв оцінки підрядників, що діє у Вашингтоні (округ Колумбія) наведено в табл.1.2 [10].

Таблиця 1.2 – Критерії оцінки претендентів

Область	Критерії оцінки	Вага
Технічна	Досвід, знання та розуміння питань, пов'язаних із збереженням і утриманням активів, зазначених в контракті. Надійність технічних підходів, відповідність заходів вимогам в договорі	20%
Кадри / якість	План по персоналу	5%
Управління / якість	План управління	5%
Забезпечення якості	Управління, контроль якості / план забезпечення якості	5%
Минулі показники	Ступінь успішного виконання всіх завдань підрядника за аналогічними контрактами	15%
Вартість	Ступінь реалістичності відображених витрат за пропонованою калькуляцією підрядником	50%

За результатами конкурсу обирається претендент, що відповідає відповідним критеріям та тендерній документації і чия заявка визначає найменшу оцінену загальну вартість, яка зазвичай складається з повної

вартості запланованих робіт для досягнення зазначеного у контракті стану активу та експлуатаційних витрат (витрат протягом життєвого циклу на підтримання активів на тому ж самому рівні, який вимагається) з урахуванням можливих ризиків [127].

Довгострокові контракти з експлуатаційного утримання, які засновані на кінцевих показниках, передбачають, що [128]:

- всі залучені сторони мають відповідну кваліфікацію;
- контракт має юридичну та технічну підтримку;
- процедура тендеру та заключення контракту здійснена з дотриманням усіх необхідних вимог;
- завчасне припинення дії такого контракту можливе при повідомленні другої сторони не пізніше ніж за 60-120 днів [7];
- кінцеві показники якості базуються на: вимогах користувачів доріг, бажанні замовника отримати дорожні активи по закінченню контракту у встановленому або кращому стані, рівні фінансування;
- умови оплати залежать від виконання показників, обумовлених в контракті (система заохочень і штрафів, гарантії);
- ризик пошкодження або дефектів, що виникли по завершенню виконаних робіт, за період дії контракту перенесено на підрядника, який несе повну відповідальність за виконані роботи.

Інші переваги контрактів, заснованих на показниках якості, розглянуто у табл. 1.3 [28, 19, 5, 30, 36].

Основними формами проектів експлуатаційного утримання автомобільних доріг, які реалізуються у вигляді довгострокових контрактів, є «простий» та «гібридний».

Таблиця 1.3 – Порівняння двох підходів до виконання робіт

Минуле ставлення	Сучасні погляди
«Дорога за дорогою» (виконання ремонтів доріг, що знаходяться у поганому стані)	Підвищення якості (якісних показників) окремих ділянок (секторів) дорожньої мережі
Кредитування проектів	Довгострокові програми фінансування окремих секторів
Оцінка проектів фахівцями за експлуатаційними показниками	Оцінка за рівнями обслуговування (Service Levels)
Завершення робіт – оплата – кінець	Забезпечення високого рівня обслуговування на довгий період
Чітко встановлені межі: коли, яким чином, за допомогою яких ресурсів виконуються роботи	Підрядник самостійно обирає час, в рамках встановленого кінцевого терміну, технологію та ресурси для здійснення робіт
Оплата на основі норм витрат матеріалів за поточними цінами	Оплата на основі витрачених матеріалів згідно узгодженого рівня обслуговування

Простий – реалізується у формі одиничного проекту на експлуатаційне утримання з визначеними кінцевими показниками. Гібридний – це набір проектів з експлуатаційного утримання та ремонтно-відновлювальних заходів, що реалізується у формі контракту, за яким деякі роботи оплачуються на основі вартості за одиницю, а інші – пов'язані з досягненням кінцевих показників якості [8, 5, 9].

Окремим різновидом є «гарантійний» контракт, який класифікується на [5, 30]:

- короткостроковий гарантійний контракт – як правило, тривалість такого контракту варіює від 2 до 10 років після завершення будівництва;
- довгостроковий гарантійний контракт – охоплює весь життєвий цикл інфраструктурного проекту;
- гарантійний контракт на утримання доріг – охоплює фазу експлуатаційного утримання.

Предметом довгострокового контракту згідно з Anastasopoulos [30] може бути як один об'єкт, елемент, актив, так і декілька. Таким чином,

залежно від кількості включених у довгостроковий контракт активів розрізняють «простий» та «комплексний» контракт. Наприклад, простим контрактом може бути контракт на експлуатаційне утримання дорожніх знаків, комплексний контракт включає набір елементів (активів) [30].

Фахівці американської асоціації AASHTO класифікують довгострокові контракти на [9, 21, 95, 16]:

1. Простий – може укладатися на утримання одного елементу дороги.
2. Один актив – укладається на утримання одного виду активів та може включати перелік робіт з ремонтів та утримання.
3. Комплексний – контракт, що включає набір відповідних заходів до утримання певної ділянки чи дороги.
4. Коридорний – контракт, що включає набір заходів з ремонту та утримання ділянок доріг обмеженого доступу, таких як концесійні (платні) дороги.
5. Охоплюючий – контракт, що включає набір відповідних заходів щодо підтримки мережі доріг у певній області, районі чи місці розташування підрядника.
6. Гібридний – поєднує окремі елементи традиційних контрактів та контрактів, що засновані на показниках якості.
7. Агентство до агентства – укладається між двома дорожніми державними підприємствами на утримання доріг певного регіону.
8. Гарантійний контракт – зобов'язує підрядника підтримувати актив у вказаному чи забезпеченому стані за визначений час.
9. Мультифазовий контракт – включає більше ніж одну фазу життєвого циклу активу, а також може включати в себе фінансування.

Приклади мультифазового контракту включають в себе різні форми державно-приватного партнерство, спільної діяльності публічного сектора (державних установ) і приватних підприємств, метою якої є досягнення ними однієї мети (наприклад, будівництво дороги, мосту) [126].

За сферою та напрямками здійснення контрактів довгострокові проекти можуть здійснюватися на національному, регіональному та міському, місцевому рівнях (табл. 1.4) [129].

Таблиця 1.4 – Класифікація довгострокових контрактів

Класифікаційна ознака	Сфера та напрямки здійснення контракту		
	Національний рівень	Регіональний та міській рівень	Дороги передмістя
Тип програми	Національний рівень	Регіональний та міській рівень	Дороги передмістя
Типи доріг	Переважно велика інтенсивність руху, високі стандарти геометричних параметрів	Дороги з покриттям і без	Під'їзні дороги
Основна програма, мета (цілі)	Знизити транспортні витрати Сприяти розвитку	Підвищення якості обслуговування. Підвищення мобільності. Забезпечення зайнятості	Доступ до послуг / ринків Забезпечити зайнятість Сприяти розвитку
Тип показників ефективності	Об'єктивні, що піддаються вимірюванню параметри ефективності	Змінні і залежать від типу мережі	Суб'єктивні, досить загальні Індикатори стану
Тип підрядника	Середні або великі підрядники	Малі підрядники	Мікро- та малі підприємства

Розглянемо досвід Бразилії щодо переходу на довгострокові контракти з експлуатаційного утримання доріг, який був спричинений:

- 1) великим об'ємом будівництва доріг в 1960-х і 1970-х роках [23];
- 2) передачею робіт з ремонту та утримання доріг, які раніше оплачувались за фактичні трудовитрати, витрати матеріалів, машин і обладнання та інші різноманітні витрати (force account) [130],

приватному сектору через традиційні контракти з оплатою за виконані об'єми робіт на основі одиничних розцінок (unit price contract) [131].

На початку 2000-х років в Бразилії була розроблена та введена в дію «Концепція управління утриманням і ремонтом автомобільних доріг», яка базується на забезпеченні їх експлуатаційних якостей (Performance based concept) або кінцевих показників, та реалізується через виконання так званих контрактів CREMA [23, 24-28].

Основними цілями цієї концепції були [23]:

- сприяти поліпшенню ефективності галузі на всіх етапах проектного циклу, в тому числі робіт і послуг, планування, закупівель, підготовки проектування і контрактів на управління станом доріг;
- сприяти мінімізації наслідків бюджетного заморожування, уникаючи зупинок у виконанні контракту і пов'язаних з цим низької якості робіт, великого перевищення витрат для державного сектору;
- збільшення державних зобов'язання з виділення бюджету на ремонт та утримання і відновлення повинне визначатися відповідно до техніко-економічних критеріїв.

Збільшення зобов'язань за підвищення якості робіт і послуг, перехід ризиків до приватного підрядника, скорочення управлінського навантаження на слабкий державний сектор було основою реалізації Концепції в Бразилії.

Завдяки врахуванню міжнародного досвіду в реформуванні експлуатаційного утримання доріг Бразилії було сформовано три основні принципи:

1) Рационалізація і створення ефекту масштабу:

- підготовка проектів була стандартизована у відповідності з технічними рішеннями для реабілітації дорожніх одягів, отриманих із каталогу визначення стандартного рішення для кожної дорожньої ситуації) і спрощених звітів інженерного проектування. Це призвело до гомогенізації

(однорідності) і спрощення проектів, що сприяє (а) зменшенню вартості проектування, (б) обмеженню часу, необхідного для підготовки проекту, і (в), застосуванню відомих і простих рішень з ремонту та утримання;

- роботи з ремонту і утримання повинні бути зв'язані в контрактах з великою протяжністю доріг; на відміну від типових 80 км (для відновлення) і 130 км для утримання в контрактах, які базуються на об'ємах виконаних робіт та наданих послуг і оплачуються на основі узгоджених одиничних розцінок (input based). Нові контракти повинні покривати від 400 км до 600 км. Більші контракти сприятимуть (а) підвищенню інтересу в дорожній галузі до ремонту і утриманню доріг з більшим масштабом економії і (б) забезпечити більш однорідні умови на маршрутах доріг;

- термін дії контракту був збільшений до максимально 5 років відповідно до бразильського закону про державні закупівлі в середньому з 1,5 років у рамках традиційних контрактів реабілітації та від 1 до 2 років в утриманні. Тривалі контракти сприятимуть підвищенню інтересу підрядників до ремонту доріг, а також (а) надавати більш однорідні умови утримання протягом довгого часу, і (б) принести гнучкість під час виконання контракту (особливо по відношенню до «замерзаючого» бюджету);

- була стандартизована тендерна документація.

2) Підвищення відповідальності підрядників:

- роботи з ремонту та утримання включаються в один і той же контракт; ремонтні роботи повинні виконуватись на початку дії контракту, а роботи з утримання – на протязі всього терміну дії контракту. Підрядники, відповідальні за утримання автомобільної дороги в довгостроковій перспективі, мають стимул для більш якісного виконання робіт;

- підрядники відповідають за якість дорожніх умов. Платежі зв'язані з досягнутими в процесі виконання робіт з ремонту та утримання експлуатаційними якостями доріг (вимірюються системою спеціально розроблених індикаторів), а не оплачуються за кількість ресурсів,

витрачених при виконанні робіт. Вводяться фінансові санкції за часткове досягнення узгоджених в контракті експлуатаційних показників;

– підрядники, вибрані в процесі торгів з урахуванням технічних специфікацій на основі ескізного проекту, відповідальні за підготовку робочого проекту, який представлений дорожній адміністрації на затвердження перед виконанням цих робіт. Таким чином, очікується, що підрядниками будуть запропоновані оптимізовані технічні рішення на основі спостережених дефектів, можливих у довгостроковій перспективі;

3) Сприяння підвищенню достовірності в дорожньому секторі:

– загальне управління контрактами полегшується на всіх етапах проектного циклу через спрощені процедури: стандартизації інженерних проектних рішень, торгів у відповідності зі стандартними процесами і спрощення моніторингу контракту на основі кінцевих показників – виходів, а не входів. Зменшення кількості торгів і контрактів, контроль якості на основі внутрішнього аудиту підрядниками процесів управління якістю також сприяє спрощенню програми управління дорожньої адміністрації;

– ризик виникнення спорів у процесі виконання контракту зменшується завдяки: (а) участі підрядників в обох етапах (ремонті і утриманні) і в довгостроковій перспективі, (б) підвищенню відповідальності підрядників за якість, і (в) виконанню моніторингу контракту, заснованому на оцінці роботи за кінцевими показниками, а не через детальну оцінку конкретної кількості входів (предметом численних суперечок зокрема про їх кількість і процес виконання);

– моніторинг програми ремонту та утримання також покращується за допомогою публікацій регулярних доповідей про фізичний і фінансовий прогрес. Такі звіти сприяють спроможності дорожніх адміністрацій у визначенні проблем здійснення контрактів і пропонувані засоби, а також сприяють підвищенню прозорості їх діяльності для уряду та громадянського суспільства.

Контракти CREMA включають в себе послуги і роботи організовані в 4 компоненти [23, 24]:

1) відстрочене утримання (ремонт) потрібно виконати протягом перших 6 – 12 місяців дії договору для вирішення найбільш нагальних потреб відставання обслуговування, особливо з точки зору безпеки руху та запобігання подальшої деградації дорожнього одягу;

2) поточний дрібний ремонт та утримання покриття, штучних споруд, дренажу, системи регулювання руху та смуги відводу здійснюється у відповідності з певним рівнем експлуатаційних якостей, виміряних через притаманні їм індикатори;

3) ремонт здійснюється протягом певного періоду тривалістю до чотирьох років для відновлення структурних і функціональних характеристик дороги, включаючи покриття, водовідвід і систему регулювання руху;

4) обмежені роботи з благоустрою, як правило, призначені для поліпшення безпеки дорожнього руху та вирішення існуючих екологічних питань на смугах відводу дороги.

Для гарантування відповідного виконання контракту в усьому періоді його дії була створена система моніторингу контракту. Спочатку вона базувалась на більш ніж 100 індикаторах для перших контрактів CREMA, а потім була спрощена для полегшення моніторингу. Крім того, система санкцій, заснована на фінансових санкціях, що визначаються з урахуванням серйозності спостережуваних дефектів, поступово була спрощена [23].

В основу системи моніторингу покладені експлуатаційні вимоги (performance standarts), наприклад, на ямковість і на скошування трав такі [50]:

а)

елемент - покриття дорожнього одягу;

індикатор - ямковість;

вимоги - після 6 місяців з початку дії контракту вибоїни будь-якого розміру не допускаються;

код - PD 05.

б)

елемент - смуга відводу;

індикатор - планування скошування трав;

вимоги - починаючи з кінця 3-го місяця дії договору, смуга відводу повинна бути очищена. Два (2) скошування трави на рік слід проводити на всіх дорожніх смугах відводу;

код - PD 19.

На федеральному рівні прийняті 16 індикаторів (в табл.1.5) [23].

Оцінка індикаторів здійснюється по окремому кілометру дороги. Якщо кілометр за певним індикатором не відповідає стандарту, то він вважається невідповідним. Кількість кілометрів, яка оплачується, визначається як добуток платіжного фактору на частку відповідних стандарту кілометрів [23]:

$$Pf \cdot C / 100, \quad (1.2)$$

де Pf – платіжний фактор

C – кількість відповідних стандарту кілометрів.

Такі добутки підсумовуються по всім індикаторам для визначення відсотка оплачуваних кілометрів.

Контракт присуджується учаснику аукціону, який запропонував найнижчу загальну ціну, яка складається з: (а) суми фіксованих щомісячних платежів, запропонованих претендентом на початковому відновленні (протягом перших 6 - 12 місяців) і дрібного ремонту та утримання (під час 48 - 54 місяців, що залишилися), і (б) одноразова ціна підрядника на відновлення та роботи з благоустрою, як це визначено в проекті. Одноразова виплата в CREMA-контракті побудована так, щоб затягнути можливість

будь-якого доповнення, якщо конкретні події не відбуваються, такі як різка зміна умов договору (наприклад, збільшення трафіку більш ніж на 30 відсотків) [23].

Таблиця 1.5 – Індикатори

Елемент	Індикатор	Вага, %	Платіжний фактор	Код стандарту
Покриття	Ямковість	20	20	PD05
	Просадки/впадини	7	7	PD06
	Тріщини	5	5	PD07
	Колійність	5	5	PD08
Узбіччя	Перешкоди або небезпечні матеріали	3	3	PD09
	Ямковість і серйозні деформації	5	5	PD10
Поверхневий водовідвід	Наявність і дія	7	7	PD11
	Наявність і дія	10	10	PD12
Глибокий водовідвід	Наявність і дія	3	3	PD13
Сигнальна система	Вертикальна наявність і дія	3	3	PD14
	Горизонтальна наявність і дія	10	10	PD15
Додаткові роботи та пристрої	Поручні, бар'єри і парапети – наявність і дія	3	3	PD16
	Загорожі - наявність і дія	3	3	PD17
Смуга відводу	Очищення	3	3	PD18
	Скошування трав	10	10	PD19
	Поява критичних екологічних перешкод	3	3	PD20
Платіжний фактор			100	

Виставлення рахунків підрядниками і платежі, видаються на щомісячній основі за наступним принципом: (а) для початкової відновлення і утримання, узгоджений внесок рівномірно розподіляється на кожному етапі

дії (що становить 12 місяців для початкового відновлення і 48 місяців утримання) на частини загального розподілу вартості кожної послуги, з урахуванням можливих санкцій, і (б) на відновлення та роботи з поліпшення на кілометр технічного рішення і одиницю роботи з поліпшення виконуються згідно з детальним проектуванням, наприклад, поява вибоїн на покритті призведе до більш високих штрафів, ніж тріщини на узбіччях згідно з Бразильськими будівельними нормами і відповідними показниками відновлення експлуатаційних якостей, а також з урахуванням можливих штрафів.

Контракти, засновані на моделі за кінцевими експлуатаційними показниками, прийнятої в Бразилії, ввели ряд принципово нових характеристик щодо традиційних управління контрактами у дорожньому секторі в Бразилії, в тому числі:

- одноразові / загальні ціни контрактів, замість класичних заснованих на входах контрактів, з важливою передачею відповідальності в області розробки і проведення відновлювальних робіт на підрядників;
- винагороди за підсумками роботи підрядників при досягнення заданих виходів (експлуатаційних якостей), а не входів (кошти і матеріали);
- збільшилися зобов'язання з самоконтролю якості підрядниками згідно з філософією ISO, на відміну від контролю замовника.

Імплантація цього досить «революційного» підходу в бразильському контексті показала, що необхідні великі зусилля з адаптації і дорожньої адміністрації і підрядників. Така адаптація здійснювалась поступово з відносно тривалим процесом (майже рік) структурування перших тендерних документів та пов'язаних з ними технічних норм. Реакція в першому раунді торгів на федеральному рівні була не досить успішною, а неадекватні пропозиції спричинили повторні торги перших контрактів CREMA [23, 24-28].

Проте виконання контрактів CREMA було задовільним при більш низьких витратах у CREMA, ніж у традиційних контрактах на ремонт і

утримання доріг. Крім того, переговори між урядами і Банком про базисні концепції виконання контрактів, заснованих на кінцевих експлуатаційних показниках, сприяли запровадженню ряду інших удосконалень в утриманні й ремонті доріг, в тому числі [23]:

- укладання контрактів на проектування та послуги в одному контракті збільшити прихильність консалтингових компаній у сфері надання якісних технічних проектів; погане проектування було постійною проблемою дорожніх адміністрацій в Бразилії;

- структурування та регулярна публікація першого набору комплексних фізичних і фінансових звітів про державні інвестиційні програми у дорожньому секторі в Бразилії, для поліпшення моніторингу виконання контракту;

- поступову консолідацію та модернізацію інформаційних систем, що підтримують управління контрактами і надають відповідні дані для моніторингу інвестиційних програм на регулярній основі, так як інформаційні системи, які раніше використовувалися державною адміністрацією в Бразилії були сфокусовані в основному на відстеження використання бюджетних асигнувань;

- поступова раціоналізація і стандартизація процесів, які використовуються для підготовки та оцінки технічних проектів і для проведення торгів на будівельні роботи (за допомогою, наприклад, появи стандартних тендерних документів для укладання контрактів на будівельні роботи в адміністраціях дороги).

В CREMA вартість робіт з відновлювання була на 25-35 відсотків нижче, ніж витрати на відновлення в традиційних контрактах, підписаним в той же період, а витрати на дрібний поточний ремонт та утримання - на 34 відсотки нижче, ніж звичайні витрати на одиницю обслуговування. Зокрема, CREMA [23]:

- дозволили підрядникам налаштувати їх власний рівень втручання, оптимізувати характер ремонтів і терміни їх виконання;

- перевести акцент з лікувальних дорожчих заходів на профілактичні, недорогі заходи;
- зменшити адміністративне навантаження на установи-виконавці;
- забезпечити кращі результати для учасників дорожнього руху з меншими витратами.

Експериментальне застосування довгострокових контрактів на експлуатаційне утримання доріг у Чаді відбулося підписанням контракту у 2001 році вартістю 11,9 млн. дол. США, сферою обслуговування якого є 440 км ґрунтових доріг. Підрядником у цьому контракті виступив DTP (Bouygues Group, Франція), в контракт включено реконструкцію дренажних споруд, знаків, витрати на екстрену допомогу для учасників дорожнього руху у разі аварій, прибирання наслідків аварій і т.д. Оплата за контрактом при повній відповідності до зазначених у контракті критеріїв складається з фіксованих щомісячних платежів у розмірі 210,000 тис.дол. США [18].

Опис критеріїв ефективності за контрактами OPRC в Чаді (Центральна Африка) [18]:

Критерій 1. Пропускна здатність:

- повинна бути забезпечена можливість вільного пересування по дорозі в будь-який день протягом року;
- максимальні дозволені обмеження у русі (кількість годин на обмеження, скільки разів протягом місяця / в рік);
- перевірка за критерієм здійснюється зазначеним типом транспортного засобу у контракті (виконує підрядник);
- недотримання критерію визначає зниження на 1% загального щомісячного платежу за контрактом за кожний день обмеження.

Критерій 2. Середня швидкість:

- визначається середня швидкість, що є нормативом для певної дороги;
- вимірюється безпека водіння за визначеною середньою швидкістю;

- недотримання - штраф 0,5% від загального щомісячного платежу на кожні 5 км / год. зниження від заданої середньої швидкості.

Критерій 3. Комфорт користувача доріг. Певний рівень комфорту для користувача повинен залежати від утримання автомобільних доріг. Також рівень комфорту пов'язаний з 3 основними типами руйнувань дорожнього покриття: колійність; ефект рифлення; вибоїни та інші деградації поверхні.

Рифлення:

- за допомогою інструментальних приладів вимірюється амплітуда гофр;
- вимірювання проводиться принаймні один раз на місяць, в будь-якому місці, де керівник підозрює, що критерії можуть бути не виконані;
- максимальні значення середньої амплітуди на будь-якому 1,000 км - 3 см, але не більше 4 см;
- процедура вимірювання: на 1,000 км призначається п'ять ділянок по 50 м де виконуються вимірювання амплітуди, якщо середнє значення замірів перевищує 3 см, то критерій виконується;
- недотримання - штраф 10% від щомісячної плати за кожен км, на якому перший критерій не задовольняється. 50% від щомісячної оплати за км віднімається за секції, що не відповідають другому критерію.

Колійність:

- інструментальні вимірювання проводяться принаймні один раз на місяць, в будь-якому місці де керівник підозрює, що критерії не виконуються;
- максимально допустима глибина колії на будь-якому 1,000 км становить 3см, але не більше 5 см;
- процедура вимірювання: на 1,000 км призначається дві секції по 100 м де проводяться вимірювання, якщо середнє значення нижче, ніж 3 см, критерій виконується;

- недотримання - штраф 10% від місячної номінальної оплати віднімається за кожен км, що не відповідає першому критерію. 50% від щомісячної оплати за км віднімається за секції, що не відповідають другому критерію.

Деградації поверхні:

- інструментальні і візуальні вимірювання проводяться принаймні раз на місяць, на ділянках в 1000 м, де керівник підозрює, що критерій не виконується;
- першим критерієм є не перевищення 0,60 м² пошкодження від загальної площі ділянки, другим – не більше 1 м²;
- недотримання - штраф 10% від щомісячної плати за кожну секцію в км, що не відповідає першому критерію, 50% - якщо не відповідає другому критерію.

Критерій 4. Витривалість (довговічність). Оцінюється за наступними параметрами: рослинність вздовж доріг і безпосередньо на дорозі; зміна ширини дороги; поздовжній профіль / альтиметр осі дороги; стан дренажів.

Основними труднощами, які виникли на шляху застосування довгострокових контрактів на експлуатаційне утримання доріг, що гуртуються на показниках якості, в Центральній Африці були наступні [18, 19]:

- підрядник намагався використати кошти з резервного фонду для аварійних робіт - без обґрунтування;
- підрядник намагався використовувати слабкі сторони наглядового органу – консультанта, особливо під час фази виконання контракту;
- рівень обслуговування доріг був встановлений досить високий;
- підрядник повинен був навчитися як здійснювати утримання за цим контрактом дотримуючись встановлених критеріїв;
- фінансування було б неможливо без спонсорської підтримки.

Особливі моменти застосування довгострокових контрактів з досвіду застосування в Центральній Африці [18]:

- В контракті повинні бути включені дороги тільки "у супроводі", тобто з утриманням.
- Під час заключення контракту повинен бути визначений адекватний рівень обслуговування доріг.
- У контракти такого типу не варто включати дороги, які потребують великих обсягів ремонтних робіт для досягнення бажаного рівня обслуговування.
- Не потрібно нав'язувати занадто багато ризиків на підрядника.
- Необхідно визначити якомога простіші критерії ефективності.
- Потрібно залучати підрядників, які технічно оснащені та мають персонал відповідної кваліфікації.
- Можна залучати невеликі місцеві підприємства тільки після відповідної підготовки та навчання, а також для контрактів з дуже простими вимогами чи критеріями ефективності (або, як субпідрядників для незначних робіт).
- При виконанні таких контрактів потрібен обов'язків контроль рівня обслуговування, тому необхідно залучити консультанта чи консультантів (третю незацікавлену сторону).
- Співробітники дорожнього агентства повинні розуміти свою роль у виконанні контрактів такого типу, тому рекомендовано перед використанням контрактів OPRC провести навчання персоналу з цього питання.
- Необхідно визначити механізм вирішення спорів, що можуть виникнути під час виконання контрактів.
- Потрібно визначити механізм та джерела фінансування таких контрактів протягом усього терміну їх дії.

Італійський досвід узгоджується з досвідом Бразилії, проте, є деякі конкретні ключові фактори, які варто зазначити [132]:

1. Термін дії контракту не повинен бути менше 6 років, достатнім вважається термін дії – 9 років. Довгострокові контракти

дозволяють підряднику інвестувати в нову техніку та технології, підвищити кваліфікацію персоналу, що позитивно впливає на якість робіт, передбачених у контракті.

2. Бюджет, виділений на РВС повинен бути відкалібрований відповідно до робіт, які необхідно здійснити як для досягнення визначеного стану активів так і для його підтримки, а також потрібно врахувати непередбачувані роботи.
3. Здійснення контракту корегується за допомогою показників. Важливо відзначити, що не всі роботи можуть бути визначені у контракті заздалегідь, проте контракт має бути орієнтований на кінцевий результат.
4. Інвентаризація є обов'язковою умовою ще на стадії підготовки тендерної документації. Також потрібно використовувати національні системи управління станом активів для визначення оптимальних річних бюджетів, кошти яких будуть виділені підрядникам для забезпечення мережі доріг в належному стані. Щоб запобігти «конфлікту інтересів» моніторинг підрядника щодо витрат виділеного бюджету повинні здійснювати незалежні аудитори.
5. Іншим ключовим фактором, здатним визначати успіх контракту є обрання відповідного типу підрядника, який здатний виконувати визначені роботи на високому професійному рівні.
6. Тип робіт, що включені в контракт. Останній ключовий фактор, який необхідно враховувати для успіху довгострокового контракту, це включення у сферу дії контракту фазу утримання активу дорожньої інфраструктури.

Досвід впровадження довгострокових контрактів з утримання мережі автомобільних доріг за кінцевими показниками в Новій Зеландії налічує вже понад 15 років. Перший довгостроковий контракт терміном в 10 років був заключний на в 1998 році (Замовник - Транзит Нова Зеландія). За цим

контрактом виконавець був відповідальним за підтримку дорожньої мережі у визначеному стані, для чого було сформовано ряд ключових показників ефективності (кінцевих показників). В даний час такі контракти використовуються для підтримки 15% доріг від всієї дорожньої мережі Нової Зеландії, переважно це дороги державного значення [133].

Документація контрактів в Новій Зеландії включає (рис.1.8) [134]:

1. Керівництво з проведення тендеру.
2. Керівництво з визначення ціни.
3. Умови договору (контракту).
4. Технічні умови (специфікації).
5. Додатки.

Керівництво з проведення тендеру включає:

- форму запиту на участь у тендері;
- форми, в яких учасник зазначає загальні відомості про себе;
- інструкції з проведення тендеру, де зазначаються: основні етапи; цінові та нецінові умови замовника; стандартні форми оцінки учасників, які мають вигляд анкет; процедура оцінки; порядок визначення вартості контракту.

Дуже важливим є додержання всіх форм і вимог Керівництва з проведення тендеру. Так як при будь-яких спробах з боку учасника щодо змін форми та / або обсягу контракту він буде відсторонений від участі у тендері [134].

За основу терміну дії довгострокового контракту з експлуатаційного утримання доріг в Новій Зеландії прийнято 10 років. Проте, в середньому тривалість таких договорів за аналізом 15 минулих років складала 5-7 років [133].

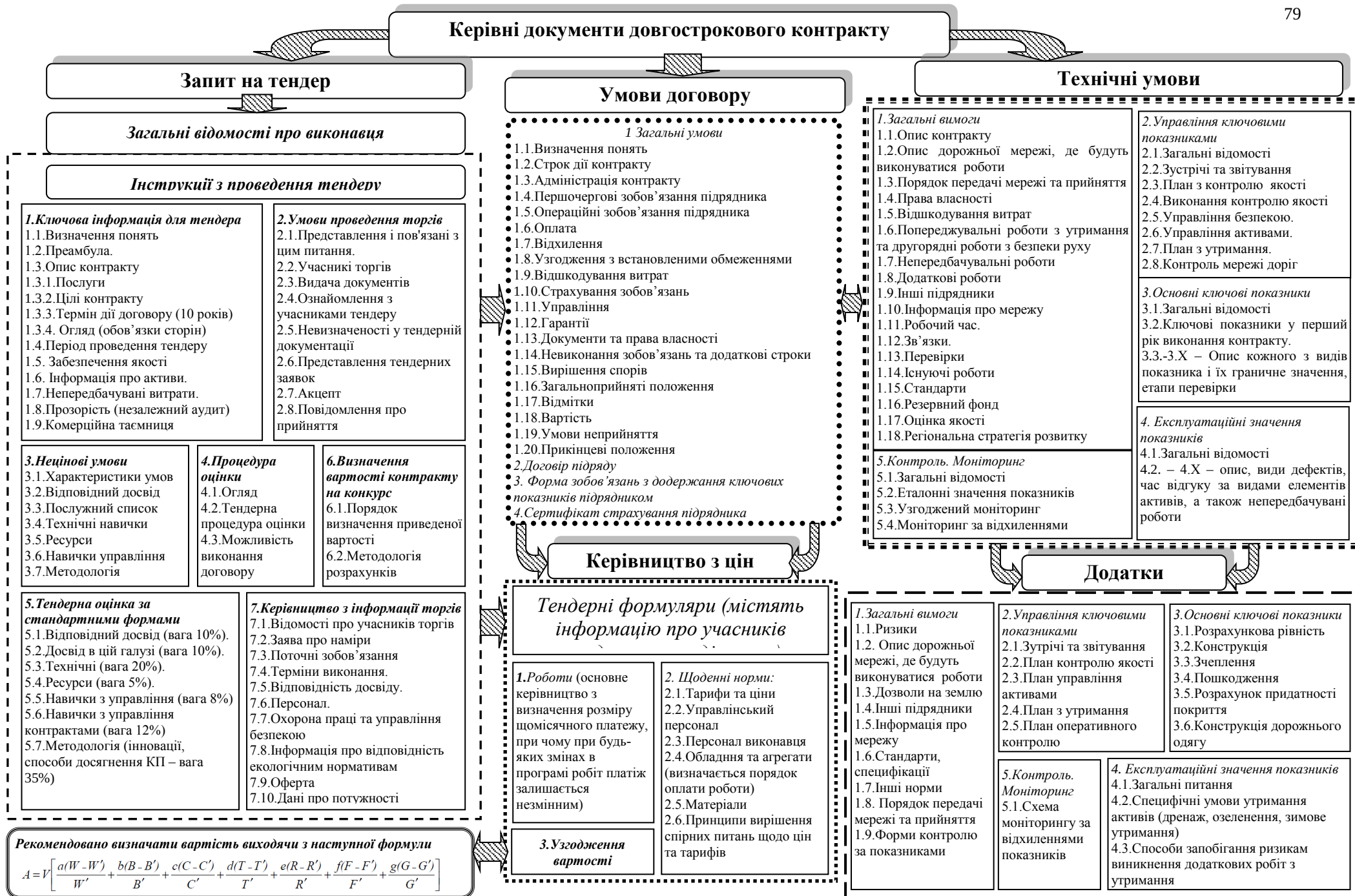


Рисунок 1.8 – Модель довгострокового контракту з утримання за кінцевими показниками (Нова Зеландія)

Для сильно пошкоджених доріг пропонується почати з програми на основі контракту DBB державно-приватного партнерства, а вже потім перейти на використання принципів довгострокового контракту. При цьому керівник проекту здійснює найбільший вплив на витрати у фазі проекту будівництва, оскільки, будь-яке рішення, прийняте на початковій стадії життєвого циклу, має набагато більший вплив, ніж рішення, прийняті на пізніших етапах (рис. 1.9).

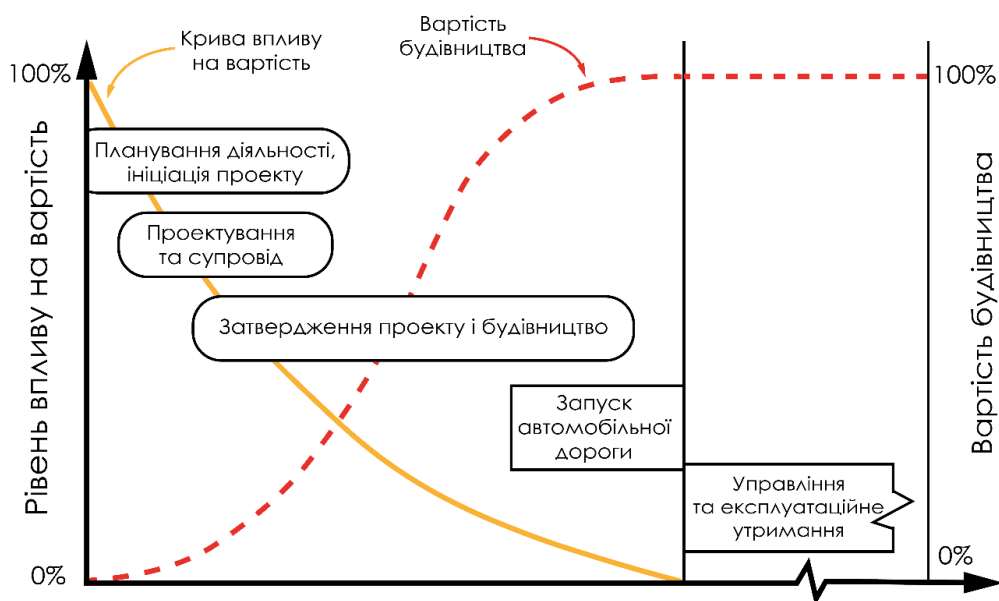


Рисунок 1.9 – Здатність впливу заходів на вартість з часом

Таким чином, на рішення щодо проекту будівництва впливатимуть постійні експлуатаційні витрати та, у багатьох випадках, вигоди протягом усього терміну експлуатації дорожнього активу.

Прийняття рішення про активи, які повинні бути включені в довгостроковий контракт згідно з [133] базується на основі:

- Обсягу знань про природу / кількість активів.
- Обсягу знань про стан активу, майбутні потреби під час утримання.
- Рівня ризику, пов'язаного з передачею відповідальності утримання підряднику.

– Можливості вказати характер робіт з дрібного ремонту та утримання.

– Здатності до управління ризиком невиконання робіт з утримання активу.

Вартість контракту визначається за методикою, що приведена в Керівництві з визначення ціни [135]. Рекомендовано визначати вартість виходячи з наступної формули:

$$A = V \left[\frac{a(W - W')}{W'} + \frac{b(B - B')}{B'} + \frac{c(C - C')}{C'} + \frac{d(T - T')}{T'} + \frac{e(R - R')}{R'} + \frac{f(F - F')}{F'} + \frac{g(G - G')}{G'} \right] \quad (1.3)$$

де V – сума значень у квадратних дужках округлюється до чотирьох знаків після коми перед множенням на загальну одноразову виплату в рік;

V – Загальна одноразова виплата за рік що розглядається в ДККП, відповідно до базової вартості (не включає коливання вартості);

W – індекс оплати найманої праці, що приходить на поточний рік;

B – індекс вартості бітуму, що приходить на поточний рік;

C, T, R, F, G – вхідні індекси вартості матеріалів за групами виробничої приналежності виробників в Новій Зеландії (за цінами виробників на поточний рік);

W', C', T', R', F', G' – очікуване зниження вартості показників W, C, T, R, F, G до кінця терміну дії контракту;

B' – усереднений індекс вартості бітуму, що приходить на термін дії контракту;

a, b, c, d, e, f, g – долі вхідних показників відповідно W, C, T, R, F, G , що фігурують у контракті.

При визначенні вартості контракту використовується модель планування робіт, яка базується на підході рівнів / індикаторів стану мережі доріг, що схематично представлено на рисунку 1.10 (адаптовано з [133]).

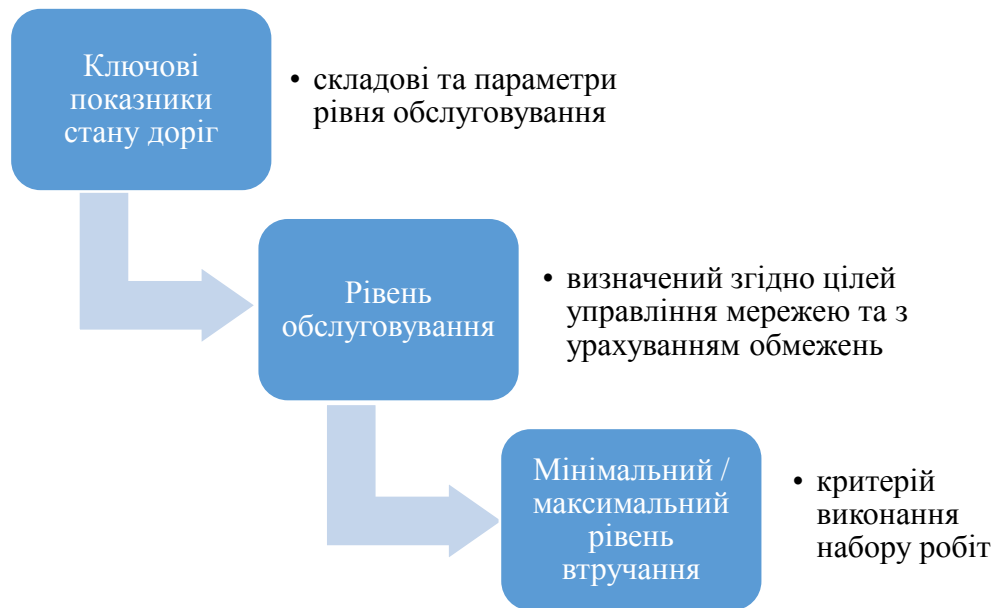


Рисунок 1.10 – Ієрархія індикаторів стану мережі доріг

Досвід Нової Зеландії свідчить, що більшість контрактів прийнято з рівнем обслуговування, який можна досягти в рамках заданих фінансових обмежень [136]. Так, після підписання контракту щомісячний платіж підряднику не змінюється не дивлячись на зміни вартості матеріалів, що використовуються, змін в програмі робіт і т.д. Цей факт і є стимулом для підрядника застосовувати інноваційні технології, методи, методики тощо [135]. Тут виникає поняття «конкуруючі цілі» (продемонстровано на рис. 1.11).

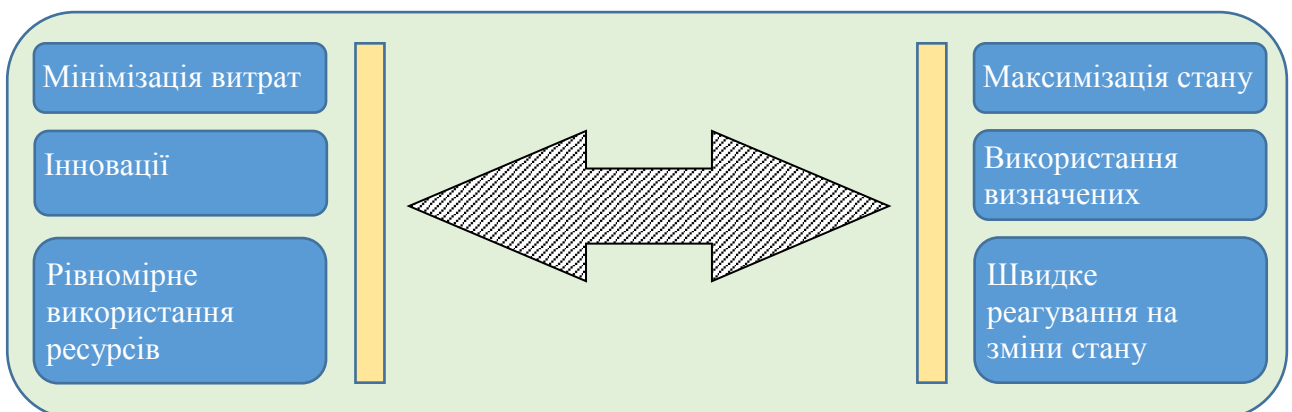


Рисунок 1.11 – Конкуруючі цілі ДККП

Очевидно, що для виконавця основною ціллю є задоволення умов контракту при мінімізації витрат, а для замовника – це максимізація стану мережі доріг.

Для формування рівня обслуговування доріг в довгострокових контрактах на експлуатаційне утримання відповідно до світового досвіду використовується модель управління станом доріг, яка має назву «Реальне моделювання» [133] (рис.1.12).

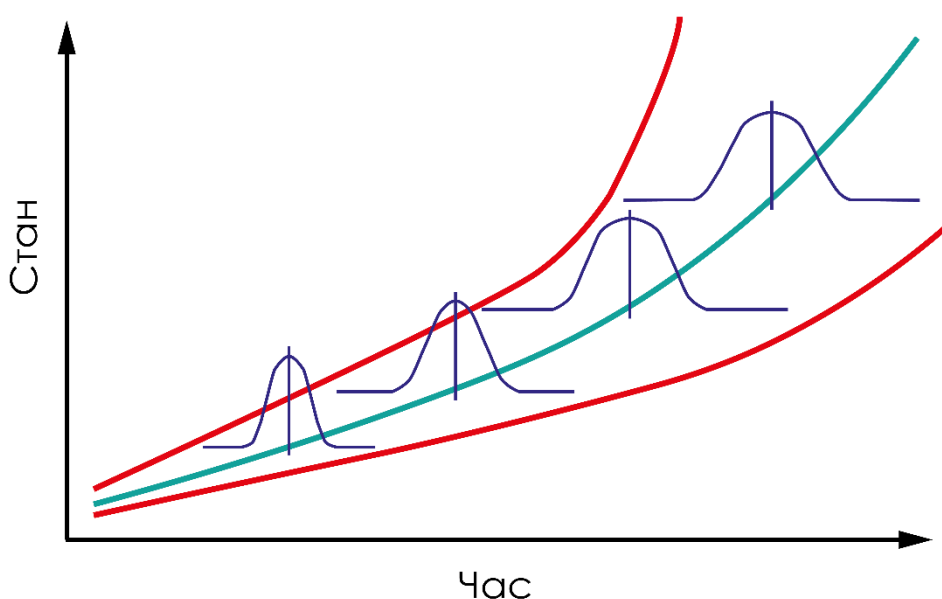


Рисунок 1.12 – Середнє значення в порівнянні з реальним станом з плином часу

Реальне моделювання – це, по суті, моделювання середнього значення стану дорожнього елементу і його стандартного відхилення. Метою цього моделювання є створення реалістичної програми робіт. При цьому повинні бути враховані фінансові обмеження, зміни у строках виконання робіт, типова класифікація робіт.

Умови договору [137] включають форму самого договору, опис загальних умов, форму зобов'язань з додержання ключових показників підрядником, сертифікат страхування підрядника.

Технічні умови (специфікації) за контрактом та додатки до нього визначають основні принципи визначення кінцевих показників, формування рівня обслуговування, принципів управління ними та моніторингу виконавця [138-140].

Ключові показники, що використовуються в довгострокових контрактах включають [140-141]:

- а) якісні показники;
- б) показники ефективності управління;
- в) вказівки щодо проведення оперативних заходів.

Показники ефективності управління визначають рівні планування, управління та реалізації різних аспектів контракту. Як правило, вони включають плани якості, безпеки руху, охорони праці, навколишнього середовища та виконання вимог до звітності.

До ключові показників якості відносяться показники які формують рівень обслуговування мережі доріг (загальний стан дорожнього покриття, рівність, коефіцієнт зчеплення, конструкція дорожнього одягу і т.д.).

Оперативні заходи визначають щоденну відповідність стану мережі завданому у контракті рівню обслуговування.

Довгострокові контракти також містить наступні показники, засновані на моделях деградації [136, 140]:

- показники оцінки «залишкового ресурсу» дорожнього покриття, чи елементу дороги;
- час відгуку в надзвичайних ситуаціях / в несприятливих погодних умовах;
- мінімальні рівні втручання для знаків, розмітки, дренажів, освітлення на дорогах.

Підрядник несе відповідальність щодо розробки, узгодження з замовником та здійснення системи моніторингу на всій території реалізації контракту [140]. Державним агентством доріг в Новій Зеландії було розроблено цілий ряд звітів у табличній формі для виконавців контрактів.

Цю звітність заповнює як підрядник самостійно, так і з замовником при плановому обстеженні. Існує також ціла система оцінки роботи підрядника виконавцем, яка базується на штрафних балах та вагомості показників, за які встановлено бал, що наприкінці дії контракту може відобразитися на кінцевому платежу.

Результати реалізації контрактів в Новій Зеландії (згідно з [142, 143]):

- підвищення якості послуг з дрібного ремонту та утримання при менших витратах (вартість робіт знизилась на 17 %, в той час як інтенсивність руху зросла на 53 %);
- відбулася реплікація довгострокових контрактів ДККП моделі з боку місцевої влади і рад.

В Україні в 2014 році реалізовано перший пілотний проект на дорозі М06 КИЇВ-ЧОП: КМ434+230 – КМ621+500 за кошти Європейського банку реконструкції та розвитку (ЄБРР) підрядною організацією ONUR (Туреччина) (рис.1.13-1.14), табл. 1.6 [16].

Таблиця 1.6 – Інформація про контракт

Замовник	Державне агентство автомобільних доріг України (Укравтодор), управління зі сторони Укрдорінвест, як Групи Управління Проєктами
Фінансуюча організація	ЄБРР
Загальна протяжність	187 км
Дата початку	10 вересня 2014
Дата Завершення	10 вересня 2021
Період Контракту	84 місяці
Сума Контракту	63,5 млн. євро

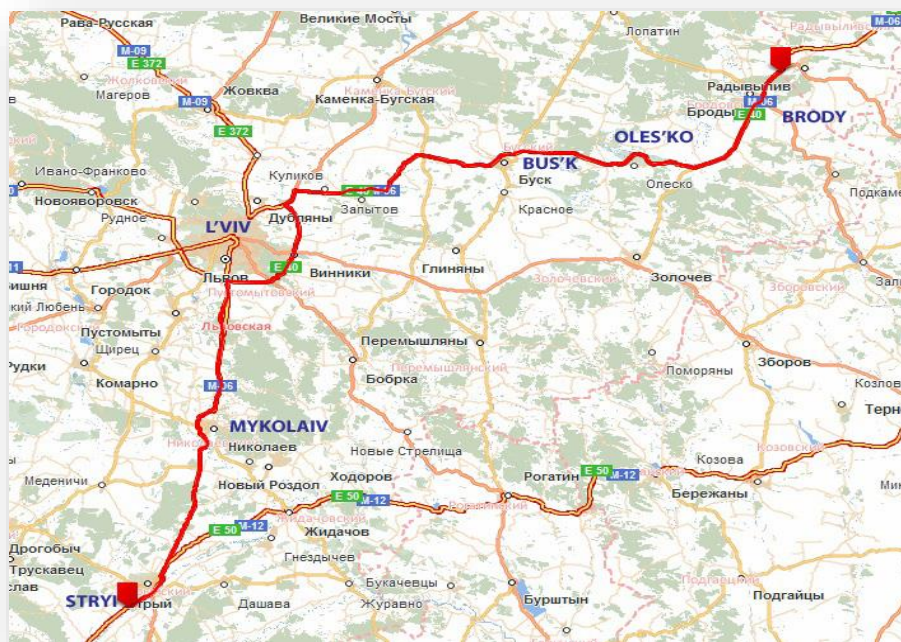


Рисунок 1.13 – Мапа проекту довгострокового експлуатаційного утримання в Україні

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ РІВНІ ОБСЛУГОВУВАННЯ (ЕРО)



Рисунок 1.14 – Експлуатаційні рівні обслуговування за проектом (за матеріалами Egis)

В дослідженнях [16, 41, 144] було визначено особливості реалізації пілотного проекту на експлуатаційне утриманні в Україні, які можуть

служувати в подальшому стимулом для вдосконалення нормативно-правової та законодавчої бази :

- довготривале фінансування неможливе без використання коштів Дорожнього фонду та бюджетного програмування;
- для уникнення конфліктних ситуацій є потреба у вдосконаленні нормативно-правової бази щодо обґрунтування та механізму застосування штрафного балу, вартісних показників, звітності тощо;
- є потреба у створенні механізмів розвитку конкурентоспроможного ринку послуг з експлуатаційного утримання.

Відповідно до [16, 144] в ході реалізації проектів експлуатаційного утримання автомобільних доріг у вигляді довгострокових контрактів, заснованих на кінцевих показниках, Україна отримала позитивний досвід. Проте, повноцінній реалізації в Україні довгострокового програмування експлуатаційного утримання доріг стоїть на заваді перш за все бюджетне законодавство, яке передбачає лише середньострокове бюджетне планування, що згідно п. 4 статті 3 Бюджетного кодексу складає три бюджетні періоди.

Висновки за розділом 1

1. Зіставно-порівняльний аналіз видів програм та проектів з експлуатаційного утримання автомобільних доріг, які використовуються у вітчизняній та зарубіжній практиці показав доцільність довгострокового програмування, що має будуватися на принципах та підходах методології управління програмами, закладених у стандартах з управління, враховуючи сучасний розвиток наукових досліджень в даній предметній області. За основу подальших розробок взято стандарт Р2М.

2. Виходячи із стану наукових досліджень, було визначено, що перспективним напрямком є вивчення проектів експлуатаційного утримання

автомобільних доріг, які реалізуються у дорожній галузі у вигляді довгострокових контрактів, що засновані на показниках якості.

3. Проведений зіставно-порівняльний аналіз найбільш поширених комп'ютерних програм та інформаційно-аналітичних систем оцінювання, прогнозування та управління станом дорожніх активів, зокрема, Pavement Management System (PMS), Bridge Management System (BMS), Highway Design and Maintenance Standards Models (HDM-4), Система управління станом покриття (СУСП), Аналітична експертна система управління мостами (АЕСУМ) та інші засвідчив доцільність застосування подібних інструментів в управлінні програмами експлуатаційного утримання доріг.

4. Виконаний аналіз практичного досвіду використання сучасних підходів до управління проектами експлуатаційного утримання доріг в деяких країнах світу, в тому числі і в Україні, показав основні переваги переходу на довгострокове планування та визначив труднощі, що виникли при впровадженні проектів експлуатаційного утримання автомобільних доріг, які реалізуються у дорожній галузі у вигляді довгострокових контрактів, що засновані на показниках якості.

Таким чином, проведений аналіз програм, проектів, стратегій, стандартів з управління проектами та програмами, стану наукових досліджень дозволив сформулювати концепцію побудови методології управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг, яка базується на принципах довгострокового планування.

Мета дослідження – розробка методології управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг для забезпечення ефективності прийняття управлінських рішень щодо мережі автомобільних доріг.

Для досягнення мети дослідження поставлені задачі, які системно і послідовно її вирішують:

- провести дослідження проектів та програм експлуатаційного утримання мережі автомобільних доріг, стратегій та методичних підходів до планування ремонтно-відновлювальних заходів;

- виконати розробку основних положень методології управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг, сформувати концептуальну модель;

- виконати вдосконалення математичної моделі обґрунтування стратегії відновлення стану автомобільних доріг на основі проектів, які реалізуються через довгострокові (договори) контракти про утримання автомобільних доріг загального користування за принципом забезпечення їх експлуатаційного стану;

- обґрунтувати модель управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг, що базується на застосуванні методу аналізу ієрархій АНР Saaty для пріоритезації ділянок доріг методами оптимізації за набором факторів з урахуванням некерованих впливів;

- вдосконалити інструменти до реалізації розробленої методології на практиці, а саме, алгоритм прийняття рішення щодо управління програмою експлуатаційного утримання автомобільних доріг та алгоритмізовані рішення у вигляді програмних комплексів та інформаційно-аналітичних систем.

Матеріали розділу представлені в роботах [3, 4, 17, 33, 34, 35, 40, 41, 76, 77, 84, 87, 88, 91].

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ МЕТОДОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМАМИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО УТРИМАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

2.1 Термінологія та сутність методології

Управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг вимагає знання сучасного менеджменту, а також розуміння процесів, які протікають на різних етапах життєвого циклу автомобільної дороги.

Відповідно до Інституту управління проектами термін «управління проектами» можна визначити наступним чином [145]: управління проектами – це мистецтво керувати та координувати людські та матеріальні ресурси протягом усього життя проекту, використовуючи сучасні методи управління для досягнення заздалегідь визначених цілей: обсягу, вартості, часу, якості та задоволення від участі. Управління програмою, виходячи зі стандартів, які застосовуються у світовій практиці (P2M, ISO), – це, в першу чергу, керування очікуваннями зацікавлених осіб за допомогою створеної цінності відповідно до місії програми і організації в цілому.

Таким чином, управління проектами ремонтів та експлуатації автомобільних доріг охоплює набір цілей, які можуть бути досягнуті шляхом здійснення ряду операцій, що підпадають під обмеження ресурсів. Проте, існують потенційні суперечності між заявленими цілями щодо обсягу, вартості, часу, якості та обмеженнями, що накладаються на людські матеріальні та фінансові ресурси. Ці конфлікти слід вирішувати на початку проекту шляхом прийняття необхідних компромісів або створення нових альтернатив. Отже, функції управління проектами ремонтів та експлуатації автомобільних доріг мають включати наступне:

1. Визначення цілей та планів проекту, включаючи розмежування обсягу, складання бюджету, планування, встановлення вимог до ефективності та вибір учасників проекту.

2. Максимізацію ефективного використання ресурсів шляхом закупівлі робочої сили, матеріалів та обладнання відповідно до встановленого графіку та плану.

3. Здійснення різних операцій за допомогою належної координації та контролю, планування, проектування, оцінки, укладання контрактів та виконання проектів.

4. Розробка ефективних комунікацій та механізмів вирішення конфліктів між різними учасниками.

В процесі управління проектами ремонтів та експлуатації автомобільних доріг керівнику проекту слід вирішити задачі у наступних сферах:

1. Управління інтеграцією проектів для забезпечення ефективної координації різних елементів проекту.

2. Управління обсягом проекту для забезпечення включення всіх необхідних робіт (і лише необхідних робіт).

3. Управління часом реалізації проекту для забезпечення ефективного графіку виконання проекту.

4. Управління витратами проекту для виявлення необхідних ресурсів та підтримання бюджетного контролю.

5. Управління якістю проекту для забезпечення функціональних вимог.

6. Управління людськими ресурсами для розвитку та ефективного залучення персоналу проекту.

7. Управління комунікаціями для забезпечення ефективних внутрішніх та зовнішніх комунікацій.

8. Управління ризиками проекту для аналізу та зменшення потенційних ризиків.

9. Управління закупівлями проектів для отримання необхідних ресурсів із зовнішніх джерел.

Попереднє теоретичне дослідження виявило необхідність доповнити тезаурус з управління проектами та програмами наступними визначеннями:

1. Управління станом мережі автомобільних доріг – це процес визначення оптимальних стратегій на різних рівнях управління, а також реалізація цих стратегій, що охоплює набір заходів, які беруть участь у забезпеченні та підтримці доріг на належному рівні обслуговування.

2. Стратегія – це план або метод вирішення всіх аспектів певної проблеми. Наприклад, стратегія утримання автомобільної дороги – це план її експлуатаційного утримання в справному стані протягом певного періоду часу.

Оптимальною стратегією є та стратегія серед розглянутих альтернативних, яка, як очікується, максимізує реалізацію цілей управління з урахуванням накладених обмежень.

3. Модель прогнозування – це математичний опис очікуваних значень, які дорожній актив прийме протягом певного періоду аналізу.

4. Модель оптимізації – це математичний опис або алгоритм, призначений для порівняння альтернативних стратегій та виявлення відносних переваг кожної стратегії дорожнього агентства відповідно до призначених критеріїв прийняття рішень, таких як безпека, вартість, екологія тощо.

5. Програма управління дорожніми активами – це пакет (набір) проектів, необхідних для досягнення цілей дорожнього агентства (керуючого органу програмою), включаючи детальні річні програми роботи.

6. Проекти ремонтів та експлуатаційного утримання автомобільної дороги з точки зору теорії управління проектами – це сукупність всіх взаємопов'язаних процесів, що ініціюються та протікають у фазі експлуатації автомобільної дороги, за допомогою впливу на які, шляхом

застосування методів управління, розв'язується завдання стратегії управління станом автомобільної дороги [145].

7. Життєвий цикл автомобільної дороги – встановлена послідовність фаз від початку (ініціації процесу будівництва) до завершення (проекту реконструкції).

Термінологія довгострокових контрактів з експлуатаційного утримання автомобільних доріг вживається згідно ДСТУ 8992:2020 «Автомобільні дороги. Настанова з обґрунтування рівнів обслуговування під час експлуатаційного утримання» [45], ДСТУ 8993:2020 «Автомобільні дороги. Рівні обслуговування під час експлуатаційного утримання» [46], зокрема:

1. Експлуатаційний рівень обслуговування – це сукупність установлених для кожного виду дефекту елемента дороги чи його частини характеристик та параметрів (критеріїв): опису дефекту та параметрів рівня втручання, сезону року усунення, одиниці виміру, строку реагування.

2. Рівень утримання – характеристика певного стану елемента, складової, ділянки дороги, сукупності ділянок дороги, мережі доріг, яку визначають своєчасністю, повнотою та якістю усунення дефектів. Застосовують три нормативні рівні утримання: задовільний, середній, високий і один ненормативний — незадовільний.

3. Оцінювання рівня утримання дороги – процес виявлення наявності дефектів з параметрами рівня втручання, які перевищують установлені для них гранично допустимі значення (розміри, форму, якість тощо) та відповідності фактичного часу усунення дефектів строкам реагування, установленим у рівнях обслуговування за договором.

4. Граничний рівень втручання – граничні значення характеристик і параметрів (розмірів, форми, якості тощо) дефекту елемента дороги чи його частини, за яких порушується відповідність елемента дороги вимогам, визначеним нормативними документами чи договором, що обумовлює потребу в обов'язковому усуненні дефекту.

5. Початковий рівень втручання – мінімальний фізичний розмір кумулятивного дефекту, за якого дефект вже може бути усунуто, щоб запобігти його подальшому розвитку до граничного рівня втручання.

2.2 Концептуальна модель формування методології управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг

Для кращого розуміння змістовної структури методології управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг побудовано концептуальну модель (рис. 2.1), яка включає:

- вдосконалений тезаурус, який доповнено визначеннями з управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг;
- моделі, які запропоновано для вирішення поставленої наукової проблеми, зокрема, це моделі: оцінювання стану автомобільних доріг; прогнозування стану; управління станом активів, транспортно-експлуатаційними витратами, безпекою, енергозбереженням, оцінки впливу на довкілля; моделі оцінки ефективності ремонтно-відновлювальних заходів; оптимізації проектів у програмі; оцінки ефективності проекту для споживача та вартісної оцінки та моделі планування та управління програмою експлуатаційного утримання;
- методи, що включають групи методів оцінки якісного стану автомобільних доріг, планування робіт та заходів, вибору та пріоритезації ремонтних заходів, обґрунтування техніко-економічних показників проектів експлуатаційного утримання автомобільних доріг, оптимізації стратегій утримання доріг;
- критерії, які включають: рівень фінансування (бюджет) програми, необхідність збереження доріг від деградації, значення доріг для розвитку економіки держави, вимоги до безпеки дорожнього руху, рівень

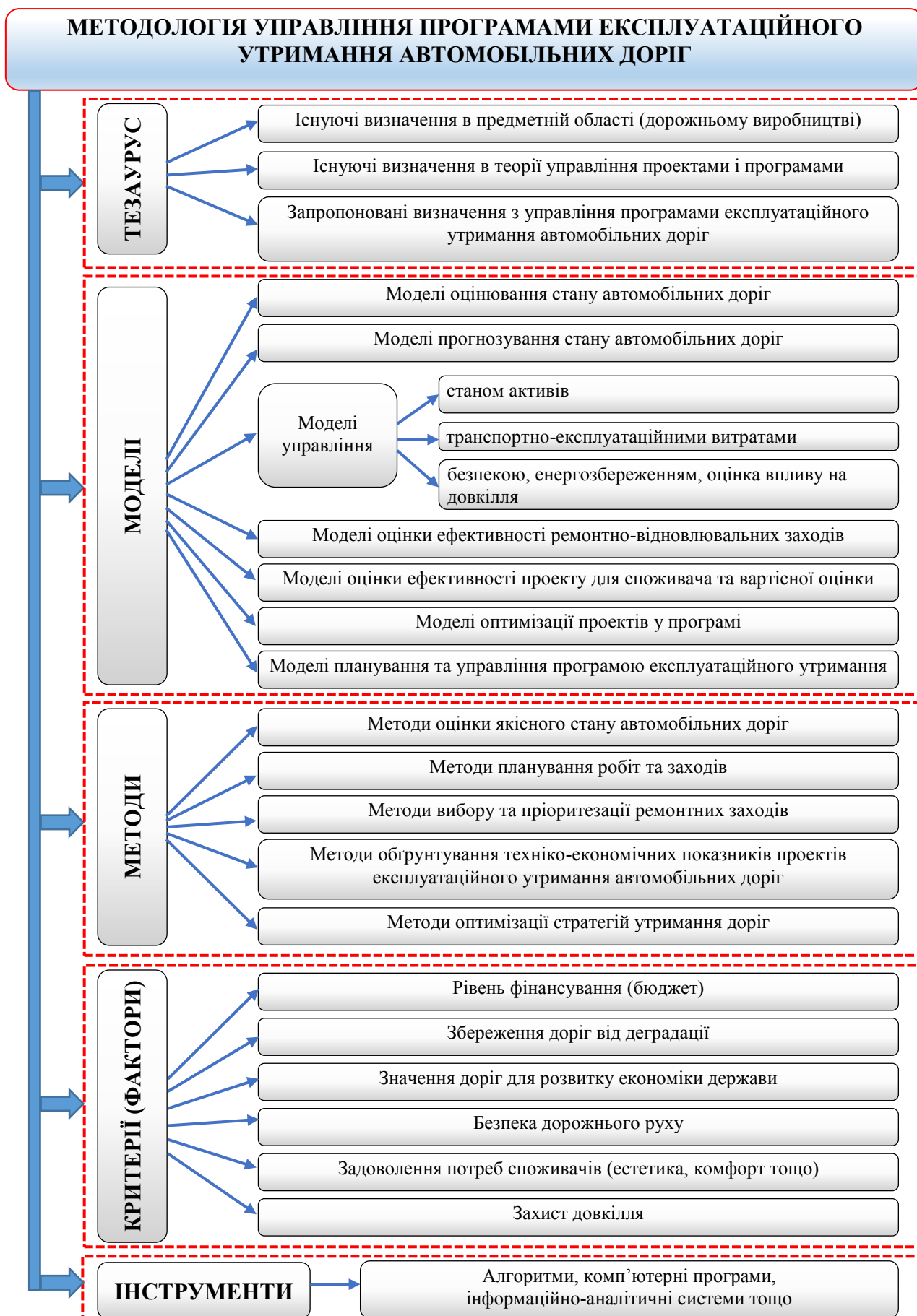


Рисунок 2.1 – Концептуальна модель формування методології управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг

задоволення потреб споживачів (естетика, комфорт тощо), вимоги до захисту довкілля;

– інструменти управління, що включають алгоритми, комп'ютерні програми, інформаційно-аналітичні системи та ін.

Програму управління дорожніми активами можна представити у вигляді пакету (набіру) проектів, необхідних для досягнення цілей дорожнього агентства (керуючого органу програмою) (рис.2.2):

$$f(P_r) = \{P_{p1}, P_{p2}, P_{p3}, \dots, P_{pn}\}, \quad (2.1)$$

де P_r – програма управління дорожніми активами;

P_p – оцінений проект в програмі;

n – кількість проектів, які увійшли в програму.

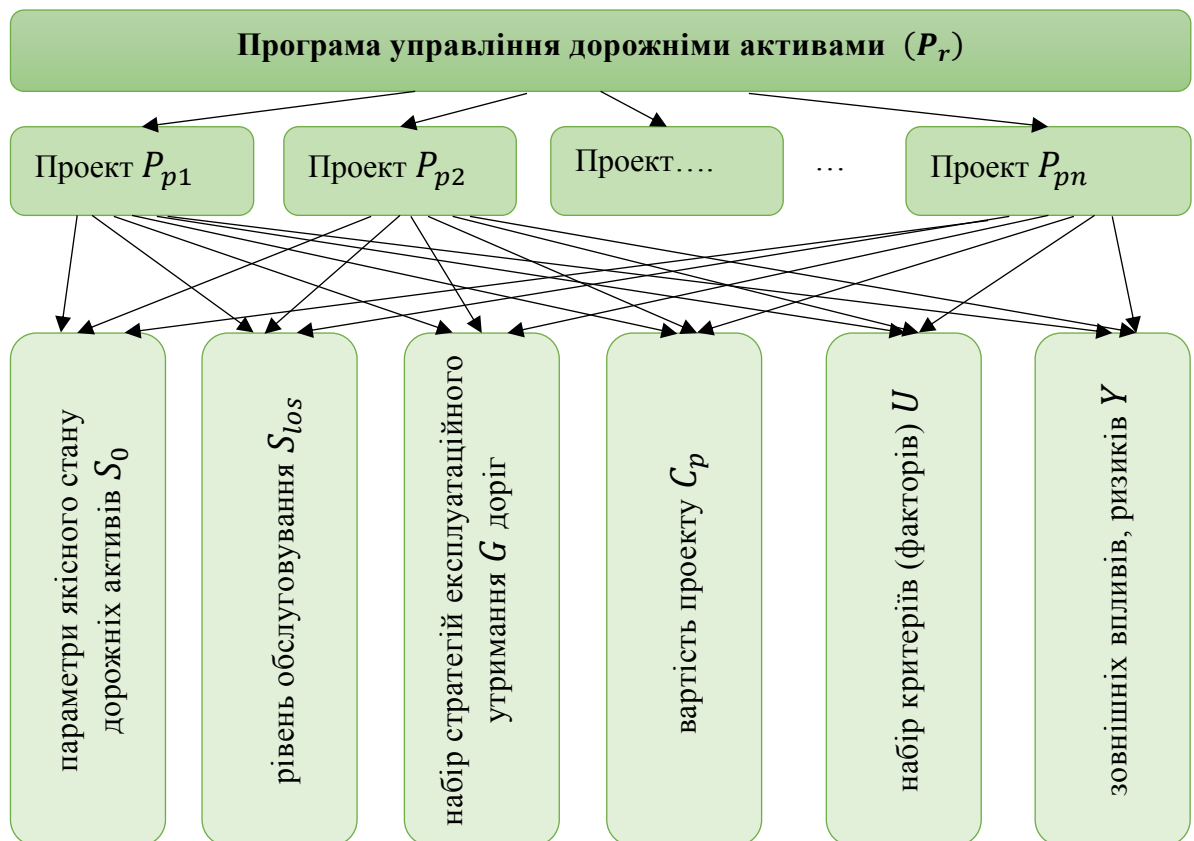


Рисунок 2.2 – Складові програми управління дорожніми активами

Кожен окремий проект в пакеті описується функцією:

$$f(P_p) = \{S_0, S_{los}, G, C_p, U, Y\}, \quad (2.2)$$

де S_0 – набір вхідних параметрів якісного стану дорожніх активів;

S_{los} – рівень обслуговування (встановлені мінімальні показники якісного стану для даного проекту);

G – набір стратегій експлуатаційного утримання доріг – множина цілей (G_{pi}) та альтернативних заходів (I_{pi}), $i \in [0; n]$, $\{n \in N\}$:

$$G = \{G_{p1} \cap G_{p2} \cap G_{p3} \cap \dots \cap G_{pn}\} \cup \{I_{p1} \cap I_{p2} \cap I_{p3} \cap \dots \cap I_{pn}\}, \quad (2.3)$$

C_p – вартість проекту;

U – набір критеріїв (факторів) – керованих змінних;

Y – набір некерованих параметрів (зовнішніх впливів, ризиків).

Згідно Американської асоціації державних службовців автомобільних доріг та транспорту (AASHTO) стратегії експлуатаційного утримання доріг класифікуються на чотири класи [5]:

- 1) «нічого не робити» (Do Nothing – DN);
- 2) превентивне (профілактичне) експлуатаційне утримання (Preventive Maintenance – PM);
- 3) поточне (корегувальне) експлуатаційне утримання (Routine Maintenance або Corrective Maintenance – CM);
- 4) ремонтно-відновлювальні заходи (Rehabilitation – RM).

Оптимальною стратегією є та стратегія серед розглянутих альтернативних, яка, як очікується, максимізує реалізацію цілей управління з урахуванням накладених обмежень.

Цілі системи управління активами пов'язані з результатами

функціонування мережі автомобільних доріг та відображають уявлення про те, чого повинна досягнути система управління станом мережі в перспективі. Розуміння різного роду цілей має вирішальне значення для визначення набору показників ефективності автомобільних доріг, що повинні бути включені в процес управління. Прикладами цілей можуть бути (табл.2.1) [97]:

- зберегти дорожню інфраструктуру з урахуванням рівня державного фінансування та інших обмежень;
- розробити стратегії, що покращують пасажирські та вантажні перевезення шляхом зменшення затримок та підвищення комфорту;
- забезпечити доступність до об'єктів критичної інфраструктури;
- забезпечити базову мобільність для населених пунктів;
- забезпечити економічну ефективність, захист довкілля, сприяти енергоефективності;
- забезпечити високі стандарти безпеки дорожнього руху тощо.

Таблиця 2.1 – Приклади цілей та завдань за категоріями

Категорія	Цілі	Завдання
1	2	3
Збереження мережі	Зберегти дорожню інфраструктуру з урахуванням рівня державного фінансування та інших обмежень	Використовувати інноваційну техніку та матеріали, новітні технології
Операційна ефективність	Розробити стратегії, що покращують пасажирські та вантажні перевезення шляхом зменшення затримок та підвищення комфорту	Використовувати економію на масштабі, забезпечуючи спільне використання інтермодальних об'єктів
Доступність	Забезпечити доступність до об'єктів критичної інфраструктури	Забезпечити доступ населенню до відповідних послуг
Мобільність	Забезпечити базову мобільність для населених пунктів	Забезпечити час подорожі громадським транспортом конкурентоспроможним для легкових автомобілів

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
Економічний розвиток та ефективність	Забезпечити економічну ефективність, захист довкілля, сприяти енергоефективності	Покращити доступ для обслуговування торгівлі, впроваджувати заходи щодо безпечного, комфортного руху, мінімізації впливу на довкілля
Безпека	Забезпечити високі стандарти безпеки дорожнього руху	Зменшити кількість смертей, травм та майнових збитків, пов'язаних з транспортними засобами
Ресурси та довкілля	Розробляти екологічно прийнятні проекти	Поліпшити якість навколишнього середовища за допомогою відповідних заходів

Цільову функцію максимізації ефективності проекту у програмі можна визначити наступним чином [84]:

$$f(P_r) = \sum_{i=1}^g (100 - P_{pi}) \omega_i \rightarrow \max, \quad (2.4)$$

де ω_i – вага цілі i в програмі;

P_{pi} – оцінений проект i в програмі;

g – загальна кількість цілей у програмі.

При цьому необхідно врахувати ряд обмежень до функції максимізації ефективності проекту в програмі:

– за бюджетом програми:

$$\sum_{i=1}^n \left(\frac{100}{t_i} + \Delta P_{pi} \right) C_{di} \varphi \leq C_{Pr}, \quad (2.5)$$

де t_i – час циклу експлуатаційного утримання в роках;

C_{di} – вартість усунення дефіциту для досягнення цілі i ;

ΔP_{pi} – зменшення рівня дефіциту для досягнення цілі i за проектом у програмі;

C_{Pr} – бюджет програми;

φ – коефіцієнт, що враховує ймовірність відхилення виконання програми через зовнішні впливи;

– за невід’ємністю:

$$\left(\frac{100}{t_i} + \Delta P_{pi}\right) C_{di} \varphi \geq 0; \quad (2.6)$$

– за виникненням дефіциту коштів:

$$\Delta P_{pi} \leq P_{pi}^{df}, \quad (2.7)$$

де P_{pi}^{df} – поточне оцінене значення проекту для досягнення цілі i з урахуванням впливу зовнішніх та внутрішніх факторів;

– за максимально прийнятою нормою фінансування окремого проекту:

$$P_{pi} \leq f \max(P_{pi}). \quad (2.8)$$

Таким чином, максимізація ефективності проекту у програмі залежить від цілей та ваги проекту, який увійшов у програму експлуатаційного утримання доріг.

Цілі програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг можна кількісно оцінити за допомогою кінцевих показників ефективності [146]. Дані показники дозволяють визначити ступінь виконання системних цілей та пріоритетний рейтинг активів, який може бути встановлений на основі відносних значень показників. Вони також можуть бути використані для порівняння ефективності чи адекватності альтернативних стратегій

експлуатаційного утримання. Основною перевагою даного підходу є те, що показники ефективності можна легко включити до математичної моделі оптимізації.

Як і в будь-якій складній багатоцільовій системі, при довгостроковому програмуванні експлуатаційного утримання автомобільних доріг можуть виникнути протиріччя у виконанні різних системних завдань з управління мережею доріг. Наприклад, максимальне співвідношення обсягу перевезень/пропускної здатності обов'язково призводить до збільшення шуму та забруднення повітря, прискореного фізичного руйнування активів. Забезпечення більш широких смуг руху та виконання заходів з безпеки дорожнього руху покращує безпеку доріг та забезпечує комфорт руху транспорту, але це призводить до відповідного збільшення капітальних вкладень та споживання земельних й екологічних ресурсів. Ці приклади ілюструють природу проблеми системного управління мережею. Таким чином, неможливо досягти повного виконання всіх цілей одночасно. Натомість потрібно прагнути до відповідного поєднання стратегій, які забезпечать найкраще досягнення комбінації цілей системи з урахуванням обмежень та зовнішніх впливів.

2.3 Модель стратегічного планування програми з управління мережею доріг

Успішне управління програмою збереження та відновлення дорожніх активів полягає у застосуванні правильної обробки достатнього об'єму даних та своєчасного виконання запланованих заходів. Отже, першочерговим завданням є стратегічне планування програми з управління експлуатаційним утриманням автомобільних доріг. На рис. 2.3 наведено модель стратегічного планування програми з управління мережею, яка виконується послідовним здійсненням п'яти етапів:

1. Збір інформації про мережу доріг.

2. Визначення матриці доріг, розподілених за видом і категорією.
3. Формування Пакет проектів ремонтно-відновлювальних заходів та з експлуатаційного утримання.
4. Оптимізація проектів з урахуванням обмежень та зовнішніх впливів.
5. Визначення оптимальної програми управління мережею автомобільних доріг.

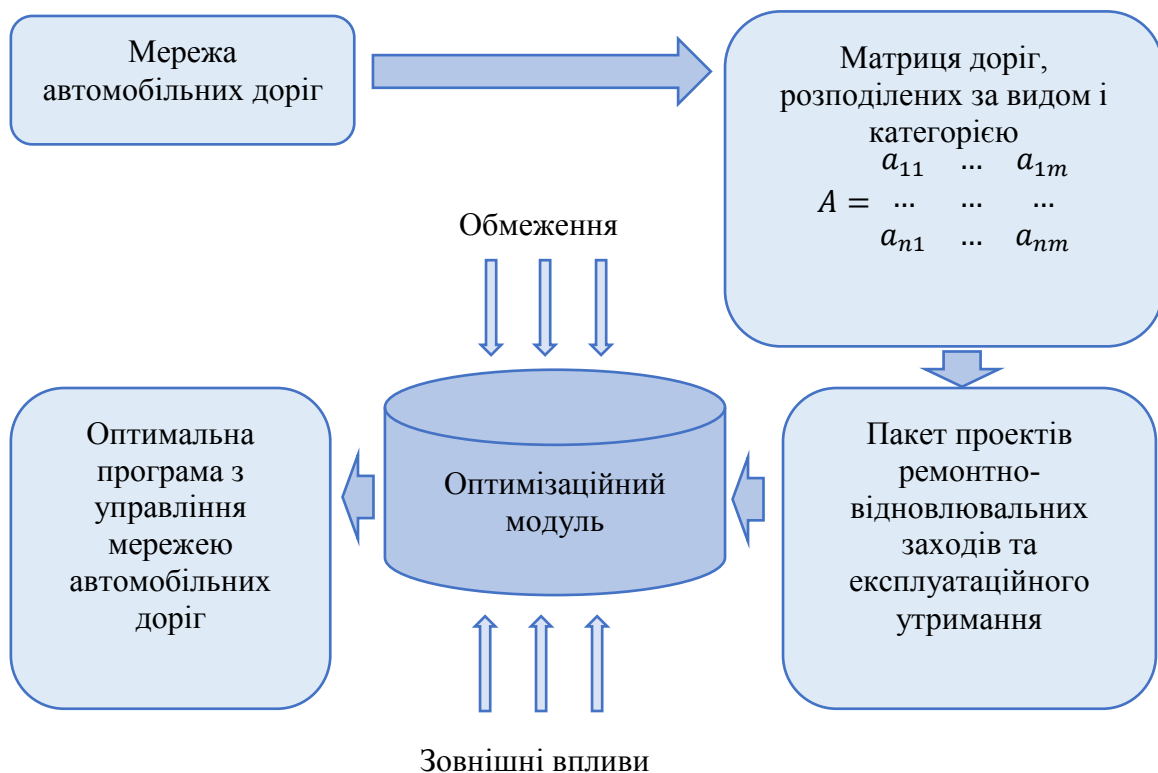


Рисунок 2.3 – Модель стратегічного планування програми з управління мережею автомобільних доріг

Матриця доріг, розподілених за видом і категорією складає основу для формування пакету проектів ремонтно-відновлювальних заходів та експлуатаційного утримання:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1m} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & \dots & a_{nm} \end{bmatrix}, \quad (2.9)$$

де $a_{11} \dots a_{nm}$ – елемент матриці, який позначає дорогу або ділянку дороги мережі A певного виду та категорії.

Сформований пакет проектів, потрапляючи в оптимізаційний модуль, піддається впливу обмежень з урахуванням зовнішніх впливів. В кінцевому підсумку визначається оптимальна програма з управління мережею автомобільних доріг.

Основне завдання моделі стратегічного планування програми – максимізувати ефективність програми управління мережею автомобільних доріг. Рівняння ефективності формує основу для застосування лінійного програмування з різними параметрами залежно від того, чи бажана ціль або рівень виконання програми.

Аналітична ієрархія визначає коефіцієнти корисності для того, щоб функції експлуатаційного утримання сприяли зростанню ефективності цілей, та пріоритетні ваги – для того, щоб визначити який вклад у реалізації програми несуть ці цілі.

Модель є базовою для подальшого застосування інструментів вимірювання, аналізу та оцінки переваг стратегій. Такий системний підхід забезпечує довгострокову перспективу експлуатаційного утримання доріг, оскільки в умовах обмежених ресурсів неможливо здійснити всі необхідні заходи для задоволення потреб користувачів автомобільних доріг при існуючій потребі запрограмувати та виконати оптимальний набір цих заходів. Таким чином, інструмент системного управління необхідний для визначення найкращого поєднання заходів, які дозволять досягти прийнятного рівня ефективності системи експлуатаційного утримання [37].

Основна функція системи управління програмою експлуатаційного утримання автомобільних доріг – слугувати інструментом прийняття рішень для дорожнього агентства. При цьому система повинна відповідати таким критеріям [37]:

Всеосяжність: система управління програмою експлуатаційного

утримання автомобільних доріг повинна вирішувати всі основні питання, що впливають на ефективність функціонування мережі автомобільних доріг. Через багатоцільовий характер системи, рішення, розроблені для окремих підсистем або для однієї цілі, навряд чи будуть глобально оптимальними для загальної системи управління.

Гнучкість: система управління повинна бути гнучкою, щоб враховувати зміни в різних регіонах мережі автомобільних доріг. Такі варіації включають функціональні класи автомобільних доріг, витрати на одиницю виконуваних робіт, пріоритети серед цілей системи, переваги перед різними функціональними видами заходів, відмінності в кліматичних та екологічних умовах тощо.

Застосування: система управління повинна бути адаптована відповідно до організаційної структури дорожнього агентства для забезпечення безперервності у здійсненні управлінських функцій.

Чутливість: система управління повинна бути здатною аналізувати та враховувати вплив змін макроекономічних факторів, таких як інфляція, ціна та доступність енергії, зміни характеристик автомобілів та вантажівок, а також зміни інтенсивності руху, навантаження. А також мають бути передбачені наслідки прийняття різних рішень щодо політики розвитку дорожнього господарства, зміни у стандартах експлуатаційного утримання та у пріоритетах для різних видів заходів.

2.4 Архітектура моделі управління програмою експлуатаційного утримання

У 1997 р. Hicks розпочав дослідження, в якому представив приклади дерева рішень та методів, заснованих на матрицях, для вибору відповідних альтернатив стратегій [147] з управління мережею автомобільних доріг. Проте, на початковому етапі не були враховані зовнішні впливи та додаткові обмеження, такі як, наприклад, заходи із безпеки дорожнього руху,

екологічні фактори тощо.

Таким чином, виникла необхідність у розробці інструменту, який би включав у систему прийняття рішень щодо управління дорожньою мережею набір заходів та обмежень, які дозволяли б визначити оптимальну програму. Згідно стандарту управління програмами Р2М на першому етапі необхідно побудувати архітектуру моделі управління програмою (рис.2.4) [84].

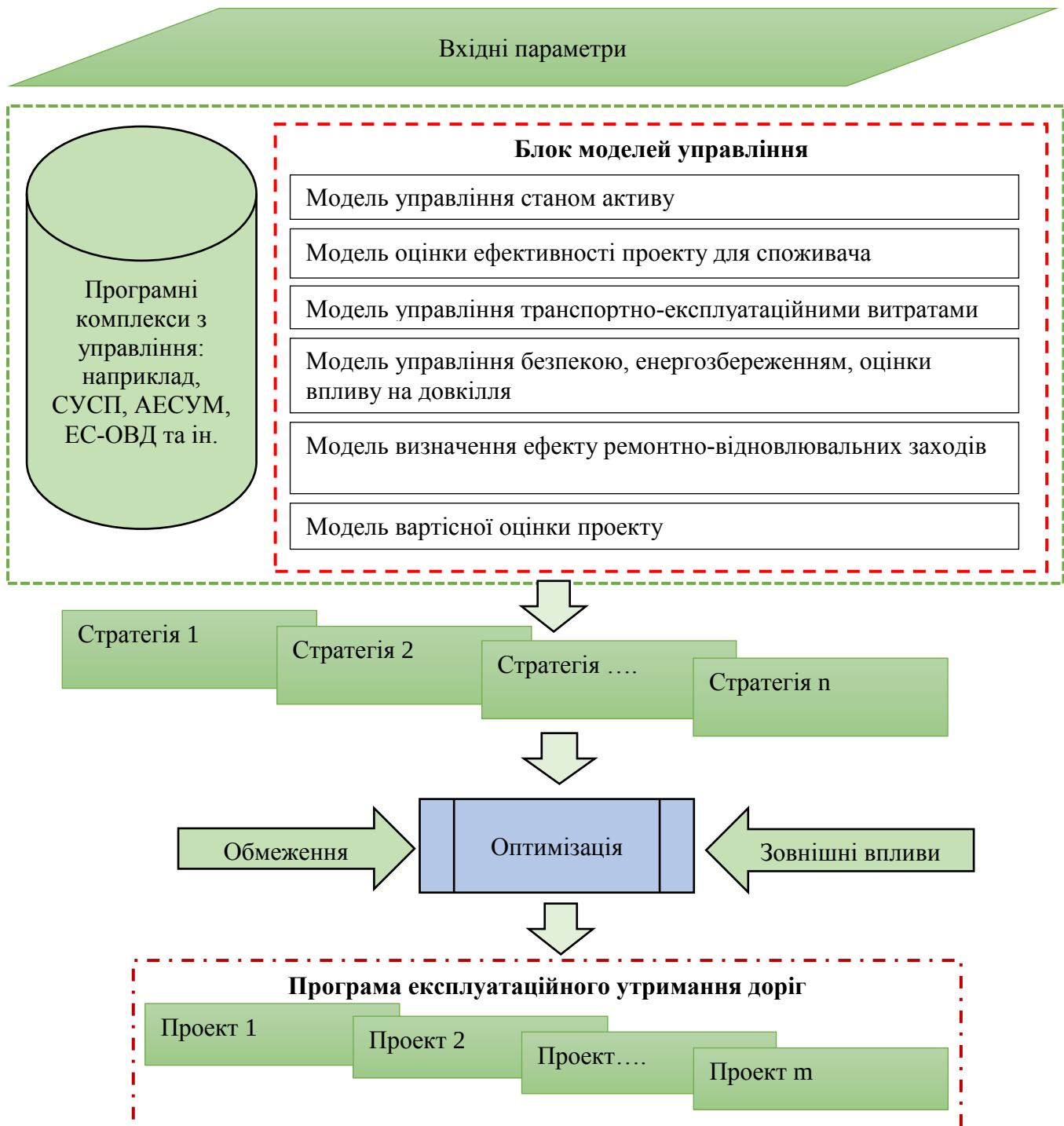


Рисунок 2.4 – Архітектура моделі управління програмою експлуатаційного утримання автомобільних доріг

Блок моделей управління на рис. 2.4 включає:

- 1) модель управління станом активу;
- 2) модель оцінки ефективності проекту для споживача;
- 3) модель управління транспортно-експлуатаційними витратами;
- 4) модель управління безпекою, енергозбереженням, оцінки впливу на довкілля;
- 5) модель визначення ефекту ремонтно-відновлювальних заходів;
- 6) модель вартісної оцінки проекту.

Програмування пакету проектів формується за стратегіями та цілями дорожнього агентства, на які впливають зовнішні фактори та обмеження. Процес управління програмою експлуатаційного утримання автомобільних доріг пов'язаний із плануванням та техніко-економічним обґрунтуванням, встановлює пріоритети та терміни ініціювання різних проектів для досягнення загальних цілей дорожнього агентства з управління мережею автомобільних доріг.

Модель управління програмою експлуатаційного утримання автомобільних доріг є набором інструментів для пошуку оптимальних стратегій збереження дорожніх активів у визначеному дорожнім агентством стані.

Висновки за розділом 2

1. В дослідженні визначено, що управління програмою є процесом керування очікуваннями зацікавлених осіб за допомогою створеної цінності відповідно до місії програми і організації в цілому. Виходячи з цього загального формулювання, існуючий тезаурус з управління програмами був доповнений доповнено визначеннями програми експлуатаційного утримання автомобільних доріг, пакету проектів, стратегії, моделі прогнозування, моделі оптимізації, управління станом мережі автомобільних доріг.

2. Для подальшого системного розуміння процесу побудови методології управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг сформовано її концептуальну модель, яка складається з вдосконаленого тезаурус, запропонованих для вирішення поставленої наукової проблеми моделей та методів, критеріїв (зокрема, рівень фінансування програми, необхідність збереження доріг від деградації, значення доріг для розвитку економіки держави, вимоги до безпеки дорожнього руху, рівень задоволення потреб споживачів, вимоги до захисту довкілля), інструментів управління (алгоритми, комп'ютерні програми, інформаційно-аналітичні системи).

3. Прийнято, що програма управління дорожніми активами – це пакет (набір) проектів, який необхідний для досягнення цілей дорожнього агентства (керуючого органу програмою), включаючи детальні річні програми роботи.

4. В дослідженні прийнято, що стратегії експлуатаційного утримання доріг класифікуються на чотири класи: «нічого не робити»; превентивне (профілактичне) експлуатаційне утримання; поточне (корегувальне) експлуатаційне утримання; ремонтно-відновлювальні заходи. Визначено, що оптимальною стратегією є стратегія, яка серед розглянутих альтернативних максимізує реалізацію цілей управління з урахуванням накладених обмежень.

5. Прийнято цільову функцію максимізації ефективності проекту у програмі та визначено ряд обмежень до неї, зокрема, за бюджетом програми, за невід'ємністю; за виникненням дефіциту коштів; за максимально прийнятою нормою фінансування окремого проекту.

6. Запропонована модель стратегічного планування програми з управління мережею автомобільних доріг та архітектура цієї моделі, які розроблено за принципами та методологією стандарту управління програмами Р2М. Основною метою застосування моделі стратегічного планування програми є максимізація ефективності програми управління

мережею автомобільних доріг. Визначення програми (пакету проектів) відбувається за стратегіями та цілями дорожнього агентства, на які впливають зовнішні фактори та обмеження.

Матеріали розділу представлені в роботах [3, 4, 41, 84].

РОЗДІЛ 3

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОБҐРУНТУВАННЯ СТРАТЕГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ СТАНУ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

3.1 Концептуальні передумови управління станом доріг на основі довгострокових контрактів

Економічно ефективні методи, моделі та процедури щодо збереження та відновлення дорожніх активів мають вирішальне значення для підвищення їх довговічності та продовження терміну служби мережі. Таким чином, математична модель обґрунтування стратегії відновлення стану автомобільних доріг на основі проектів, які реалізуються через довгострокові (договори) контракти про утримання автомобільних доріг загального користування за принципом забезпечення їх експлуатаційного стану, повинна включати:

- застосування методу еталонів (нормативного методу);
- результати інвентаризації даних;
- оцінювання поточного стану дорожньої мережі;
- прогнозування деградації дорожнього покриття;
- економічну оцінку альтернативних ремонтно-відновлювальних заходів та експлуатаційного утримання;
- пріоритезацію заходів;
- призначення головних компонентів проектів, які реалізуються у вигляді довгострокових контрактів.

Головними компонентами довгострокових контрактів, заснованих на кінцевих показниках (ключових показниках ефективності, якісних показниках –Key Performance Indicators – KPI) є [30, 148, 40, 148-150]:

- система критеріїв втручання (Triggers System);

- комплекс стандартів (або нормативів) експлуатаційних якостей елементів доріг (Performance Standards – PI);
- система рівнів обслуговування доріг (Level of Services – LOS).

Схема управління станом доріг з використанням довгострокових контрактів на основі кінцевих показників наведені на рис. 3.1.

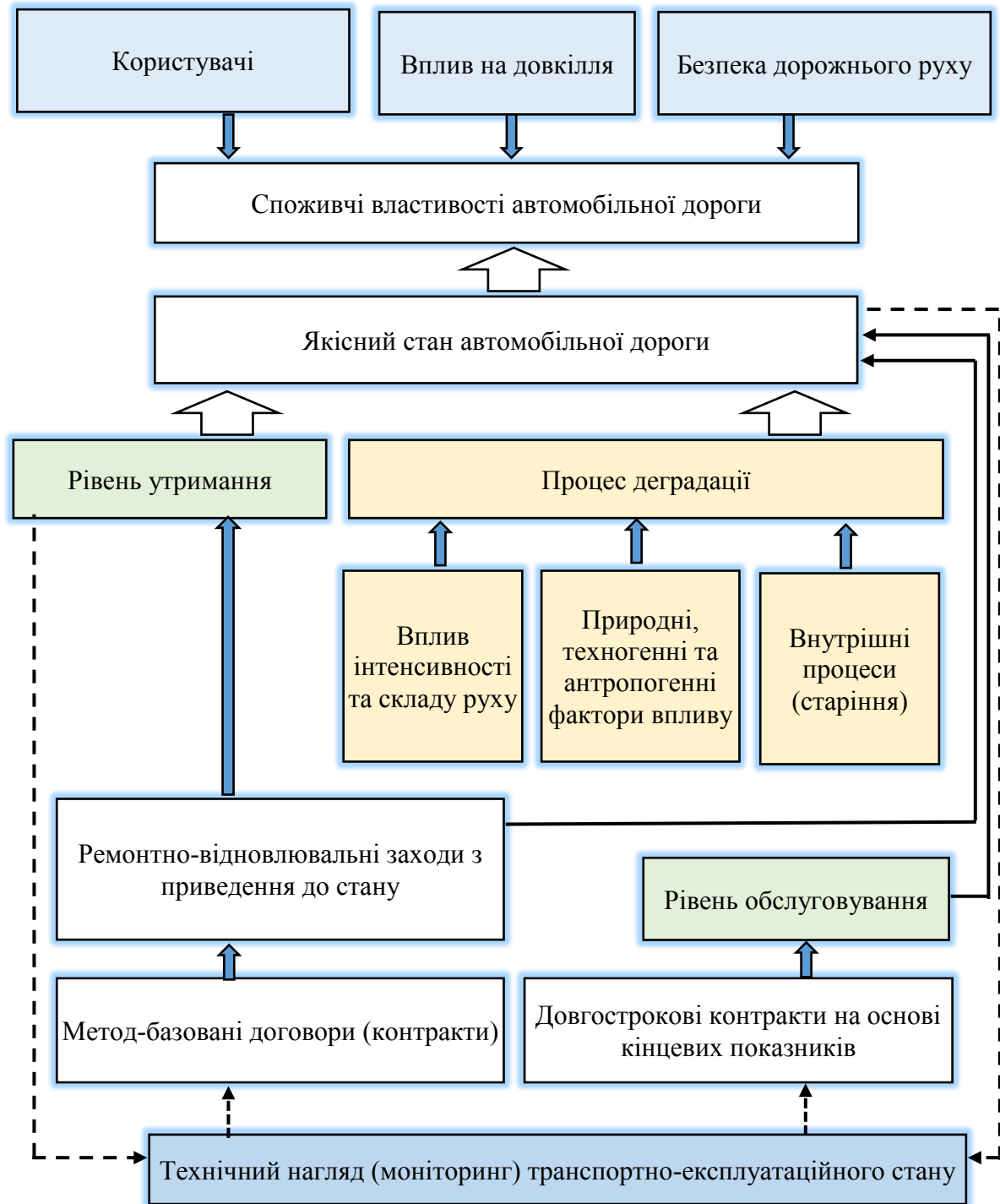


Рисунок 3.1 – Схема управління станом доріг з використанням довгострокових контрактів на основі кінцевих показників

Споживчі властивості дороги визначаються, з одного боку, вимогами користувачів доріг (естетика, комфорт, соціальний фактор), впливом дороги на довкілля та безпекою дорожнього руху, та, з іншого боку, транспортно-експлуатаційними якостями, які визначаються якісним станом доріг.

Якісний стан дороги являє формується в результаті дії двох протилежних процесів:

- процесу розвитку пошкоджень (деградації) елементів доріг;
- процесу ліквідації пошкоджень та зменшення (усунення) впливу процесу деградації.

На процес деградації головним чином справляють вплив три групи факторів:

- інтенсивність та складу руху;
- природні, техногенні та антропогенні фактори;
- внутрішні процеси (старіння).

Призначення поточного дрібного ремонту та експлуатаційного утримання доріг полягає в підтриманні ключових індикаторів експлуатаційного стану на рівні, не гіршому від нормативно допустимого. Отже, поточний дрібний ремонт та експлуатаційне утримання доріг, разом з реконструкцією, капітальним і поточним середнім ремонтами, являє собою інструмент управління станом доріг.

Ефективне управління станом доріг можливе лише за допомогою моніторингу транспортно-експлуатаційного стану, який надає своєчасну, релевантну, надійну і повну інформацію про фактичний стан доріг. що зберігається належним чином в історичному розрізі (для встановлення тенденцій і кількісного зв'язку між зовнішніми та внутрішніми факторами ті експлуатаційним станом доріг) і зручна для автоматизованої обробки в рамках інформаційно-аналітичної системи управління.

У традиційних контрактах на експлуатаційне утримання доріг підрядник відповідає за виконання робіт, склад яких визначає замовник, та отримує оплату на основі кошторисних розрахунків. Результати реалізації

таких контрактів (договорів) є недостатньо оптимальними у зв'язку з тим, що підряднику вигідно виконати максимальну кількість робіт з метою збільшення їх вартості.

Відповідно до моделі на основі кінцевих показників експлуатаційного стану, в ході тендеру підрядники конкурують один з одним, пропонуючи фіксовані ціни на експлуатаційне утримання з метою підтримки мережі на встановленому експлуатаційному рівні протягом довготривалого періоду. Підрядники отримують оплату не за «вкладені ресурси» або фізичні об'єми робіт, які вони виконують, а за досягнення встановлених рівнів обслуговування. Щомісячна фіксована сума винагороди виплачується підряднику рівними частинами, за умови досягнення рівнів обслуговування, і включає всі послуги з управління та експлуатаційного утримання, що виконуються підрядником, за винятком непередбачених аварійних робіт, які оплачуються окремо (табл.3.1).

Таблиця 3.1- Приклад винятків до технічних правил та інших нормативів

Посилання на ТП	Стаття	Вимоги контракту	Посилання на специфікацію
1.4.2	Аварійні роботи	Визначення аварійних робіт додається в статті 1 загальних умов контракту, а опис - у розділі 2.4 специфікації.	2.4
2.3.3	Колійність і поперечна хвилястість проїжджої частини	Експлуатаційні рівні обслуговування вказані в контракті	2.3.4.6
2.8	Планування дорожньо-ремонтних робіт і т.п	За короткострокове планування відповідає підрядник. Довгострокове планування залишається у віданні замовника.	2.2.5.1
4.1.5	Рівні утримання дороги	Застосовуються зазначені експлуатаційні рівні обслуговування	Загальні умови
4.1.7	Дефекти поверхні	Вимоги описані в експлуатаційних рівнях обслуговування.	2.3.4

Таким чином, для успішної реалізації контракту, дорожні агентства повинні точно визначити міру ключових показників ефективності, що формують рівні обслуговування, і які цілі повинні бути досягнуті за проектами в рамках цього контракту [30, 40, 148, 151] (рис.3.2) [98, 152].

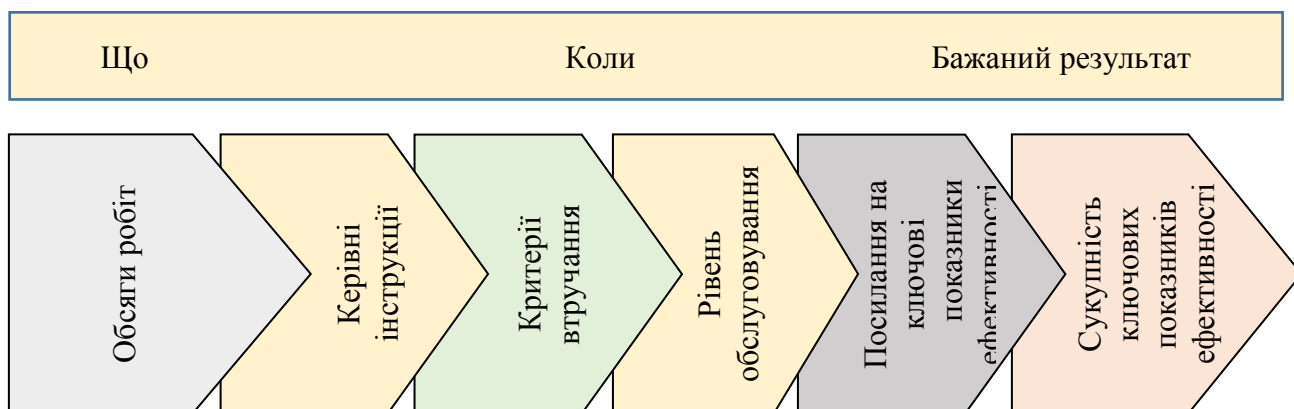


Рисунок 3.2 – Формування сукупності ключових показників ефективності

У дослідженні, проведеному в Новій Зеландії, було відзначено, що адекватні ключові показники у довгостроковому контракті повинні бути засновані на наступних суттєвих принципах [30]:

- вимоги до рівня показників ефективності узгоджуються згідно діючої політики, цілей суспільства і з балансоутримувачем доріг;
- показники ефективності можуть бути виражені кількісно і якісно, або утворювати комплексний показник (типу рівень сервісу чи рівень обслуговування);
- залежність між визначеними роботами до досягнення необхідного стану доріг і майбутніми заходами щодо підтримки доріг відповідно до цього стану має бути чітко визначена. Також, мають бути враховані параметри для відкалібрування моделі у разі виникнення деградацій;

- вхідні параметри для виконання моделі мають бути точно виміряні: кількісно, якісно і за вартістю;
- рівень фінансування контракту повинен відповідати бажаному результату і вартості активів.

Наприклад, до системи показників ефективності деяких американських штатів відносяться (FHWA 2002) [5]:

- сітка тріщин;
- випотівання покриття;
- блочні тріщини;
- ямкові області,
- розтріскування країв поїзної частини;
- розшарування;
- поздовжні та поперечні тріщини;
- вибоїни;
- колії;
- рівність;
- виполірування покриття;
- зсуви шарів дорожнього одягу;
- випаровування;
- випучування та ін.

Приклад показників для оцінки ефективності, стандартів, і часу реагування наведено в табл.3.2 [9, 153, 154].

Основна ідея довгострокового планування експлуатаційного утримання полягає в тому, що підрядник відповідає за виявлення кращих засобів для досягнення бажаного стану дорожнього активу в рамках контракту.

Таблиця 3.2 – Фрагмент системи оцінювання показників ефективності

Показники ефективності	Цільові показники і стандарти	Час реагування
1	2	3
Вибойни	- Не дозволяються [Світовий банк (СБ), Аргентина, Уругвай, Чилі] - Не дозволяються більше ніж об'єм 3 дюйми x 4 дюйми x 1 дюйм (Вірджинія, округ Колумбія) - <10 вибоїн діаметром > 100 мм з будь-якої неперервної ділянки в 5 км основних доріг (Нова Зеландія)	- Ліквідувати протягом 3 днів після їх виявлення (СБ) - Протягом 2 днів після виявлення, а якщо загроза безпеки - діяти негайно (штат Вірджинія, округ Колумбія) - Протягом 4 днів (Нова Зеландія))
Тріщини	- Ніяких тріщин > 3 мм - Для будь-якої ділянки в 50 м не дозволяється > 10% від площі дорожнього покриття (СБ) - Ніяких тріщин > ¼ дюйма на 95% міждержавні (Вірджинія, округ Колумбія) - Всі тріщини повинні бути ліквідовані (Уругвай, Чилі) - Тріщини повинні бути <30% для всіх доріг і <20% нових доріг. - Всі тріщини повинні бути ліквідовані (Аргентина)	Тріщини більш ніж на 3 мм завширшки повинні бути ліквідовані протягом 7 днів після їх виявлення
Рівність	- IRI <2,8 м / км (Уругвай) - IRI <3,3 м / км (Аргентина) - IRI <181 в / миль (Вірджинія, округ Колумбія)	Не допускається
Чистота поверхні дорожнього покриття і узбіччя	Поверхня дороги повинна бути завжди чистою і вільною від ґрунту, сміття та інших об'єктів	Бруд, сміття і перешкоди повинні бути видалені: • Протягом 1 год після виявлення, якщо вони становлять небезпеку для руху • Протягом 36 год виявлення, якщо вони не представляють ніякої небезпеки для руху
Вивезення снігу	Висота снігового покриву не більше 1 см	Реагування на снігу протягом 2 год.
.....		
...	...	...

Еволюція вимог дорожнього агентства та споживачів до деяких показників ефективності з плином часу за довгостроковими контрактами представлена на рис.3.3 [18].

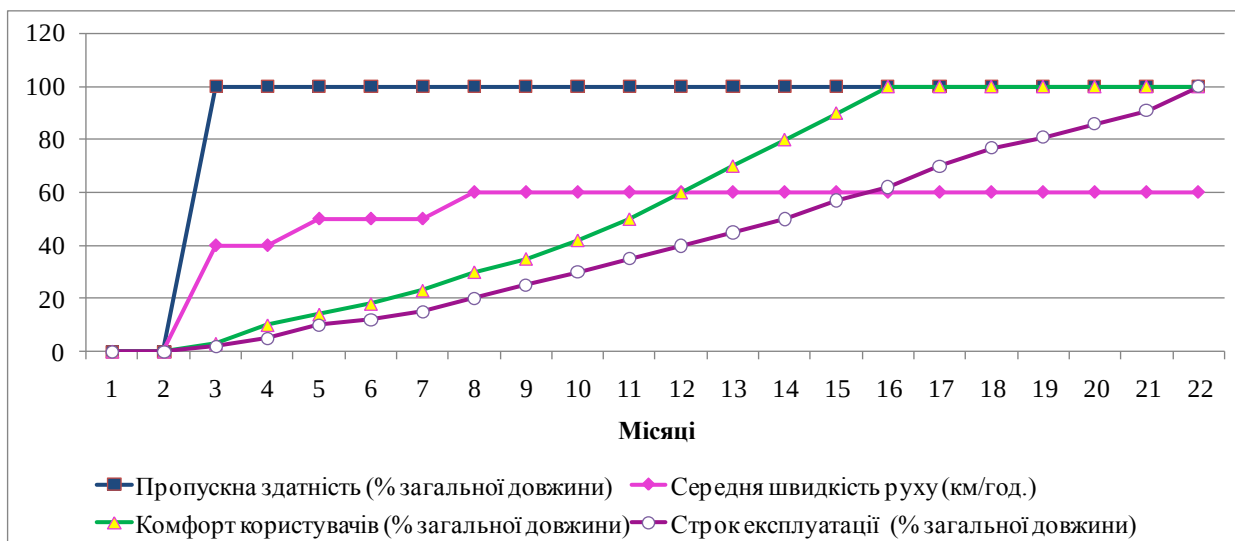


Рисунок 3.3 – Вимоги до деяких показників ефективності з плином часу за довгостроковими контрактами

Тим не менш, в більшості діючих контрактів дорожні агентства вимагають, щоб ці конкретні процедури були представлені на затвердження до їх реалізації. Так, якщо підрядник бажає використовувати нові методи та технології ремонтів, за якими стандарти ще не розроблені, він повинен представити докази і належну документацію щодо очікуваного ефекту на основі належного тестування. Згідно Poister [109] дорожні агентства повинні враховувати наступні фактори при оцінці і затвердженні робіт з ремонтів і утримання доріг:

- переконатися, що запропоновані роботи відповідають критеріям, зазначеним у контракті;
- визначити відповідність запропонованих робіт діючим стандартам;
- переконатися, що запропоновані роботи дозволять продовжити термін експлуатації активу.

Довгострокові контракти, засновані на кінцевих показниках, істотно відрізняються від традиційних в контексті визначення підстави для оплати. Так, при традиційному контракті підряднику сплачують за виконані роботи в натурально-об'ємному вимірюванні (м, км, м² і т.д.), а при виконанні довгострокового контракту підставою для оплати є не кількість ліквідованих

вибоїн, наприклад, а той факт, що по закінченню робіт в обумовлений термін не залишилось жодної вибоїни (або «100% виправлено» пошкоджень). Невиконання показників або неоперативне виправлення виявлених недоліків негативно позначається на оплаті підрядника. Це питання регулюється чітко визначеними санкціями – системою штрафів. Якщо під час перевірки підрядника на відповідність визначеним у контракті вимог встановлено, що немає жодних порушень, оплата за контрактом проводиться регулярно (як правило, щомісяця рівними частинами).

Компенсаційний пакет і графік платежів, визначений у контракті, включають дві складові [7, 30, 155, 156]:

- фіксовану узгоджену плату;
- змінну складову, яка залежить від заходів щодо підтримки експлуатаційного стану на завданому рівні.

Коли має місце затримка у виконанні контракту, зазвичай, учасники переглядають терміни його виконання, з урахуванням додаткових витрат. Нормальною є практика врахування додаткових непередбачуваних витрат під час розробки проекту у вигляді відсотка від його вартості [157].

Згідно [157] проект можна розглядати як «успішний», якщо він виконаний в рамках бюджету, в завданий строк, без затримок, за встановленими показниками якості. Спроби передбачити додаткові витрати і тривалість проектів дорожнього виробництва являють собою складну задачу, яку намагаються вирішити обидві сторони: і замовник, і виконавець. Для вирішення цієї проблеми необхідно представити основні методи, що використовуються на практиці для обґрунтування функціонального взаємозв'язку між вартістю та часом здійснення проекту [156] (табл.3.3).

Вибір одного з представлених методів дозволяє будь-якому учаснику процесу, залежно від наявної інформації, одержати чисельне значення вартості і тривалості проекту та при необхідності виконати їх коригування шляхом зміни прийнятих технічних та організаційно-технологічних рішень.

Таблиця 3.3 – Методи обґрунтування взаємозв'язку між вартістю та часом здійснення проекту

№ п.п.	Назва групи методів	Суть	Сфера застосування
1.	Договірні методи	Методи, що засновані на врахуванні можливих непередбачуваних витрат та втрат часу під час укладання контракту	Використовуються для проектів, на виконання яких потенційно може вплинути думка споживачів (користувачів доріг)
2.	Методи стратегічного планування	Методи, які дозволяють врахувати непередбачувані витрати та втрати часу на стадії проектування, при цьому при укладанні контрактів використовується система штрафів та бонусів	Використовуються при укладанні контрактів, заснованих на показниках якості
3.	Статистичні методи	Методи, що засновані на історично-статистичному аналізі реалізації подібних проектів	Використовуються для переважної більшості типових проектів

Основним прийомом реалізації будь-якого з приведених груп методів є систематизація та класифікація факторів і параметрів, що впливають на тривалість та вартість проекту, їх кількісна оцінка та виявлення закономірностей впливу, розробка моделей для обґрунтування тривалості та вартості проекту та прийомів їх коригування в залежності від поставлених цілей.

Сучасна світова практика свідчить про ефективність використання методів стратегічного планування. Саме система штрафів та бонусів стимулює підрядника до вчасного здійснення проекту. Проте питання врахування інших, незалежних від підрядника, факторів, що впливають на непередбачувані витрати, залишається відкритим. В дослідженні [16] запропоновано вирішувати цю задачу за факторіальною моделлю управління

вартістю та тривалістю проектів експлуатаційного утримання автомобільних доріг, яка базується на основних положеннях теорії «срібного трикутника».

Англійський дослідник Bromilow [158] пропонує застосовувати таку залежність часу від вартості проекту:

$$T = KC^B, \quad (3.1)$$

де T – тривалість виконання проекту за контрактом;

C – кінцева вартість проекту при відносно стабільній вартості матеріалів та оплаті праці;

K – константа, що описує співвідношення загального рівня продуктивності до успішного проекту;

B – константа, що описує співвідношення часу виконання до вартісної оцінки проекту (за статистичними вимірюваннями).

Деякі дослідники пропонують визначати вартість проекту, розділяючи її на дві частини [159-161]:

- фіксовану (коли можна чітко визначити час реалізації та вартість процесу);
- змінну (процес з невизначеною вартістю і тривалістю).

Процес прийняття раціонального рішення щодо вартості та тривалості проекту здійснюється на основі врахування змісту, цілей та підстав для прийняття рішень (рис. 3.4) [156].

Складний характер вирішення питання визначення вартості та тривалості проекту з урахуванням непередбачуваних витрат спонукав дослідників до формування наступних вимог [162]:

1. Під час підписання контрактів договірні сторони повинні обговорити та узгодити прийняття альтернативних рішень щодо непередбачуваних витрат.

2. Для мінімізації претензій, на етапі розробки проекту повинно бути виділено більше коштів та прийнято більший бюджет часу, щоб зменшити кількість змін у майбутньому контракті.

3. Для вирішення спірних питань щодо прийняття бюджету вартості та часу виконання проекту рекомендовано звернутися до третьої сторони, команди висококваліфікованих, досвідчених у галузі фахівців, які не є зацікавленою стороною у даному випадку.

4.

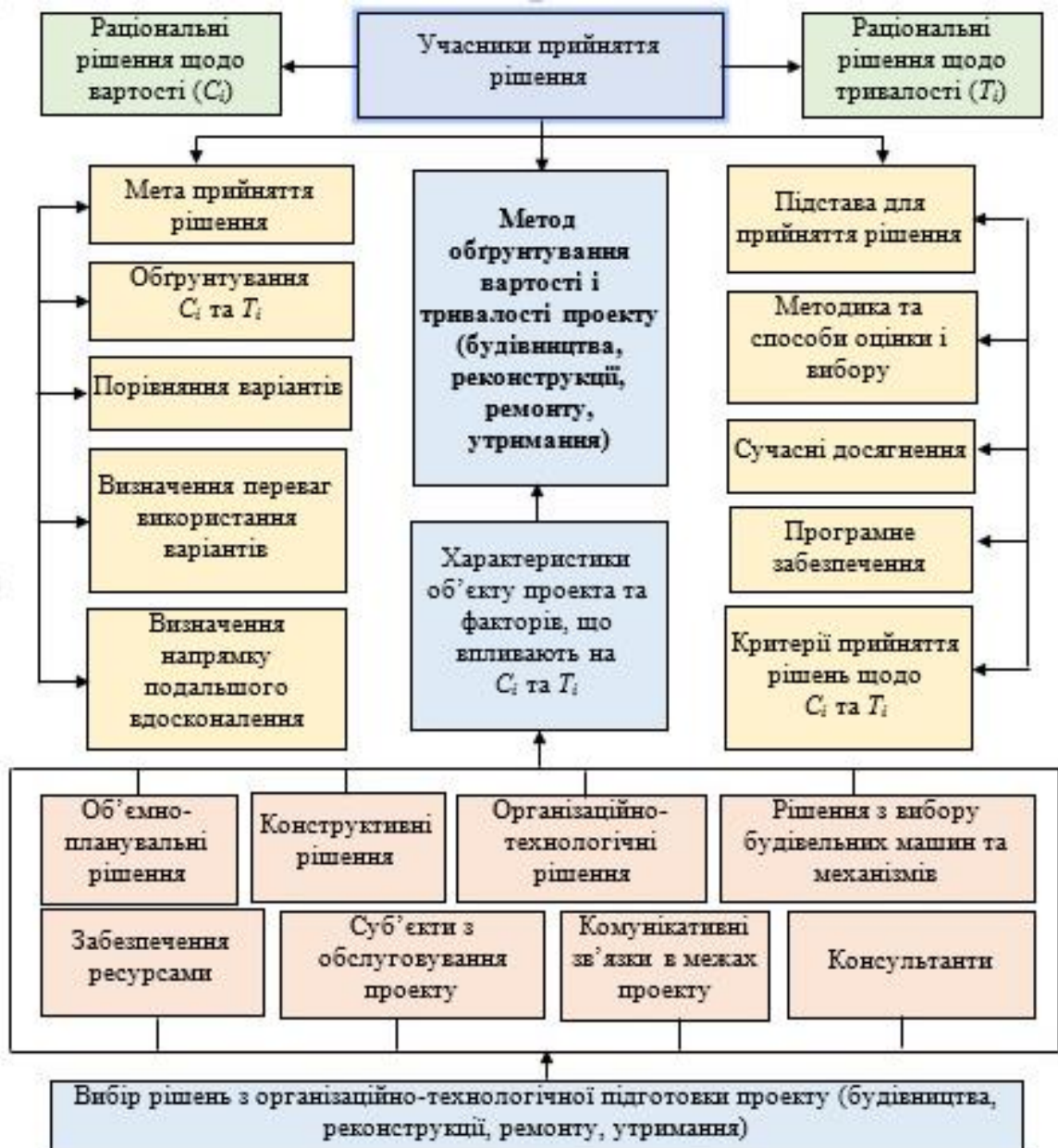


Рисунок 3.4 – Процес прийняття рішення з обґрунтування вартості і тривалості проекту

Модель формування вартості контракту з експлуатаційного утримання наведена на рис.3.5 [163].

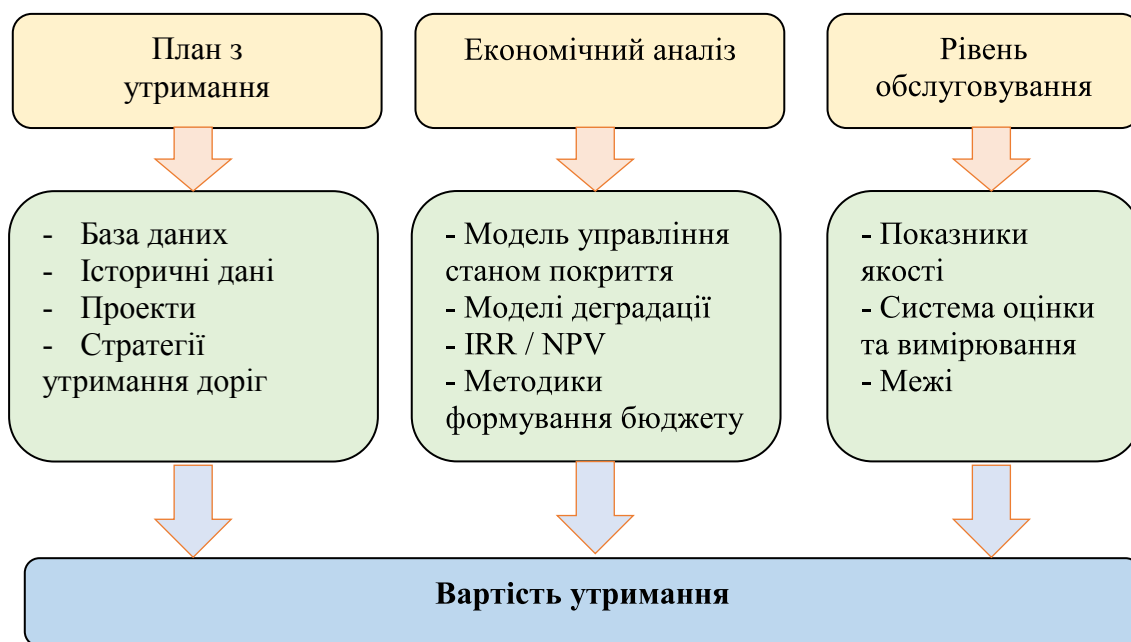


Рисунок 3.5 – Формування вартості контракту з експлуатаційного утримання

Оцінка вартості утримання в довгострокових контрактах включає в себе оцінку майбутніх потреб у фінансуванні, яке необхідне для підтримки мережі в завданому стані, який відповідає критеріям ефективності. Розробка відповідних програм робіт багато в чому залежить від можливості прогнозування майбутніх потреб, і, як наслідок, - вибору ефективних напрямків діяльності для задоволення цих потреб.

Досвід підтверджує, що єдиним надійним засобом прогнозування стану покриття, а, отже, і визначення можливих робіт щодо його оптимізації, є використання моделей деградації [164].

Тим не менш, багато з існуючих моделей прогнозування стану не беруть до уваги невизначеність, що пов'язана з вхідними змінними в процесі моделювання. Повний список контрольованих змінних і неконтрольованих факторів, що впливають на стан дороги був представлений в роботах Ozbek [165, 39], але питання кількісної оцінки впливу цих ризиків на загальну вартість утримання доріг в рамках цих проектів досі не було розглянуто.

На контракті вартість довгострокового утримання впливає:

- політика утримання, яка враховує нормативний аспект та специфіку мережі доріг певного регіону;
- інформація про дату проведення останнього капітального ремонту (ремонтів взагалі) та характер деградацій (руйнувань) дорожніх активів (рис.3.6) [166].

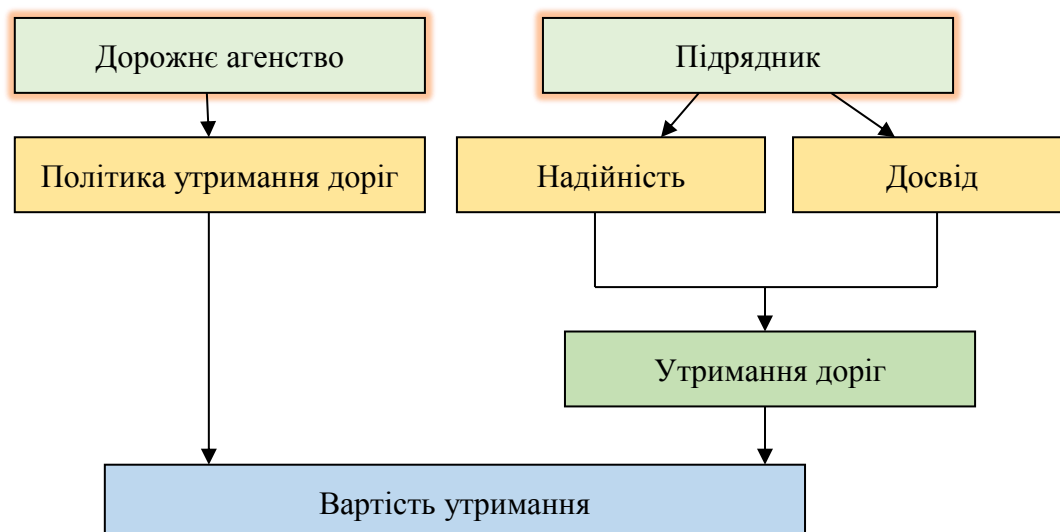


Рисунок 3.6 – Визначення вартості експлуатаційного утримання

Інформація про дату проведення останнього капітального ремонту має важливе значення, оскільки вона визначає перелік та види заходів, які необхідно вжити у разі невідповідності якісних показників протягом дії довгострокового контракту. Проте, визначення вартості цих заходів досить складна задача. Якщо для такого активу як покриття можна у певній мірі передбачити його стан у визначений проміжок часу, а отже, і визначити перелік і вартість превентивних заходів, то для інших активів – необхідно застосовувати інші підходи.

Взагалі, як свідчить досвід інших країн, що вже багато років застосовують контракти, засновані на якісних показниках, для більш точного прогнозування можливих заходів та визначення їх вартості необхідне

історичне накопичення інформації щодо основних видів пошкоджень чи відхилень від якісних показників визначеного активу певної мережі доріг.

Передбачається, що стан дорожнього покриття після виконання визначених у контракті заходів визначається як «новий». Проте, у довгострокових контрактах передбачається охоплення певної частини фази утримання дорожньої мережі, а отже, до часу завершення контракту необхідно врахувати ймовірність відхилення значень якісних показників доріг під час експлуатації. У такому випадку можуть виникнути витрати на приведення активу до належного визначеного у контракті стану, які в західній літературі мають назву «гарантійні» [166].

Гарантійний термін варіює в залежності від типу контракту та виду гарантії типу [25, 167, 26]. У табл.3.4 наведено огляд гарантійних строків для різних видів контрактів в європейських країнах.

Таблиця 3.4 – Гарантійні терміни контрактів різних країн (FHWA 2003) [25]

Країна	Тип контракту	Гарантійний термін (років)
Канада (Ontario)	традиційний	1
	проектування і будівництво	5
	мінімальний нагляд	2,3
	гарантійний	7
Іспанія	традиційний	1
	проектування, будівництво, утримання, фінансування (DBOF)	30
Німеччина	Контракт на основі результатів (PBC)	20
Данія	Контракт на основі результатів (PBC)	10
Швеція	Контракт на основі результатів (PBC)	5-8
Великобританія	традиційний	2
	проектування і будівництво	5
	DBOF	30

Як правило, гарантії за контрактом PBC означають [27]:

- визнання того, що актив має гарантію;
- визначення оптимальної тривалості гарантійного терміну;
- обв'язки підрядника щодо утримання активу;

- ефективність на основі вимог і відповідних порогових рівнів, які вимагають коригувальних дій з боку підрядника;

- вимоги до коригувальних заходів;
- вимоги до превентивних заходів;
- підставі оплати;
- остаточне прийняття активу «з гарантією».

Вартість робіт з урахуванням цих витрат можна визначити за формулою [166]:

$$E[C(W)] = C + C_r \times M(W), \quad (3.2)$$

де C – Вартість ремонтних заходів для приведення активу до належного стану;

C_r – вартість дрібного ремонту та утримання;

$M(W)$ – функція оновлення активу.

Найкращий перелік ремонтно-відновлювальних заходів оцінюється шляхом порівняння альтернатив і прогнозування деградацій певного елемента дорожньої мережі.

Довгостроковий контракт повинен ґрунтуватися на збалансованій програмі робіт, які потрібно виконати протягом життєвого циклу контракту, що компенсує можливий ризик виконання підрядником значної частини робіт у кінці контракту [168].

Для успішного виконання такого контракту замовник повинен забезпечити резервний фонд. Як правило, ступінь гнучкості в оплаті складає +/- 10% від визначеної вартості робіт [168].

Методика вимірювання завершених робіт з метою оплати за контрактами згідно світового досвіду повинна відповідати "Стандартній Методиці вимірювань Інституту інженерів-будівельників. Третє видання " 1991 (CESMM3) [169].

Для визначення доцільності певних робіт з експлуатаційного утримання доріг визначеної мережі, як правило, необхідно залучити спеціалістів-експертів, які з свого практичного досвіду можуть оцінити достовірність довгострокового прогнозу стану дорожнього активу на визначеній ділянці мережі доріг. Як уже було зазначено раніше, прогноз стану дорожнього активу прийнято здійснювати з використанням кривих деградації (рис. 3.7) [90].



- 1 – регулярний поточний дрібний ремонт та утримання;
- 2 – перше відновлення (поточний середній ремонт);
- 3 – друге відновлення (капітальний ремонт).

Рисунок 3.7 – Вплив ремонтів та утримання на стан активу

З рис. 3.7 видно, що з часом стан активу погіршується все швидше, отже і об'єми робіт з експлуатаційного утримання збільшуються.

Наприклад, в американських дослідженнях [170] доведено наявність істотного впливу ямкового ремонту на рівність покриття дорожнього одягу. При цьому річна швидкість зміни рівності обчислювалась за формулою:

$$RRN = \frac{RN_{85} - RN_{84}}{RN_{84}}, \quad (3.3)$$

де RN_{84} , RN_{85} – рівність, виміряна в 1984 і 1985 роках відповідно.

За результатами обчислень було зроблено висновок, що роботи з експлуатаційного утримання покриття суттєво впливають на швидкість його деградації, а величина витрат, яка залежить від рівня критерію втручання, характеризує досягнутий рівень обслуговування покриття.

Для прогнозування стратегій ремонтів покриттів в Україні в Системі управління станом покриття (СУСП) використовується математична модель об'ємів руйнувань покриття, яка була встановлена проф. Кизимом С.С. [113]:

$$\omega(t) = \frac{\Theta \cdot \sqrt[3]{\frac{0.001 \cdot I_n \cdot q_1^{-T_0}}{f}}}{(\lg(2.5 \cdot I_n) / (\lg(2.5 \cdot I_n) - T_0 \cdot \lg(q_1)) \cdot K_{зф})^7} \cdot e^{K_{\partial кз} \cdot \sqrt{\frac{\lg(2.5 \cdot I_n)}{\lg(2.5 \cdot I_n) - T_0 \cdot \lg(q_1)} \cdot K_{зф} \cdot (T_0 + t)}}, \quad (3.4)$$

де $\omega(t)$ – % площі руйнування від площі покриття;

t – номер року після року прогнозування;

Θ – коефіцієнт, що залежать від типу покриття і дорожньо-кліматичної зони;

I_n – розрахункова приведена інтенсивність руху, авт. /добу;

f – коефіцієнт врахування кількості смуг руху;

$q_1 = 1 + q$; q – коефіцієнт приросту інтенсивності руху;

T_0 – строк служби покриття, що пройшов від останнього капітального ремонту до року прогнозування, років;

$K_{з.м}$ – коефіцієнт запасу міцності дорожнього одягу;

$K_{\partial кз}$ – коефіцієнт, що враховує дорожньо-кліматичну зону.

Проте, все ще існує потреба в розробці подібних моделей прогнозування ремонтів для інших видів дорожніх активів.

Однак, при обґрунтуванні параметрів проектів на експлуатаційне утримання доріг, які будуть реалізовані через довгострокову програму важливим аспектом є врахування необхідності виконання періодичних ремонтів, що впливатиме на цілі та стратегії утримання мережі.

3.2 Поняття та порядок визначення рівня обслуговування доріг

Рівень обслуговування (РО) – це показник, що визначає діапазон умов експлуатації конкретного виду дорожнього активу. В окремих джерелах вживаються синоніми даного поняття – «Рівень Сервісу» (service level) або «індикатор показників сервісу» (Performance Service Indicator - PSI) [171-174].

Згідно з американським «Керівництвом якості доріг» рівень обслуговування – це "якісні показники, що характеризують умови експлуатації доріг та їх сприйняття водіями і пасажирями" [8], оскільки якісні показники, на переконання авторів керівництва, необхідно визначати саме з позиції кінцевого споживача. Таким чином, в даному дослідженні було запропоновано якісні (кінцеві) показники, які характеризують рівень обслуговування [8]:

- швидкість і час в дорозі;
- щільність руху (параметр, який описує бокову відстань між транспортними засобами в потоці, відображає легкість маневреності та психологічний комфорт водіїв);
- час затримок (параметр, який являє собою перевищення часу у дорозі, пов'язані з умовами руху або елементами управління дорожнім рухом);
- інші параметри (незручності, які можуть виникнути під час руху, або навпаки – якісні характеристики доріг, що сприяють задоволеності споживачів).

Згідно з [173] рівень обслуговування відображає якість експлуатаційного утримання, яка вимірюється масштабом задоволення користувача і застосовується до кожного з наступних режимів руху: легкових і вантажних автомобілів, велосипедів, пішоходів і руху громадського транспорту.

Зазвичай РО класифікуються на 6 рівнів, які позначаються літерами латинського алфавіту від А (найкращий рівень) до F (найгірший рівень) [171-174]. Концепція формування рівня обслуговування в дорожній галузі наведена на рис.3.8 [175, 163].

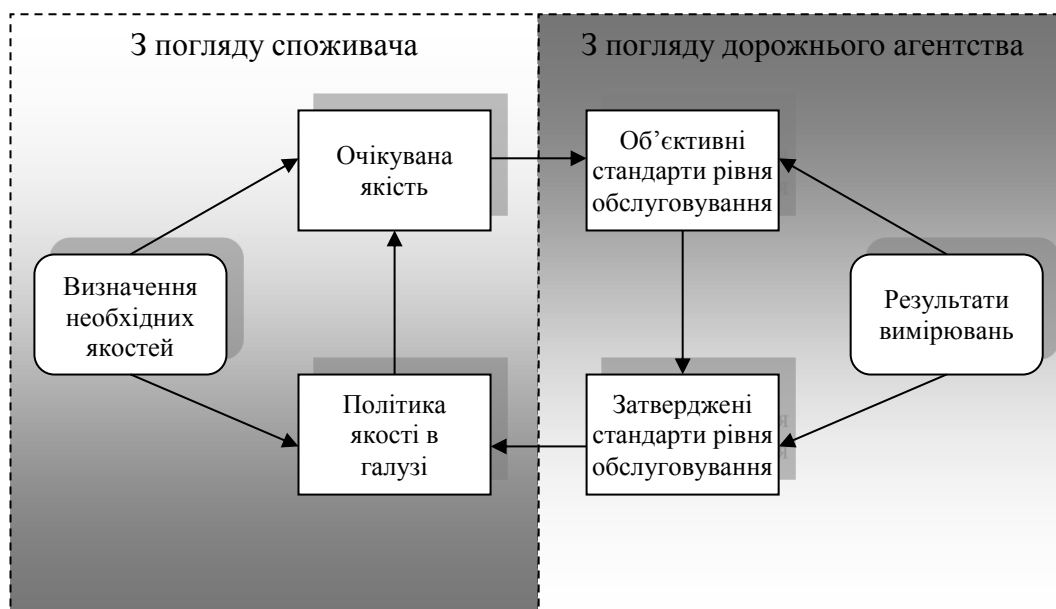


Рисунок 3.8 – Концепція формування рівня обслуговування

Рівень обслуговування автомобільних доріг – це інтегральний показник, який відображає досягнення певного усередненого експлуатаційного стану автомобільної дороги та визначається повнотою і якістю виконання робіт з ремонтів та утримання доріг. Він може визначатися за формулою:

$$S_{los,m} = 1 - \frac{C_b \times K_m}{B_m}, \quad (3.5)$$

де $S_{los,m}$ – рівень обслуговування в m -й період (наприклад, рік, місяць тощо);

C_b – вартість одного штрафного балу;

K_m – кількість штрафних балів в m -й період;

B_m – розмір оплати з контрактом в m -й період.

Найкращий рівень обслуговування дорівнює 1, якщо не встановлено премії (бонусу) за досягнення кращого експлуатаційного стану. В останньому випадку, потрібно визначити методику нарахування премій, а рівень обслуговування може бути більший 1.

Типові ключові показники ефективності, які застосовуються в довгострокових контрактах, заснованих на кінцевих показниках і формують рівень обслуговування можуть бути наступні [176, 177]:

- міжнародний індекс рівності (IRI) для вимірювання рівності дорожнього покриття, що впливає вартість експлуатації транспортних засобів;
- відсутність вибоїн, контроль тріщин і колійності, як факторів безпеки і якості покриття;
- значення коефіцієнта зчеплення;
- об'єм замулення або засмічення системи дренажів;
- пошкодження дорожніх знаків і розмітки.

Як правило, у довгострокових контрактах передбачається від 20 до 100 показників, що формують рівень обслуговування.

Отже, рівень обслуговування автомобільних доріг – це інтегральний показник, який відображає досягнення певного усередненого експлуатаційного стану всіма конструктивними елементами автомобільної дороги та визначається повнотою і якістю виконання робіт з ремонтів та утримання доріг на основі оптимізації ремонтно-відновлювальних заходів та утримання [110].

Рівень обслуговування доріг тісно пов'язаний з поняттям рівня втручання (РВ), який, у свою чергу, якщо дорожня служба дотримується його виконання, обумовлює досягнення певного рівня обслуговування.

При обґрунтуванні контрактів з експлуатаційного утримання автомобільних доріг значення рівня обслуговування може варіювати залежно від поставлених цілей у програмі. Це можуть бути мінімально допустиме значення стану, нижче якого виникає загроза безпеці руху або збереженню елемента дороги, тригери (значення рівня втручання, коли доцільно виконувати той чи інший вид ремонтних дій), цільові рівні втручання, яких потрібно досягти.

Рівні обслуговування визначаються згідно ДСТУ 8992:2020 «Автомобільні дороги. Настанова з обґрунтування рівнів обслуговування під час експлуатаційного утримання» [45] та повинні бути не нижчими ніж встановлено в ДСТУ 8993:2020 «Автомобільні дороги. Рівні обслуговування під час експлуатаційного утримання» [46].

3.3 Концепція рівня втручання

Втручання – це виконання робіт з капітального і поточного ремонтів та утримання автомобільних доріг з метою усунення дефектів елементів доріг і уповільнення деградації доріг [110].

Критерій втручання (trigger) визначається [110]:

- описом дорожнього активу;
- сезону року (періоду), в який виконується ліквідація пошкодження;
- рівнем втручання (кількісним або якісним одномірним чи багатомірним параметром щодо конкретного пошкодження);
- часом відгуку;
- штрафними балами за кожний випадок перевищення часу реагування.

На рис. 3.9 схематично наведено концепцію втручання в життєвому циклі автомобільної дороги.

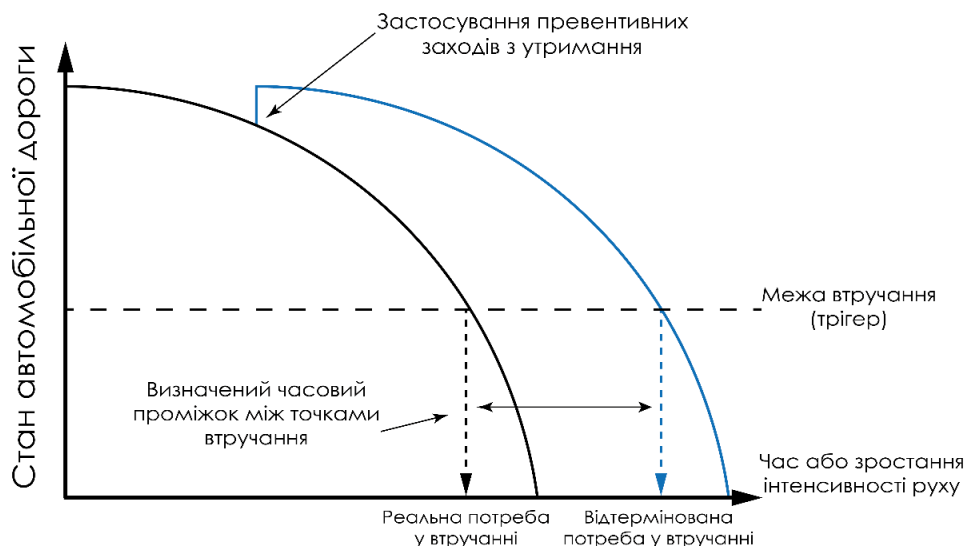


Рисунок 3.9 – Концепція втручання (схема призначення варіантів стратегій експлуатаційного утримання)

Критерій втручання визначається з урахуванням вимог користувачів доріг, забезпечення дорожнього руху з допустимим рівнем обслуговування при мінімальних витратах дорожнього агентства. Критерії втручання залежать від категорії, адміністративного значення доріг (державні міжнародні, державні національні, державні регіональні, місцеві територіальні, місцеві обласні, місцеві районні) та інтенсивності і складу руху на них.

Формування концепції рівня втручання включає (рис. 3.6) [178]:

- визначення стратегічного напрямку;
- формулювання вимог до експлуатаційного стану;
- визначення типів індикаторів (показників) якісного стану;
- визначення рівня обслуговування (рівня індикаторів).

По досягненню рівня втручання виконуються відновлювальні ремонтні заходи, які можуть відрізнятись між собою видом ремонту,

складом і вартістю робіт. Виконання тих чи інших варіантів робіт з поліпшення стану елементу дороги по різному впливає на подальшу деградацію елементу [30, 110] (рис. 3.10).

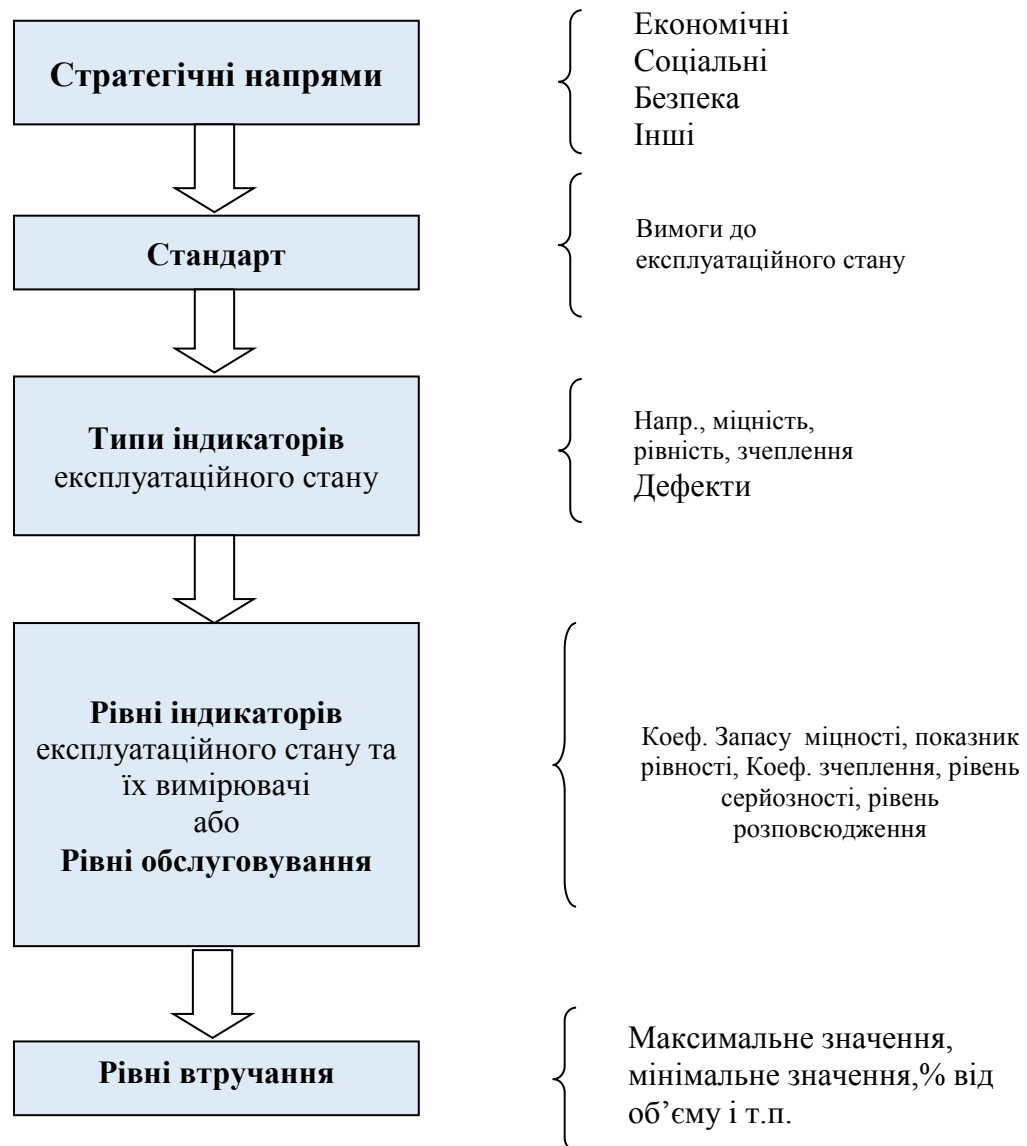


Рисунок 3.10 – Схема формування рівня втручання

Отриманий стан активу від застосування прогнозованого ремонтно-відновлювального заходу (стратегії) порівнюється з альтернативою «нічого не робити» («do-nothing»), що визначає очікувану експлуатаційну якість активу [179, 110] (рис. 3.11). Максимізуючи відношення вигід та вартості ремонту, визначається оптимальний рівень втручання [110]:

$$f(PB) = \frac{B}{C} \rightarrow \max, \quad (3.6)$$

де B – вигода від ремонту;

C – вартість ремонту.

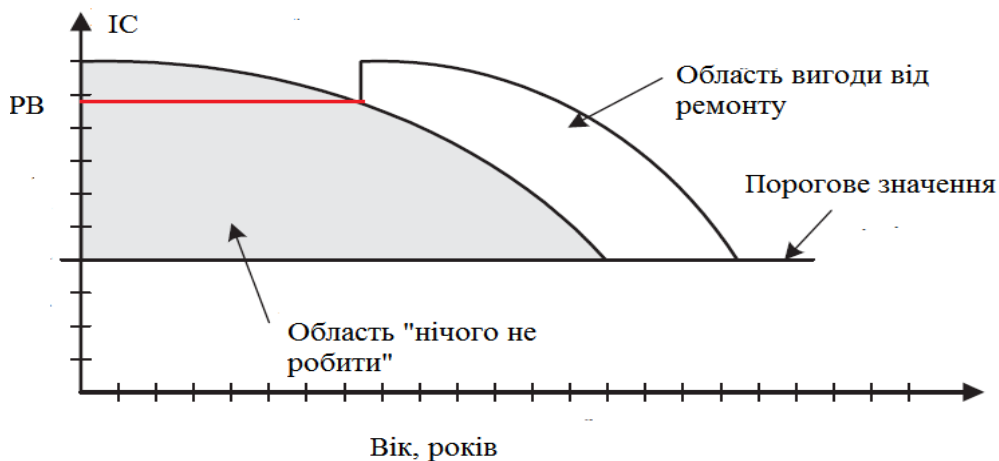


Рисунок 3.11 – Схема корисності ремонтно-відновлювальних заходів (IC – індикатор стану, PB – рівень втручання)

Рівні втручання та обслуговування ґрунтуються на понятті експлуатаційного стану елементу дороги [180, 117, 2], його класифікації і безрозмірній шкалі рейтингу стану [181, 2], яка відображує спільний вплив на стан різних типів пошкоджень.

Світова практика встановлення експлуатаційного стану елементу дороги (дорожнього активу) ґрунтується на визначенні інтегрального (комплексного) показника експлуатаційного стану автомобільних доріг. Зокрема, у світі використовуються наступні комплексні показники – індекс обслуговування PSI (Present Serviceability Index), індекс стану покриття PCI (Pavement Condition Index), інтегральний показник стану за кваліметричною моделлю та інші.

Традиційно комплексна оцінка стану дорожнього активу здійснюється шляхом застосування показника, який виражається в балах [182, 58, 167, 183-186]. На його основі призначаються види ремонтних робіт [108].

В США в 1956–1960 рр. Американською Асоціацією державних дорожніх службовців (AASHO – в даний час – дорожньо-транспортних службовців – AASHTO) була розроблена п'ятибальна система оцінки експлуатаційного стану PSI (Present Serviceability Index) покриття, що є комплексним показником, призначенням якого є обґрунтування набору ремонтно-відновлювальних заходів [187, 2]. Різного типу конструкції дорожнього одягу випробовувались рухом сидельних тягачів з напівпричепами. Група експертів кожні 2 тижні оцінювала стан покриття на окремій дослідній секції з позиції споживача, не маючи інформації про конструкцію дорожнього одягу, осьові навантаження, загальну кількість проїздів даною ділянкою та не маючи вимірювальних засобів. У ході візуального обстеження кожен експерт виставляв оцінку і надавав її керівнику комісії. Для цього заповнювалися 2 робочі формуляри: в одному експерт відзначав бал від 1 до 5, а на другому – відповідав на питання, чи придатна дорога для подальшої експлуатації (можливі були три відповіді: «так», «ні» і «не визначено»). З'ясувалось, що по мірі збільшення кількості проїздів оцінка експлуатаційного стану (середнє значення PSI) зменшувалась від 4 – 5 до 1,5 – 2 балів. У випадку оцінки $PSI = 2,5$ половина експертів вважала стан покриття непридатним, а у випадку $PSI = 1,5$ всі члени комісії вважали подальшу експлуатацію дороги неможливою. Таким чином дійшли висновку, що майже нове покриття має оцінку між 4 та 5, капітальний ремонт необхідний, коли значення PSI менше 2,5, а за оцінки $PSI < 1,5$ необхідна докорінне перевлаштування шарів дорожнього одягу, включаючи шари основи [187].

Оцінка експлуатаційного стану покриття може бути здійснена за 5-бальною чи 100-бальною шкалою (рис.3.12) [187].

Для раціонального розподілення ресурсів на утримання та ремонт різних ділянок дорожньої мережі та коштів на нове будівництво в ряді країн в 1970-80-х роках почали розробку систем управління станом дорожніх одягів – PMS (Pavement Management System). При цьому система

враховувала ефективну витрату ресурсів в часі для кожного об'єкту за рахунок призначення черговості ремонту різних ділянок, вибору виду та послідовності їх виконання для кожної ділянки.

В якості оцінки експлуатаційного стану було прийнято рішення використати 100-бальний показник PCI (Pavement Condition Index), який можна розглядати як добуток PSI на 20 (5-бальний показник AASHO) (табл.3.5).

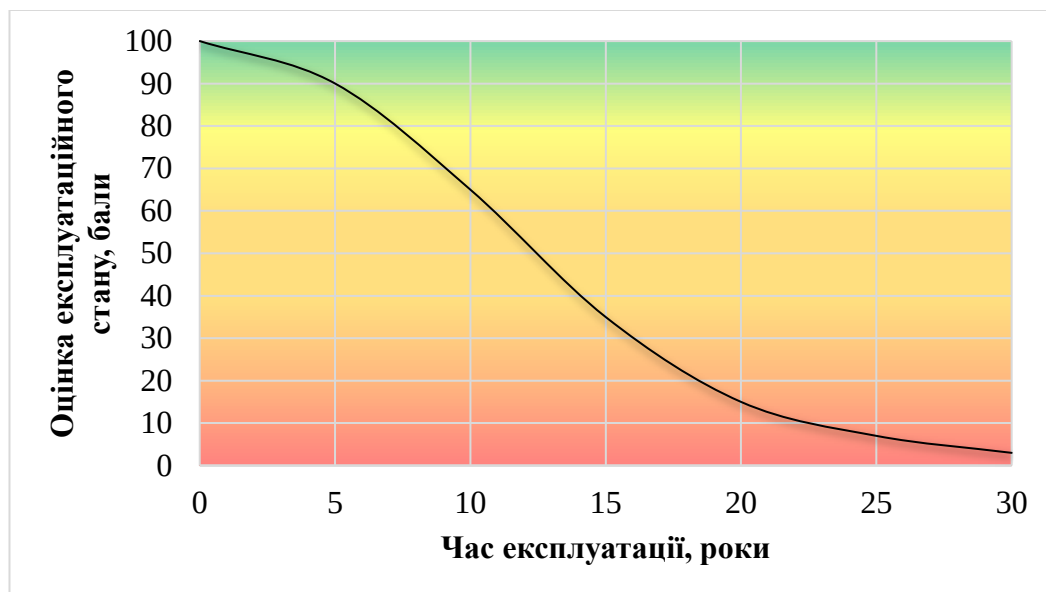


Рисунок 3.12 – Тенденція зміни стану дорожніх активів в процесі експлуатації автомобільної дороги

Рішення про вид ремонту залежить від оцінки експлуатаційного стану покриття (рис. 3.13) [187]. Стан покриття при $PSI = 80-100$ вважається хорошим, тому відповідає оцінці комісії AASHO від 4 до 5 балів для нового чи майже нового покриття. За такого стану можна обмежитись утриманням та поточним ремонтом. Зниження оцінки експлуатаційного стану на 40 балів (від 100 до 60) відбувається зазвичай протягом приблизно 65–75 % терміну служби до капітального ремонту покриття, якщо вважати термін служби вичерпаним за оцінки 30-40 балів.

Таблиця 3.5 – Призначення заходів в процесі утримання автомобільних доріг в залежності від стану дорожніх активів

Оцінка	Бали		Стан дорожніх активів	Необхідні заходи
	нижня межа	верхня межа		
A	90	100	Відмінний	Експлуатаційне утримання
B	80	89	Хороший	Поточний ремонт
C	70	79	Задовільний	Капітальний ремонт покриття
D	60	69	Незадовільний	Капітальний ремонт (можлива заміна шарів основи та земляного полотна)
	50	59		
E	40	49	Критичний	Реконструкція
	30	39		
	20	29		
	10	19		
	0	9		

Момент виконання капітального ремонту покриття обирають з врахуванням категорії дороги: для доріг вищої категорії – від 55 до 60 балів, для доріг державного значення – від 50 до 55, для міжрегіональних – від 45 до 50 і для місцевих – від 40 до 45. При нижчих оцінках для кожного типу покриття передбачають заміну покриття та основи.

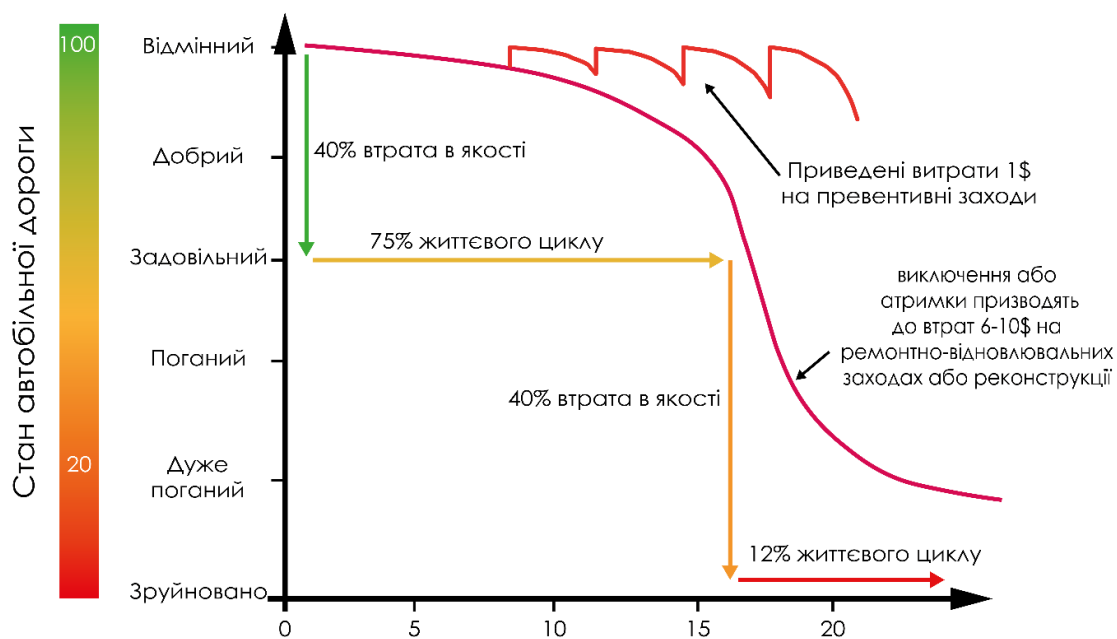


Рисунок 3.13 – Ремонтні заходи залежно від бальної оцінки стану покриття

Вибір виду та послідовність виконання заходів з ремонту та утримання – техніко-економічне завдання, що вирішується в межах визначеного періоду аналізу на основі даних, про вартість будівництва дорожнього одягу, терміну служби за різними технологіями, вартістю виконання цих ремонтів та залишковій вартості дорожнього одягу до кінця періоду, що розглядається.

Вартість життєвого циклу визначають для різних стратегій експлуатації. На рис. 3.14 чорним кольором зображена прогнозована зміна оцінки стану без проведення будь-яких ремонтних робіт. Блакитна лінія відповідає стратегії планово-попереджувальних ремонтів, за якої хороший стан покриття підтримується утриманням та поточним ремонтом. Червоною лінією зображена зміна оцінки стану за альтернативної стратегії – проведенні 2-ох капітальних ремонтів покриття на 13-ий та 23-ій роки після вводу дороги в експлуатацію.

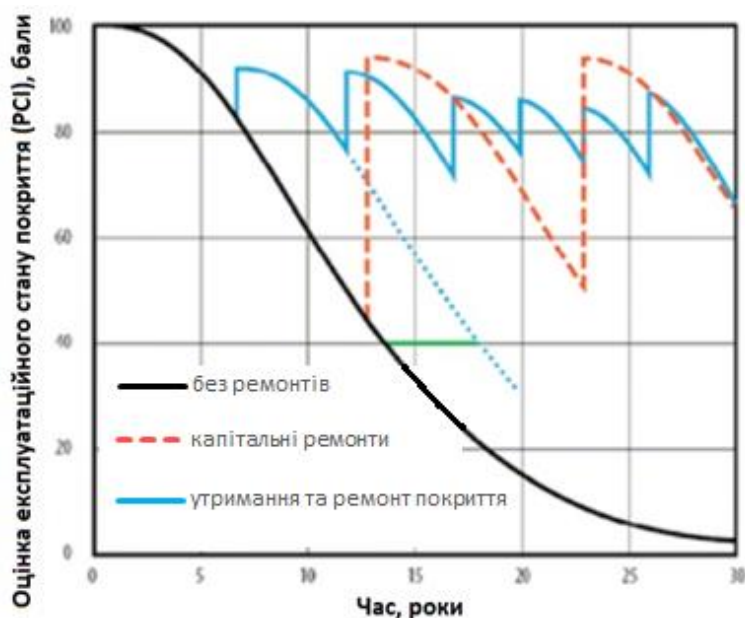


Рисунок 3.14 – Зміна експлуатаційного стану покриття за різних стратегій виконання ремонтів

Ефективність ремонту також істотно залежить від моменту його проведення. Комісією AASHO було виявлено, що 1 долар, витрачений на ремонт при стані покриття з оцінкою вище 60, економить 4–5 доларів на ремонт при оцінці 30. Залишкова вартість дорожнього одягу оцінюється за методом приведення вартості до даного часу.

Дослідник Al-Swailmi [188] визначив основи для систем управління обслуговуванням міських доріг. Він пропонує методологію, яка використовується для розробки системи управління станом доріг, яка поєднується з підсистемою міста для усунення конфліктів між будівництвом та експлуатаційним утриманням доріг.

Процедура управління станом доріг HDM (The Highway Development and Management Model), розроблена менеджером Світового банку та була спробою наблизитись до комплексного управління дорожньою мережею. Вона включала розширену базу історичних даних, поточних вимірювань показників та обстежень [60].

Medina та ін. [26] описали ефективність використання геоінформаційних систем (ГІС) спільно з системою управління дорожнім покриттям (PMS), особливо для невеликої мережі доріг. У дослідженні представлено передумови використання ГІС та те, як їх можна використовувати для координації з PMS, щоб допомогти урядовим установам ефективно формувати стратегії та обґрунтовано приймати рішення щодо вдосконалення утримання дорожньої мережі.

Ralf Haas у своєму дослідженні згрупував більшість моделей прогнозу експлуатаційних якостей в такі класи: емпіричні, механіко-емпіричні та ймовірнісні моделі деградації стану елементів доріг [95]. Зазначені моделі були покладені в основу формування систем управління станом доріг, таких як, наприклад, Pavement Management System (PMS), Highway Design and Maintenance Standards Model (HDM).

В цілому, слід відзначити, що процес управління покриттям за допомогою моделей PMS оснований на базі даних, яка включає фактичні

дані та різні стани покриття. База даних – це тільки невелика частина необхідної інформації для того, щоб передбачати майбутні стан покриття, проте, без математичних виразів, або моделей, неможливо оцінити витрати і втрати, і вибрати дієві стратегії управління [96].

Наприклад, модель якостей (параметрів) покриття заснована на математичному вирівнюванні, що дає можливість зобразити стани покриття за його віком.

Моделі PMS класифікуються наступним чином [97]:

- Моделі стану покриття: основою яких є визначення індексу (CI). Значення показника градується за шкалою від 0 до 100 балів. Фактичне обчислення індексу ґрунтується на використанні методу рейтингу.

- Моделі якостей: дані моделі використовуються, щоб оцінити стан покриття на перспективу. Ці моделі можуть використовуватися для окремих сегментів, або – для групи сегментів покриття.

- Моделі потреби в ремонтних роботах: використовуються, щоб ідентифікувати, які сегменти покриття повинні підлягати ремонту через даний проміжок часу, який підлягає аналізу.

- Моделі вірогідності впливів: якщо сегмент ідентифікований як кандидат для ремонту, програма управління станом покриття застосовує шаблони аналізу, щоб визначити, які ремонтні альтернативи повинні бути використані.

- Моделі виділення впливів: якщо більш ніж одна ремонтна альтернатива визначена як ймовірна для ремонту сегменту покриття. Моделі виділення впливів використовуються, щоб вибрати рекомендований ремонт.

- Пріоритетні моделі: використовуються, щоб визначити пріоритет сегментів покриття, куди необхідно вкласти кошти першочергово.

За способом розробки згідно аналізу досліджень, проведеному в [189] моделі прогнозування стану покриття можуть бути розподілені на:

- детерміновані (детерміністичні);
- імовірнісні.

Детерміновані моделі прогнозують середні значення експлуатаційних показників покриття. На противагу цьому, ймовірнісні моделі можуть прогнозувати не тільки середні значення, а й розподіл цих значень. Загальна класифікація моделей прогнозування стану покриття наведена в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Класифікація моделей прогнозування стану покриття

Детерміновані				Ймовірнісні	
Першочерго- го реагування	Структурні	Функціональ- ні	Пошкодження	Криві ЖЦ	Моделі перехідного процесу
- Відхилення показників - Деформації - Питоме навантаження	- Покриття - Стан - Руйну- вання тощо	- Індекс PSI - Рівень безпеки тощо	- Основані на еквівалентному навантаженні		Марковські Напів-марковські

У своїх роботах Mahoney [189] припускає, що час до руйнування дорожнього покриття є випадковою змінною. Відмова відбувається, коли будь-який з показників пошкодження перевищує своє порогове значення. Ймовірність того, що показник пошкодження перевищує допустимий поріг визначається за формулою:

$$\Pr\{d \geq H\} = 1 - \Phi\left(\frac{H - \mu}{\sigma}\right) \quad (3.7)$$

де Φ – це стандартний нормальний розподіл;

μ і σ – очікуване значення і стандартне відхилення рівня i -го пошкодження, відповідно;

H – порогове значення для пошкодження d .

За допомогою моделей деградації покриття дороги можна виділити наступні періоди:

- 1) проектний період - це проміжок часу(від 10 до 20 років);

2) період для аналізу - це проміжок часу, для якого проводиться аналіз економічної ефективності різних варіантів стратегій ремонту і утримання.

Детерміністичні моделі дозволяють визначити середнє значення залежної змінної (наприклад, строк життєвого циклу покриття або рівень руйнування). Детерміністичні моделі для обчислення індексу стану (IC) мають вигляд:

$$IC = C - m \times A^P, \quad (3.8)$$

де C – модельна константа для максимального рейтингу (звичайно 100);

m – коефіцієнт нахилу;

A – вік (час, що пройшов після спорудження елемента або останнього ремонту чи реконструкції);

P – константа, яка задає кривизну кривої деградації (ступінь полінома).

Більшість цих моделей засновані на регресійному аналізі [96, 190].

При цьому наводиться поліноміальна форма вирівнювання регресії:

$$y = b_0 + b_1(x) + b_2(x^2) + b_3(x^3) + \dots b_n(x^n), \quad (3.9)$$

де y – значення змінної, яку необхідно визначити;

x – незалежна змінна;

b – константи регресії.

Найпростіша форма регресійної залежності - це лінійна регресія, яка має вигляд:

$$y = b_0 + b_1(x). \quad (3.10)$$

Регресійні залежності вищого порядку (багаточлени) дають криволінійні залежності між незалежними і залежними змінними [96]. Дані регресійні моделі досить прості для розуміння, але вони можуть бути не досить точними через те, що для передбачення однієї змінної (стан покриття) використовується одна незалежна змінна (вік покриття).

Багатопараметричні регресійні моделі є дуже складними й вимагають використання великих комплексів вихідних даних.

Імовірнісні моделі передбачають ряд (або послідовність) значень для залежної змінної. Вони засновані на теорії марківських процесів. Для кожного стану розроблені оцінки, щоб передбачити, який відсоток секцій покриття буде залишатися в тому ж стані або перейде в інший умовний стан. Дані моделі також припускають, що імовірність переміщення постійна у часі.

Імовірнісні моделі на основі марківської теорії [96] базуються на припущенні, що імовірність переходу системи з одного стану в інший залежить тільки від поточного стану. Стосовно елементу дороги або його частини це припущення означає, що, наприклад, стан ділянки покриття наступного року залежить тільки від стану ділянки покриття в поточному році і не залежить від того, який був поточний стан ділянки покриття в минулому.

Для кожного даного стану розробляється оцінка для прогнозу відсотка ділянок елементу (наприклад, ділянок покриття), що їх стан:

- а) залишиться такими ж самим;
- б) перейде в інший стан.

Для калібрування такої моделі потрібно накопичувати в базі даних історичні дані про зміни стану конкретного елемента дороги на всіх його ділянках або на певній їх кількості, виділеної для спостереження.

Марківська модель виходить з припущення стаціонарності процесу переходу з одного стану в інший і залежить тільки від стану. Однак і інші фактори важливі для передбачення майбутнього стану, наприклад, вік та

повторні навантаження покриття дорожнього одягу. Транспортні навантаження залежать від приросту приведеної інтенсивності руху. Тому припущення стаціонарності перехідних імовірностей реалістичні лише на протязі короткого часу. Це вимагає застосування так званих напівмарківських процесів.

Можна використовувати індивідуальні ділянкові та групові моделі прогнозу експлуатаційних якостей. Індивідуальні ділянкові моделі використовують історичні дані для конкретної ділянки дороги або елемента для розробки моделі прогнозу.

Моделі визначення якостей покриття можуть також класифікуватися як механістичні, емпіричні, або механістично-емпіричні, залежно від їх формулювання і від того, чи використовуються в моделі механістичні змінні [93, 191]. Емпіричні моделі засновані на результатах експериментів або досвіду експертів. Механістичні моделі засновані на основних принципах поведінки покриття при впливі навантаження. Емпірично-механістичні моделі об'єднують елементи обох підходів.

Система управління станом покриття м. Вашингтона заснована на індивідуальному сегментному підході. Індивідуальна сегментна модель використовує історичні дані про окремий сегмент покриття для розробки моделі визначення якостей покриття. Інший підхід - це групова модель якостей покриття, до якої залучають сегменти покриття, на яких передбачаються подібні ремонтні роботи [96].

Алгоритми моделей потреби в ремонтних роботах складаються з двох кроків. Перший крок в використанні даної моделі – це вибір критерію, який буде використовуватися для ідентифікації сегментів дороги, де необхідно виконати певний вид ремонту. Другий крок – це встановлення порогу критерію згідно з класифікацією доріг та типів покриттів. Моделі потреб у ремонтних роботах потрібно періодично переглядати і змінювати.

Моделі вірогідності впливів використовуються для визначення ремонтних альтернатив на сегменті покриття.

Моделі виділення впливів використовуються у випадку, коли більш ніж одна ремонтна альтернатива ідентифікована як можлива для певного сегменту покриття. Суть даних моделей полягає в використанні імітаційного моделювання процесу вибору альтернативного типу ремонту, що ґрунтується на минулій практиці даної дорожньої організації. Проте, як вважають американські спеціалісти, найкраще при виборі альтернативного варіанту ремонтних робіт використовувати критерій співвідношення вигоди-вартість.

Пріоритетні моделі дозволяють дорожній організації виявити проекти, які є пріоритетними до впровадження в даному році та відповідають фінансовим обмеженням, що встановлені річним бюджетом.

Проте, слід зазначити переваги та недоліки використання приведених моделей (табл. 3.7) [5, 30].

Таблиця 3.7 – Переваги і недоліки використання різних моделей прогнозування стану (адаптовано з FHWA, 1990)

Моделі	Переваги	Недоліки
1	2	3
Регресії	• Просте програмне забезпечення, що в даний час широко доступне для виконання аналізу. • Ці моделі можуть бути використані в системах управління станом покриття. • На розрахунки потрібно небагато часу.	• Потрібні великі бази даних для найкращої реалізації моделі. • Працює лише в межах діапазону вхідних даних. • Існують похибки в прогнозуванні, прогноз можливий на невеликий проміжок часу. • Вибір оптимальної форми зробити досить важко, що займає тривалий час.
Криві життєвого циклу	• Порівняно легко виконувати обробку даних. • Показують ймовірність відмов відповідно до віку дорожнього покриття.	• Може бути виявлена велика похибка при використанні незначної кількості показників.

Продовження таблиці 3.7

1	2	3
Марковські моделі	• Забезпечують зручність вводу та отримання даних. • Відображає тенденції показників стану незалежно від їх нелінійного характеру.	• Немає готового адаптованого до галузі програмного забезпечення. • Результати інвестування в минулому не мають впливу. • Не враховує фізичні фактори, що впливають на зміни. • Потрібні великі потужності, витрати часу на обробку та збереження.
Напівмарковські моделі	• Можуть базуватися виключно на суб'єктивних даних. • Потрібно набагато менше полів даних. • Забезпечують зручність вводу та отримання даних. • Можуть враховувати показники, визначені в минулому.	• Немає готового адаптованого до галузі програмного забезпечення. • Потрібні великі потужності, витрати часу на обробку та збереження.
Механістичні	• Прогнозування засноване на причинно-наслідкових зв'язках, отже, дає кращий результат.	• Потрібні великі потужності, витрати часу на обробку та збереження. • Базуються на використанні великої кількості змінних, які здебільшого не входять у традиційну систему управління станом покриття. • Дозволяють виконувати прогноз тільки основних параметрів.
Механо-емпіричні	• Прогнозування в першу чергу засноване на причинно-наслідкових зв'язках, отже, дає кращий результат. • Легко працювати з отриманими вихідними параметрами. • Потребують менших обчислювальних потужностей і витрат часу.	• Залежать від поля даних розвитку емпіричних моделей. • Не використовують суб'єктивні дані. • Працюють з фіксованими частинами незалежної змінної. • Базуються на використанні великої кількості змінних, які здебільшого не входять у традиційну систему управління станом покриття.
Байєсові	• Можуть бути розроблені з урахуванням минулого досвіду з обмеженим полем даних. • Простіше, ніж Марковські і Напівмарковські моделі. • Можуть враховувати показники, визначені в минулому.	• Не розглядають механістичну поведінку. • Неправильне рішення може призвести до побудови помилкової моделі.

Детерміновані моделі розробляються з використанням регресійних, емпіричних та комбінованих механістично-емпіричних методів. Вибір математичної форми, для якої буде використано модель ефективності управління дорожнім покриттям повинні відповідати спостережуваним даним та регресійно-статистичному аналізу [187].

Регресійний аналіз використовувався для моделювання стану дорожнього покриття в ряді досліджень. Наприклад, в [187] описано використання регресійного аналізу для моделювання стану дорожнього покриття на вибраних об'єктах армії США, у Стратегічній програмі досліджень мережі доріг США (SHRP) для отримання прогнозних моделей управління станом доріг для різних типів дорожнього покриття, умов дорожнього руху та навколишнього середовища та для отримання зв'язку між характеристиками дорожнього покриття з точки зору PSI та терміну служби автомобільної дороги [187].

Регресійні моделі досить часто використовуються для розробки оптимізаційних моделей, оскільки їх перевагою є легкість програмної реалізації та інтерпретації за допомогою загальнодоступних пакетів аналізу. Проте, недоліком регресійних моделей є те, що основні припущення щодо використання регресії повинні бути перевірені даними, перш ніж такий аналіз може бути використаний [187]. Крім того, на точність моделей регресії може негативно вплинути будь-яка корельована незалежна змінна.

Використання регресійних моделей вищого порядку (багаточленів) дає криволінійні залежності між незалежними і залежними змінними [180]. Їх перевагою є простота, але основним недоліком є можлива похибка, оскільки для передбачення однієї змінної (стан покриття) використовується одна незалежна змінна (вік покриття). Багатопараметричні регресійні моделі є дуже громіздкими, так як вимагають використання великого об'єму вихідних даних.

Аналіз за кривими життєвого циклу може використовувати детермінований підхід, включаючи єдине бальне значення або імовірнісний

підхід, що включає середнє значення, дисперсію та розподіл ймовірності. Tighe провів імовірнісний аналіз витрат життєвого циклу для автомобільних доріг та дійшов висновку, що типові змінні проектів, такі як товщина та вартість, визначаються за нормальним логарифмічним розподіленням, а не за звичайним розподілом [187]. Ігноруючи логарифмічний характер цих змінних можна внести значні упередження в загальну оцінку вартості життєвого циклу.

Загальною рисою серед різних типів детермінованих моделей є те, що вони базуються на великій кількості довгострокових спостережуваних польових даних та обробляються шляхом регресійного аналізу згідно з [187].

З іншого боку, більшість імовірнісних моделей розробляються для характеристики невизначеної поведінки процесів деградації дорожнього покриття [5].

Модель Маркова виявилася ефективним інструментом моделювання поведінки дорожніх активів, що проаналізовано і доведено дослідником Наас [95]. Модель Маркова використовується завдяки своїй здатності фіксувати ймовірнісну поведінку дорожнього покриття та процес погіршення стану в умовах невизначеності, що залежить від часу, а також для обрання різних ремонтно-відновлювальних заходів [5]. Модель базується на переходу дорожнього покриття з певного стану в інший протягом певного періоду часу.

Фундаментальним припущенням моделі Маркова є те, що процес майбутнього розвитку активу залежить від поточного стану. Отже, коли ми спостерігаємо за станом дороги в момент “ t ”, ми може вивчити ймовірність того, що дорога погіршиться лише в різних умовах за станом на той час.

Моделі Маркова класифікуються відповідно до різних припущень на однорідні та неоднорідні. Однорідна марковська модель передбачає, що змінні (такі як навантаження, трафік, навколишнє середовище тощо) постійні протягом усього періоду аналізу [192].

З іншого боку, неоднорідна марковська модель враховує швидкість змін, що відбулися на кожному різному етапі. Моделі ланцюгів Маркова поділяються на моделі використання часового періоду (ймовірності часу, необхідного для переходу з одного стану в інший) або моделі на основі стану (ймовірності переходу з одного стану до іншого у заздалегідь визначений проміжок часу). Рис. 3.15 ілюструє класифікацію моделей Маркова.

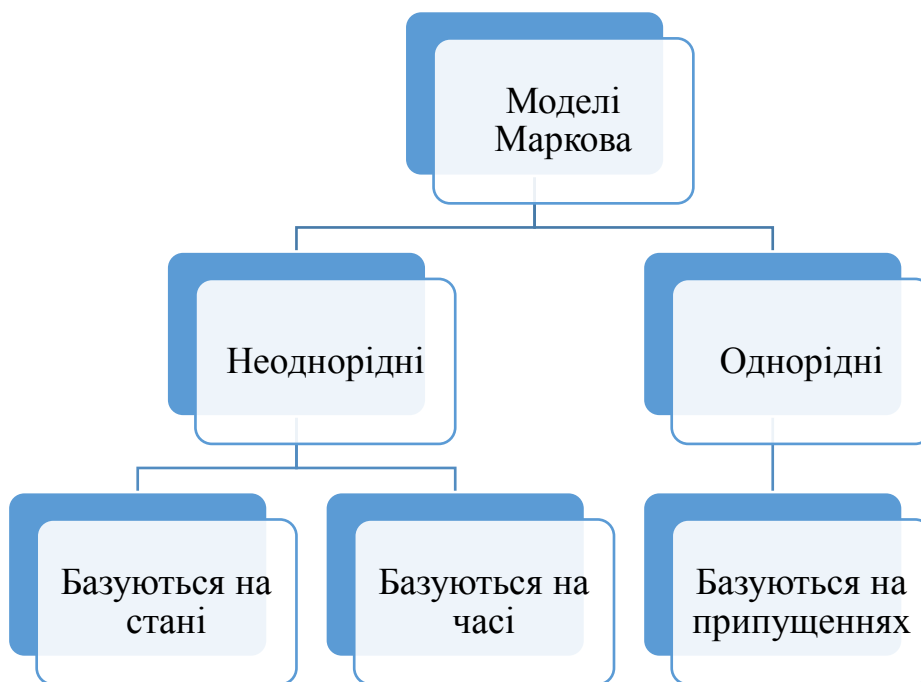


Рисунок 3.15 – Класифікація моделі Маркова [192]

Наприклад, моделі прогнозування тріщин (руйнувань) передбачають початок розтріскування, прогресування розтріскування, або оцінку за відсоток площі розтріскування. Модель, розроблена в дослідженні [12] передбачає кількість еквівалентних навантажень в 80 кН для започаткування тріщин шириною 1 мм:

$$\log 10N_c = 1.205 + 5.96 \log 10 MSN, \quad R_2 = 0.52 \quad (3.11)$$

де N_c – кількість E_{SAL} для першої тріщини;
 MSN – модифікований структурний номер.

Розрахунок модифікованого структурного числа (MSN) вимагає додаткових пояснень. Структурне число визначається як індексне число, отримане в результаті аналізу дорожнього руху, ґрунтових та кліматичних умов, яке можна перетворити на товщину різних шарів дорожнього покриття за допомогою використання відповідних коефіцієнтів, пов'язаних з типом матеріалу, що використовується в кожному шарі дорожньої конструкції [192].

Це виражається як:

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3, \quad (3.12)$$

де a_i – i -й коефіцієнт шару;

m_i – i -й коефіцієнт пористості;

D_i – глибину i -го шару.

Вплив ґрунтового шару в несну здатність дорожнього покриття визначається як псевдоструктурне число для нижчого рівня [192]:

$$SN_{sg} = 3.51 \times \log 10CBR - 0.85 \times (\log 10CBR)_2 - 1.43, \quad (3.13)$$

де CBR – співвідношення згідно стандартів США.

Модифікований структурний номер визначається наступним чином:

$$MSN = SN + S_{sg} \quad (3.14)$$

Прогресія розтріскування виражається у відсотках до площі наступним чином:

$$CR = -18.53 + 0.0458 \times B \times LN + 0.000501 \times B \times AGE \times LN, \quad (3.15)$$

де CR – кількість тріщин, у відсотках до площі;

AGE – вік дорожнього покриття, років;

B – середнє відхилення за Бенкельманом, мм;

LN – десятковий логарифм сукупних еквівалентних навантажень.

Ці дослідження було продовжено та на основі інших спостережень було визначено модель Патерсона Світового банку [193]. Модель була розроблена на основі розробленої бази даних дорожніх агентств США. Модель деградації (розтріскування) асфальтобетонного покриття була визначена наступним чином:

$$T_{yCR_2} = 4.21 \times \exp\left(0.139 \times MSN - \frac{17.1 \times YE_4}{MSN_2}\right), \quad (3.16)$$

$$TE_{CR_2} = 0.0342 \times ENM - 2.86 \times e^{-0.198EY}, \quad (3.17)$$

де T_{yCR_2} – очікуваний (середній) вік покриття на початку утворення тріщин, років;

TE_{CR_2} – очікуваний (середній) сукупний рух при утворенні тріщин, млн.;

$ESAL$, MSN – модифікований номер конструкції;

YE_4 – річне транспортне навантаження;

ENM – максимальна деформація на розтяг.

Лабораторія досліджень транспортного руху та доріг (TRRL) [193] розробила модель для прогнозування комбінованого пошкодження – утворення тріщин та випучувань:

$$\begin{cases} (C + P) = 21600 \times NE_s \times MSN - MSN, \\ \quad \text{for } MSN < 4.0, \\ \quad C + P \geq 0 \end{cases}, \quad (3.18)$$

де $(C + P)$ = сума площ тріщин та випучувань (м² / км / смуга);

MSN – модифікований номер конструкції;

NE – сукупні транспортні навантаження з останнього часу виконання ремонту.

Пошкодження в основному спричинені неодноразовим застосуванням навантаження від руху транспортних засобів, яке призводить до постійної деформації всіх шарів дорожнього одягу. Напруження, викликані транспортним навантаженням спричиняють зсувні зрушення в матеріалах, що призводять до деформації дорожнього покриття. Напруження, які перевищують міцність матеріалів на зсув, можуть спричинити пластичний потік, в результаті чого виникають западини при багаторазовому навантаженні. Багаторазові навантаження при менших навантаженнях на вісь спричиняють менші деформації, які накопичуються з часом і проявляються як колії. У сучасному дорожньому будівництві руйнування внаслідок ущільнення та деформації в нижніх шарах при транспортному навантаженні зазвичай незначні, оскільки це враховується при методах конструктивного проектування, але можуть стати значущими, коли дорожнє покриття ослаблене потраплянням води в середину [193]. Різні моделі для прогнозування колійності розробляються на основі механістичних реакцій, міцності дорожнього покриття, віку, складових транспортного потоку тощо. Модель, заснована на постійних деформаціях, що використовується Світовим банком наступна:

$$\log \varepsilon_p = a + b \times \log N \text{ or } \varepsilon_p = A \times N \times b, \quad (3.19)$$

де ε_p – постійне напруження;

N – кількість повторень навантаження;

a, b – експериментально визначені фактори;

A – антилог a .

Петерсон [193] розробив модель для прогнозування середньої глибини колії у вигляді функції, яка залежить від віку дорожнього покриття,

модифікованого номеру конструкції, руху, показника ущільнення, прогину, стану, щомісячних опадів та показника розтріскування:

$$RDM = t \times 0.166 \times MSN - 0.502 \times COMP - 2.30 \times NE_4 \times ERM, \quad (3.20)$$

$$R_2 = 0.42.$$

$$ERM = 0.0902 + 0.0384 \times DEF - 0.009 \times RH + 0.00158 \times MMP \times A_{crx}, \quad (3.21)$$

де RDM – середня глибина колії (мм);

t – вік дорожнього покриття з часу реконструкції або будівництва (рік);

MSN – модифікований номер конструкції;

$COMP$ – індекс ущільнення нежорстких дорожніх покриттів (фракція);

$NE_4(t)$ – сукупне навантаження транспорту в час t ;

DEF – середній пік відхилення променя Бенкельмана під 80 кН стандартного навантаження на вісь обох колісних шляхів (мм);

RH – стан відновлення (1, якщо дорожнє покриття в гарному стані, 0 - в іншому випадку);

MMP – середньомісячна кількість опадів (мм на місяць);

A_{crx} – площа індексованого розтріскування (відсоток від загальної площі наплавлення).

Рівність (шорсткість) має важливе значення для експлуатаційних якостей дорожнього покриття. Більшість розроблених моделей прогнозування рівності призначені для нежорстких дорожніх одягів. Дорожній тест AASHO (AASHO 1962) кількісно оцінив ефективність роботи дорожнього покриття та транспортне навантаження з впливом на рівність дороги. Моделі шорсткості від Лабораторії транспортних досліджень та досліджень доріг (TRRL) також показали сильний вплив міцності дорожнього покриття та транспортного навантаження на цей показник.

Модель прогнозування шорсткості TRRL описується наступним чином [193]:

$$R_t = R_0 + s(S) \times N_t, \quad (3.22)$$

де $s(S)$ – функція модифікованого структурного числа;

R_0, R_t – шорсткість в момент часу $t = 0$, і при t відповідно;

N_t – сукупне число еквівалентних 80 кН стандартних навантажень на вісь в час t .

Модель прогнозування шорсткості штату Арізона описується наступним чином [193]:

$$R_i = C_0 + C_1 + C_2 \times T^2, \quad (3.23)$$

де R_i – шорсткість для однорідного зрізу (дюйми / миля);

T – роки з моменту обробки;

C_0, C_1 і C_2 - коефіцієнти регресії.

Вчені Queiroz та Hudson розробили емпіричну модель для прогнозування шорсткості дорожнього покриття з точки зору кватильного індексу автомобілів (QI) [193]:

$$QI = 12.63 - 5.16 \times RH + 3.31 \times ST + 0.393AGE + 8.66 \left(\frac{LM}{MSN} \right) + 7.17 \times 10^{-5} \times (B \times \ln)^2, \quad (3.24)$$

де RH – стан;

ST – змінна типу поверхні;

AGE – кількість років з моменту будівництва або капітального ремонту;

LN – $\log_{10}$ сукупних еквівалентних осей;

MSN – модифікований номер конструкції;

B – відхилення променя Бенкельмана, (0,01 мм).

Ще одна модель прогнозування Альбертського індексу комфорту їзди (RCI) – заснована на рівності та описується наступним чином [193]:

$$RCI = -5.998 + 6.870 \times \log(RCI_B) - 0.162 \times \log(AGE_2 + 1) + 0.185 \times AGE - 0.084 \times AGE \times \log(RCI_B) - 0.093 \times AG, \quad R_2 = 0.84, \quad (3.25)$$

де RCI_B – попередній RCI .

Згадані моделі вказують на те, що найважливіші змінні використовуються при оцінці шорсткості - це вік та потік транспорту. Дані математичні рівняння та моделі є моделями розробленими в різних частинах світу з метою надання інформації про важливі змінні та показники оцінки показників стану доріг, які слід враховувати при моделюванні стратегій експлуатації дорожнього покриття.

В [2] запропонована модель, коли для кожного стану виконується оцінка для прогнозу відсотка ділянок елемента, що їх стан:

- а) залишиться такими ж самим;
- б) перейде в інший стан.

Така модель потребує калібрування з урахуванням накопичення історичних даних про зміни стану конкретного елемента дороги або активу (рис. 3.16) [2].

Вітчизняним науковцем, Радовським Б.С., було описано модель деградації дорожнього покриття на основі капітальності конструкції, якості будівництва і властивостей матеріалів [108], що базується на випробуваннях дорожнього одягу на полігоні Американської Асоціації державних дорожніх службовців (AASHO), які стали основою для функціонування Pavement Management System (PMS). Криві деградації побудовані за формулою [108]:

$$PCI(t) = 100 \times \Phi \left[\frac{1}{c} \left(1 - \left(\frac{t}{T} \right)^{\frac{1}{b}} \right) \right], \quad (3.26)$$

де $PCI(t)$ – показник експлуатаційного стану покриття;

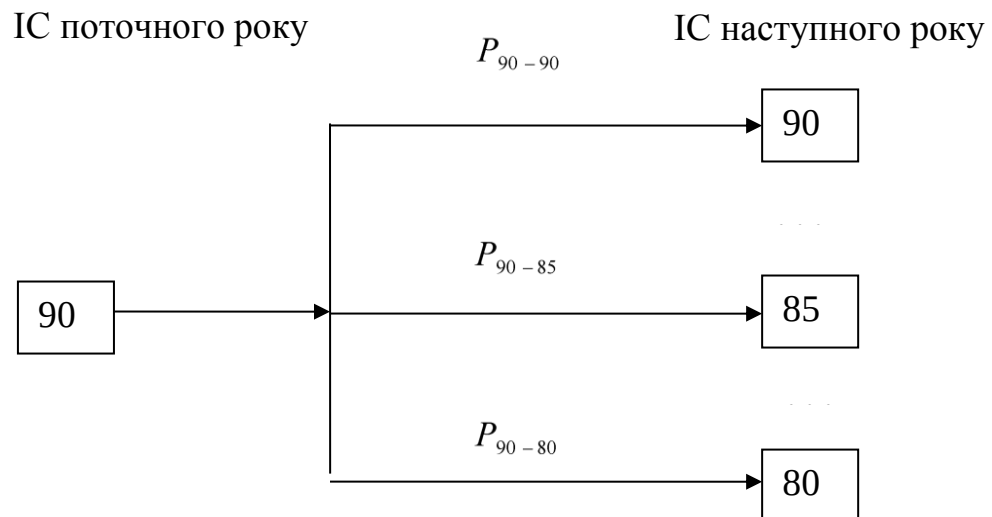
$\Phi(x)$ – інтеграл ймовірності;

t – час, після закінчення якого визначається цей показник;

T – час до зниження первісної оцінки вдвічі, залежний від конструкції дорожнього одягу, природних умов її роботи і інтенсивності руху, приведеної до розрахункового осьового навантаження;

b – постійна, що характеризує опір матеріалу повторним навантаженням;

c – коефіцієнт варіації, що характеризує розкид запасу міцності щодо його середнього значення.



$$\sum P_{ij} = 1.$$

Рисунок 3.16 – Зміна експлуатаційного стану покриття при різних стратегіях проведення ремонтів

Згідно досліджень Радовського Б.С. прийняття рішення про вид ремонту залежить від експлуатаційного стану покриття, а при прогнозуванні

зміни стану дорожнього одягу в часі слід виходити з закономірностей поведінки дорожньо-будівельних матеріалів при повторних навантаженнях, так як всі види пошкоджень обумовлені багаторазово повторюваними силовими або температурними впливами.

Інша класифікація моделей прогнозу експлуатаційного стану полягає у їх розподілі на індивідуальні (які стосуються конкретної ділянки дороги, або окремого активу) та групові.

В деяких дослідженнях [180] використовується індивідуальна сегментна модель, яка ґрунтується на історичних даних про окремий сегмент мережі автомобільних доріг, та групова – яка визначає стратегії ремонтів для групи сегментів.

В роботах [181, 2] пропонується розглядати дорожні активи згідно мультиструктурного підходу та враховувати фізичний та функціональний знос у вигляді рівневого коефіцієнта якісного стану. Проте, залишається відкритим питання визначення рівня якісного стану кожного елементу та його впливу на сукупний якісний стан дорожнього активу. В роботах [194-195] пропонується визначати рівень якісного стану активів дорожньо-транспортної інфраструктури за кваліметричною моделлю. Такий підхід був запропонований як базовий в роботі [196] з осмисленням проблеми вимірювання та оцінки якості в поєднанні з проблемою управління якістю продукції та робіт у суспільному виробництві. Проте, цей підхід стосувався лише об'єктів цивільного та промислового будівництва.

Сучасні дослідження базуються на оцінюванні рівня якості за безрозмірною шкалою [197], використовуючи інформаційно-процесну модель [198]. Такий підхід до оцінки рівня якісного стану докорінно відрізняється від традиційного. Так як якості об'єкта дослідження не розглядаються окремо, а визначається один узагальнений показник, який характеризує сумісний вплив кожної якості на об'єкт. Переваги застосування фундаментальних принципів кваліметрії для інтерпретації якісних параметрів виробничого середовища доводяться багатьма дослідниками в

різних галузях [194-196]. Важливість математичної формалізації інформації про рівень якісного стану об'єктів дорожньо-транспортного комплексу підкреслюється в [199].

Оцінювання якісного стану автомобільних доріг – це комплексна, наукова, технічна, економічна і соціальна проблема. Адже, якість доріг значною мірою залежить від якості багатьох складових на усіх стадіях здійснення інфраструктурного проекту:

- рівня якості робіт, виконуваних з проектування, будівництва, ремонтів, експлуатаційного утримання; якості будівельних матеріалів, конструкцій;
- рівня технології та технологічного забезпечення виробництва; організаційних чинників;
- режиму руху, навантажень, кліматичних умов тощо.

Саме тому важливо правильно оцінювати якість доріг – відповідність їх транспортно-експлуатаційного стану нормативним та споживчим вимогам. Досить тривалий час науковці намагаються узагальнити параметри, що визначають якість доріг, і привести їх до одного комплексного показника якості. Проте, розв'язок цієї наукової задачі ускладнений багатомірністю параметрів якості доріг та відсутністю достатньої кількості статистичних даних. Одним з підходів до вирішення цього питання є використання так званої «кваліметрії» до оцінки транспортно-експлуатаційного стану автомобільної дороги [194, 104, 195].

Термін «Кваліметрія» (від латинського «квалі» - який, якої якості, і давньогрецького «метрео» - міряти, вимірювати) вперше був використаний в 1967-1968 роках для позначення наукової дисципліни, що вивчає методологію і проблематику кількісного оцінювання якості об'єктів будь-якої природи. Виникнення кваліметрії було пов'язано з осмисленням проблеми вимірювання та оцінки якості в поєднанні з проблемою управління якістю продукції та робіт у суспільному виробництві [200-202].

Кінцевою метою кваліметрії є розробка і вдосконалення методів, за допомогою яких якість конкретного оцінюваного об'єкта може бути виражене одним числом, що характеризує ступінь задоволення даним об'єктом громадської чи особистої потреби.

Для проведення оцінки автомобільної дороги за кваліметричною моделлю виникає необхідність розробки системи показників, які визначають її якість. Оцінки якості значною мірою залежать від показників, які характеризують властивості продукції, послуг, сукупність яких і утворює модель якості об'єкта, що оцінюється [196]. Ця залежність може призвести до можливого коливання якості об'єктів за різних наборів показників. У зв'язку з цим система показників, за якою оцінюється якість, мусить бути однозначною представлена, а також упорядкована (декомпозована) в ієрархічну структуру (так зване «дерево властивостей»), яка може бути представлена у вигляді графа (рис. 3.17) [203-205, 88].

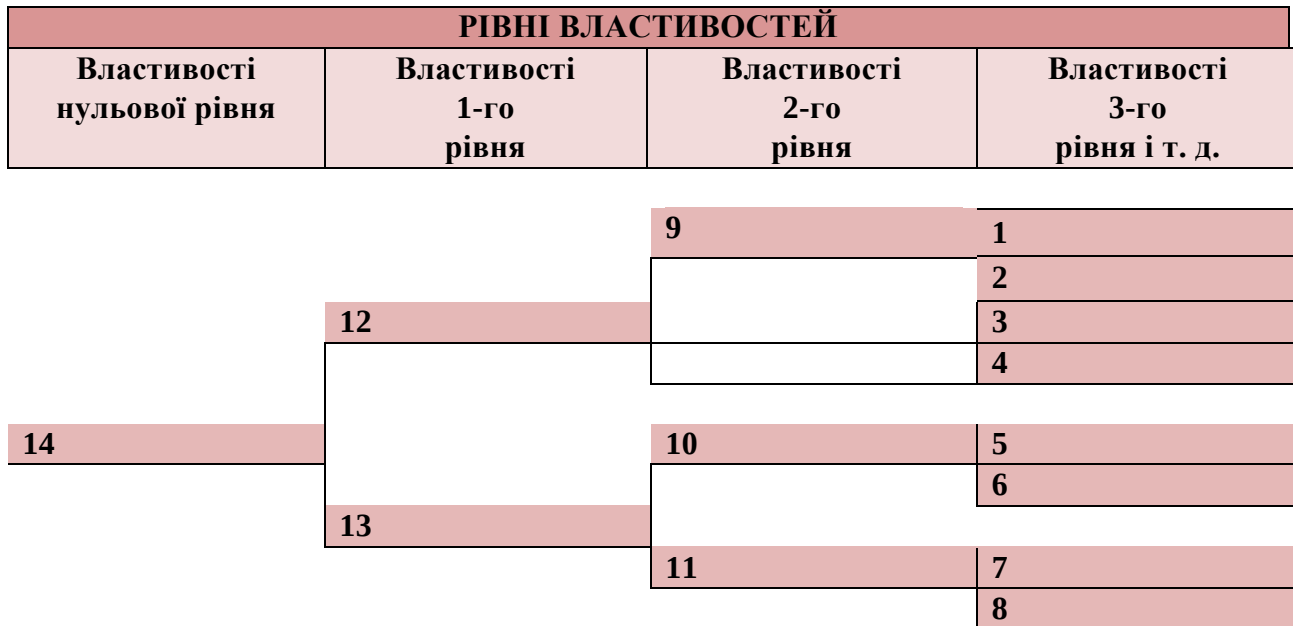


Рисунок 3.17 – Порядок нумерації властивостей моделі якісного стану

При цьому необхідно враховувати у «дереві властивостей» не тільки основні, але й другорядні показники, оскільки сумарна важливість усіх властивостей може істотно збільшувати похибку підсумкової оцінки якості.

Властивості якості на нульовому рівні можна охарактеризувати головними складовими частинами (також узагальненими) 1-го рівня, що характеризуються сукупністю властивостей другого рівня і т.д. Звідси випливає. Що властивості i -го рівня якості продукції визначаються властивостями більш високого $i+1$ -го рівня. Так, наприклад, якщо розглянути варіант укладання дорожнього покриття з використанням бітуму, то властивість (якість) мазуту впливають на якість бітуму, якість бітуму впливає на якість асфальтобетонного покриття, яке в свою чергу впливає на якість дороги. Отже, оцінка властивостей на i -му рівні обумовлюється вимогами властивостей $i-1$ -го рівня [195].

Будь-яка властивість продукції на кожному рівні кількісно оцінюється одиничним (диференціальним) показником якості, наприклад [195]:

$$K_i = \frac{P_{ia}}{P_{i\bar{o}}}, \quad (3.27)$$

де P_{ia} – абсолютне значення показника;

$P_{i\bar{o}}$ – базове, еталонне або прийняте за певну категорію значення показника даний час.

Значення K_i обчислюються таким чином, щоб збільшення цього коефіцієнта відповідало поліпшенню якості продукції.

При цьому необхідно врахувати вагомість властивості об'єкта оцінки. У зв'язку з цим, комплексна властивість продукції даного рівня являє собою суму добутків диференціального відносного показника властивості K_i на коефіцієнт вагомості m_i :

$$K_K = \sum_{i=1}^n K_i m_i. \quad (3.28)$$

Значення коефіцієнтів вагомості визначаються за допомогою різновидів експертного і неекспертного (аналітичного) методів.

Сумарна кількість коефіцієнтів вагомості властивостей на будь-якому з рівнів приймається постійною, рівною 1,0 або 100%, якщо коефіцієнти дані не в частках, а у відсотках. Таким чином існує залежність:

$$\sum_{i=1}^n m_i = 1,0(100\%) = \text{const}. \quad (3.29)$$

Такий зв'язок дозволяє визначати вплив будь-якої диференціальної властивості на комплексний показник якості на нульовому рівні за залежністю:

$$K_{in} = \prod_{ij}^n K_{ij}, \quad (3.30)$$

де $j \in [1, n], \{n \in N\}$ – рівні моделі якості продукції.

У дорожньо-будівельному виробництві оцінку якості автомобільної дороги можна здійснити, застосувавши методику, запропоновану В.М. Сіденком [194] (рис. 3.18).

Г.Г. Азгальдов в своїх наукових роботах розробив основи побудови дерева властивостей продукції, на основі яких, стосовно до дорожньо-будівельного виробництва, запропоновані наступні принципи побудови моделі (дерева) якості [206-207]:

1. Всі властивості рекомендується класифікувати за рівнями від нижчого (нульового) до найвищого (n -го). Нульовий рівень являє собою комплексний показник якості продукції. Найвищий (n -й) рівень повинен представляти прості неподільні властивості. Наприклад, щільність ґрунту, водонасичення, рівність покриття, естетичність дороги і т.д.

2. Необхідно побудувати модель з мінімальною кількістю класифікаційних рівнів в поєднанні з прийнятною точністю оцінки якості продукції.

В роботах Н.Т. Кавешнікова [195] запропоновано приклад побудови кваліметричної моделі інтегрального показника якості дороги на стадії її експлуатації (рис.3.19).

При цьому коефіцієнт якості окремих елементів доріг можна визначити по формулі:

$$K_{\mathcal{O}} = \sum_{i=1}^n P_i m_i, \quad (3.31)$$

де P_i – коефіцієнт якості розглянутого диференційного показника;

m_i – коефіцієнт вагомості розглянутого елемента дороги;

n – кількість показників розглянутого елемента дороги.

Комплексну оцінку якості розглянутої дороги можна визначити за формулою:

$$K_{\mathcal{D}} = \sum_{i=1}^n K_{\mathcal{O}i} m_{\mathcal{O}}, \quad (3.32)$$

де $K_{\mathcal{O}i}$ – коефіцієнт якості розглянутого елемента дороги;

m_i – коефіцієнт вагомості розглянутого елемента дороги;

n – кількість елементів розглянутої дороги.

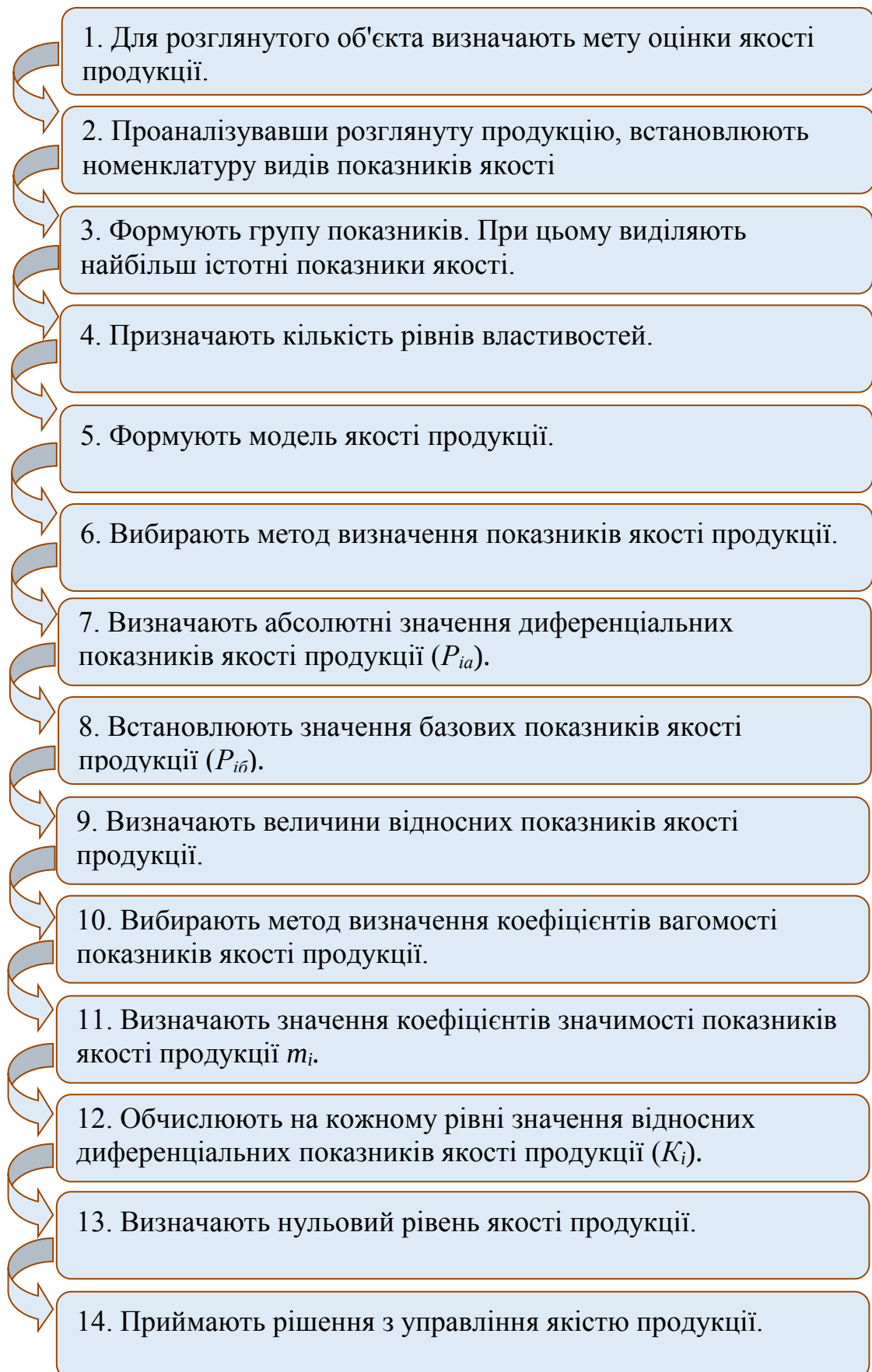


Рисунок 3.18- Методика оцінки стану доріг за кваліметричною моделлю

Приклад ієрархії ваги складових пріоритетних цілей дотримання якісного стану (фрагмент) наведено на рис.3.20.

Приклад [204] побудови кваліметричної інтегральної моделі якості експлуатаційного стану ділянки дороги Київ-Чернігів-Нові Яриловичі від 45 км. до 50 км., протяжністю 5 км. наведено на рис.3.21, де $K_k = 0,2041$, що визначено для заданої ділянки при визначених експертним методом коефіцієнтах вагомості параметрів «дерева властивостей».

(KI) 18.Коефіцієнт інтегральної оцінки	(K_к) 17.Комплексна якість	13.Експлуатаційна	1.Рівність покриття
			2. Шорсткість покриття
			3. Міцність ДО
		14.Ергономічна	4. Гігієнічні показники
	5. Відповідність вимогам споживачів		
	6. Естетичність дороги		
	15.Надійність	7.Безвідмовність	
		8.Довговічність	
		9.Ремонтопридатність	
	16.Технологіч-	10.Механізація робіт	
		ність	11.Трудосмкість
	12.Експлуатаційні витрати на утримання дороги		

Рисунок 3.19 - Приклад кваліметричної моделі інтегральної оцінки стану дороги на стадії її експлуатації

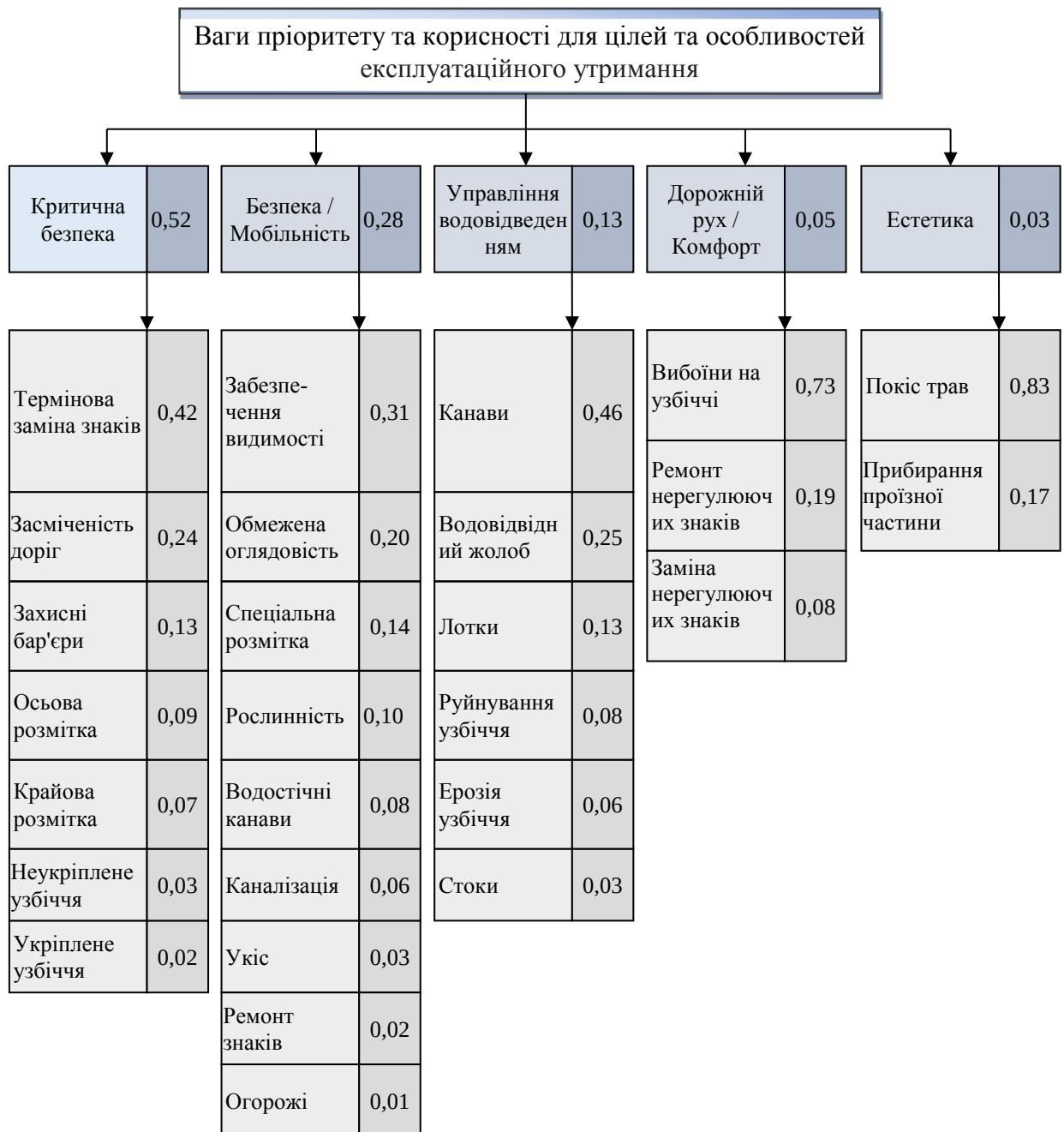


Рисунок 3.20 – Приклад ієрархії ваги складових пріоритетних цілей дотримання якісного стану (фрагмент)

Середньозважені значення об'єктів, доріг або їх ділянок, визначені за вищенаведеними залежностями, оцінюються наступним чином: від 3,0 до 3,75 - «задовільно»; від 3,76 до 4,50 - «добре» і від 4,51 до 5,00 - «відмінно» [195, 207].

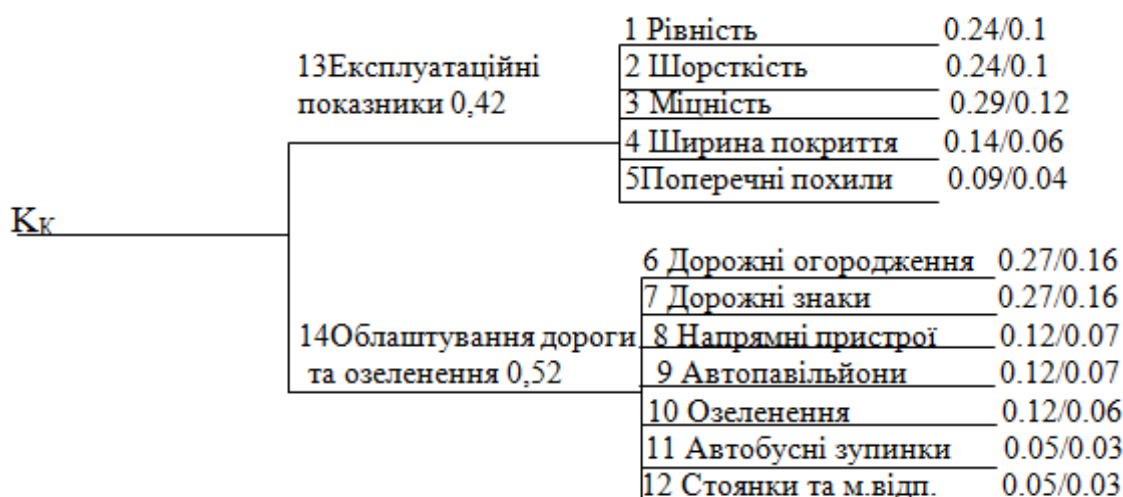


Рисунок 3.21 – Кваліметрична інтегральна модель якості експлуатаційного стану та облаштування дороги (на прикладі ділянки дороги Київ-Чернігів-Нові Яриловичі від 45 км. до 50 км. за даними 2014 року [204])

Отже, комплексний інтегральний показник оцінки якості експлуатаційного стану та облаштування дороги для ділянки дороги Київ-Чернігів-Нові Яриловичі від 45 км. до 50 км. за даними 2014 року відповідає оцінці «незадовільно».

Основними методами оцінювання вартості дорожніх активів на основі інтегральної оцінки стану дороги на стадії її експлуатації згідно [208, 88]:

- а) метод переоцінки / дооцінки активу.
- б) метод граничного стану.
- в) метод фіксованої вартості по відношенню до граничного стану.
- г) метод перенесеної вартості (заміщення).

Актуальною проблемою в розрізі розвитку державно-приватних відносин як у світі, так і започаткування цього процесу в Україні є вартісна оцінка, яка здійснюється за результатами технічної експертизи активів (рис.3.22).



Рисунок 3.22 – Роль оцінки майна в системі управління активами (адаптовано з Austroads)

За визнанням Американської асоціації державних автомобільних доріг і транспорту (American Association of State Highway and Transportation Officials - AASHTO) і Федерального управління автомобільних доріг (Federal Highway Administration – FHWA), ключовий елемент управління дорожніми активами є визначення їх поточної вартості. Оцінка активів включає не тільки вартісну вимірю в звітності про наявність майна у дорожнього агентства, а й визначення потреби в фінансуванні щодо його відновлення, підтримки стану або поліпшення.

Для вирішення цієї проблеми може бути використаний функціонально-типологічний аналіз, заснований на розгляді якості як системи. При цьому розрізняють зовнішні споживчі якості (властивості), за якими судять про здатність автомобільних доріг задовольняти певні потреби відповідно до призначення, і внутрішні споживчі якості – фізичні, що зумовлюють зовнішні якості і характеризують дорогу як цілісний об'єкт (створюваний і експлуатований).

Експлуатаційний якісний стан елементу дороги згідно з [180, 117] ґрунтується на безрозмірній шкалі рейтингу стану [181], яка відображує спільний вплив на стан різних типів пошкоджень, а елементи дороги протягом життєвого циклу перебувають послідовно в одному з п'яти експлуатаційних станів (табл. 3.8).

Таблиця 3.8 – Класифікація експлуатаційних станів елементів доріг

Експлуатаційний стан	Назва стану	Границі рейтингу стану елементу, балів
Стан 1	Відмінний	понад 80 до 100 включно
Стан 2	Добрий	понад 60 до 80 включно
Стан 3	Задовільний	понад 40 до 60 включно
Стан 4	Поганий	понад 20 до 40 включно
Стан 5	Аварійний	понад 0 до 20 включно

Кожен тип пошкодження характеризуються двома параметрами:

- рівнем серйозності;
- рівнем розповсюдження.

Рівень серйозності характеризує ступінь або міру ураження елементу, а рівень розповсюдження – ступінь охоплення елементу пошкодженням. Як правило, рівень серйозності поділяється на три рівні: низький, середній і великий [181]

Кожне пошкодження окремо впливає на рейтинг стану елементу дороги. Рейтинг пошкодження визначається інтерполяцією між граничними

значеннями інтервалів розповсюдження пошкоджень, які відповідають експлуатаційним станам [181, 2]:

$$r_{ij}^{PC} = b_{ij}^{\max} - \frac{PP_i^{PC} - P_{ij-1}^{PC}}{P_{ij}^{PC} - P_{ij-1}^{PC}} \times (b_{ij}^{\max} - b_{ij}^{\min}), \quad P_{ij-1}^{PC} < PP_i^{PC} \leq P_{ij}^{PC}, \quad (3.33)$$

де r_{ij}^{PC} – рейтинг i -го пошкодження з рівнем серйозності PC в j -му експлуатаційному стані;

$b_{ij}^{\max}$ – верхня границя для j -го стану в балах;

PP_i^{PC} – фактичний вимірний (оцінений візуально або інструментально) об'єм пошкодження (рівень розповсюдження);

P_{ij}^{PC} – границя рівня розповсюдження i -го пошкодження j -го стану;

$b_{ij}^{\min}$ – нижня границя для j -го стану в балах.

Стан елемента визначається через рейтинг в залежності від сумісного впливу кожного пошкодження елемента.

Для визначення стану елемента в цілому по всім зафіксованим пошкодженням розраховується його рейтинг:

$$R_i^e = f_{n_i} \left(\sum_{j=1}^{j=n_i} [100 - r_{ij}] \right), \quad j = 1 \dots n_i, \quad (3.34)$$

де R_i^e – середньозважений рейтинг стану i -го елемента;

f_{n_i} – функція обчислення рейтингу, яка враховує сумісний вплив на стан елемента декількох пошкоджень.

Для всіх видів елементів застосовуються однакові функції f_{n_i} [181, 2].

Для обчислення f_{n_i} скористуємось залежностями, отриманими в [181, 2].

Позначимо $x = \sum_{j=1}^{j=n_i} [100 - r_{ij}]$:

для одного пошкодження:

$$f_1 = x; \quad (3.35)$$

для двох пошкоджень:

$$f_2 = -3,95 + 0,78x - 0,0014x^2; \quad (3.36)$$

для трьох пошкоджень:

$$f_3 = -7,76 + 0,75x - 0,0013x^2; \quad (3.37)$$

для чотирьох пошкоджень:

$$f_4 = -13,05 + 0,74x - 0,0012x^2; \quad (3.38)$$

п'ять пошкоджень і більше:

$$f_5 = -14,83 + 0,69x - 0,0011x^2; \quad (3.39)$$

r_{ij} – рейтинг стану j -го пошкодження;

n_i – число спостережених пошкоджень i -го елементу.

Стан елементу визначається в залежності від обчисленого рейтингу:

$$C_i^e = j, b_j^{\min} < R_i^e \leq b_j^{\max}, \quad (3.40)$$

де C_i^e – стан i -го елементу j -го пошкодження;

j – номер стану;

$b_j^{\min}$ – нижня границя рейтингу j -го стану;

R_i^e – рейтинг елементу;

$b_j^{\max}$ – верхня границя рейтингу j -го стану.

Виконання різних видів ремонтних робіт призводить до різних значень величини підвищення рейтингу і до переходу до кращого стану елементу дороги. Визначення величини підвищення рейтингу здійснюється через застосування моделі впливу ремонтів, яка звичайно задається таблицею з трьома входами: вид ремонту, інтервал рейтингу стану, вплив даного виду ремонту на підвищення рейтингу елементу дороги [192].

Виходячи із запропонованих моделей програма (пакет проектів) формується за підходом, який враховує (рис. 3.1):

- моделі оцінювання та прогнозування стану автомобільної дороги;
- модель оцінки ефективності ремонтно-відновлювальних заходів;
- модель оптимізації проектів в програмі.

При цьому, алгоритм оптимального рівня втручання для елементу автомобільної дороги при формуванні стратегій (ремонтно-відновлювальних заходів) обґрунтовано згідно досліджень [209, 210, 110] (рис. 3.23).

Покроково алгоритм здійснюється в наступній послідовності (рис.3.24) [110]:

- задається список типів пошкоджень елементу;
- встановлюються спостережені рівні серйозності та розповсюдження кожного пошкодження;
- визначається сумісний вплив на рейтинг елементу всіх пошкоджень;
- будується феноменологічна модель деградації елементу;

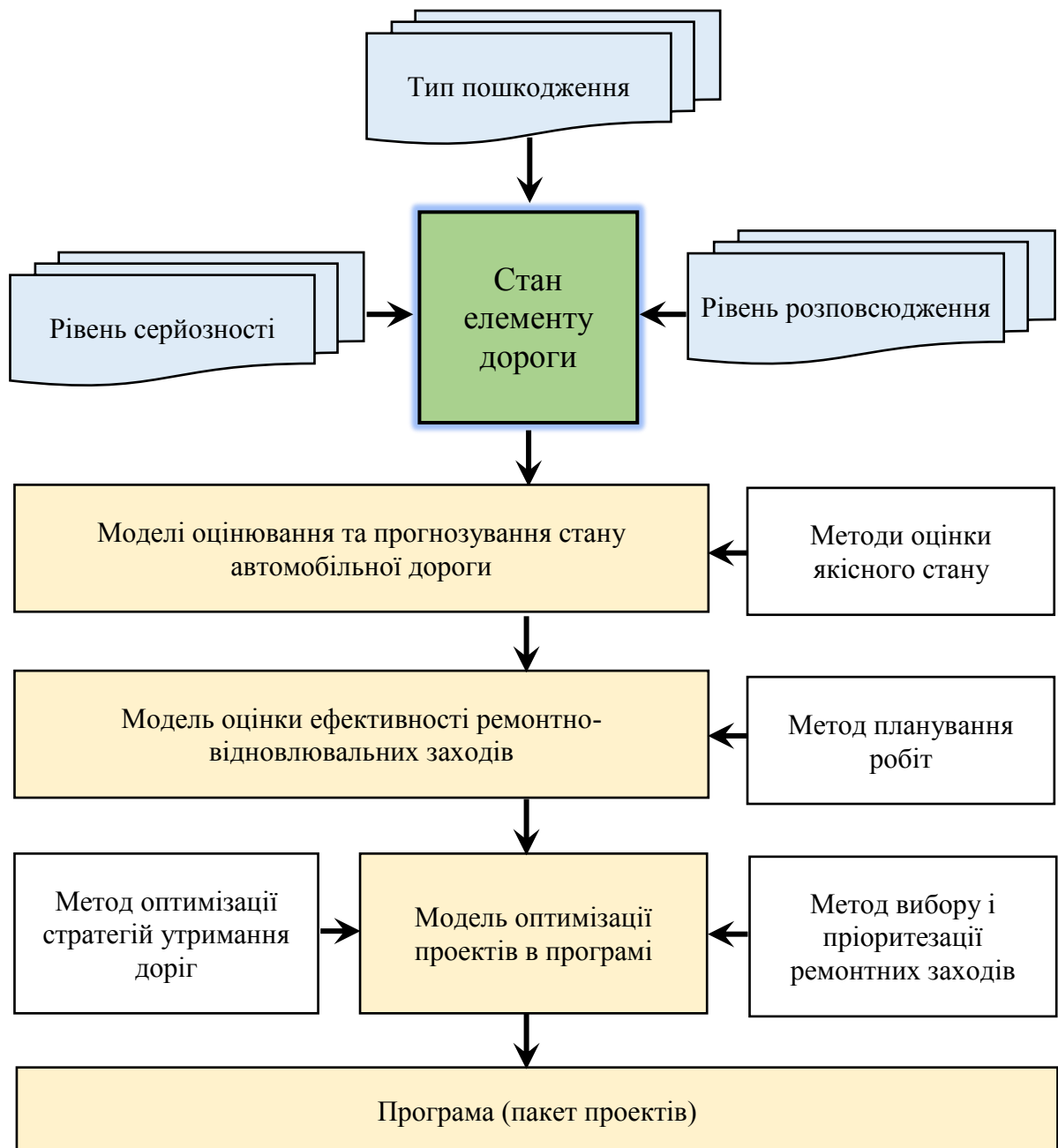


Рисунок 3.23 – Підхід формування програми на основі моделі визначення стану елементу дороги

- пропонується вираз для цільової функції оптимізації рівня втручання, яка враховує: початковий рейтинг елементу, вік елементу, швидкість деградації, залежний від часу фактичний (модельний) рівень рейтингу, вид ремонтних заходів, вплив ремонтних заходів на рейтинг стану елементу, вартість ремонтних заходів;

- розроблюється алгоритм оптимізації рівня втручання.

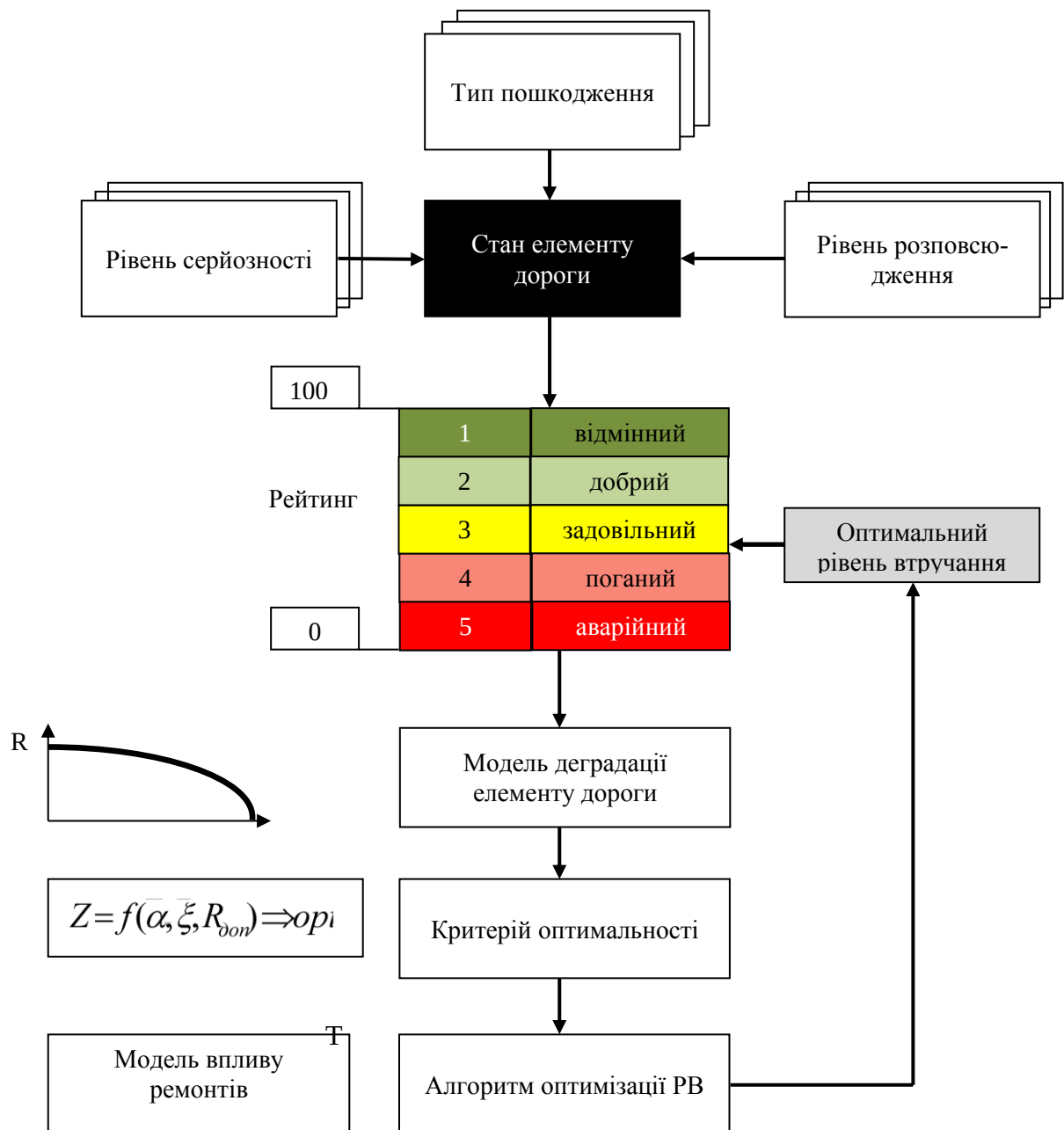


Рисунок 3.24 – Підхід на основі рейтингу експлуатаційного стану елементу дороги: у виразі цільової функції [25, 26]

На рис. 3.24 $\bar{\alpha}$ – вектор детермінованих параметрів; $\bar{\xi}$ – вектор випадкових параметрів; R_{don} – допустимий РВ.

В якості алгоритму оптимізації рівня втручання в [110] запропоновано застосувати генетичний алгоритм (ГА).

Класифікація можливих пошкоджень, розроблена в [2], наведена в «Інструкції по визначенню рівнів експлуатаційного стану автомобільних доріг державного значення та їх елементів» [181] та в [2].

3.4 Підходи до визначення ефективності стратегії ремонтно-відновлювального заходу

За результатами аналізу в дослідженні прийнято, що дорожні активи протягом життєвого циклу перебувають послідовно в одному з п'яти експлуатаційних станів. Управляючи програмою та пакетом проектів в ній, проектний менеджер може змінювати стратегії ремонтів та експлуатаційного утримання доріг, таким чином впливаючи на результат програми та якісний експлуатаційний стан.

У дослідженнях із управління дорожнім покриттям ця немонетизована перевага чи ефективність часто виражається принаймні в одній із трьох форм [97]:

- продовження терміну служби;
- середній продуктивності активу;
- площі, обмеженій кривою експлуатаційних якостей.

Концепція визначення площі, обмеженої кривою зміни експлуатаційного стану, вважається кращою за інші, оскільки вона втілює концепцію продовження життєвого циклу. Це згідно підходів Sodikov [97] узгоджується з міркуванням, що кращий експлуатаційний стан для більш тривалих програм забезпечує більші переваги, ніж низький для короткострокових (річних) програм. Математична формула конкретної області, обмеженої кривою зміни експлуатаційного стану, наведена в рівнянні:

$$D \cup S_{G,i} = \left[\int_0^{t_{G(\max t)}} S_i dt - \left\{ \int_{t_{G(tr)}}^{t_{pG}} S_{G,0} dt - S_{los}(t_{pG} - t_{G(tr)}) \right\} \right] \pm \varepsilon, \quad (3.41)$$

де $S_{G,0}$ – показник стану для нової (або відремонтованої до умовного нульового стану) дороги;

$S_{G,i}$ – стан після виконання i -го ремонтно-відновлювального заходу;

S_{los} – прийнятий показник для рівня обслуговування;

t_{pG} – фактичний час від початку функціонування дороги до i -го ремонтно-відновлювального заходу;

$t_{G(tr)}$ – час до трігера (втручання);

ε – відхилення, яке визначається емпіричним шляхом.

Функція ефективності стратегії ремонтно-відновлювального заходу має вигляд:

$$f_i(G) = \sum_{g=1}^k \sum_{i=0}^n \int_0^{t(i)} S_{G,t} dt - S_{los} t(i), \quad (3.42)$$

де g – кількість альтернативних стратегій, $g \in [1; k], \{k \in N\}$;

i – кількість можливих ремонтно-відновлювальних заходів в аналітичному періоді, $i \in [0; n], \{n \in N\}$.

Вибір найкращої альтернативи вимагає проведення економічного аналізу для порівняння економічної ефективності всіх можливих варіантів. Процедура економічного аналізу, яка також називається аналізом витрат життєвого циклу, порівнює альтернативи стратегій із використанням загальновідомого підходу визначення поточної вартості:

$$PV = IC + \sum_{j=1}^k MR_j \times \left[\frac{1}{1+i_r} \right]^{n_j} \times \varphi - GV \times \left[\frac{1}{1+i_r} \right]^T, \quad (3.43)$$

де PV – поточна вартість витрат на застосування стратегії;

IC – вартість інвестицій у відновлення активу або у заходи з утримання;

k – кількість майбутніх заходів;

MR_j – вартість j -ї майбутньої діяльності (ремонтів або експлуатаційного утримання);

i_r – ставка дисконтування;

n_j – кількість років з теперішнього до j -го майбутнього заходу;

φ – коефіцієнт, що враховує ймовірність відхилення виконання програми через зовнішні впливи;

GV – вартість незастосованих але необхідних заходів;

T – тривалість періоду аналізу, роки.

Переважає більшість функціонуючих моделей прогнозування стану зосереджені на визначенні очікуваного стану доріг за усередненими показниками без урахування ризику виникнення можливих робіт з утримання. Фактично ж тривалість життєвого циклу доріг не можна точно передбачити, завжди є ймовірність певного відхилення показників стану від прогнозних значень (рис.2.15).

Вплив таких варіацій продемонстрували на простому прикладі Козаків і Кук [5]. Якщо, наприклад, витрати на відновлення усієї мережі автомобільних доріг складуть 1 мільярд доларів з передбаченою тривалістю життєвого циклу мережі 14 років, тоді протягом цього періоду, щорічно на утримання мережі буде припадати 71,4 млн. дол. Однак, якщо фактична тривалість життєвого циклу дорожнього покриття складає 15 років, то щорічні витрати на утримання будуть у розмірі 66,7 млн. дол. Отже, існує похибка у розмірі 4,7 млн.дол. / рік.

Отже, як вже було зазначено, життєвий цикл дороги є випадковою величиною і, тому, містить елементи ризику. Ризик виникає не тільки через те, що тривалість життєвого циклу доріг випадкова невизначена величина, а й через невідповідність критеріям ефективності, зазначеним в контракті.

Наприклад, якщо критичне значення показника PCI на рис. 3.25 піднімається або опускається, тривалість життєвого циклу покриття зменшується або збільшується відповідно. Таким чином, допустимий рівень

PCI вказаний в технічному завданні також може слугувати фактором ризику підвищення вартості утримання за контрактом.

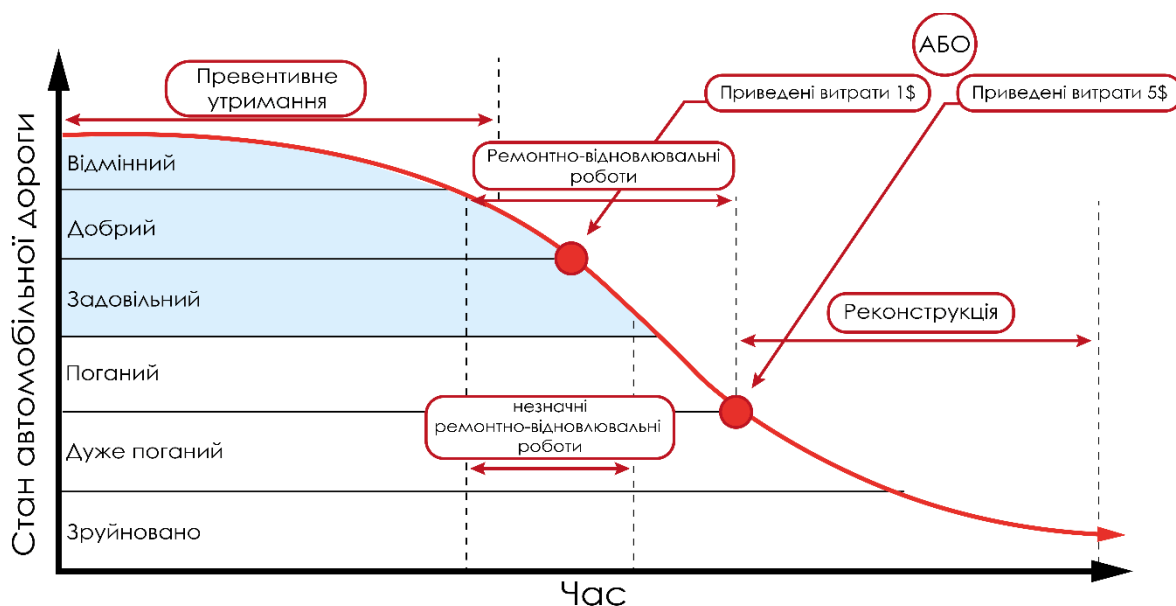


Рисунок 3.25 – Призначення заходу залежно від стану автомобільної дороги

Хоча, теоретично, вся дорожня мережа може бути у стані, що задовольняє критичне значення показника PCI за контрактом, це може створити додаткове фінансове навантаження дорожнім агентствам. Таким чином, можна припустити, що існує номінальний відсоток доріг від усієї мережі, де може бути дозволено значення PCI нижче прийнятого у контракті рівня при умові, що це не істотно вплине на рівень обслуговування (LOS). Цей номінальний відсоток доріг може змінюватись різними агентствами для доріг різної категорії. Проте, це також може слугувати фактором виникнення ризику при оцінці ефективності довгострокових контрактів.

Важливо знайти оптимальні стратегії з експлуатаційного утримання доріг, щоб переконатися, що активи добре підтримуються з економічними витратами та вигодами. Стратегія експлуатаційного утримання означає найкращий графік виконання робіт та заходів, найкращий вид заходу на кожному етапі життєвого циклу автомобільної дороги. Більшість моделей оптимізації мають один критерій якісного стану (сукупні показники), який

максимізується щодо загальної чи річної витрати на утримання [70]. Цей критерій у світовій практиці, як правило, є індексом стану дорожнього покриття (PCI) або іншим форми індексів, такі як міжнародний індекс рівності (шорсткості) (IRI). Перевага використання єдиного критерію оцінки якісного стану (за кількома показниками пошкоджень та стану) полягає в його мультиструктурності.

Однак одним з недоліків є те, що сукупні заходи лише вказують на загальний стан дорожнього покриття та не забезпечують розподіл різних проблем по елементах.

Існує два загальноприйнятих підходи до формулювання моделі оптимізації стану покриття [28]. Перший використовує модель, яка дає найменші витрати на політику утримання за умови, що дорога підтримується як мінімум за стандартами, а другий - розробити модель, яка дає найкращий можливий рівень утримання дороги в рамках бюджетних обмежень. У будь-якому випадку дорога з часом погіршується і це потрібно передбачити. Обидві моделі можуть базуватися на формулюванні проблеми як обмеженого процесу рішення Маркова і лінійному програмуванні, що може бути використано для пошуку оптимальних рішень.

Основне припущення про Ланцюг Маркова полягає в тому, що сучасний стан включає всю інформацію, необхідну для майбутнього передбачення, тобто інформація про попередні ситуації не потрібна. Звідси ймовірності переходу P_{ij} можна визначити наступним чином:

$$P_{ij} = P(X_{t+1} = j | X_0 = i_0, X_1 = i_1, \dots, X_t = i) = P(X_{t+1} = j | X_t = i). \quad (3.44)$$

Якщо ймовірності переходу не залежать від t , то ланцюг Маркова нерухомий, але за даними Плазмейера, більшість процесів погіршення доріг не є нерухомими через деякий час. Щоб моделювати погіршення стану доріг ланцюгами Маркова, потрібно взяти до уваги що це, швидше за все, призведе до нестационарного процесу.

Ланцюг рішень Маркова – це ланцюг, який може бути змінений діями і де можна знайти оптимальні дії.

Критерієм, щоб знайти найкращу дію, приймають, оптимізувавши довгострокову перспективу, очікуваної середньої винагороди або шляхом знаходження найнижчої загальної вартості зі знижкою на розв'язування набору рівнянь.

$$g_i(R) = \lim_{n \rightarrow \infty} \inf \left(\frac{1}{N+1} \right) \sum_{k=0}^N \sum_{j \in E} P_{ij}^k(R) r_j(\pi^{k+1}). \quad (3.45)$$

$$v^a(R) = \sum_{k=0}^{\infty} \alpha^k p^k(R) r(\pi^{k+1}), \quad (3.46)$$

де π – правило прийняття рішення;

$P(\pi)$ матриця з $P_{ij}(\pi(i))$ як i -го елемента;

$r(\pi)$ вектор p з r і $\pi(i)$ як i -й елемент.

Існує три методи рішення для пошуку оптимальної політики утримання доріг: модель оптимізації, моделювання та лінійне програмування.

Визначений необхідний стан дороги формує стратегії утримання доріг на перспективу. Стратегії утримання доріг можуть складатися із заходів, які можуть бути засновані на критеріях часу або на забезпеченні стану, як показано на рис. 3.26.

Роботи з утримання, заплановані в задані інтервали можуть бути регулярними або нерегулярними. Ці інтервали можуть визначатися в залежності від часу, накопиченого навантаження і погодних умов. З іншого боку, роботи з утримання, визначені на забезпеченні конкретного стану здійснюються в той час, коли стан покриття досягає певного порогового значення.

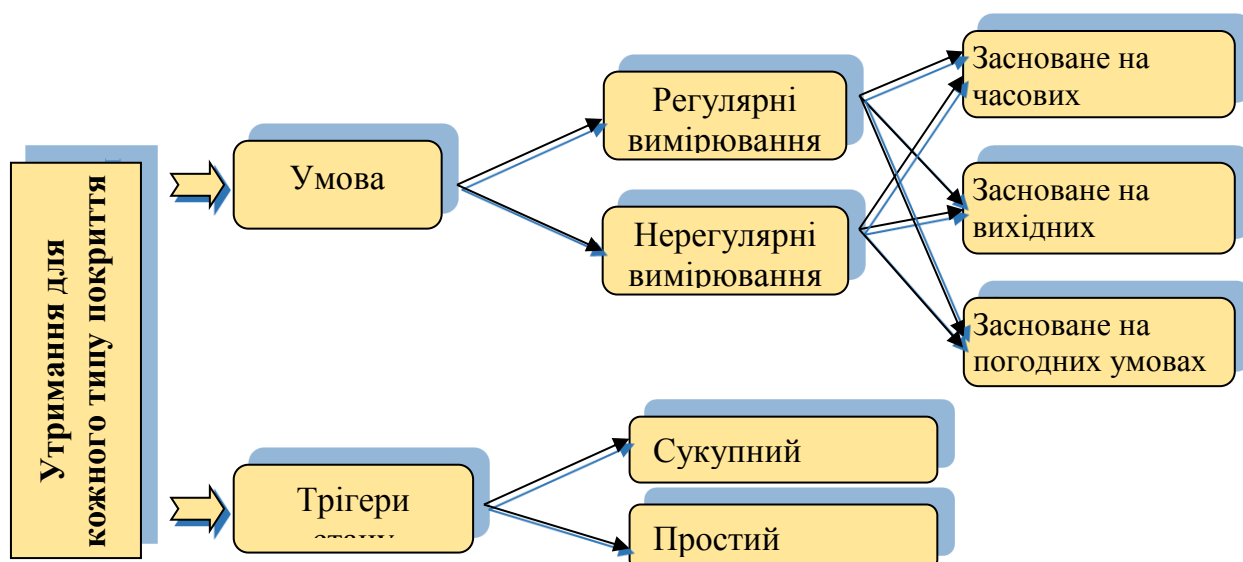


Рисунок 3.26 – Критерії формування стратегій утримання доріг (адаптовано з [5])

Критерій стану покриття може бути сукупним або деталізованим, що означає використання при прийнятті управлінських рішень одного складного показника ефективності або декількох.

Більшість моделей управління використовувати методи оптимізації, щоб знайти оптимальну стратегію забезпечення належного стану. Здебільшого ці моделі ґрунтуються на одному критерію ефективності (агрегованому показнику), який максимально відображає витрати на повне або річне утримання [5]. Це, як правило, індекс стану покриття (PCI) або інші форми індексів, наприклад, Міжнародний індекс рівності (IRI). Перевага використання одного складного критерію ефективності полягає в тому, що немає ніякої необхідності проводити моніторинг окремих зон кожного показника руйнування дорожнього покриття. Однак, недоліком є те, що агреговані показники даючи уявлення про загальний стан дорожнього покриття не в змозі передбачити розподіл різних руйнувань.

Критерій, що базується на використанні системи показників ефективності, використовується дорожніми агентствами більшості штатів США.

Виконаний огляд літературних джерел засвідчив недолік досліджень в області аналізу витрат на основі оцінки виконання контрактів з утримання доріг. У роботі Moynihan вказано на факт, що ні державні органи, ні підрядники не можуть точно розрахувати реальну вартість так званих «гарантійних зобов'язань» [5]. Вони пояснюють відсутність такої методології насамперед недоліком історичних даних в цій області. Деякі дослідники для визначення цих витрат використовують так звані матриці відмов, ймовірностей, діапазону, ремонтних заходів [5]. Приклад такої матриці наведено в табл.3.9.

Тоді вартість гарантійних зобов'язань буде визначатися як добуток вартості ремонтного заходу на вказаний діапазон і ймовірності настання руйнування.

Цей метод визначення вартості гарантій у контрактах вважається ефективним, оскільки він дозволяє врахувати декілька можливих ризиків невідповідності стану доріг завданим параметрам. Проте, на практиці може бути декілька циклів, що включають погіршення стану і ремонтно-відновлювальні роботи, протягом дії контракту, що не було враховано в запропонованій методиці.

Таблиця 3.9 – Матриця відмов, ймовірностей, діапазону, ремонтних заходів

Відмови	Ймовірність, %	Діапазон	Ремонтний захід
Рівність та структурні тріщини	5	5000 м ²	Поверхнева обробка
Колії	5	Весь	Мікро-обробка
Поверхневі тріщини	1	Весь	Заміна верхнього шару
Розшарування	5	Весь	Заміна шарів
Випаровування / стирання	5	Весь	Заміна верхнього шару

Також у світовій практиці використовується підхід, що базується на короткострокових гарантіях і є більш надійним. Проте недоліком цього підходу є те, що він базується на одному агрегованому критерію.

Висновки до розділу 3

1. Розглянуто математичну модель обґрунтування стратегії відновлення стану автомобільних доріг на основі проектів, які реалізуються через довгострокові (договори) контракти про утримання автомобільних доріг загального користування за принципом забезпечення їх експлуатаційного стану. Математична модель обґрунтування стратегії відновлення стану автомобільних доріг включає застосування методу еталонів (нормативного методу), інвентаризації даних, оцінки поточного стану дорожньої мережі, прогнозування деградації дорожнього покриття, економічної оцінки альтернативних ремонтно-відновлювальних заходів та експлуатаційного утримання, пріоритезації заходів, призначення головних компонентів проектів, які реалізуються у вигляді довгострокових контрактів.

2. В роботі досліджено світову практику визначення інтегрального (комплексного) показника експлуатаційного стану автомобільних доріг (зокрема, досліджено комплексні показники – індекс обслуговування PSI (Present Serviceability Index), індекс стану покриття PCI (Pavement Condition Index), інтегральний показник стану за кваліметричною моделлю та ін.). Проведено зіставно-порівняльний аналіз методів: визначення комплексного показника стану на основі інструментального та візуального обстеження, використання експертних інженерних суджень та досвіду, використання експертно-аналітичних (комбінованих) методів, підходи Американської асоціації державних службовців автомобільних доріг та транспорту AASHTO, Світового банку, а також вивчені дослідження зарубіжних та вітчизняних вчених з цього приводу.

3. Оцінка якісного стану часто проводиться з метою вирішення задачі оптимізації якості об'єкта, тобто досягнення найкращого співвідношення між одержуваним від використання об'єкта корисним ефектом і визначення ступеня відповідності об'єкта оцінки заданому еталону. Оптимізація оцінки якості є складним, багатокритеріальним завданням.

4. Визначено, що головною перевагою використання єдиного комплексного критерію оцінки якісного стану (за кількома показниками пошкоджень та елементами активу) полягає в його мультиструктурності. Однак, одним з недоліків є те, що комплексні показники лише вказують на загальний стан дорожнього активу та не забезпечують розподіл різних проблем по елементах.

5. В роботі проведено аналіз різних підходів до прогнозування майбутнього стану автомобільних доріг. Зокрема, розглянуті: класифікація моделей прогнозування стану за Mahoney, яка поділяє моделі на два класи – детерміновані та ймовірнісні; класифікація за дослідженнями Naas, який згрупував більшість моделей в такі класи: емпіричні, механіко-емпіричні та ймовірнісні моделі деградації елементів доріг, та підходи вітчизняних вчених.

6. За результатами аналізу в дослідженні прийнято, що дорожні активи протягом життєвого циклу перебувають послідовно в одному з п'яти експлуатаційних станів. Управляючи програмою та пакетом проектів в ній, проектний менеджер може змінювати стратегії ремонтів та експлуатаційного утримання доріг, таким чином впливаючи на результат програми та якісний експлуатаційний стан.

Вибір альтернативних рішень щодо утримання чи ремонту може бути заснований на інженерних рішеннях, місцевому досвіді чи політиці.

Матеріали розділу представлені в роботах [3, 88, 148-151, 156, 160, 161, 177, 187, 190, 200-204].

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ДОВГОСТРОКОВОГО ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО УТРИМАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

4.1 Застосування мультиструктурного підходу до управління програмою експлуатаційного утримання доріг

Розробка та впровадження методологічних принципів управління програмою експлуатаційного утримання доріг, як вже було зазначено, вимагає виконання певних етапів, таких як застосування методу еталонів (нормативного методу), інвентаризації даних, оцінки поточного стану дорожньої мережі, прогнозування погіршення стану (деградації), економічної оцінки та пріоритезації альтернативних заходів і проектів (рис.4.1) [211].

Першим кроком є обґрунтування методу еталонів та підбір необхідної нормативно-технічної документації для його застосування при порівнянні фактичних якісних показників дорожніх активів з нормативними значеннями.

Наступним кроком є отримання різних типів історичних даних з реалізації попередніх проектів, які здійснювалися на різних фазах життєвого циклу автомобільної дороги (зокрема, данні паспорту щодо геометричних параметрів та конструктивних елементів, виконаних ремонтно-відновлювальних заходів, оцінки впливу на довкілля, інтенсивність дорожнього руху та навантаження, а також данні вартісних оцінок та інвентаризацій).

Збір та раціональне використання даних про дорожній рух та навантаження (наприклад, про середньодобову інтенсивність дорожнього руху, частку вантажних автомобілів, зростання пасажирських перевезень,

річні еквівалентні навантаження) за рекомендаціями AASHTO мають вирішальне значення в моделях прогнозування стану дорожніх активів.

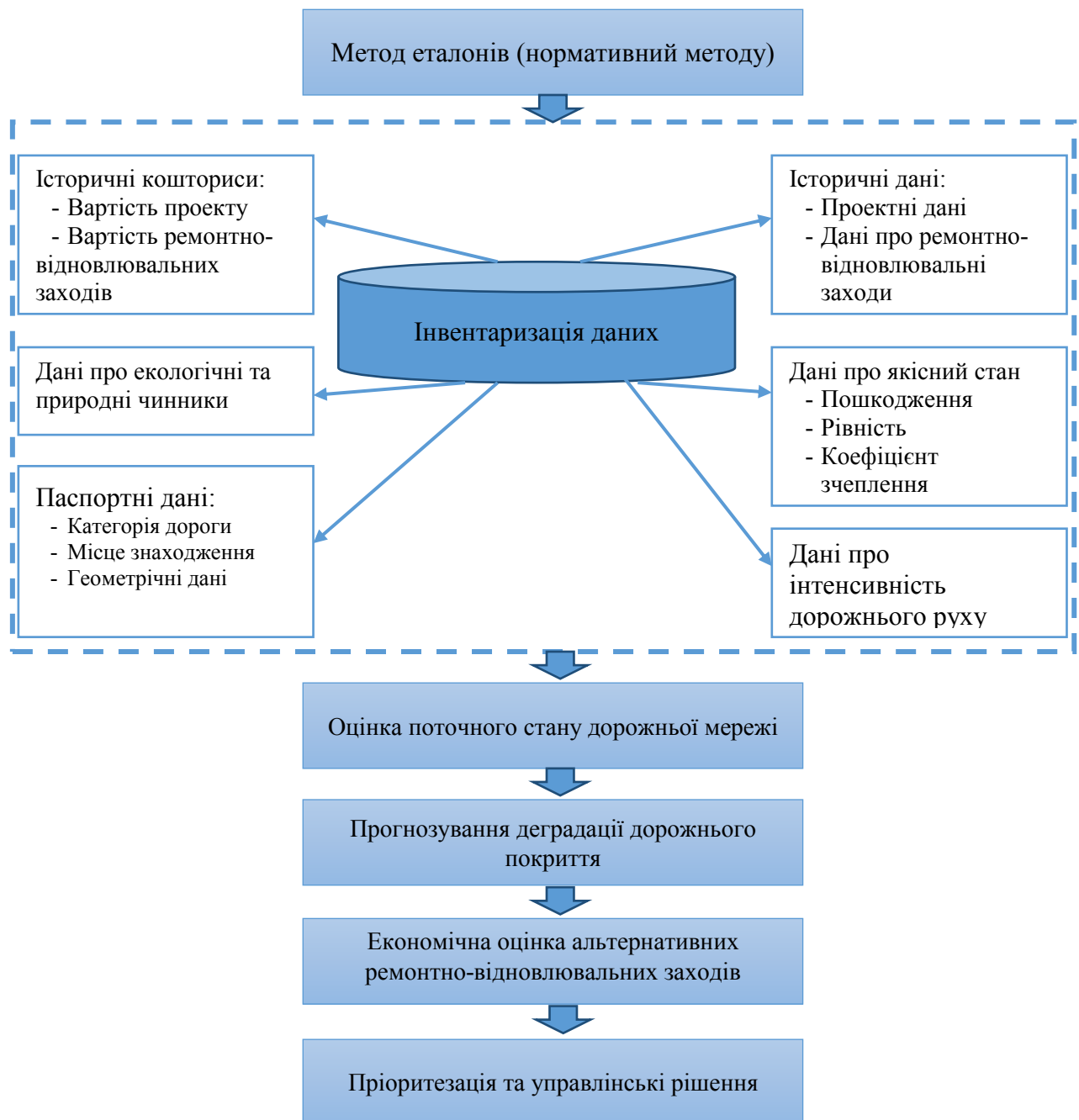


Рисунок 4.1 – Концептуальна модель управління станом автомобільних доріг

Зокрема, в [212] запропоновано наступну залежність для прогнозування річних еквівалентних навантажень:

$$E_{SAL} = N_{DT} + T \times T_1 \times \rho \times L \times 365 \times Y, \quad (4.1)$$

де N_{DT} – інтенсивність руху на початку проектного періоду;

T – частка вантажівок;

T_1 – кількість одновісних навантажень на вантажівку;

ρ – фактор зростання;

L – коефіцієнт розподілу;

Y – період прогнозу, роки.

Фактор зростання (ρ) можна розрахувати за такою формулою [212]:

$$\rho = \frac{[(1+r) \times Y - 1]}{N_t}, \quad (4.2)$$

де N_t – щорічні темпи приросту інтенсивності руху.

Першим кроком при оцінці поточного стану дорожньої мережі є кількісна оцінка її якісного стану. Загальний стан дорожнього покриття може бути оцінений через призму використання трьох методів:

- визначення комплексного показника стану на основі інструментального та візуального обстеження;
- використання експертних інженерних суджень та досвіду;
- використання експертно-аналітичних (комбінованих) методів.

Saaty 1980 було розроблено методологію визначення якості показника якості явища або процесу на основі ваги та ієрархії показників (АНР метод) [213]. Метод базується на визначенні власних векторів, які зазвичай застосовуються для встановлення відносних ваг для різних критеріїв.

Основна причина для використання цього методу в дослідженні полягає в мультиструктурності дорожніх активів та складності прийняття обґрунтованих рішень щодо призначення того чи іншого ремонтно-відновлювального заходу. Мультиструктурний підхід та застосовані методи

оптимізації рішень базуються на концептуальних теоріях Ehrgott [214], Hillier and Lieberman [215], Nadjah and Mourelle [216], Alyami [217].

Згідно з цими теоріями та припущеннями стан автомобільної дороги можна представити як функцію:

$$f(S) = \{S_1, S_2, S_3, \dots, S_n\}, \quad (13)$$

де S_i – данні про i стан, визначений для призначення ваги.

Далі створюється квадратна матриця, виконується попарне порівняння станів та визначаються вагові коефіцієнти для даних про стан дорожніх активів за методу аналізу ієрархій.

Нехай $D = (d_{ij})$ – квадратна матриця [213]:

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & d_{2n} \\ d_{n1} & d_{n2} & d_{nn} \end{bmatrix}, \quad (4.4)$$

де d_{ij} представляє відносне значення між парами (S_i, S_j) :

$$d_{ij} = \frac{1}{d_{ji}}, \quad (4.5)$$

для $i, j \in [1; n], \{n \in N\}$.

Термін d_{ij} приймає значення відносного значення між S_i і S_j у шкалі від 1 до 9 як показано в таблиці 3.1.

Матриця D повинна заповнюватися на основі інженерних суджень та досвіду.

Нехай $w = \sum\{w_1, w_2, w_3, \dots, w_n\} = 1$ – вагові коефіцієнти для даних про ефективність дорожнього покриття. Вагу можна отримати наступним чином:

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{d_{ij}}{(\sum_{k=1}^n d_{kj})}, \quad (4.6)$$

для $i, k \in [1; n], \{n \in N\}$.

Таблиця 4.1 – Шкала порівняння (Saaty 1980)

Інтенсивність важливості	Опис
1	Майже не важливо
3	Помірно важливо
5	Важливо
7	Дуже важливо
9	Надзвичайно важливо
2, 4, 6, 8	Проміжні значення між сусідніми значеннями шкали

Значення (λ_{max}) отримується наступним чином. Сума результуючого вектора ($D \times w / w$), поділена на кількість даних про ефективність дорожнього покриття (n), w – вектор ваги.

Індекс узгодженості Saaty:

$$\begin{cases} CI = \frac{(\lambda_{max}) - n}{(n-1)} \\ CI = \frac{CI}{RI} \end{cases} \quad (4.7)$$

Випадковий індекс (RI) - константа, яка залежить від даних про дорожнє покриття (n). Крім того, коефіцієнт консистенції менше 0,1 вказує на послідовність попарного порівняння.

Після визначення ваги для кожного показника загальний стан автомобільної дороги ($S_{\Sigma A}$) обчислюється за формулою:

$$S_{\Sigma A} = \sum_{i=1}^n [\prod_{i=1}^n (S_i \times W_i)], \quad (4.8)$$

де $S_{\Sigma A}$ – загальний стан дорожнього активу;

S_i – данні про якісні показники дорожнього активу;

W_i – розрахована вага.

Для прогнозування майбутнього стану доріг та обґрунтування управлінських рішень щодо відновлення (або збереження) активів використовуються моделі деградації, детальний аналіз яких здійснено у третьому розділі дослідження.

Для кращого розуміння поточного стану дорожньої мережі кожен клас доріг (місцевих, територіальних, регіональних, міжнародних тощо) слід досліджувати окремо, поділяючи кожен дорожній клас на однорідні зрізи.

Проведений аналіз різних підходів до прогнозування майбутнього стану автомобільних доріг за дослідженнями Mahoney та Haas [95] у третьому розділі дозволив визначити, що для вирішення проблеми прогнозування стану активів доцільніше використовувати марківські моделі. Зокрема, за Elhakeem та Negazy для моделі ланцюга Маркова необхідно побудувати матрицю ймовірностей переходу (TPM) з одного стану автомобільної дороги в інший [218]:

$$TPM = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{21} & P_{i1} \\ P_{12} & P_{22} & P_{i2} \\ P_{1j} & P_{2j} & P_{nn} \end{bmatrix}; P_{ij} \in (0; n); \{n \in N\}, \quad (4.9)$$

де TPM – ймовірність погіршення від стану i до стану j за певний період, що називається перехідним періодом t ;

n – кількість можливих станів.

Для оцінки вектору майбутнього стану $[FS_t]$, початковий вектор ймовірності стану S_0 при $t = 0$, множиться на матрицю TPM .

$$\begin{cases} 0 = FS_t^b \rightarrow FS_t \in [1; n], \{n \in N\} = FS_t^w, \\ S_0 = 1 \rightarrow FS_t \in 0 \rightarrow t = 0 \end{cases}, \quad (4.10)$$

$$[FS_t]_{1 \times n} = [S_0]_{1 \times n} \times [TPM]_{n \times n}^t. \quad (4.11)$$

На рис. 4.2 – 4.3 показана вибірка матриці ймовірності переходу з матрицею переходу стану.

	5	4	3	2	1	0	Стан	Примітка
5	0,4	0,6	0	0	0	0	5	Новий
4	0	0,5	0,7	0	0	0	4	
3	0	0	0,6	0,7	0	0	3	
2	0	0	0	0,5	0,4	0	2	
1	0	0	0	0	0,3	0,7	1	
0	0	0	0	0	0	1	0	Критичний

Рисунок 4.2 – Матриця ймовірності переходу станів (розрахунок на прикладі ділянки М06)

	Стан						Примітка
Вік	0	1	2	3	4	5	Новий
0	1	0	0	0	0	0	
1	0,92	0,4	0	0	0	0	
2	0,78	0,25	0,3	0	0	0	
3	0,63	0,22	0,25	0,1	0	0	
4	0,58	0,21	0,22	0,15	0	0	
5	0,52	0,25	0,15	0,12	0,02	0	

Рисунок 4.3 – Матриця станів (розрахунок на прикладі ділянки М06)

Передбачається, що стан дорожнього активу після виконання визначених у проєктів заходів може перейти у статус «новий» (S_0). Але при довгостроковій програмі експлуатаційного утримання доріг необхідно врахувати ймовірність відхилення значень якісних показників активів. У такому випадку витрати на приведення активу до належного стану, який визначений в окремому проєкті програми визначаються за формулою:

$$E_c = \sum_i^n (C_{ri} + C_m f(\gamma)), \quad (4.12)$$

де C_{ri} – вартість ремонтно-відновлювальних заходів для приведення активу до належного стану;

C_m – вартість експлуатаційного утримання;

$f(\gamma)$ – функція оновлення активу.

Далі виконується економічна оцінка із використанням загальновідомого підходу визначення поточної вартості та чистої теперішньої вартості.

$$PV = FV \times \left[\frac{1}{(1+i_r)} \right]^n, \quad (4.13)$$

де PV – поточна вартість;

FV – майбутня вартість;

i_r – ставка дисконтування;

n – період у роках між майбутніми витратами та теперішніми.

NPV представляє загальну суму, необхідну за період аналізу:

$$NPV = IC \times \sum_{j=1}^k \left(FV_{MRj} \times \left[\frac{1}{(1+i_r)} \right]^{n_j} - SV \times \left[\frac{1}{(1+i_r)} \right]^T \right), \quad (4.14)$$

де NPV – чиста теперішня вартість;

IC – початкова вартість;

K – кількість майбутніх заходів;

FV_{MRj} – вартість майбутніх заходів;

i – облікова ставка;

n_j – кількість років з моменту j -го заходу;

SV – вартість усунення пошкодження (грош.од.);

T – період аналізу (роки).

Кошти, необхідні на кожен рік для оплати заходів за програмою або окремим проектом можна визначити за підходом Transportation Association of Canada [219]:

$$E_{UT} = NPV \times \left[\frac{(i_r \times (1+i_r)^T)}{((1+i_r)^T - 1)} \right], \quad (4.15)$$

де NPV – чиста теперішня вартість;

i_r – ставка дисконтування;

T – період у роках.

Пріоритезація ділянок доріг та альтернативи ремонтно-відновлювальних заходів виконується або методами ранжування, або методами оптимізації. Недоліком методу ранжування є те, що він не розглядає альтернативи фінансування [220].

Оптимізація – найскладніший метод пріоритетного програмування. Цей метод може дати оптимальне рішення на основі різних цільових функцій (наприклад максимізувати стан дорожнього покриття, мінімальний бюджет тощо), враховуючи різні обмеження. Оскільки метод оптимізації дуже складний він потребує більш детального подальшого дослідження з метою встановлення концептуальних положень його застосування в дорожньому господарстві.

Модель оптимізації являє собою математичний опис, призначений для порівняння альтернативних стратегій та виявлення відносних переваг кожної стратегії відповідно до призначених критеріїв прийняття рішень, таких як безпека, вартість, екологія та інші.

4.2 Вплив екологічної складової на пріоритезацію проектів в програмі експлуатації доріг

З метою наближення до європейських стандартів, а саме контролю ступеня забруднення навколишнього природного середовища та забезпечення права громадян на безпечне довкілля, у 2017 р. було прийнято Закон України «Про оцінку впливу на довкілля». Необхідність прийняття цього Закону була зумовлена міжнародними зобов'язаннями України, які випливають з Конвенції про доступ до інформації, Конвенції про оцінку впливу на довкілля у транскордонному контексті, Протоколу про приєднання України до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства та Угоди про асоціацію між Україною та ЄС [221-223].

Закон визначає, що ОВД необхідна для «планованої діяльності», яка охоплює, серед іншого, будівництво, реконструкцію, технічне переоснащення, розширення, перепрофілювання, ліквідацію (демонтаж) об'єктів, інше втручання у природне середовище.

Крім того, був запроваджений Єдиний реєстр з оцінки впливу на довкілля. Інформація, внесена до Єдиного реєстру з оцінки впливу на довкілля, є відкритою [221].

Проте, слід зазначити, що розроблюваних заходів щодо наближення законодавства України до нормативно-правової бази ЄС в контексті оцінки впливу на довкілля було недостатньо. Саме тому в рамках проекту «Консультаційний фонд підтримки асоціації Україна-ЄС» в Україні федеральною компанією Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH за дорученням Федерального міністерства економічної співпраці та розвитку (BMZ) у травні 2020 року було реалізовано проект з розробки прототипу електронного сервісу оцінки впливу на довкілля ECEIA (ECEIA - electronic calculator environmental impact assessment).

Електронний сервіс дозволяє визначити кількісну оцінку впливу на довкілля планової діяльності суб'єкта господарювання за чітко встановленими показниками та методом їх оцінювання, передбачає обробку та зберігання інформації щодо оцінки впливів на довкілля, яка представлена в звіті з ОВД. Тому його тестування, апробація та подальший девелопмент є актуальними задачами сьогодення.

Оцінка впливу автомобілізації на навколишнє середовище повинна враховувати те, що за останні два десятиліття масштаби антропогенної діяльності значно зросли і в окремих регіонах земної кулі вже співвіднесені з величиною природних ресурсів [221].

Забезпечуючи комфортні умови для людини, автомобілізація як категорія суспільного прогресу прямо або побічно, але неминуче негативно впливає на екологічну систему [221].

Залежно від джерела впливу у взаємодії з навколишнім середовищем автодорожній комплекс може змінювати географічний ландшафт, викликати забруднення внаслідок функціонування транспортних засобів, дії спеціалізованого транспорту, від використання засобів проти пилу та ожеледиці, від матеріалів ремонту створювати шумове забруднення (табл. 4.2).

Спрямованість та характер впливу автомобільної дороги на навколишнє природне середовище залежно від джерел впливу характеризує рис. 4.4.

При проектуванні автомобільних доріг оцінюванню підлягають усі джерела впливу автомобільної дороги на навколишнє середовище, хоча масштаби їх дії значно відрізняються.

Інтереси збереження природи і ландшафту повинні враховуватися на всіх етапах проектування, будівництва й утримання доріг згідно із законодавчими актами, нормативними документами і з необхідним дотриманням вимог до технологій.

Таблиця 4.2 – Вплив автомобільної дороги на навколишнє природне середовище

Джерело впливу	Спрямованість	Характер впливу
Автомобільна дорога як інженерна споруда	Зміни географічного ландшафту	Не пов'язаний із транспортними засобами, постійний, широкого охоплення, прямий та побічний
Транспортний рух	Забруднення внаслідок транспортних викидів. Шумове забруднення. Пилове забруднення. Фізична небезпека	Залежно від інтенсивності, режимів руху та складу транспортного потоку, постійний, місцевого охоплення, прямий
Технологічні процеси будівництва і реконструкції	Забруднення від викидів спеціалізованого транспорту, відходів виробництва, матеріалів будівництва, будівельного сміття. Виробничий шум. Пилове забруднення. Соціальні незручності. Фізична небезпека	Тимчасовий, інтенсивний, локальний, прямий
Технологічні процеси утримання доріг	Забруднення від використання засобів проти пилу й ожеледиці. Забруднення від матеріалів ремонту. Соціальні незручності при проведенні ремонтних робіт	Тимчасовий, малоінтенсивний, локальний, прямий та побічний

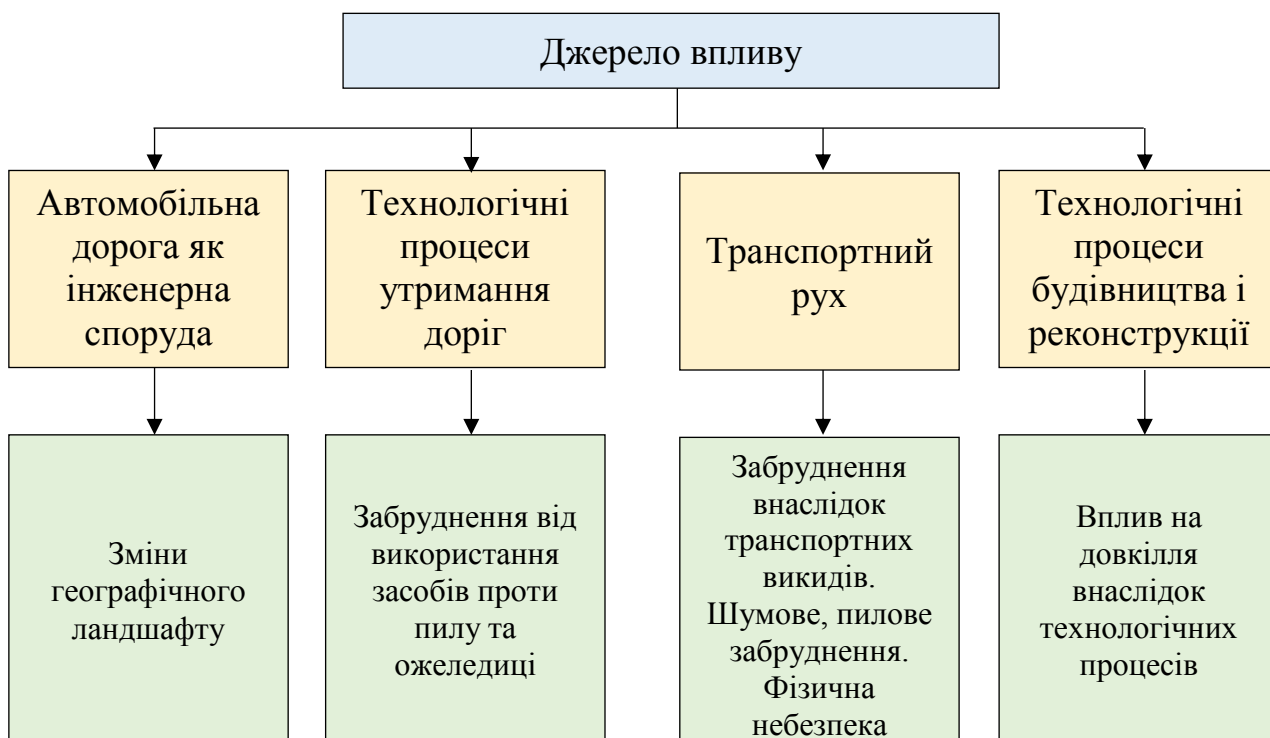


Рисунок 4.4 – Вплив автомобільної дороги на навколишнє середовище

При цьому необхідно:

- 1) передбачити шкідливий вплив дороги на природу та ландшафт шляхом необхідного трасування й опорядження доріг;
- 2) компенсувати неминучий шкідливий вплив на природу та ландшафт заходами охорони природи й ландшафту, щоб після завершення втручання не залишалося значних або стійких негативних наслідків для природного балансу і щоб природний ландшафт був відновлений або заново сформований з контролем відповідних вимог;
- 3) підтримувати реалізацію цілей охорони природи та ландшафту в рамках повноважень відповідних дорожніх служб.

За результатами оцінювання екологічного стану існуючої автомобільної дороги й за розрахунками прогностичних рівнів впливу на навколишнє середовище встановлюють екологічний клас автомобільної дороги та виконують порівняльне оцінювання екологічно небезпечних впливів. Характер впливів визначають залежно від спрямованості джерела впливу [221].

Технологічні процеси будівництва і реконструкції та утримання автомобільних доріг мають тимчасовий малоінтенсивний характер та на стан навколишнього середовища суттєво не впливають.

Будівництво та експлуатація автомобільних доріг викликають низку негативних впливів на навколишню природу, тобто на той компонент середовища, який має природний характер. Часом ці впливи опосередковані, виявляються протягом багатьох років у соціальних відносинах і позначаються на здоров'ї людей. До основних негативних впливів автотранспортної комунікації можна віднести знищення природного ландшафту при будівництві дороги, фізичне вилучення частини природного середовища, надання їй антропогенного характеру, втрату рослинності, тваринного світу, ерозію ґрунту, забруднення повітря, води та ґрунту, порушення балансу поверхні й підземних вод [221].

Оцінивши всі негативні фактори впливу автодорожнього комплексу на навколишнє середовище, можна виокремити принципи проектування автомобільних доріг відповідно до існуючих екологічних норм і вимог (рис. 4.5).

Тобто зменшення впливу автомобілів на природне середовище та людину можливе за рахунок досконального вивчення проблеми, дотримання екологічних принципів проектування автомобільних доріг, адже від правильності запроектованої автомобільної дороги, врахування екологічних факторів проектування залежить рівень дії транспорту на навколишнє середовище.

Щоб максимально зберегти природний ландшафт при проектуванні та будівництві автомобільної дороги, потрібно дотримуватися головних принципів архітектурно-ландшафтного планування. Вони повинні реалізовуватися вже на стадії планування варіантів траси дороги. Нинішня практика відведення землі, на жаль, незадовільна: перевага майже завжди віддається природним зонам при збереженні земель, зайнятих під промислове або сільськогосподарське виробництво.

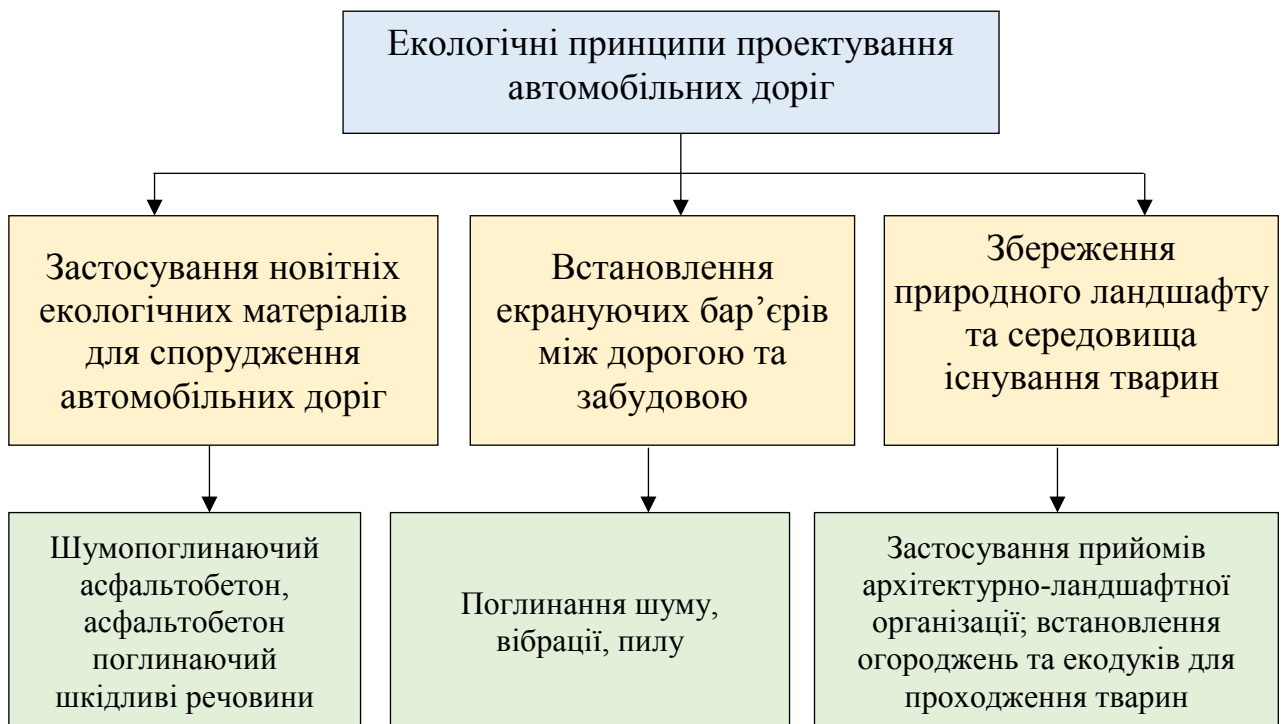


Рисунок 4.5 – Екологічні принципи проектування автомобільних доріг

Проте, слід зазначити, що виявлені принципи екологічного проектування, практичне застосування яких багатofакторним завданням і потребує подальших досліджень.

Детальне розуміння всіх процесів ОВД є важливим фактором для досягнення позитивного результату його проведення. Тому важливо комплексно представити всі процеси та визначити їх послідовність та описати при можливості із зазначенням термінів виконання [221].

Процедура оцінки впливу на довкілля складається з 18 етапів які ми розглянемо нижче. Загальна структура етапів ОВД з деталізацією щодо термінів наведено в «Алгоритмі проведення етапів ОВД» на рис. 4.6.

Етап 1. Підготовка повідомлення про планову діяльність у письмовому та електронному вигляді.

У повідомленні про плановану діяльність, яка підлягає оцінці впливу на довкілля, наводиться інформація про:

- 1) суб'єкта господарювання – назва (прізвище, ім'я, по батькові), юридична адреса (адреса реєстрації), контактний номер телефона;
- 2) плановану діяльність, її характеристику, технічні альтернативи;
- 3) місце провадження планованої діяльності, територіальні альтернативи;
- 4) соціально-економічний вплив планованої діяльності;
- 5) загальні технічні характеристики, у тому числі параметри планованої діяльності (потужність, довжина, площа, обсяг виробництва тощо);
- 6) екологічні та інші обмеження планованої діяльності за альтернативами;
- 7) необхідну еколого-інженерну підготовку і захист території за альтернативами;

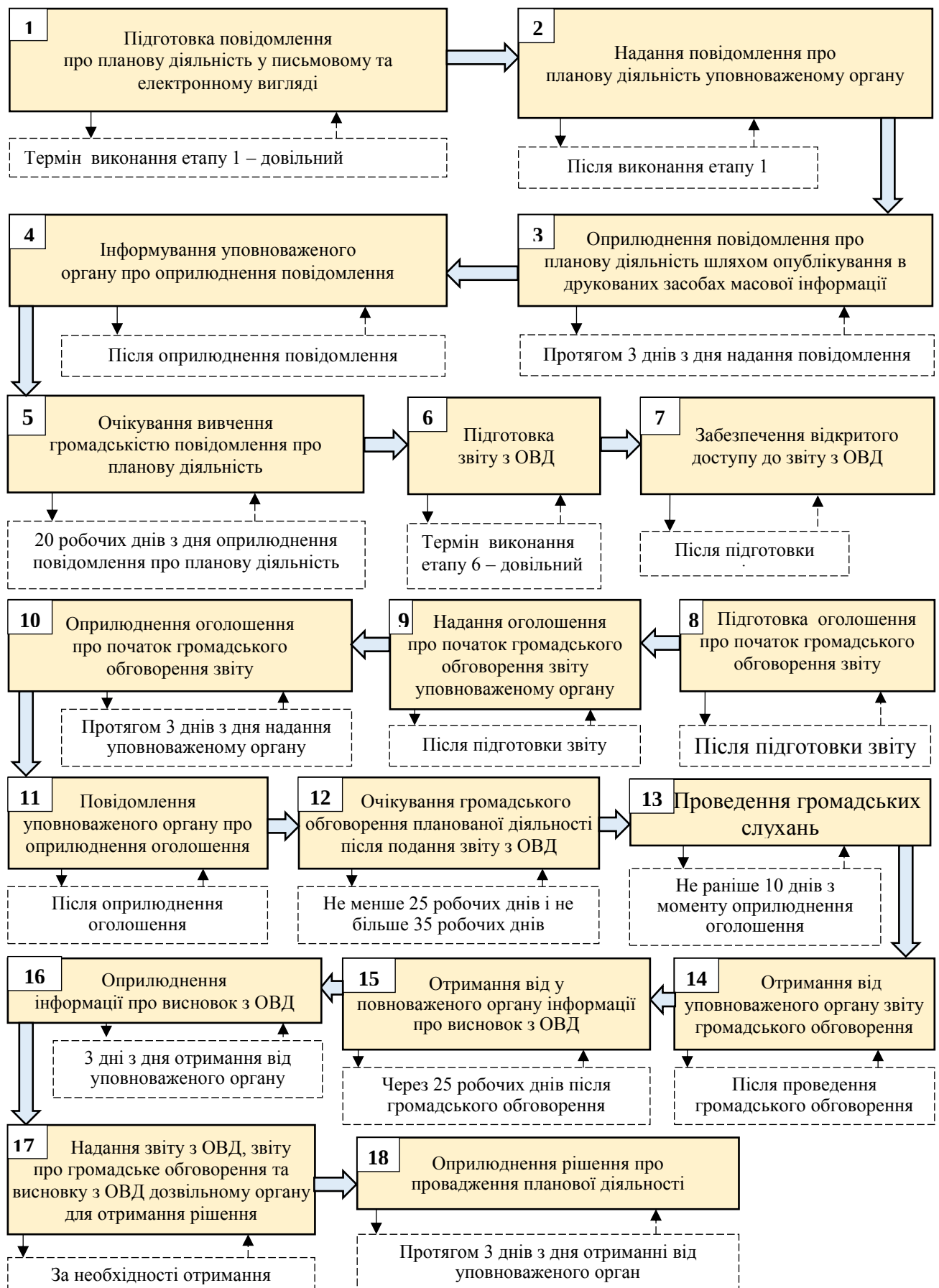


Рисунок 4.6 – Алгоритм проведення етапів ОВД

8) сферу, джерела та види можливого впливу на довкілля;

9) належність планованої діяльності до першої чи другої категорії видів діяльності та об'єктів, які можуть мати значний вплив на довкілля та підлягають оцінці впливу на довкілля;

10) наявність підстав для здійснення оцінки транскордонного впливу на довкілля;

11) планований обсяг досліджень та рівень деталізації інформації, що підлягає включенню до звіту з оцінки впливу на довкілля;

12) передбачену процедуру оцінки впливу на довкілля та можливості для участі в ній громадськості;

13) проведення та процедуру громадського обговорення обсягу досліджень та рівня деталізації інформації, що підлягає включенню до звіту з оцінки впливу планованої діяльності на довкілля;

14) вид рішення про провадження планованої діяльності, яка підлягає оцінці впливу на довкілля, та орган, до повноважень якого належить прийняття цього рішення;

15) найменування уповноваженого територіального органу.

Етап 2. Надаємо повідомлення про планову діяльність уповноваженому органу через електронний кабінет Єдиного реєстру з оцінки впливу на довкілля (в подальшому може бути використано – «Реєстр», або «електронний кабінет Реєстру»).

Етап 3. Оприлюднення повідомлення про планову діяльність здійснюється шляхом опублікування в друкованих засобах масової інформації (не менше двох), визначених суб'єктом господарювання, територія розповсюдження яких охоплює адміністративно-територіальні одиниці, які можуть зазнати впливу планованої діяльності, а також розміщуються на дошках оголошень органів місцевого самоврядування або в інших громадських місцях на території, де планується провадити плановану діяльність, або оприлюднюються в інший спосіб, що гарантує доведення інформації до відома мешканців відповідної адміністративно-

територіальної одиниці, на території якої планується розміщення об'єкта, чи до відповідної територіальної громади, яка може зазнати впливу планованої діяльності, та інших зацікавлених осіб.

Етап 4. Повідомляємо уповноважений орган про оприлюднення повідомлення. Здійснюється після оприлюднення повідомлення.

Етап 5. Очікування вивчення громадськістю повідомлення про планову діяльність. Виконання етапу має бути проведене протягом 20 робочих днів з дня оприлюднення інформації про планову діяльність.

Етап 6. Підготовка звіту з ОВД

Звіт з оцінки впливу на довкілля включає:

1) опис планованої діяльності, зокрема:

- опис місця провадження планованої діяльності;
- цілі планованої діяльності;
- опис характеристик діяльності протягом виконання підготовчих і будівельних робіт та провадження планованої діяльності, у тому числі (за потреби) роботи з демонтажу, та потреби (обмеження) у використанні земельних ділянок під час виконання підготовчих і будівельних робіт та провадження планованої діяльності;

- опис основних характеристик планованої діяльності (зокрема виробничих процесів), наприклад, виду і кількості матеріалів та природних ресурсів (води, земель, ґрунтів, біорізноманіття), які планується використовувати;

- оцінку за видами та кількістю очікуваних відходів, викидів (скидів), забруднення води, повітря, ґрунту та надр, шумового, вібраційного, світлового, теплового та радіаційного забруднення, а також випромінення, які виникають у результаті виконання підготовчих і будівельних робіт та провадження планованої діяльності;

2) опис виправданих альтернатив (наприклад, географічного та/або технологічного характеру) планованої діяльності, основних причин обрання запропонованого варіанта з урахуванням екологічних наслідків;

3) опис поточного стану довкілля (базовий сценарій) та опис його ймовірної зміни без здійснення планованої діяльності в межах того, наскільки природні зміни від базового сценарію можуть бути оцінені на основі доступної екологічної інформації та наукових знань;

4) опис факторів довкілля, які ймовірно зазнають впливу з боку планованої діяльності та її альтернативних варіантів, у тому числі здоров'я населення, стан фауни, флори, біорізноманіття, землі (у тому числі вилучення земельних ділянок), ґрунтів, води, повітря, кліматичні фактори (у тому числі зміна клімату та викиди парникових газів), матеріальні об'єкти, включаючи архітектурну, археологічну та культурну спадщину, ландшафт, соціально-економічні умови та взаємозв'язки між цими факторами;

5) опис і оцінку можливого впливу на довкілля планованої діяльності, зокрема величини та масштабів такого впливу (площа території та чисельність населення, які можуть зазнати впливу), характеру (за наявності - транскордонного), інтенсивності і складності, ймовірності, очікуваного початку, тривалості, частоти і невідворотності впливу (включаючи прямий і будь-який опосередкований, побічний, кумулятивний, транскордонний, короткостроковий, середньостроковий та довгостроковий, постійний і тимчасовий, позитивний і негативний вплив);

6) опис методів прогнозування, що використовувалися для оцінки впливів на довкілля, та припущень, покладених в основу такого прогнозування, а також використовувані дані про стан довкілля;

7) опис передбачених заходів, спрямованих на запобігання, відвернення, уникнення, зменшення, усунення значного негативного впливу на довкілля, у тому числі (за можливості) компенсаційних заходів;

8) опис очікуваного значного негативного впливу діяльності на довкілля, зумовленого вразливістю проекту до ризиків надзвичайних ситуацій, заходів запобігання чи пом'якшення впливу надзвичайних ситуацій на довкілля та заходів реагування на надзвичайні ситуації;

9) визначення усіх труднощів (технічних недоліків, відсутності достатніх технічних засобів або знань), виявлених у процесі підготовки звіту з оцінки впливу на довкілля;

10) усі зауваження і пропозиції, що надійшли до уповноваженого територіального органу, а у випадках, визначених частинами третьою і четвертою статті 5 цього Закону України «Про ОВД», – до уповноваженого центрального органу після оприлюднення ними повідомлення про плановану діяльність, а також таблицю із зазначенням інформації про повне врахування, часткове врахування або обґрунтування відхилення отриманих під час громадського обговорення зауважень та пропозицій;

11) стислий зміст програм моніторингу та контролю щодо впливу на довкілля під час провадження планованої діяльності, а також (за потреби) планів післяпроектного моніторингу;

12) резюме нетехнічного характеру інформації, зазначеної у пунктах 1-11 цієї частини, розраховане на широку аудиторію;

13) список посилань із зазначенням джерел, що використовуються для описів та оцінок, що містяться у звіті з оцінки впливу на довкілля.

Терміни виконання етапу – довільні.

Етап 7. Забезпечення відкритого доступу до звіту з оцінки впливу на довкілля шляхом розміщення у місцях, доступних для громадськості у приміщеннях: уповноваженого органу; органу місцевого самоврядування відповідної адміністративно-територіальної одиниці, яка може зазнати впливу планованої діяльності, суб'єкта господарювання та, додатково, може розміщуватися в інших загальнодоступних місцях, визначених суб'єктом господарювання.

Етап 8. Підготовка оголошення про початок громадського обговорення звіту. Даний процес відбувається після підготовки звіту.

Етап 9. Надання оголошення про початок громадського обговорення звіту уповноваженому органу. Дане оголошення подається після підготовки звіту.

Етап 10. Оприлюднення оголошення про початок громадського обговорення звіту у спосіб, вказаний у етапі 3. Даний етап виконують протягом 3 днів з дня надання уповноваженому органу.

Етап 11. Інформування уповноваженого органу про оприлюднення оголошення. Процес здійснюється після оприлюднення оголошення.

Етап 12. Очікування громадського обговорення планованої діяльності після подання звіту з ОВД. Етап проводиться у формі громадських слухань та у формі надання письмових зауважень і пропозицій (у тому числі в електронному вигляді). Строки виконання не менше 25 робочих днів і не більше 35 робочих днів.

Етап 13. Проведення громадських слухань організатором громадських слухань, визначеного уповноваженим органом, за участю представників підприємства. Здійснюється не раніше десяти днів з моменту оприлюднення оголошення.

Етап 14. Отримання від уповноваженого органу звіту громадського обговорення. Строк виконання – після проведення громадського обговорення.

Етап 15. Отримання від уповноваженого органу інформації про висновки з ОВД. Дана інформація має надійти до виконавця ОВД протягом 25 днів з моменту завершення громадського обговорення.

Етап 16. Оприлюднення інформації про висновок з ОВД у спосіб, вказаний у етапі 3. Дане оприлюднення має бути здійснене не пізніше 3 днів для отримання підтвердження про прийняття рішення про висновок ОВД від уповноваженого органу.

Етап 17. Надання звіту з оцінки впливу на довкілля, звіту про громадське обговорення та висновку з ОВД дозвільному органу для отримання рішення про провадження планової діяльності (дозвільного документа). Даний етап проводиться якщо виникає необхідність отримання відповідного рішення.

Етап 18. Оприлюднення рішення про провадження планової діяльності (дозвільного документа) у спосіб, вказаний у етапі 3. Даний етап має бути виконаний протягом 3 днів з дня отримання від уповноваженого органу відповідного дозвільного документу.

Таким чином, дотримання чіткого алгоритму проведення ОВД, є запорукою успішного його проведення. А результатом успішна діяльність підприємства, або будівництво, реконструкція чи експлуатація певних об'єктів.

Для кількісного визначення взаємодії між видами діяльності (або групами діючих факторів) в ході проекту і компонентами (екологічними характеристиками) довкілля застосовується комбінований підхід до оцінки впливу за допомогою удосконаленої матриці Леопольда та його подальше дослідження за допомогою функції Харрінгтона.

На кожному етапі як виконання етапів ОВД так і самих процесів при будівництві та реконструкції (ремонті) автомобільної дороги інформація може бути представлена у вигляді різних матриць. Хоча основний акцент в дослідженні робиться на процеси (ремонт) реконструкції автомобільних доріг в та їх можливий вплив на довкілля, математичний апарат ми будемо розглядати і з точки зору їх будівництва [221, 223].

Матриця є таблицею, яка містить по горизонталі список з процесів, які здійснюють вплив на довкілля, при реконструкції (ремонті) автомобільної дороги, по вертикалі – критерії та показники впливу на довкілля, як характеристики навколишнього середовища.

Шаблон матриці Леопольда для оцінки впливів на навколишнє середовище при будівництві та реконструкції (ремонті) автомобільної дороги приведено на рис.4.7.

Оцінювач (аналітик, розробник проекту, експерт) може модифікувати матрицю у відповідності з конкретними завданнями проекту будівництва та реконструкції (ремонт) автомобільної дороги.

	Показники			Будівництво ОКІ				Експлуатація ОКІ				Сума, $\sum_{i=1}^m \omega_i$	Значущість впливу, γ_k	Сила впливу показника, I_k	Y_k
Повітря	Вплив якість приземного шару атмосферного повітря	Масова концентрація забруднюючої речовини в приземному шарі атмосферного повітря	Оксид Сульфору	.....	.....	.....	.....	.....	...	...	.....	.....	.....	.....	.....
			Оксид Нітрогену	.....	.....	.....	.....	.....	...	...	.....	.....	.....	.....	.....
									...	...					
			Поліциклічні ароматичні вуглеводні (бен[а]пірен)	.....	.....	.....	.....	.....	...	...	.....	.....	.....	.....	.....
			Оксид Карбону	.....	.....	.....	.....	.....	...	...	.....	.....	.....	.....	.....
		Масова концентрація твердих забруднюючих речовин (пилу)	PM ₁₀	.....	.....	.....	.....	.....	...	...	.....	.....	.....	.....	.....
			PM _{2,5}	.....	.....	.....	.....	.....	...	...	.....	.....	.....	.....	.....
									...	...					
...				...	...	...	...		...	...					
Сума, $\sum_i \omega_i$				.....	.....	.....	.....	.....	...	...	.....	.....	.....	.....	.....
Значущість впливів, γ_m				...	.....	.....	.....	.....	...	...	.....	.....	.....	.....	.....
Сила впливу процесу, I_m				...	.....	.....	.....	.....	...	...	.....	.....	.....	.....	.....
Локальна оцінка впливу, Y_m				...	.....	.....	.....	.....	...	...	.....	.....	.....	.....	.....

Рисунок 4.7 – Шаблон матриці Леопольда для оцінки впливу на довкілля

Взаємодія між впливами та характеристиками процесу реконструкції (ремонт) автомобільної дороги фіксується у відповідних клітинах матриці, що дозволяє виявити, зв'язки у системі. В кожній клітинці матриці може знаходитись одна з двох оцінок:

- оцінка, яка відображає *інтенсивність* впливу (*амплітуда*);
- оцінка, яка є мірою *значущості* змін в екосистемі (*важливість*).

Для визначення кількісної оцінки інтенсивності впливу (амплітуда) значущості змін в екосистемі (важливість), для кожного критерію визначаємо бальну оцінку критерію за допомогою допоміжної таблиці [221-223].

Підсумкова (бальна) оцінка K_b кожного критерію розраховується за формулою:

$$K_b = \sum_{i=1}^n (P_i + L_i + A_i + M_i + F_i + T_i + N_i) \times Z_i, \quad (4.16)$$

де P_i – оцінка небезпеки впливу i -того показника критерія;

L_i – оцінка виконання законодавчих і нормативно-правових вимог до i -того показника критерія;

A_i – оцінка громадської думки щодо i -того показника критерія;

M_i – оцінка масштабу впливу i -того показника критерія;

F_i – оцінка фінансових витрат для подолання наслідків впливу i -того показника критерія;

T_i – час або тривалість впливу i -того показника критерія;

N_i – використання нових інноваційних технологій;

Z_i – оцінка здатності управляти i -тим показником критерію;

$P_i, L_i, A_i, M_i, F_i, T_i, N_i, Z_i \in [0,1,2,3]$.

Таблиця 4.3 – Допоміжна таблиця для оцінювання критерію (фрагмент)

Параметр		0*	1	2	3
Р	Небезпека впливу на довкілля та соціум (вірогідність, інтенсивність дії і серйозність наслідків)	Не існує	5 клас небезпеки речовин, що використовуються. Використання речовин практично небезпечних. Не завдається значного збитку довкіллю, життю та здоров'ю населення.	4 і 3 клас небезпеки речовин, що використовуються. Речовини мало і помірно небезпечні. Низький і середній рівень небезпеки. Можливий значний збиток довкіллю, шкода життю та здоров'ю населення при тривалій дії фактору.	2 і 1 клас небезпеки речовин, що використовуються. Речовини високо і надзвичайно небезпечні. Високий і надзвичайно високий рівень небезпеки. Можливий значний збиток довкіллю, шкода життю та здоров'ю населення навіть при нетривалій дії.
М	Масштаб впливу	Вплив не здійснюють	Вплив носить місцевий характер. Аварійна ситуація маловірогідна.	Дія не виходить за межі санітарної захисної зони. Аварійна ситуація не призведе до впливу на	Дія виходить за межі санітарно-захисної зони. Аварійна ситуація призведе до впливу на довкілля, життя та здоров'я населення за межами

Параметр		0*	1	2	3
				довкілля, життя та здоров'я населення позасанітарно-захисною зоною.	санітарно-захисної зони.
....					
....					

Оцінку інтенсивності впливу (амплітуда) та / або значущості змін в екосистемі (важливість), для кожного критерію процесів будівництва та реконструкції (ремонту) автомобільної дороги (ω_i), які здійснюють вплив на довкілля, визначаємо за табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Визначення інтенсивності впливу

Підсумкова оцінка критерію ($\Pi_{\text{оп}}$)	Ступінь / інтенсивність впливу	
	Значення впливу, ω_i	Категорія впливу
7 - 13	0	відсутній
14 - 24	1	слабкий
25 - 35	2	середній
36 - 46	3	сильний
47 - 57	4	дуже сильний
58 - 63	5	критичний

Інтенсивність впливу (ω) на об'єкти (характеристики) навколишнього середовища оцінюється в кожній клітині матриці від 0 до 5 за даними табл. 4.4.

Для аналізу матриці отримані значення підсумовуються по горизонталі і вертикалі ($\sum_i \omega_i$) по окремим показникам та процесам впливу. Аналіз результатів дозволяє визначити процеси, які найбільше впливають на довкілля та компоненти навколишнього середовища, які підлягають найбільшому впливу під час будівництва та реконструкції (ремонту) автомобільної дороги.

Максимальні отриманні значення суми балів у стовпцях, при процесах будівництва та реконструкції (ремонту) автомобільної дороги, відповідають найбільш інтенсивним впливам.

Максимальні отриманні значення суми балів у строках відповідають об'єктам (характеристикам) навколишнього середовища, які зазнають максимального впливу.

Після заповнення матриці визначається значущість всіх впливів (γ) за формулою:

$$\gamma = \frac{100}{R}, \quad (4.17)$$

де R – кількість значущих клітинок в матриці (в яких $\omega \neq 0$).

Загальна сила впливу (I_i) визначається за формулою:

$$I_i = \gamma \times \sum_{i=1}^n \omega_i. \quad (4.18)$$

Аналогічним чином визначається сила впливу по горизонталі I_j . Отримані значення підсумовуються по горизонталі і вертикалі матриці. Таким чином визначаються найбільш інтенсивні дії і виявляються об'єкти, які є найбільш чутливими і зазнають найбільшого впливу.

Загальну силу впливу (I_{ij}), у такому випадку, знаходять за формулою:

$$I_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \omega_{ij} \times \gamma}{S}, \quad (4.19)$$

де S – загальна кількість клітин матриці.

Відношення отриманого значення до максимального I_{max} , виражене у відсотках, визначає (Y_i) рівень локального впливу процесу планової діяльності на довкілля або рівень небезпеки для компонента довкілля:

$$Y_i = \frac{I_i}{I_{max}}, \quad (4.20)$$

Висновок про інтенсивність впливів на навколишнє середовище за варіантами планованої діяльності проводиться шляхом зіставлення аналогічних клітин у матрицях, які відповідають альтернативним варіантам проекту.

Загальну оцінку впливу проекту на довкілля здійснюємо за допомогою функції Харрінгтона.

Зазначена узагальнена функція дозволяє встановити *інтегральний показник оцінки впливу на довкілля*, який є кількісним, однозначним, універсальним показником якості об'єкта, що досліджується і може використовуватись у якості критерію оцінки впливу при будівництві та реконструкції (ремонті) автомобільної дороги на довкілля через свою адекватність, ефективність та статистичну чутливість.

Для побудови *інтегрального показника оцінки впливу на довкілля* використовується узагальнена функція бажаності Харрінгтона [221]:

$$D = \sqrt[m]{\prod_{i=2}^m d_i}, \quad (4.21)$$

де D – узагальнена бажаність $D \in [0; 1]$;

m – кількість показників оцінювання стану об'єкту дослідження;

d_i – частинна бажаність.

Графічне відображення шкали Харрінгтона наведено на рис.4.8. Згідно графіку вісь ординат відображає значення бажаності від 0 до 1 ; вісь абсцис – значення показників, що застосовуються при оцінюванні.

Значення показників стандартної шкали бажаності Харрінгтона приведено в табл. 4.5.

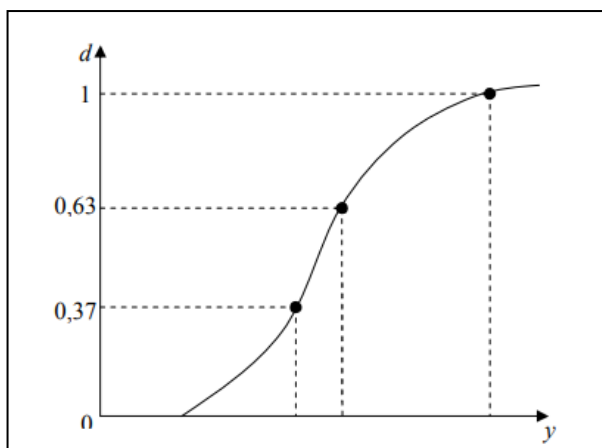


Рисунок 4.8 – Стандартна функція бажаності Харрінгтона

Таблиця 4.5 – Стандартна шкала бажаності Харрінгтона

Висновок	Шкала
Дуже добре	1,0 – 0,81
Добре	0,80 – 0,64
Задовільно	0,63 – 0,38
Погано	0,37 – 0,21
Дуже погано	0,20 – 0

Інтегральний показник оцінки впливу на довкілля (Y) дорівнює

$$Y = \sqrt[m]{\prod_{i=2}^m Y_i}, \quad (4.22)$$

де Y_i – рівень локального впливу процесу реконструкції (ремонті) автомобільної дороги на довкілля;

m – кількість локальних показників впливу на довкілля.

Оцінка впливу процесів реконструкції (ремонті) автомобільної дороги на довкілля в безрозмірну шкалу бажаності, яка встановлює відповідність між суб'єктивною оцінкою аналітика та характеристиками об'єкту (значення показників), що досліджується, здійснене на основі функції Харрінгтона, наведено у табл. 4.6.

Таким чином, чим нижче значення інтегрального показника при будівництві чи реконструкції (ремонті) автомобільної дороги, тим вплив на навколишнє середовище менше і проект буде більш безпечним.

Таблиця 4.6 – Градація інтенсивності сили впливу на довкілля процесів будівництва та реконструкції (ремонту) автомобільної дороги

Інтегральний показник (інтенсивність сили впливу, Y)	Градація <i>інтенсивності сили впливу</i>
0,20 – 0	Дуже (надзвичайно) низький
0,37 – 0,21	Низький
0,63 – 0,38	Задовільний (нижче середнього)
0,80 – 0,64	Високий
1,0 – 0,81	Дуже високий (надвисокий)

На рис.4.9 представлено алгоритм кількісної оцінки впливу на довкілля з використанням матриці Леопольда та функції бажаності Харрінгтона.

Даний алгоритм складає математичну основу електронного сервісу, інтерфейс якого забезпечує підтримку прийняття рішень для кількісної оцінки впливу на довкілля планової діяльності суб'єкта господарювання. Він передбачає ідентифікацію суб'єкта господарювання в запиті з використанням текстово-цифрової ідентифікації та визначає порядок роботи програми, а саме:

- керування інформаційною структурою;
- керування обміном інформацією зі сторонніми базами даних та комп'ютерними програмами;
- вивантаження інформації щодо оцінки впливу на довкілля;
- забезпечення аналізу результатів кількісної оцінки впливу на довкілля або окремих його елементів;
- забезпечення інтеграції з електронною поштою відповідальної особи в Міністерстві захисту довкілля та природних ресурсів за обробку запитів щодо оцінки впливу на довкілля.

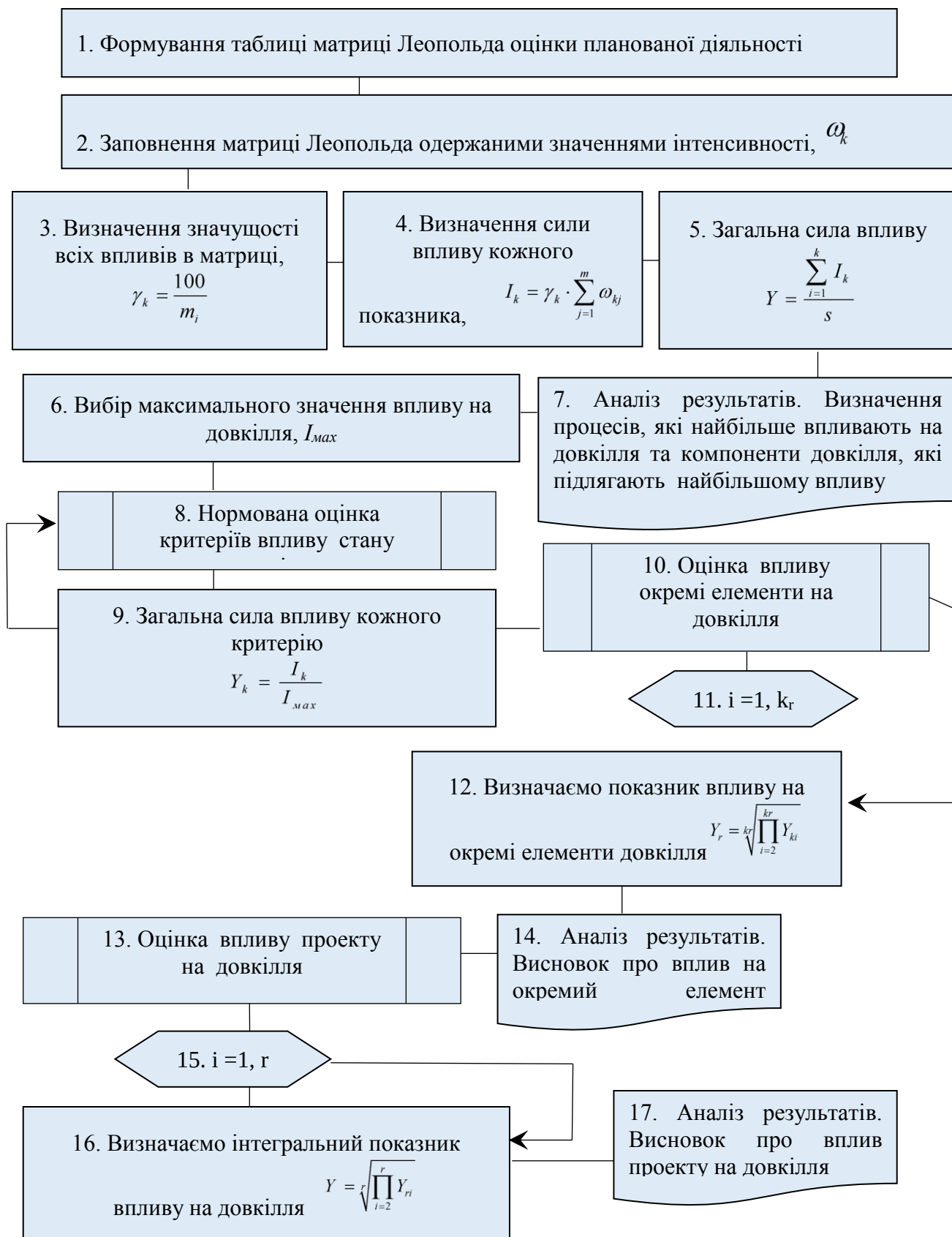


Рисунок 4.9 – Алгоритм кількісної оцінки впливу на довкілля з використанням матриці Леопольда та функції бажаності Харрінгтона

4.3 Алгоритм застосування методів оптимізації рішень щодо управління мережею доріг

Задачею оптимізації рішень є побудова математичної моделі, яка виражає проблему прийняття рішень. Коригуючи значення змінних, метод оптимізації вибирає можливе рішення (з точки зору обмежень) з найкращим (оптимальним) значенням цільової функції. Іншими словами, техніка оптимізації безпосередньо не вирішує проблему прийняття рішень, але вирішує відповідне їй математичне формулювання, завдання оптимізації.

Змінні рішення представляють рішення, яке потрібно прийняти, яке змінюється та веде до різних результатів. При прийнятті рішень методами оптимізації змінні рішення зазвичай представляють набір стратегій.

Оптимальне рішення – найкраще можливе рішення проблеми оцінки стану та управління дорогами. В контексті прийняття рішень в оптимальне рішення задовольняє всі обмеження та досягає найкращого значення цілі серед усіх можливих рішень алгоритмізації.

Рішення без домінування існують лише при аналізі проблеми. Змінні рішення можна представити у вигляді вектора змінних. На приклад на рис.4.10 [211] усі рішення A-D не мають домінуючого характеру. Отже, вони є кращими варіантами вибору стратегії, ніж інші рішення в пулі.

Все нездійснені рішення позначаються як останній рівень недомінування та вилучаються з пулу. Тоді неодноразово переважаючи рішення, залишені в пулі, позначаються як наступний рівень домінантності, тобто рішення E і F, і далі будуть вилучені з пулу. Цей процес зупиняється, коли всі рішення в пулі видаляються.

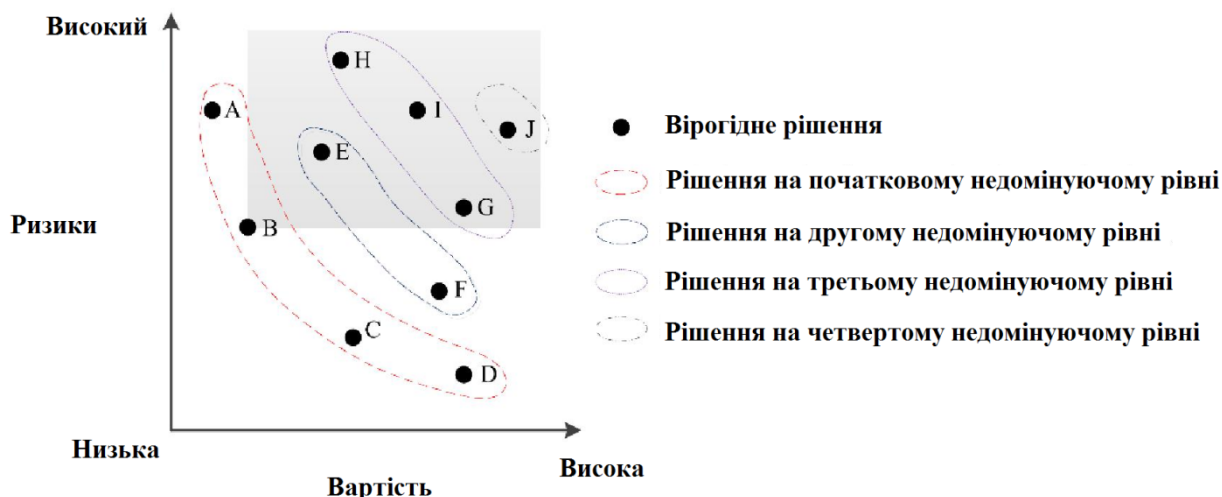


Рисунок 4.10 – Приклад рішень без домінування

Рішення за Парето та кордон Парето, які також називають ефективними рішеннями, - це набір можливих рішень, які неможливо вдосконалити в одній цілі, не погіршивши щонайменше одну іншу ціль. У контексті прийняття рішень рішення за Парето є найкращими з можливих рішень, що дозволяють досягти відповідних цілей способом, який неможливо вдосконалити. Кордон Парето – це межа Парето вирішення проблеми оптимізації. Кожна межа Парето в цьому дослідженні - це набір усіх існуючих рішень Парето, які можуть виглядати як лінія в об'єктивному просторі при існуванні великої кількості рішень Парето.

При застосуванні методів оптимізації необхідно враховувати, що:

- Особи, що приймають рішення, повинні мати достатні знання щодо своїх проблем прийняття рішень, визначити їх перевагу, що може бути важко, особливо на ранній стадії процесу прийняття рішень.
- Перевага надається особою, яка приймає рішення, що може спричинити суб'єктивність та суперечки так як особи, що приймають рішення, можуть мати різні думки щодо важливості та пріоритети цілей.

Деякі методи оптимізації здатні отримати набір рішень Парето. Набір рішень Парето представляє найкраще з досяжних значення цілей для проблеми прийняття рішень. Рис. 4.11 [211] є прикладом проблеми прийняття рішень із двома цілями: покращення стану та мінімізації вартості

на ремонті. Існує п'ять рішень Парето, включаючи рішення, що представляє найнижче необхідне фінансування (рішення А) та найкращий можливий стан (рішення Е).

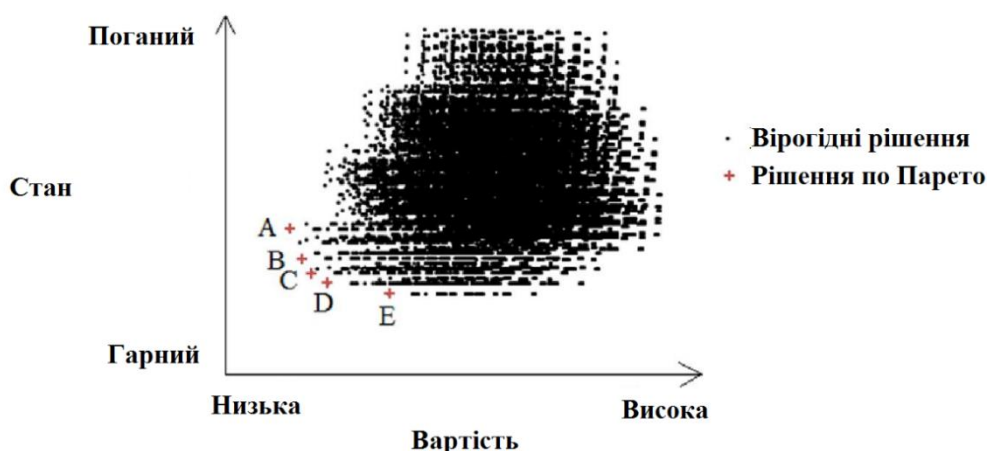


Рисунок 4.11 – Приклад рішень Парето

При погіршенні одного завдання – рентабельність іншого може бути оцінена шляхом переходу від одного рішення до іншого. Наприклад, при переході від рішення С до D на рис. 4.11, умова покращується, тоді як потрібно більше фінансування. Особи, що приймають рішення, можуть обміняти суперечливі цілі шляхом збалансування цілей покращення та погіршення використання рішення за Парето.

Набір рішень Парето також показує на виконання індивідуальних стратегій. Наприклад, коли найбільша кількість рішень за Парето вибирають ту саму стратегію, ця стратегія настійно рекомендується.

Методи оптимізації досить широко впроваджуються в комп'ютерних програмах. Через функціональну обчислювальну потужність вони здатні швидко аналізувати велику кількість сегментів і стратегій та швидко отримати оптимальне рішення.

Перед оптимізацією практична задача прийняття рішень повинна бути математично сформульована як задача оптимізації. Проблема оптимізації повинна точно описувати проблему прийняття рішень за допомогою змінних та формул. Більш конкретно, прийняття рішень намагається вибрати відповідні стратегії для сегментів мережа активів інфраструктури, яка,

іншими словами, націлена на комбінацію стратегій, що результати обраних стратегій досягають цілей та вимог оптимізації. Проблеми, проаналізовані в цьому дослідженні, можна класифікувати як комбінаторну оптимізацію, що часто формулюється як цілочисельна задача програмування (ІР), яка виражає задачу оптимізації з цілочисельними змінними рішення та лінійними формулами цілей і обмеженнями [224]. Вибір стратегій $G = \{G_1, G_2, \dots, G_n\}$ за програмою експлуатаційного утримання доріг виконується підходом двійкових змінних (якщо змінна рішення має значення 1, для програми вибирається стратегія, в іншому випадку – ця стратегія не буде обрана):

$$G_i = \begin{cases} 1 & i \in G \\ 0 & i \notin G \end{cases} \quad (4.23)$$

Після визначення змінних рішень формулюються цілі та обмеження задачі оптимізації проектів в програмі експлуатаційного утримання доріг:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n g_{k,i} \times G_i \times \beta \rightarrow \max/\min, k \in [1; K], \{K \in N\} \\ \sum_{i=1}^n g_{l,i}^U \times G_i \times \beta \leq \lim_{U \rightarrow \infty} l^U, l \in [1; L^U], \{L^U \in N\} \\ \sum_{i=1}^n g_{l,i}^L \times G_i \times \beta > \lim_{L \rightarrow \infty} l^L, l \in [1; L^L], \{L^L \in N\} \\ \sum_{i \in \delta_j} G_i \times \beta = 1, j \in [1; M], \{M \in N\} \end{cases} \quad (4.24)$$

де i – індекс стратегії;

j – індекс ділянки або активу;

k – індекс цілі;

$g_{k,i}$ – значення цілі k , якщо реалізується стратегія i ;

$g_{l,i}^U$ – значення верхнього обмеження l , якщо реалізується стратегія i ;

$g_{l,i}^L$ – значення нижчого обмеження l , якщо реалізується стратегія i ;

$\lim_{U \rightarrow \infty} l^U$ – верхня межа обмеження l ;

$\lim_{L \rightarrow \infty} l^L$ – нижня межа обмеження l ;

δ_j – набір альтернативних стратегій для ділянки або активу j ;

β – коефіцієнт ризику нездійсненності стратегії, $\beta \in [0; 1]$;

K – кількість цілей;

L^U – кількість обмежень верхньої межі;

L^L – кількість обмежень нижньої межі;

M – кількість ділянок або активів;

N – кількість стратегій.

Цільова функція моделі оптимізації проектів в програмі експлуатаційного утримання визначає цілі, що мають бути досягнуті, зокрема, наприклад, це мінімізація витрат за проектами та максимізація експлуатаційного стану, або покращення окремих показників, встановлення високого рівня обслуговування тощо. Наприклад, цільова функція моделі для мінімізації витрат на заплановані заходи з експлуатаційного утримання матиме вигляд:

$$\sum_{m=1}^M \sum_{a=1}^A \sum_{t=1}^T Y_{m,a,t} \times L_a \times C_{m,a,t} \times (1 + i_r)^t \rightarrow \min, \quad \forall m, a, t, \quad (4.25)$$

де $Y_{m,a,t}$ – захід m , що застосовується для ділянки або активу a за час t реалізації заходу;

$C_{m,a,t}$ – одинична вартість заходу m , що застосовується для ділянки або активу a за час t ;

L_a – довжина ділянки (у разі розгляду дороги або мережі), км;

i_r – ставка дисконтування.

Обмеженнями моделі оптимізації можуть бути мінімальні рівні обслуговування, ефективність ремонтно-відновлювальних заходів, обмеження у здійсненні певної кількості заходів за один рік тощо. Крім того, є обмеження, що стосуються цілей та загального бюджету:

$$\sum_{m=1}^M Y_{m,a,t} = 1, \quad \forall m, a, t. \quad (4.26)$$

$$Y_{m,a,t} = \begin{cases} 1 & m_a^t \in G_i \\ 0 & m_a^t \notin G_i \end{cases} \quad (4.27)$$

$$\sum_{a=1}^A \sum_{m=1}^M Y_{m,a,t} \times L_a \times C_{m,a,t} \times (1 + i_r)^t \leq C_{Pr1}, t \in [1; T]; \{T \in N\}, \quad (4.28)$$

де C_{Pr1} – загальний бюджет на горизонт, приведений на 1 рік здійснення програми.

Прогнозований індекс стану ділянки або активу $Sa_{(t)}$ в момент часу t є функцією від віку активу $E_{a,t}$:

$$Sa_{(t)} = F(E_{a,t}), \quad \forall a, t, \quad Sa_{(t)} \in [1; 5]. \quad (4.29)$$

Сукупний індекс стану ділянки або активу $S_{\Sigma A_{(t+1)}}$ за $t+1$ рік визначається за умови обмежень:

$$S_{\Sigma A_{(t+1)}} = |Sa_t - (Sa_{t+1}) + (Y_{m,a,t} \times \Delta S)|, \quad \forall m, a, t. \quad (4.30)$$

$$\begin{cases} S_{\Sigma A_{(t+1)}} \geq S_{los}, & \forall a, t \\ S_{\Sigma A_{(t+1)}} \leq S_{max}^G, & \forall a, t \end{cases} \quad (4.31)$$

де S_{max}^G – максимальний показник стану, який встановлений для цілі G ;

$$S_{\Sigma A_{(t+1)}} \in [1; 5].$$

Однак формулювання проблем прийняття рішень може відрізнятися. Для конкретного прийняття рішень щодо проблеми можуть ефективно використовуватися різні методи.

Після формулювання проблеми прийняття рішень необхідно обрати відповідну техніку (метод) оптимізації. Методи оптимізації, дотримуючись різних алгоритмів, мають різну продуктивність і дають різні результати оптимізації при вирішенні однієї і тієї ж оптимізації проблеми.

Впровадження обраної методики оптимізації є важливим, оскільки це може вплинути на техніку виконання. Алгоритм обраної техніки може бути реалізований в різні способи, засновані на розумінні виконавцем техніки та переваг реалізації. Хороша реалізація може допомогти отримати хороші результати оптимізації за короткий час, тому покращують ефективність обраної техніки.

Реалізація пов'язана з багатьма факторами і не може бути визначена без знання алгоритму та вирішення проблеми оптимізації. Розрізняють точні та евристичні методи апроксимації змінних в моделях оптимізації (рис.4.12). В дослідженні розглянуто набір:

- традиційних методів оптимізації (дихотомічний підхід – DA; методи констант – ECM; методи апроксимації нормального розподілу – RNBI; дерево рішень – DT; методи вагових коефіцієнтів – WSM);

- евристичних методів оптимізації (методи моделювання – SA; методи пошуку заборон – TS; методи мурашиної колонії – ACO; методи оптимізації руху частинок – PSO; генетичний алгоритм – GA; еволюційний генетичний алгоритм – NSGA II).

Перелік методів оптимізації, які потенційно застосовні до довгострокових рішень та рішень на рівні мережі вносяться в алгоритм, що встановлюється шляхом уточнення техніки їх використання.

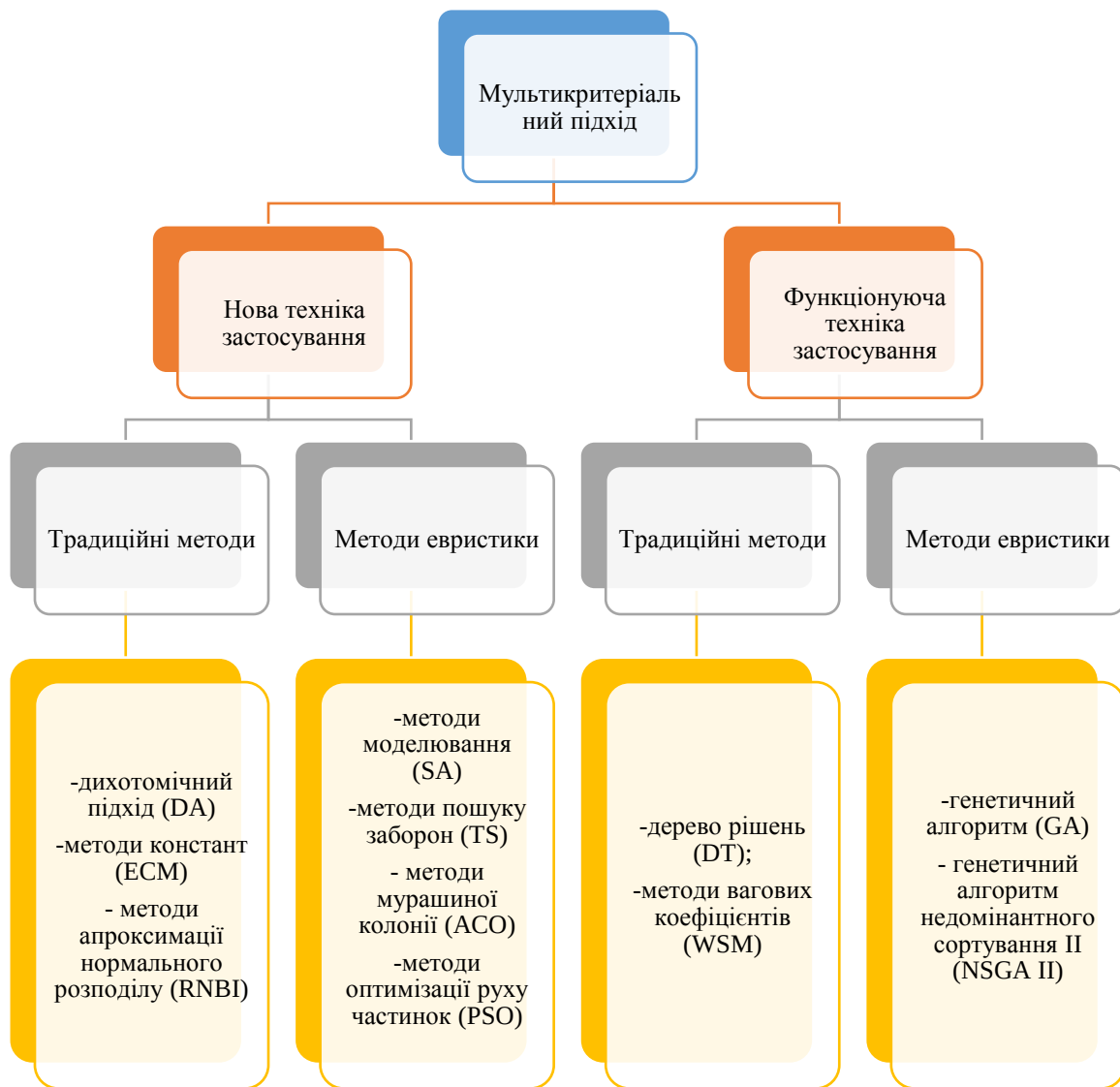


Рисунок 4.12 – Структура методів оптимізації (адаптовано з [211])

Нові методи оптимізації також досліджуються та додаються до алгоритму за потреби. Після підготовки баз даних та комп'ютерної програми алгоритм перевіряється на основі двох практичних довгострокових проблем прийняття рішень на рівні мережі з метою вивчення їх здібностей та потенціалу застосування.

Згідно попереднім оглядом досліджень, часто застосовується методи оптимізації, спрямовані на набір рішень Парето [211], наведені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Короткий зміст застосовуваних методів оптимізації

Техніка застосування	Абревіатура	Тип оптимізації	Рішення по Парето	Швидкість застосування
• дерево рішень	DT	Традиційний	Досягається	Повільна
• методи вагових коефіцієнтів	WSM	Традиційний	Деякі рішення досягаються	Швидка
• генетичний алгоритм	GA	Евристичний	Неточне	Варіює
• генетичний алгоритм недомінантного сортування II	NSGA II	Евристичний	Неточне	Варіює

Дерево рішень – це найбільш часто використовувана техніка оптимізації. Цей метод доволі простий, але має здатність отримати всі існуючі рішення за Парето для проблем оптимізації. Він використовує деревоподібну модель, щоб вказати всі альтернативні рішення та виміряти їх результати індивідуально (рис.4.13). Він встановлює компонування моделі дерева шляхом перерахування та комбінування альтернатив стратегій і нові рішення генеруються, дозволяючи поєднувати стратегії (рис.4.14). Дерево рішень може ефективно обробляти численні цілі, обмеження та отримуватися рішення за Парето. Таким чином, Дерево рішень може аналізувати складні проблеми [225, 226]).

Однак тому, Дерево рішень може зайняти багато часу при аналізі прийняття великих рішень щодо проблеми.

Метод вагових коефіцієнтів (WSM) – це ефективний метод оптимізації, запропонований Заде в 1963 році [227]. Він може швидко проаналізувати завдання оптимізації та отримати набір рішень Парето. WSM перетворює проблему оптимізації у набір підзадач, використовуючи заздалегідь визначені ваги (табл.4.4).

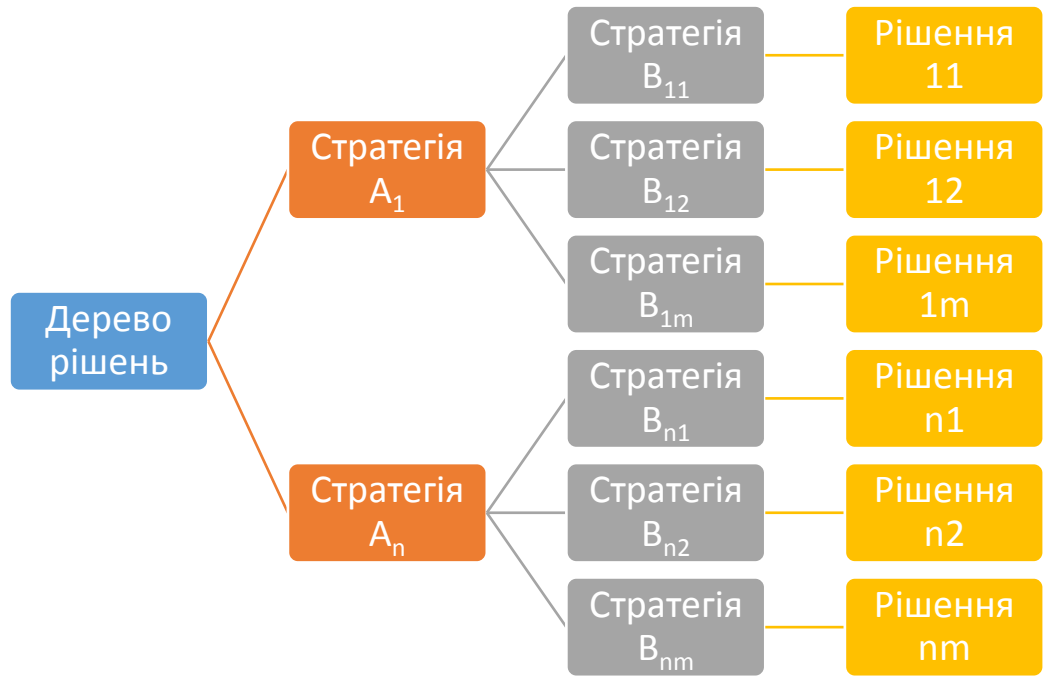


Рисунок 4.13 – Приклад макета дерева рішень

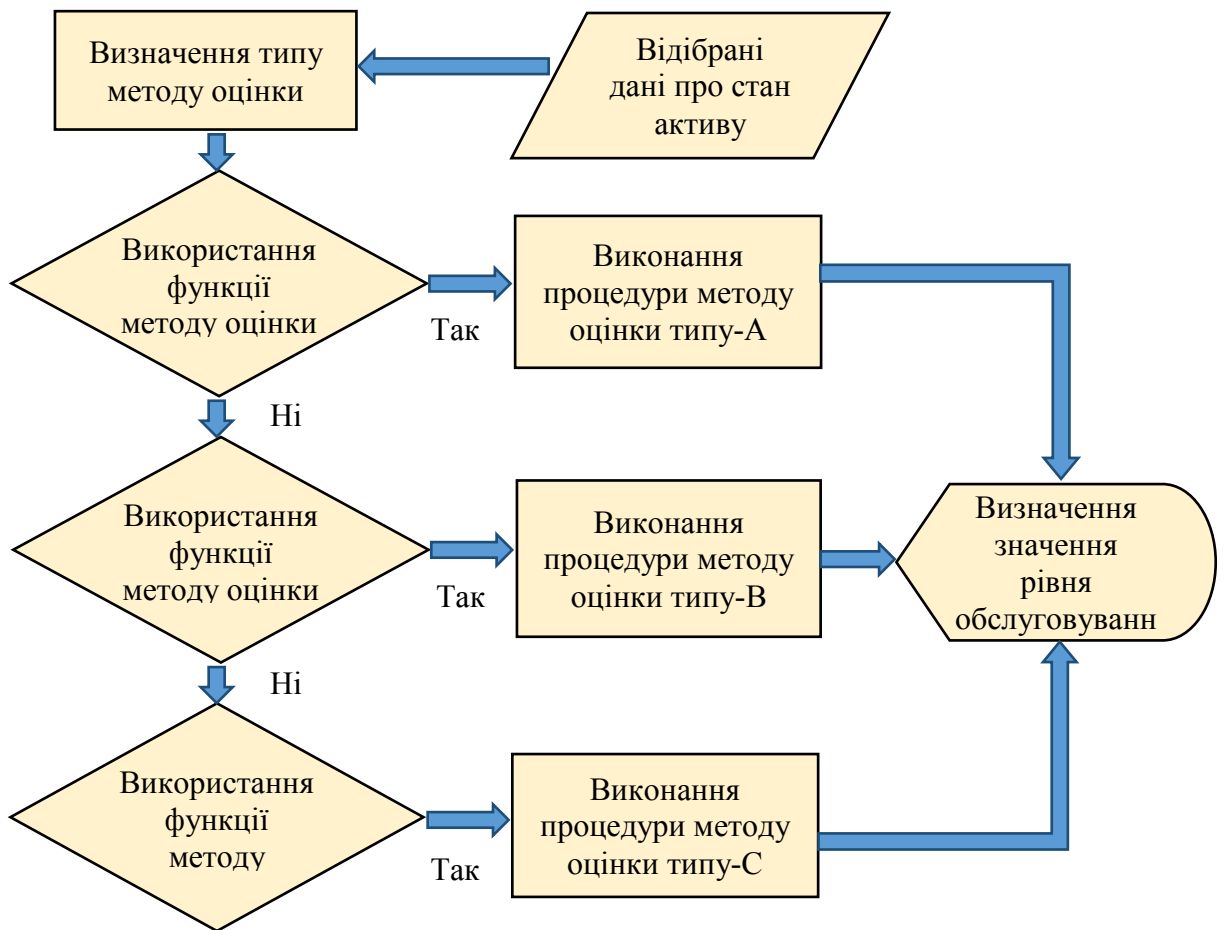


Рисунок 4.14 – Процес вибору методи оцінки

У таблиці 4.8 узагальнено різні класи методів пріоритетного програмування з їх плюсами та мінусами.

Таблиця 4.8 – Різні класи методів пріоритетного програмування [95]

Клас	Переваги і недоліки
Простий суб'єктивний рейтинг проектів на основі експертних оцінок	Швидкий, простий; з урахуванням упередженості та непослідовності, може бути далеко не оптимальним
Ранжування на основі таких параметрів, як працездатність, прогін тощо	Простий і простий у використанні; може бути далеко не оптимальним
Рейтинг на основі параметрів з економічним аналізом	Досить просто; має бути ближче до оптимального
Оптимізація за допомогою математичної моделі програмування для кожного року	Менш прості; може бути близьким до оптимального, ефекти часу не враховуються
Майже оптимізація з використанням евристичної та граничної економічної ефективності	Досить просто; може використовуватися в мікрокомп'ютерному середовищі, близькому до оптимальних результатів
Комплексна оптимізація за допомогою математичної моделі програмування з урахуванням ефектів	Найскладніший; може дати оптимальну програму (макс. переваг)

Таблиця 4.9 – Приклад WSM в двоцільовій оптимізації [211]

	Формалізація задачі	Вага задачі $w = (w_1, w_2)$	Формулювання рішення
Задача 1	$f(Cost) \rightarrow \min$	w_1	$(f(Cost) + f(Risk)) \rightarrow \min$
Задача 2	$f(Risk) \rightarrow \min$	w_2	

При зміні ваги можна встановити більше підзадач та більше рішень можна отримати. На рис.4.15 наведено приклад визначення ваги [211]. Це визначення ваги рівномірно розділяє можливі діапазони всіх ваг на частини, а потім визначає комбінації розділених значень як ваги. Інші визначення ваг представлені Марлером та Аророю в 2004 [228].

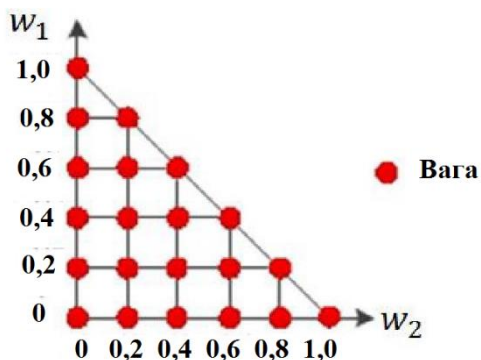


Рисунок 4.15 – Приклад визначення ваг

На рис.4.15 діапазон ваги розділений на 5 частин. Однак навіть якщо всі можливі ваги проаналізовані, WSM не може отримати всі існуючі рішення Парето. Детальніше, він здатний ідентифікувати лише підтримувані рішення, розташовані на межі опуклої оболонки можливих об'єктивних векторів, але ігнорує непідтримувані рішення, розташовані на внутрішній опуклій оболонці. Детальна інформація про підтримувані та непідтримувані рішення вводиться Chen в 2013 році [229].

Генетичний алгоритм (ГА) – це евристичний метод, що імітує процес природного відбору, заснований на теорії еволюції Дарвіна (Голландія, 1975). Це найбільш часто використовуваний метод оптимізації при прийнятті рішень і багато дослідників вважають ГА створює хороші рішення для вирішення їх проблем. ГА оперує генами, кожен з яких відповідає сегменту дороги в контексті оптимізації (рис.4.16) [211].

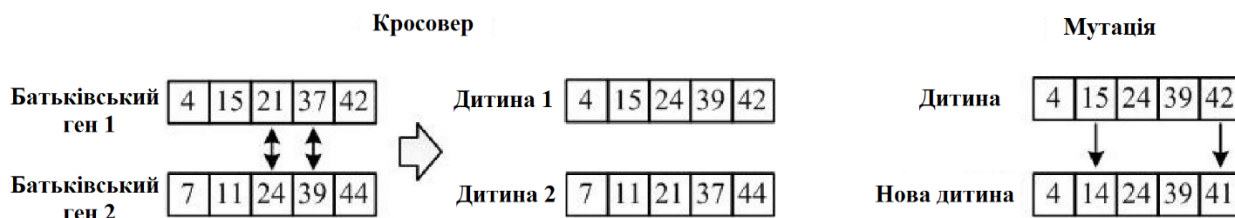


Рисунок 4.16 – Приклад кросинговеру та мутації

За даними Wang [230], ГА – є одним з найефективніших багатоцільових евристичних методів оптимізації. Важливим параметром ГА є чисельність популяції, що визначає кількість рішень, які обрані батьками.

Неномінований сортувальний генетичний алгоритм (NSGA II) базується на GA, в той час як він має чудові вимірювальні властивості, і тому він швидший і більш ефективний, ніж класичний GA [231]. Подібно до GA, NSGA II також працює на генах. Спочатку пул рішень є випадковим і генерується. У кожній ітерації рішення вимірюються за рівнем недомінантності. Рішення з вищим рівнем недомінування обираються батьками. Потім кросовер і мутація застосовується до батьків, яка і у GA. Цей процес повторюється поки критерій зупинки не буде задоволений. За даними Bai [232], NSGA II може ефективно вирішувати проблеми оптимізації та допомагає в досягненні компромісних цілей при прийнятті рішень в імітаційному моделюванні.

Для вирішення різноманітних задач оптимізації розроблено широкий спектр методів.

Дихотомічний підхід (DA) – точний метод, запропонований Кохоном та співавторами в 1979 році. Він розроблений для вирішення двоцільової дискретної оптимізації проблеми та може ефективно визначати рішення Парето. DA застосовується до двоцільного рішення і досягає хороших результатів оптимізації згідно Chen [229]. Приклад алгоритму цього методу наведено на рисунку 4.17 [211].

По-перше, "кінцеві точки" отримуються шляхом лексикографічної оптимізації кожної мети. Алгоритм зупиняється, коли всі пари послідовних рішень використовуються для отримання ваг та визначення підзадач:

$$\begin{cases} w_1 = f_2(x^{s+1}) - f_2(x^s) \\ w_2 = f_1(x^s) - f_1(x^{s+1}) \end{cases} \quad (4.32)$$

$$G = w_1 f_1(x) + w_2 f_2(x) \rightarrow \min, x \in \Omega, \quad (4.33)$$

де w_1 і w_2 – вага цілей;

f_1 і f_2 – функція цілі;

G – нова єдина мета;

x – рішення;

x^s і x^{s+1} – два послідовних рішення з індексом $i + 1$;

Ω – набір можливих рішень.

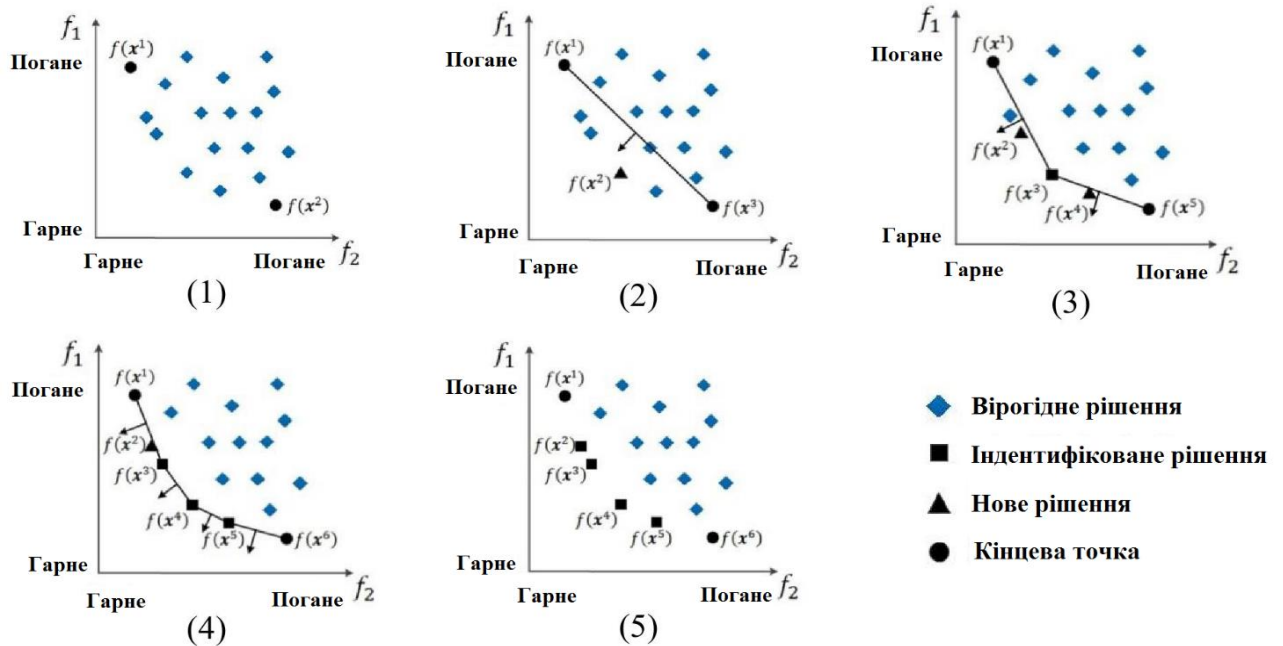


Рисунок 4.17 – Алгоритм DA

Спираючись на природний порядок рішень Парето, класичний DA застосовується лише до дво-об'єктової оптимізації проблеми. Пшибильський у 2010 році представив новий алгоритм, який дає можливість DA оптимізувати на три і більше цілей. У ваговому просторі кожне рішення Парето домінує над областю $W(f(x))$, в якій рішення завжди є оптимальним при вирішенні підзадач, встановлених вагами в межах $W(f(x))$.

Для двох послідовних рішень за Парето та їх вагових площ $W(f(x))$, та $W(f(x'))$, мають спільне ребро між w^{1*} і w^{2*} що при вирішенні оптимізації проблем, встановлена будь-якою вагою на спільному краю, обидва x і x' є оптимальним рішенням. Отже, нова двоцільова підзадача встановлюється спільним краєм за допомогою рівнянь:

$$\begin{cases} G_1 = \sum_{k=1}^K f_k \times w_k^{1*} \\ G_2 = \sum_{k=1}^K f_k \times w_k^{2*} \end{cases} \quad (4.34)$$

$$x \in \Omega$$

де f_k – функція цілі;

F_1 і F_2 – функція нових цілей;

w_k^{1*} w_k^{2*} – надзвичайна вага спільного краю.

DA – це ефективний метод для двоцільової оптимізації, який може отримати добре розподілені рішення за Парето.

Цей алгоритм зупиняється, коли є всі пари ідентифікованих рішень і не отримується нового рішення.

Отже, за алгоритмом, розробленим Пшибильським та його послідовниками, можна також визначити рішення Парето для трьох або більше об'єктивних задач оптимізації. Крім того, класичний DA не вимагає від осіб, які приймають рішення, калібрувати будь-який параметр, отже, його реалізація проста, і вона може працювати без участі тих, хто приймає рішення. Однак DA не може визначити всі існуючі рішення Парето. Подібно до WSM, він може отримати лише підтримувані рішення, але не може визначити будь-які непідтримувані рішення.

Метод обмеження Epsilon (ECM) – класичний точний метод оптимізації. ECM вже довгий час ефективно застосовується до оптимізації процесів [233]. ECM обробляє цілі, перетворюючи їх у обмеження. Точніше, лише одна основна ціль оптимізується, тоді як інші цілі перевизначаються як так звані обмеження Епсілона. Рисунок 4.18 [211] ілюструє алгоритм ECM при вирішенні двоцільової задачі оптимізації, де мета 1 є основною метою.

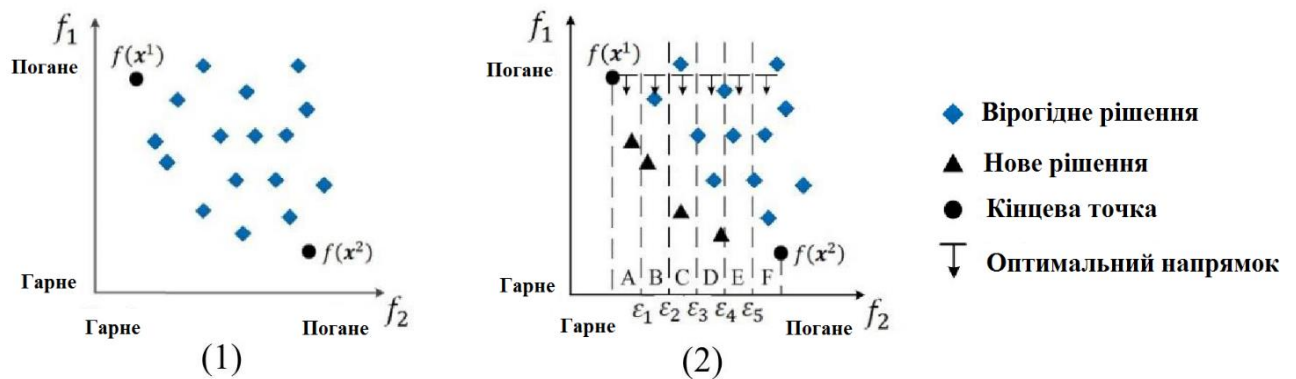


Рисунок 4.18 – Алгоритм ECM для двоцільової оптимізації

По-перше, подібно до DA, кінцеві точки визначаються шляхом лексикографічної оптимізації (рис. 4.18 (1)). За винятком основної об'єктивної цілі, можливий діапазон інших цілей рівномірно розділений на $(n_s + 1)$, кожен із значеннями епсилону f_{main} (рис. 4.18 (2)). Підзадача алгоритму – встановлення оптимізації головної мети, визначення епсилонів обмежень цілі та підпорядкування їх початковим обмеженням:

$$\begin{cases} f_{main}(x) \rightarrow \min, x \in \Omega \\ f_k(x) \leq \varepsilon_k, k \in [1; K], \{K \in N\}, k \neq main' \end{cases} \quad (4.35)$$

де f_{main} – функція головної мети;

ε_k – епсилонове значення цілі k .

ЕСМ може ефективно обробляти декілька цілей та визначати рішення Парето. Критична частина ЕСМ - це визначення епсилону.

Метод апроксимації нормального розподілу (RNBI) - це точний метод, який гібридує метод перетину меж та глобальний метод (Шао та Ерготт, 2007) [234]. Метод апроксимації нормального розподілу визначає опорні точки та встановлює підзадачі моделювання шляхом вимірювання відстані між опорними точками та можливими рішеннями. Рисунок 4.19 [211] демонструє алгоритм вирішення двоцільової задачі оптимізації.

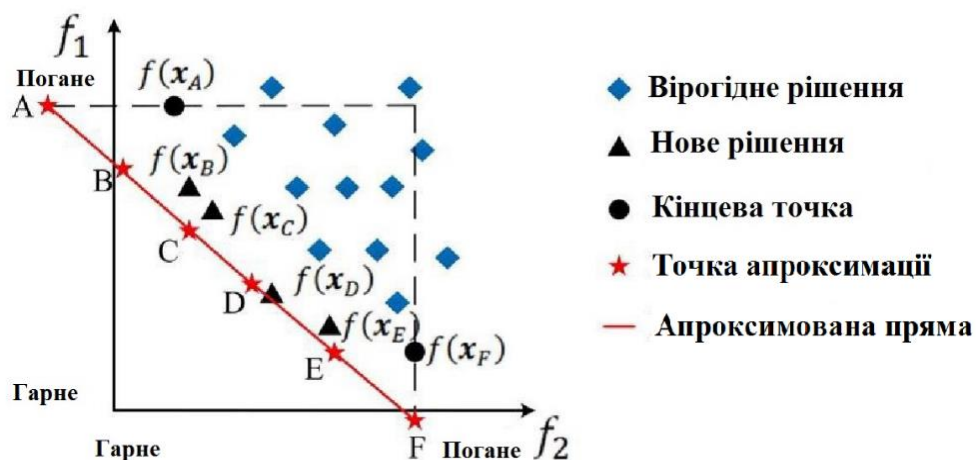


Рисунок 4.19 – Алгоритм RNBI

Подібно до WSM, кінцеві точки кордону Парето ідентифікуються лексикографічно, оптимізуючи кожну мету. Потім RNBI встановлює еталонну поверхню в об'єктивний простір шляхом з'єднання кінцевих точок. Ця опорна поверхня є лінією у двоцільовій задачі оптимізації, площиною в трьохцільових задачах оптимізації або гіперплощиною в чотирьох або більше об'єктивних задачах оптимізації. Далі знаходяться рівновіддалені точки, побудовані на опорній поверхні, такі як точки A і F на рис. 4.19.

У класичному RNBI відстань вимірюється по нормальному напрямку. Однак у рішенні оптимізації по Парето розташовані дискретно і можуть бути не в нормальному напрямку опорних точок, наприклад, приклад на рис.4.20. Цей метод опирається на використання рівняння Чебишева для вимірювання відстані між опорними точками та можливими рішеннями. На прикладі рисунка 4.20 показано отримання нового рішення для контрольної точки з мінімальною відстанню Чебишева $|f_1(x_r) - f_1(x_p)|$ [211]. Приймаючи дистанцію Чебишева, всі цілі повинні бути нормалізовані в однаковій шкалі.

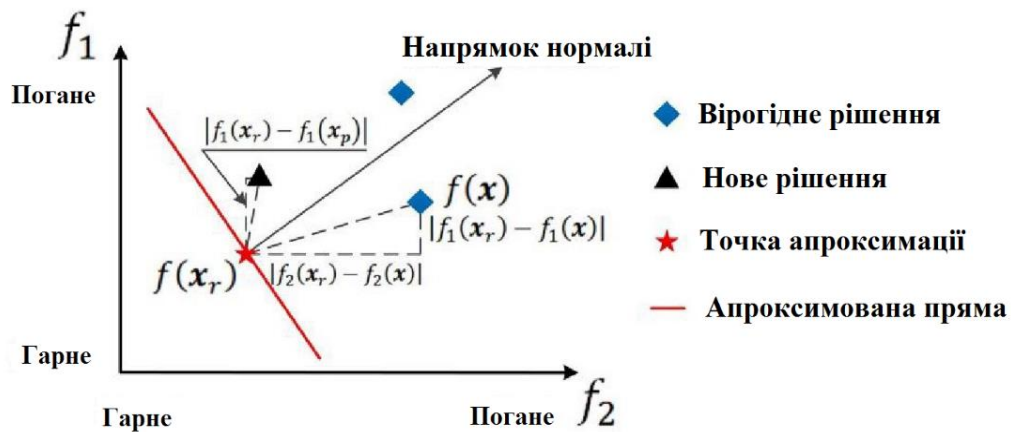


Рисунок 4.20 – Приклад вимірювання відстані

Підзадача оптимізації визначається для кожної контрольної точки за допомогою рівнянь [211]:

$$\begin{cases} d_{Tch} \rightarrow \min \\ d_{Tch} = \max_{k=1,2,\dots,K} |f_k(x) - f_k(x_r)|, x \in \Omega \end{cases}, \quad (4.36)$$

де d_{Tch} – відстань Чебишева;

x_r – орієнтир.

Коли діапазони об'єктів розділений на частини $(ns + 1)$, рівновіддалені точки встановлюються на кожній цільовий вектор для визначення опорних точок. Однак, не всі набори рішень проблеми гарантують унікальне рішення Парето.

Методи моделювання (SA) – це евристичні методи, що імітують рух часток [235]. SA спочатку був розроблений для дискретних проблем і пізніше адаптований до проблем оптимізації, згідно Антунес [236]. Основна ідея цього алгоритму полягає в тому, що рішення відповідає твердому тілу, яке змінює свій статус у межах можливих рішень. Тверда речовина перебуває в поточному стані та має сусідство рішень, до яких можна дійти зробивши просту модифікацію.

Табу-пошук (TS) – це евристичний метод локального пошуку, який встановлює списки табу для запису ідентифікованих рішень та змушує алгоритм досліджувати більше простору можливих рішень. Hertz [237] стверджує, що даний метод має надзвичайну гнучкість та гарне охоплення рішень. Ідея TS була спочатку запропонована у 1977 р. Гловером [238] для вирішення дискретних задач оптимізації. Згідно Jaeggi [239] алгоритм спочатку генерує набір поточних рішень, а далі генерує набір нових рішень для своїх меж.

Метод оптимізації колонії мурашок (ACO) – це евристичний метод, що імітує поведінку пошуку їжі мурахами. Алгоритм може швидко дослідити простір рішень і вдосконалити визначені рішення [240].

Спочатку набір мурах розміщується у випадково створених ячейках з вихідним феромоном, евристична інформація вимірюється зваженим підсумовуванням об'єктивних значень рішення із випадково сформованою вагою. Це схоже на визначення придатності багатоцільності GA.

Ефективність альтернативних стратегій сегмента вимірюється за рівнянням [211]:

$$p_i = [\sum_{k=1}^K (w_k \times \tau_{k,i})]^\alpha \times (\eta_i)^\beta, \quad (4.37)$$

$$P_i = \frac{p_i}{\sum_{i \in \delta_j} p_i}, \quad (4.38)$$

$$f(\tau_{k,i}) = (1 - \rho)\tau_{k,i} + \rho\Delta\tau, \quad (4.39)$$

де p_i , η_i – якісна та евристична інформація про стратегію i ;

$\tau_{k,i}$ – орієнтир стратегії;

w_k – рандомна вага.

Існує чотири основні параметри АСО. Імовірність впливає на вибір стратегій. Коли вона велика, стратегії з найкращими показниками мають більше шансів бути обраними для нових рішень.

Метод оптимізації рою частинок (PSO) - це евристичний метод, що імітує соціальну поведінку зграї птахів та виведення риби за Kennedy та Eberhart [241]. Це стохастичний і популяційний метод пошуку, який здатний постійно вдосконалювати визначені рішення. PSO спочатку розроблявся для постійних проблем оптимізації, а пізніше був модифікований для вирішення дискретних задач. Дослідники Ho, Zhao, Suganthan, Liangta, Lertworawanich [242] застосовували багатоцільову версію PSO для прийняття рішення в оптимізації. Слід зауважити, що отримується лише одне переважне рішення шляхом багаторазових ітерацій до досягнення критерію зупинки [211]:

$$f^l = \frac{1}{1 + \sum_i (y^i \wedge y^l)_{S^i}}, \quad y^i \in Y_{ND}, \quad (4.40)$$

$$v_i^{l,iter-1} = wv_i^{l,iter-1} + c_1r_1(p_i^{l,iter} - y_i^{l,iter}) + c_2r_2(g_i^{l,iter} - y_i^{l,iter}), \quad (4.41)$$

$$y_i^{l,iter+1} = \begin{cases} 1 & r < Sv_i^{l,iter} \\ 0 & r \geq Sv_i^{l,iter} \end{cases} \quad (4.42)$$

де s^i – сила рішення y^i ;

f^l – критерій для рішення y^l ;

$iter$ – індекс ітерації;

w, c_1, c_2 – параметри моделі;

r_1, r_2 – випадкові числа між 0 та 1.

Є три основні параметри 1 і 2, що визначають вплив попередньої швидкості оптимізації (кількість ітерацій), локальні оптимальні рішення та глобальні оптимальні рішення на новій швидкості. Коли вони великі, попередні швидкості, локальні оптимальні рішення та глобальні оптимальні рішення мають більший вплив на швидкість. Чисельність популяції PSO визначає кількість частинок.

У таблиці 4.10 узагальнено методи, представлені в цьому розділі [211].

Таблиця 4.10 – Аналіз методів оптимізації

Метод	Клас	Можливість використання для оптимізації рішень	Кількість цілей	Рішення за Парето	Широка шкала оцінки проблеми
DA	Традиційні	так	2	так	так
ECM		так	2+	так	так
RNBI		модифікація	2+	так	так
SA	Евристичні	так	2+	непевне	так
TS		так	2+	непевне	так
ACO		так	2+	непевне	так
PSO		так	2+	непевне	так

Усі вони застосовні до вирішення проблем оптимізації при прийнятті рішень в дорожньому господарстві і мають можливість обробляти велику кількість сегментів і стратегій.

Проведений аналіз методів оптимізації дозволив визначити найбільш ефективні на тепер методи для пошуку рішень – генетичні алгоритми. Перелік методів оптимізації, які потенційно застосовні до довгострокових рішень та рішень на рівні мережі, встановлюється шляхом уточнення техніки їх використання та в подальшому вноситься в алгоритм визначення програми.

Обрані методи оптимізації рішень щодо управління дорожнім господарством повинні бути гнучкими, щоб можна було досягти конкретних очікувань. Відповідно до викладених вище тверджень, система вимірювання для прийняття рішень повинна складатися з таких складових, як:

- Якість рішення: якість визначених рішень.
- Розподіл рішень: репрезентативність визначених рішень.
- Вимірювання часу обчислення: ефективність техніки.
- Міркування щодо впровадження як інформаційної системи: гнучкість та керованість методів.

Оскільки, методи оптимізації повинні ідентифікувати рішення Парето, але не всі методики дають гарантію, то пропонуємо запровадити критерій відстані, який визначається як генераційна відстань (GD) між набором ідентифікованих рішень та наборів розв'язків Парето [243]. Коли критерій відстані невеликий, в середньому набір визначених рішень близький до кордону Парето. У найкращому випадку відстань дорівнює 0 і це рішення є рішенням Парето [211]:

$$d(x, x') = \sqrt{\sum_{k=1}^K (f_k(x) - f_k(x'))^2}, \quad (4.43)$$

$$d(x) = \min_{\forall x_p \in X_p} d(x, x_p), \quad (4.44)$$

$$GD(X, X_p) = \frac{1}{N_X} \sqrt[y]{\sum_{x \in X} (d(x))^y}, \quad (4.45)$$

де $d(x)$ – відстань рішення x до найближчого розв'язку Парето за ціллю;

$d(x, x')$ - евклідова відстань між розчинами x і x' ;

$GD(X, Xp)$ – GD між наборами рішень X і Xp ;

x та x' – здійсненні рішення;

X – набір визначених рішень;

Xp – набір усіх рішень Парето;

N_X – Кількість рішень у X .

Цей критерій прямо та точно описує якість рішення методів оптимізації. Однак для його обчислення потрібно, щоб був відомий набір усіх існуючих рішень Парето.

Гіпероб'єм як критерій також безпосередньо вимірює корисність визначених рішень згідно з Fleischer, Zitzler [244]. Він вимірює обсяг площі, що оточує визначене рішення та ідеальну точку в об'єктивному просторі. На рисунку 4.21 показано гіпероб'єм на прикладі двоцільової оптимізації [211].

Ідеальна точка - це утопічна точка в об'єктивному просторі, яка містить найкращу цінність кожного об'єктивного рішення. Гіпероб'єм рішення обчислюється за рівнянням [211]:

$$HV(x) = \prod_{k=1}^K (f_k(x) - F_k^{ideal}). \quad (4.46)$$

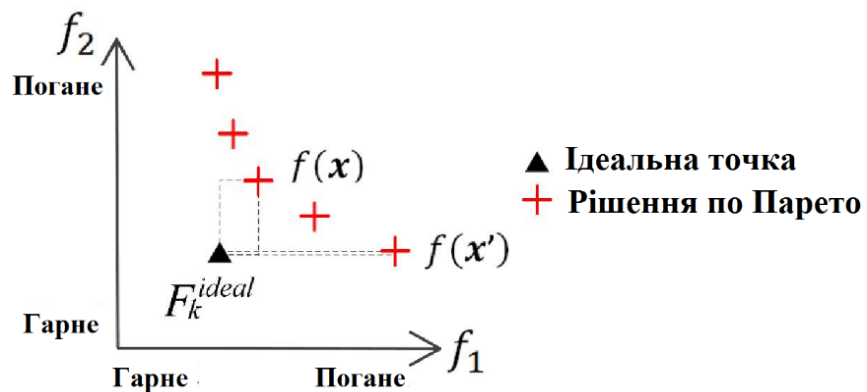


Рисунок 4.21 - Приклад гіпероб'єму

Гіпероб'єм лише приблизно вимірює корисність рішення. Прогрес, заданий рівнянням 4.46 описує вдосконалення рішення за допомогою ітерацій [244]:

$$P = \ln \sqrt{\frac{GD(X_0, X_p)}{GD(X_{iter}, X_p)}}. \quad (4.47)$$

Цей критерій безпосередньо порівнює ефективність евристичного рішення при вирішенні оптимізації проблем. На рисунку 4.22 показано приклад прогресу, коли евристика застосовується для вирішення проблеми оптимізації [211].

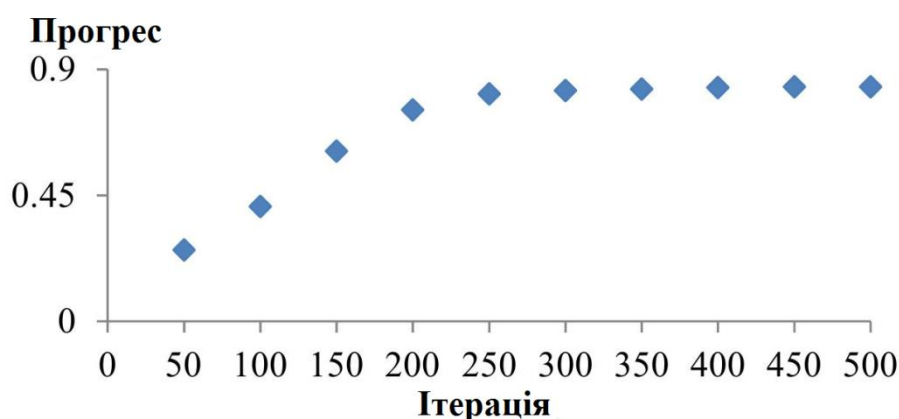


Рисунок 4.22 – Приклад прогресу

При перших 200 ітерацій прогрес в значній мірі зростає, а це означає, що визначені рішення значно вдосконалюються. Після 300 ітерацій прогрес залишається однаковим, що означає виявлені рішення очевидно не вдосконалюються.

У цьому випадку відстань може бути обчислена як GD між початковими рішеннями та рішеннями на ітерації і критерій прогресу спрощений до рівняння 4.48. Це визначення прогресу базується на припущенні, що застосований алгоритм постійно вдосконалює ідентифіковані рішення так само нещодавно визначені рішення завжди

стоять на одній стороні раніше визначених рішень і віддаляються від початкових рішень [211, 244]:

$$P = \ln \sqrt{\frac{1}{GD(X_{iter}, X_0)}}. \quad (4.48)$$

Розподіл рішень вимірює наскільки рівномірно розподілені і як добре визначені рішення та представляє повний спектр рішень Парето. Розподіл рішень має три критерії вимірювання: похибка, рівень однорідності та інтервал (рис. 4.23 [211]).

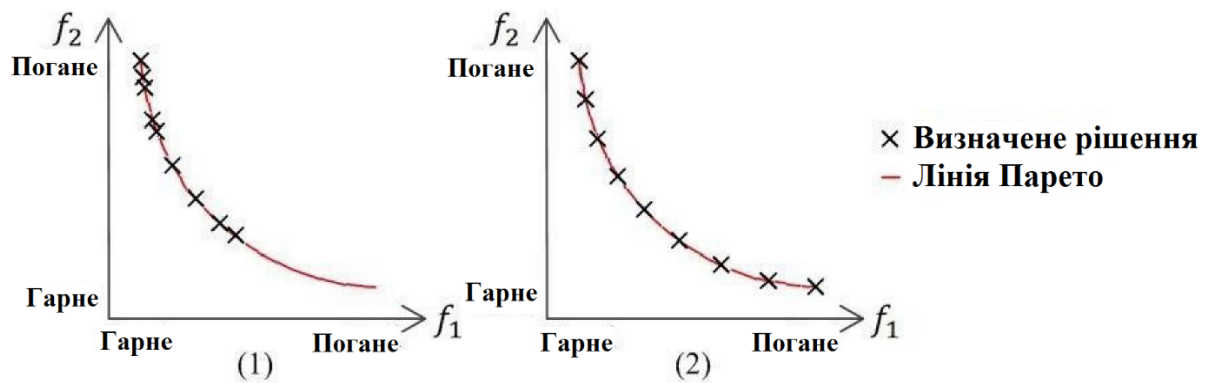


Рисунок 4.23 – Приклад розподілу розчину

Помилка покриття – це критерій, що вимірює охоплення кордону Парето визначеними рішеннями:

$$\epsilon = \max_{\forall x_p \in X_p} d(x_p), \quad (4.49)$$

$$d(x_p) = \min_{\forall x \in X} d(x_p, x). \quad (4.50)$$

Кордон Парето визначається як мінімальна відстань між двома ідентифікованими послідовними рішеннями за допомогою рівняння:

$$\delta = \min_{\substack{\forall x, x' \in X \\ x \neq x'}} d(x, x'). \quad (4.51)$$

Якщо визначені рішення не розподіляються рівномірно на своїх кордонах, деякі з них повинні бути ближче.

Рівномірність рішення, що ідентифікує методи оптимізації можна задати коефіцієнтом [211]:

$$r_{UL} = \frac{\delta}{d}. \quad (4.52)$$

Інтервал однорідності визначених рішень вимірюється дисперсією відстаней між послідовними рішеннями від їх середнього значення:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N_X - 1} \sum_{\forall x \in X} \left(\left(\frac{\sum_{\forall x \in X} d'(x)}{N_X} \right) - d'(x) \right)^2}, \quad (4.53)$$

$$d'(x) = \min_{\substack{\forall x' \in X \\ x \neq x'}} d(x, x'). \quad (4.54)$$

Критерій калібрування моделі визначається за формулою [211, 244]:

$$sc = \sum_{i=1}^{NC} w_i s_i. \quad (4.55)$$

де s_i — кожен критерій є елементом множини.

Таким чином відповідно до цілей прийняття рішень та наявних результатів проводиться двоцільова оптимізація. Встановлена проблема, яка полягає в отриманні максимізуючої вигоди при та мінімізації вартість:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^N B_i \times x_i \times \varphi \rightarrow \max \\ \sum_{i=1}^N C_i \times x_i \times \varphi \rightarrow \min \\ \sum x_i = 1 \\ \sum_{i=1}^N S_{t,i} \times x_i \times \varphi \leq S_{lt} \\ \sum_{i=1}^N T \times C_{t,i} x_i \times \varphi \leq B_{at} \\ t \in [1; 20], \{t \in N\} \end{array} \right. , \quad (4.56)$$

де C_i – витрати на стратегію i у теперішній вартості;

B_i – значення, виміряне покращенням стану відповідного сегмент при застосуванні стратегії i ;

$T \times C_{t,i}$ – фактичні витрати на експлуатаційне утримання в році t , якщо застосовується стратегія i ;

$S_{t,i}$ – індекс, що вимірює результативність в році t , якщо застосовується стратегія i ;

B_{at} – річний бюджет на рік t ;

S_{lt} – прийнятний найгірший показник ефективності дорожнього активу за рік t ;

φ – фактор врахування зовнішніх впливів.

Всі перелічені методи оптимізації були протестовані на адекватність згідно загальних умов в [211]. Рис. 4.24 ілюструє якість рішення методів оптимізації, де оптимізоване рішення вимірюється критерієм відстані.

Всі точні методи дозволяють отримати найкращі рішення (рішення Парето); та їх основна відмінність полягає у кількості. DA та ЕСМ можуть отримати унікальне рішення Парето для кожної підзадачі оптимізації, отже, якість їх рішення найкраща.

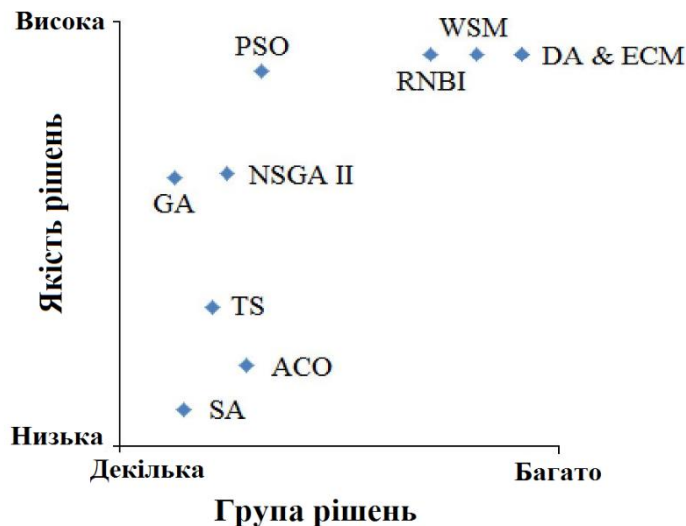


Рисунок 4.24 - Якість рішень перелічених методів оптимізації

Рисунок 4.25 показує якість рішень, виміряну за критерієм відстані з числом аналізованих сегментів [211].



Рисунок 4.25 – Порівняння корисності рішення за кількістю сегментів

На рисунку 4.26 наведено оцінки експертів щодо критеріїв реалізації, які однакові у трьох тестах [211]. Як правило, точні методи мають вищий загальний бал з міркувань впровадження ніж евристика.

Відповідно до цілей цієї проблеми прийняття рішень та наявних результатів, є три цілі встановлення проблеми оптимізації, де завданнями є отримання максимізації вигоди кожної з трьох підмереж за обмеженням загальної суми для всієї мережі:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N B_i \times x_i \times G_i^1 \rightarrow \max \\ \sum_{i=1}^N B_i \times x_i \times G_i^2 \rightarrow \max \\ \sum_{i=1}^N B_i \times x_i \times G_i^3 \rightarrow \max, \\ \sum x_i = 1 \\ \sum_{i=1}^N C_i x_i \leq B_C \end{cases} \quad (4.57)$$

де G_i^1 – показник сегментів у підмережі 1;

B_C – загальний бюджет.

Складність використання

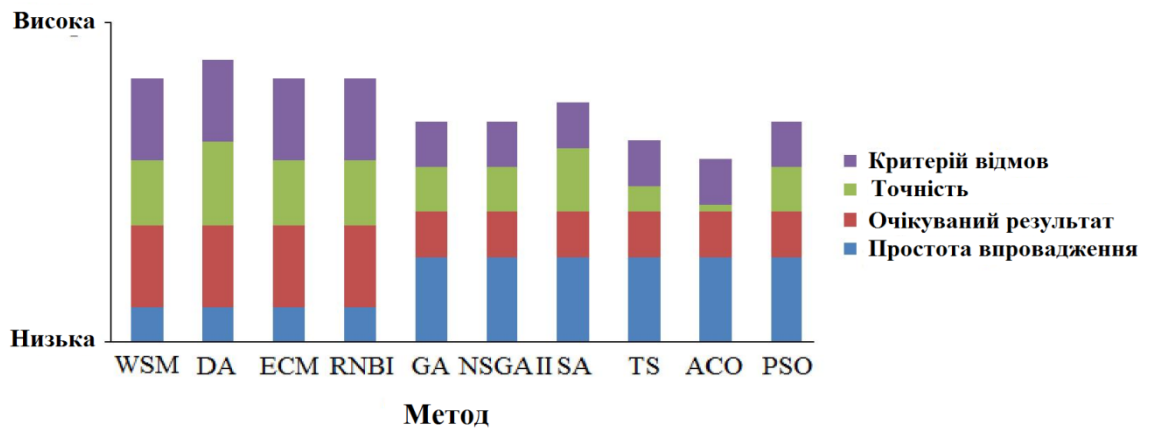


Рисунок 4.26 – Бали критеріїв реалізації

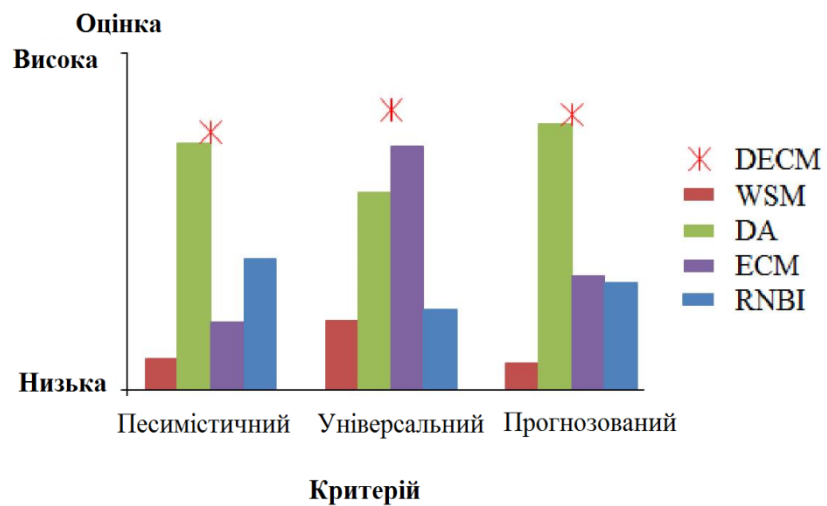


Рисунок 4.27 – Оцінка роботи методу оптимізації за критеріями

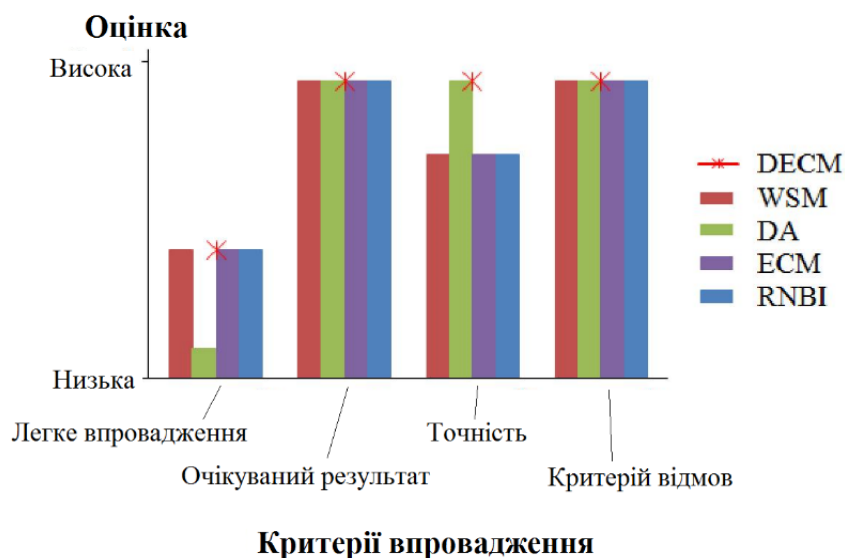


Рисунок 4.28 – Оцінка роботи методу оптимізації за критерієм впровадження

4.4 Модель оптимізації проектів у програмі та алгоритм прогнозування стану дорожніх активів

Візуально модель оптимізації проектів в програмі експлуатаційного утримання з використанням лінійного програмування представлена на рис. 4.29, яка базується на визначенні та оцінюванні особливостей експлуатаційного утримання певних дорожніх активів, прогнозуванні стану активів, визначенні цілей рівня обслуговування та встановленні мінімально допустимих його показників, узгодженні цілей та особливостей утримання, визначенні стратегій експлуатаційного утримання та здійснення економічної оцінки, встановленні границь допустимого бюджету для здійснення цілей за програмою.

Остаточне рішення щодо включення проекту в програму приймається на основі принципу Парето (набору можливих рішень щодо дорожнього активу, які неможливо вдосконалити в одній цілі, не погіршивши щонайменше одну іншу ціль).

На рис. 4.30 наведено алгоритм прогнозування стану дорожніх активів з врахуванням запропонованих підходів.

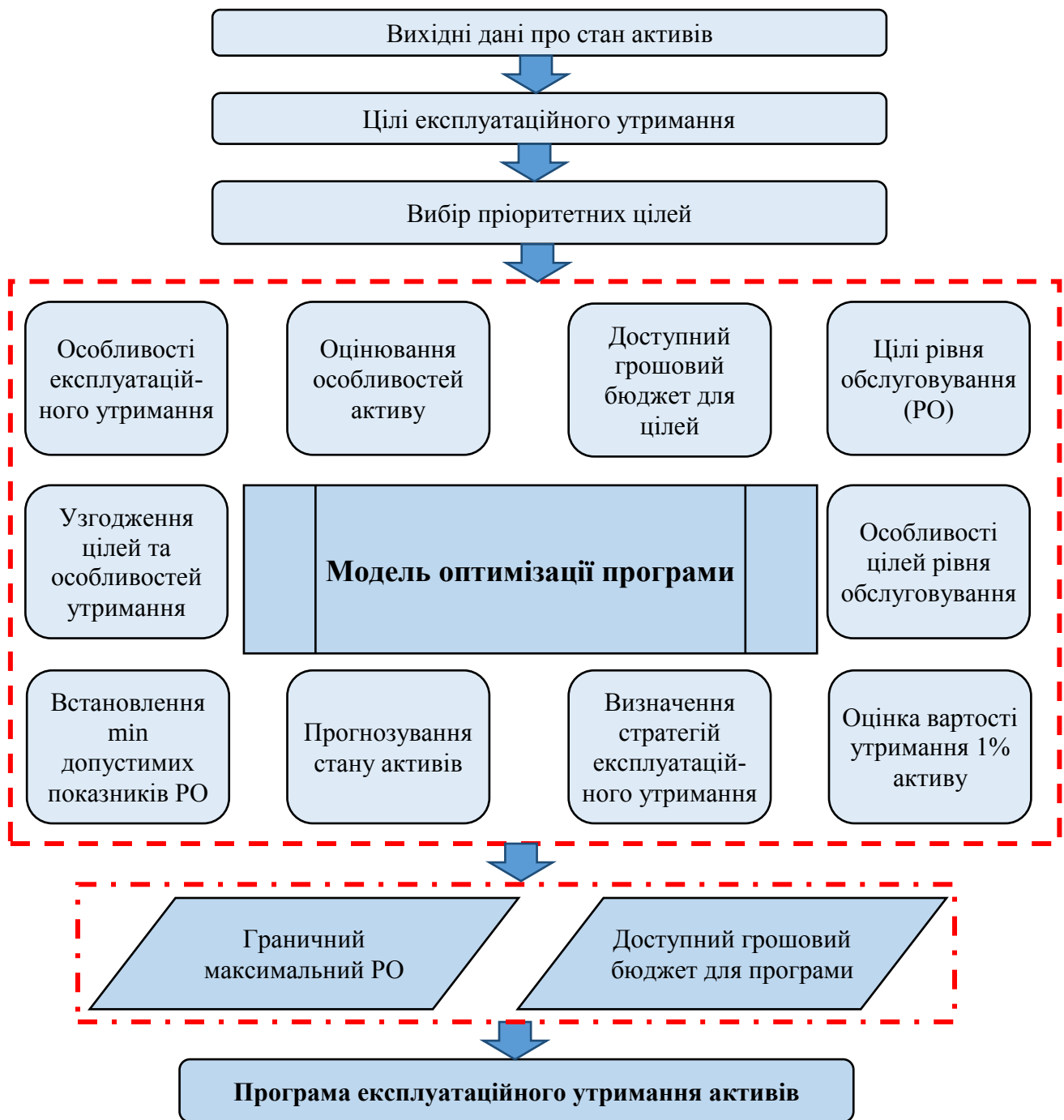


Рисунок 4.29 – Модель оптимізації проектів у програмі

Значення показника стану зменшується з часом. Погіршення може мати лінійну або нелінійну залежність, на що впливає період аналізу, тип дорожнього активу та інші фактори (інтенсивність дорожнього руху, навколишнє середовище, базові умови) тощо. За базовою моделлю при лінійній залежності, яку рекомендовано застосовувати при превентивних стратегіях утримання стан можна визначити наступним чином:

$$S_t = S_0 - m \cdot t, \quad (4.58)$$

де t – час життєвого циклу;

m – коефіцієнт, який визначає швидкість погіршення стану дорожнього активу;

S_0 – базовий стан (нульовий), $S_0 \in [0; 5]$;

S_t визначається від базового стану S_0 до кінця життєвого циклу дорожнього активу.

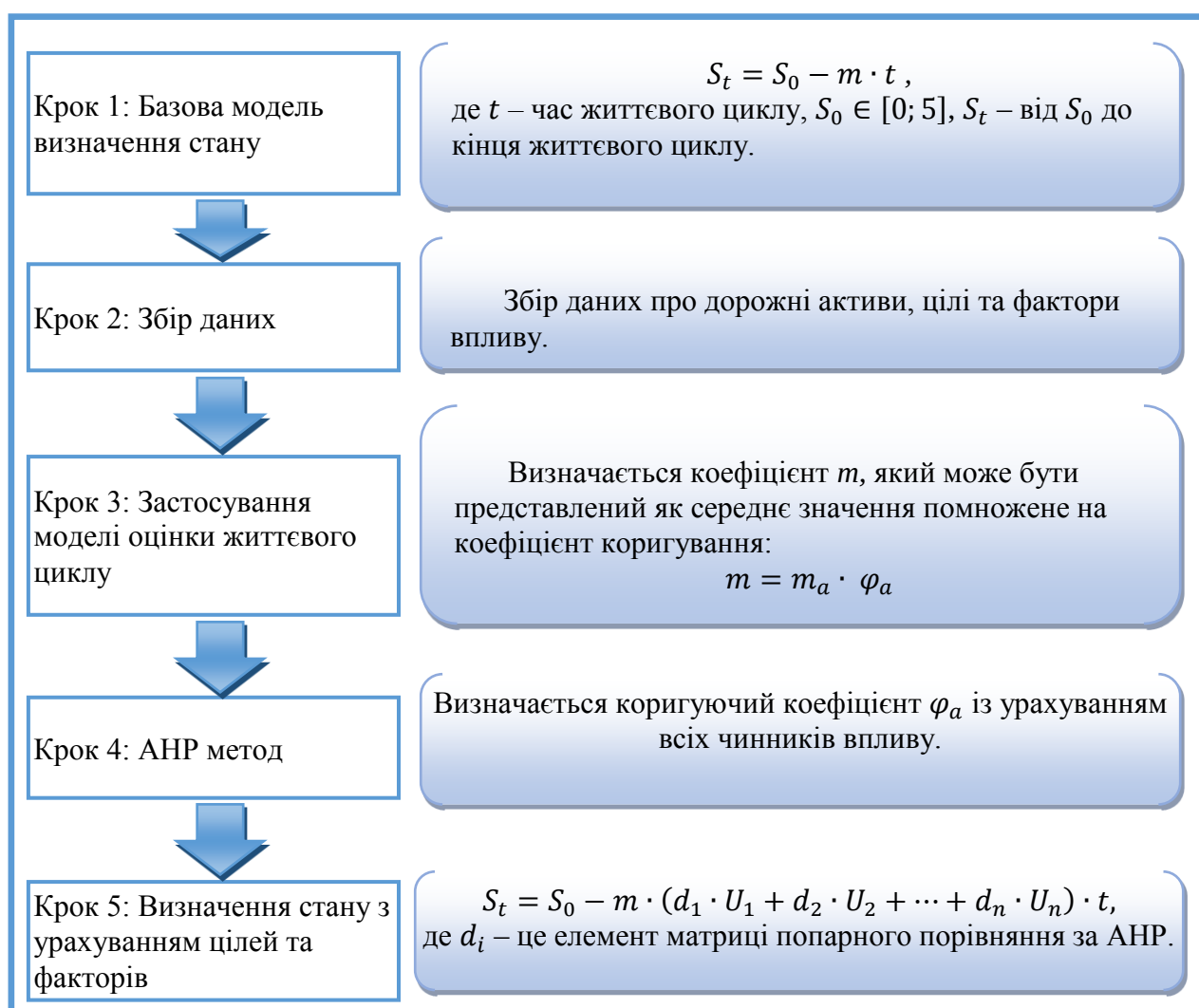


Рисунок 4.30 – Алгоритм прогнозування стану дорожніх активів за програмою

Наступним кроком є збір даних про дорожні активи, цілі та фактори, що впливають на швидкість погіршення стану.

Коефіцієнт m може бути представлений як середнє значення помножене на коефіцієнт коригування:

$$m = m_a \cdot \varphi_a, \quad (4.59)$$

де m_a – середня швидкість погіршення стану дорожнього активу;

φ_a – коригуючий коефіцієнт, що враховує фактори впливу:

$$\varphi_a \in \{U_1, U_2, U_3, \dots, U_n\}, \quad (4.60)$$

де $U_1, U_2, U_3, \dots, U_n$ – фактори впливу на швидкість погіршення стану дорожнього активу.

На даному етапі також використовується метод аналізу ієрархій АНР, таким чином прогнозований стан визначається за формулою:

$$\begin{aligned} S_t &= S_0 - m \cdot (d_1 \cdot U_1 + d_2 \cdot U_2 + \dots + d_n \cdot U_n) \cdot t, \\ S_t &= S_0 - m \cdot \sum_{i=1}^n (d_i \cdot U_i) \cdot t \end{aligned} \quad (4.61)$$

де d_i – це елемент матриці попарного порівняння за АНР;

U_i – критерій (фактор) i .

Якщо виконувати оцінку стану до моменту виконання планового капітального ремонту активу, то коефіцієнт, який визначає швидкість погіршення стану дорожнього активу можна визначити наступним чином:

$$m = \frac{S_t - S_0}{T_L}, \quad (4.62)$$

де T_L – час, вирахований між моментом аналізу та до моменту виконання планового капітального ремонту активу.

Швидкість погіршення (m) та час (T_L) за поганих, хороших та середніх умов можуть бути визначені за допомогою функції трикутного розподілу величин. Таким чином існує три точки даних, які слід визначити для кожного заходу із збереження активу:

$$\begin{cases} m_g = m_a \cdot F_g \\ m_p = m_a \cdot F_p, \\ m_a = m_a \cdot F_a \end{cases} \quad (4.63)$$

де m_g , m_p , m_a – коефіцієнт (швидкість погіршення) відповідно за поганих, хороших та середніх умов;

F_g , F_p , F_a – коефіцієнти коригування (відповідно за поганих, хороших та середніх умов) для врахування впливу віку активу, зростання інтенсивності та існуючого експлуатаційного стану та інших факторів. Значення $F_a = 1$.

В загальному вигляді цей коефіцієнт визначається:

$$F = \alpha \cdot S_e + \beta \cdot \ln(N) + \gamma \cdot T + \varepsilon, \quad (4.64)$$

де α , β , γ – коефіцієнти рівняння;

S_e – визначений (існуючий) експлуатаційний стан активу;

$\ln(N)$ – фактор зростання інтенсивності;

T – вік активу;

ε – похибка.

Відповідно за поганих, хороших та середніх умов коефіцієнт коригування визначається наступним чином:

$$\begin{cases} F_g = \alpha \cdot S_{eg} + \beta \cdot \ln(N_g) + \gamma \cdot T_g + \varepsilon \\ F_p = \alpha \cdot S_{ep} + \beta \cdot \ln(N_p) + \gamma \cdot T_p + \varepsilon \\ F_a = \alpha \cdot S_{ea} + \beta \cdot \ln(N_a) + \gamma \cdot T_a + \varepsilon \end{cases} \quad (4.65)$$

У наведених рівняннях є чотири невідомих. Якщо присвоїти вагу фактору впливу, то кожен коригуючий коефіцієнт можна додатково розкласти на три лінійні рівняння. Таким чином отримаємо три системи рівнянь:

– за станом:

$$\begin{cases} F_g \times \omega_S = \alpha \cdot S_{eg} + \varepsilon_S \\ F_p \times \omega_S = \alpha \cdot S_{ep} + \varepsilon_S; \\ F_a \times \omega_S = \alpha \cdot S_{ea} + \varepsilon_S \end{cases} \quad (4.66)$$

– за зростанням інтенсивності дорожнього руху:

$$\begin{cases} F_g \times \omega_N = \beta \cdot \ln(N_g) + \varepsilon_N \\ F_p \times \omega_N = \beta \cdot \ln(N_p) + \varepsilon_N; \\ F_a \times \omega_N = \beta \cdot \ln(N_a) + \varepsilon_N \end{cases} \quad (4.67)$$

– за віком активу:

$$\begin{cases} F_g \times \omega_T = \gamma \cdot T_g + \varepsilon_T \\ F_p \times \omega_T = \gamma \cdot T_p + \varepsilon_T; \\ F_a \times \omega_T = \gamma \cdot T_a + \varepsilon_T \end{cases} \quad (4.68)$$

Тоді, вектор ваги в моделі:

$$\omega \in \{\omega_S, \omega_N, \omega_T\}, \quad (4.69)$$

де $\omega_S, \omega_N, \omega_T$ – ваги факторів відповідно для експлуатаційного стану, інтенсивності дорожнього руху та віку активу.

Результати оптимізації програми мають практичну цінність та можуть слугувати для управління проектами експлуатаційного утримання автомобільних доріг залежно від:

- визначених цілей та планів проекту, включаючи розмежування обсягу, складання бюджету, планування, встановлених вимог до ефективності та вибору учасників проекту;
- максимізації ефективного використання ресурсів;
- здійснення функцій координації та контролю, планування, проектування, оцінки, укладання контрактів та виконання проектів за контрактами.

Найбільшими викликами щодо реалізації довгострокових контрактів з експлуатаційного утримання автомобільних доріг є підбір раціональних параметрів виходячи з впливу різного роду факторів, іншими словами – здійснення оптимізації параметрів «срібного трикутника» проекту експлуатаційного утримання доріг.

Цільову функцію, що визначає час, можна виразити за допомогою формули:

$$f(T) = \max_{Lp \in L} \sum_{i \in Lp} \sum_{j=1}^{Mj} d_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, \quad (4.70)$$

де d_{ij} – тривалість i -тої роботи при виконанні j -го варіанту;

x_{ij} – індексна змінна активності i -тої роботи при виконанні j -го варіанту.

Якщо $x_{ij} = 1$, тоді діяльність i виконує j варіант, якщо $x_{ij} = 0$ – діяльність i виконується;

L – це набір ділянок або активів $\{1, 2, \dots, p\}$;

L_p – послідовність дій на p -ій ділянці;

m_i – номер варіанту підряду для діяльності i , для $i = 1, \dots, N$.

Вартість проектів складається з прямих (всі витрати в рамках проекту) та непрямих витрат (витрати на підчас реалізації проекту).

Цільову функцію, що відображає загальну вартість проекту, можна виразити за допомогою формули :

$$f(C) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{m_j} c_{ij} + IC \times T \rightarrow \min, \quad (4.71)$$

де c_{ij} – вартість i -тої роботи j -го варіанту;

IC – непрямі витрати робіт, що приходяться на один день.

Визначення кількісної оцінки якості є дуже складною задачею. Цільова функція, що виражає якість проекту, може бути виражена за допомогою формули:

$$f(Q) = \sum_{i=1}^N w_{ti} \sum_{l=1}^L w_{ti,l} g_{i,j,l} x_{ij} \rightarrow \max, \quad (4.72)$$

де $q_{i,j,l}$ – показник якості роботи l в роботі i , використовуючи j -ий варіант використання ресурсів;

$w_{ti,l}$ – кількісне значення показника якості (l) порівняно з іншими показниками в роботі i ;

w_{ti} – значення роботи i порівняно з іншими видами робіт проекту.

В роботі [16] запропоновано здійснювати багатоцільову оптимізацію моделі за двома методами. Цільова функція за першим методом запропоновано визначати за формулою:

$$\text{Min } Z = \left[W_t * \left[\frac{T - T_{\min} + \gamma}{T_{\max} - T_{\min} + \gamma} \right] + W_c * \left[\frac{C - C_{\min} + \gamma}{C_{\max} - C_{\min} + \gamma} \right] + W_q * \left[\frac{Q_{\max} - Q + \gamma}{Q_{\max} - Q_{\min} + \gamma} \right] \right], \quad (4.73)$$

де W_t , W_c та W_q – адаптивні значення часу, вартості та якості.

Адаптивні значення часу, вартості, якості запропоновано визначати наступним чином:

$$W_t = \frac{V_t}{V}; \quad (4.74)$$

$$W_c = \frac{V_c}{V}; \quad (4.75)$$

$$W_q = \frac{V_q}{V}, \quad (4.76)$$

де V_t , V_c та V_q – критерії часу, вартості та якості.

Критерії часу, вартості та якості визначаються за формулами:

$$V_t = \frac{T_{min}}{T_{max}-T_{min}}; \quad (4.77)$$

$$V_c = \frac{C_{min}}{C_{max}-C_{min}}; \quad (4.78)$$

$$V_q = \frac{Q_{max}}{Q_{max}-Q_{min}}, \quad (4.79)$$

де T_{min} , C_{min} , Q_{min} , T_{max} , C_{max} та Q_{max} – це мінімальна та максимальне значення часу, вартості та якості.

Сукупний критерій V представляє сумму часткових критеріїв:

$$V = V_t + V_c + V_q; \quad (4.80)$$

де T , C та Q – цільове значення часу, вартості та якості у відповідній послідовності рішення.

Цільова функція за другим методом виглядає наступним чином:

$$\text{Min } U = \left[W_t * \left[\frac{T-T_{min}}{T_{max}-T_{min}} \right]^2 + W_c * \left[\frac{C-C_{min}}{C_{max}-C_{min}} \right]^2 + W_q * \left[\frac{Q_{max}-Q}{Q_{max}-Q_{min}} \right]^2 \right]^{1/2}, \quad (4.81)$$

де W_t , W_c та W_q – адаптивні значення часу, вартості та якості.

При цьому часткові критерії часу, вартості та якості визначаються аналогічно.

Графічні ілюстрації результатів, отриманих з оптимізаційної моделі, представлені на рис 4.31 – 4.34. Вихідні дані першого пілотного проекту в Україні апроксимовані на 10-річну програму.

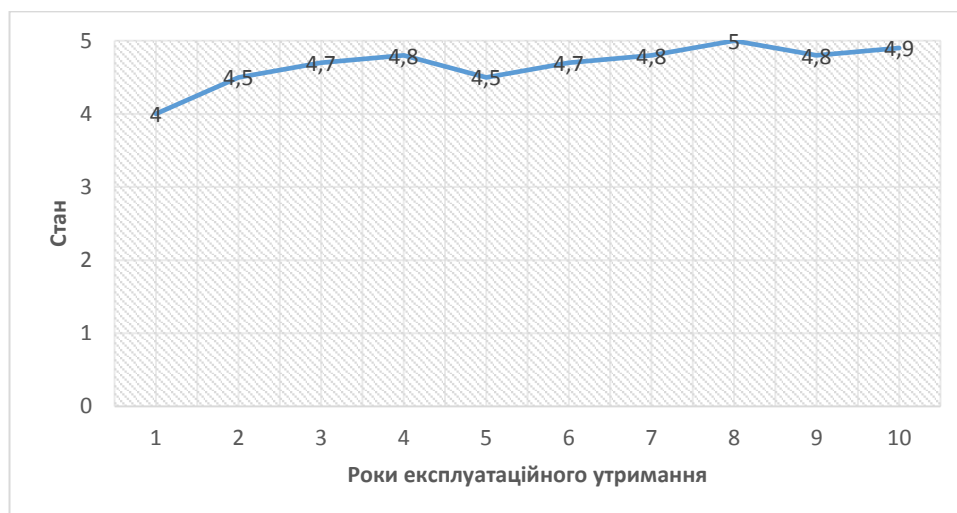


Рисунок 4.31 – Індекс стану дорожнього покриття (РСІ) для ділянки дорожнього одягу

Крім того, на рисунку 4.32 наведено розподіл витрат на утримання, заходи виконувались в 1,2,4,6 та 8 рік відповідно.

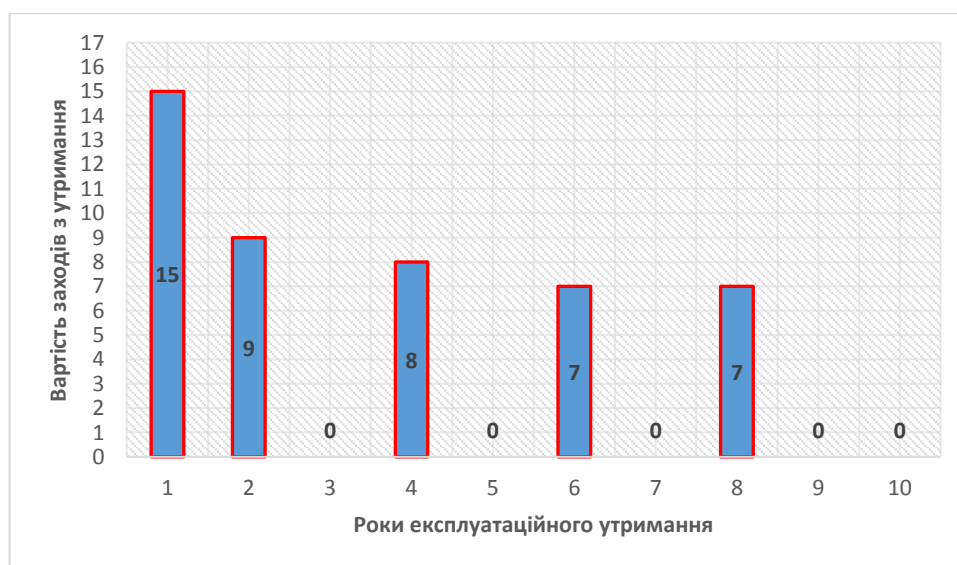


Рисунок 4.32 – Орієнтовні витрати на ремонт ділянки дороги

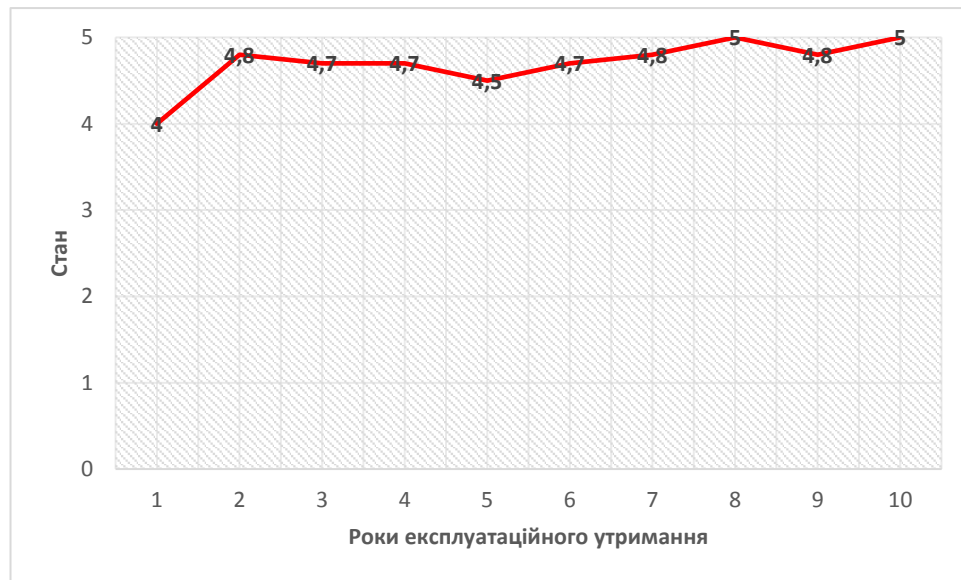


Рисунок 4.33 – Індекс стану дорожнього покриття для ділянки дороги

Рис. 4.34 показує загальні витрати на утримання ділянки в оптимізаційній моделі за умови застосування трьох альтернативних наборів стратегій.

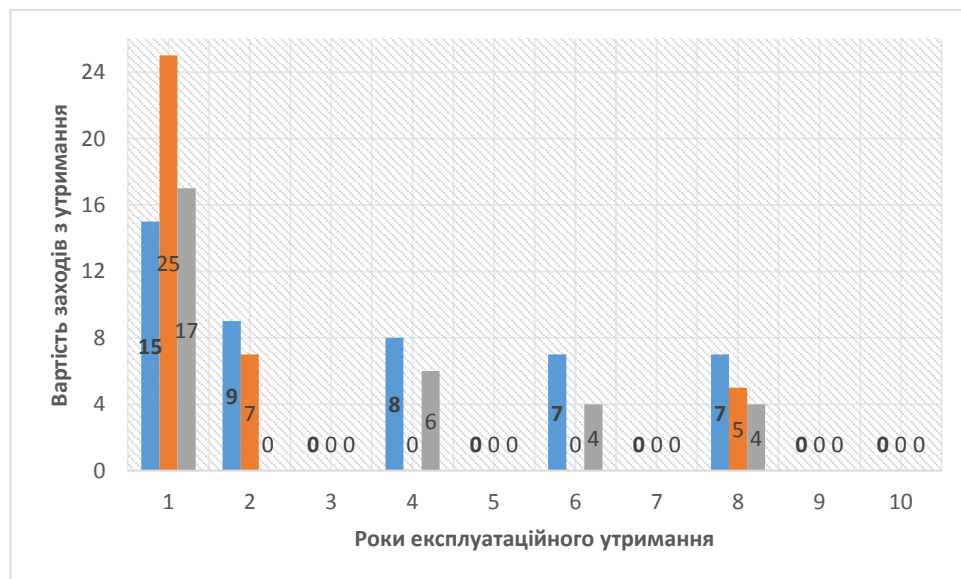


Рисунок 4.34 – Загальна кошторисна вартість утримання ділянок

За результатами застосування запропонованих моделей та методів визначено, що при 10-річній програмі експлуатаційного утримання, починаючи з 4-го року відзначається економічна ефективність від 10% вартості програми, а на кінець програми відносна економія по вартості

ремонтно-відновлювальних заходів сягає 35% при підтримці мережі на мінімально встановленому рівні обслуговування.

Висновки за розділом 4

1. Базуючись на концептуальних теоріях Ehgott, Hillier and Lieberman, Nedjah and Mourelle, Alyami щодо застосування методу аналізу ієрархій АНР Saaty, розроблено модель довгострокового експлуатаційного утримання автомобільних доріг. Основна причина для використання цього методу в дослідженні полягає в мультиструктурності дорожніх активів та складності прийняття обґрунтованих рішень щодо призначення того чи іншого ремонтно-відновлювального заходу. Мультиструктурний підхід та застосовані методи оптимізації рішень.

2. Для прогнозування майбутнього стану доріг та обґрунтування управлінських рішень щодо відновлення (або збереження) активів запропоновано використовувати моделі деградації. В роботі проведено аналіз різних підходів до прогнозування майбутнього стану автомобільних доріг. Зокрема, розглянуті: класифікація моделей прогнозування стану за Mahoney, яка поділяє моделі на два класи – детерміновані та ймовірнісні; класифікація за дослідженнями Naas, який згрупував більшість моделей в такі класи: емпіричні, механіко-емпіричні та ймовірнісні моделі деградації елементів доріг, та підходи вітчизняних вчених. Виявлено, для вирішення даної проблеми найбільшого поширення набули марківські моделі.

3. Економічну оцінку управлінських рішень щодо відновлення (або збереження) активів запропоновано здійснювати із використанням загальновідомого підходу визначення поточної вартості та чистої теперішньої вартості. Кошти, необхідні на кожен рік для оплати заходів за програмою або окремим проектом можна визначити за підходом Transportation Association of Canada.

4. В дослідженні розглянуто набір:

– традиційних методів оптимізації (дихотомічний підхід – DA; методи констант – ECM; методи апроксимації нормального розподілу – RNBI; дерево рішень – DT; методи вагових коефіцієнтів – WSM);

– евристичних методів оптимізації (методи моделювання – SA; методи пошуку заборон – TS; методи мурашиної колонії – ACO; методи оптимізації руху частинок – PSO; генетичний алгоритм – GA; еволюційний генетичний алгоритм – NSGA II).

Проведений аналіз методів оптимізації дозволив визначити найбільш ефективні на тепер методи для пошуку рішень – генетичні алгоритми. Перелік методів оптимізації, які потенційно застосовні до довгострокових рішень та рішень на рівні мережі, встановлюється шляхом уточнення техніки їх використання та в подальшому вноситься в алгоритм визначення програми.

Екологічний фактор при пріоритезації проектів в програмі враховано за методикою кількісного визначення показників ОВД планованої діяльності за комбінованим підходом – використано матрицю Леопольда з подальшим дослідженням впливу показників за допомогою функції Харрінгтона.

5. Запропоновано підхід до формулювання цільової функції моделі оптимізації проектів в програмі експлуатаційного утримання, яка визначає цілі, що мають бути досягнуті, зокрема, наприклад, це мінімізація витрат за проектами та максимізація експлуатаційного стану, або покращення окремих показників, встановлення високого рівня обслуговування тощо. Вибір стратегій за програмою експлуатаційного утримання доріг запропоновано виконувати підходом двійкових змінних. Визначено, що основними обмеженнями моделі оптимізації можуть бути мінімальні рівні обслуговування, ефективність ремонтно-відновлювальних заходів, обмеження у здійсненні певної кількості заходів за один рік, бюджет тощо.

6. Запропоновано візуальну модель оптимізації проектів в програмі експлуатаційного утримання та алгоритм прийняття рішень, які базуються на визначенні та оцінюванні особливостей експлуатаційного утримання

певних дорожніх активів, прогнозуванні стану активів, визначенні цілей рівня обслуговування та встановленні мінімально допустимих його показників, узгодженні цілей та особливостей утримання, визначенні стратегій експлуатаційного утримання та здійснення економічної оцінки, встановленні границь допустимого бюджету для здійснення цілей за програмою.

7. Результати оптимізації програми мають практичну цінність та можуть слугувати для управління проектами експлуатаційного утримання автомобільних доріг залежно від:

- визначених цілей та планів проекту, включаючи розмежування обсягу, складання бюджету, планування, встановлених вимог до ефективності та вибору учасників проекту;
- максимізації ефективного використання ресурсів;
- здійснення функцій координації та контролю, планування, проектування, оцінки, укладання контрактів та виконання проектів за контрактами.

8. Встановлено, що за результатами застосування запропонованих моделей та методів при 10-річній програмі експлуатаційного утримання, починаючи з 4-го року відзначається економічна ефективність від 10% вартості програми, а на кінець програми відносна економія по вартості ремонтно-відновлювальних заходів сягає 35% при підтримці мережі на мінімально встановленому рівні обслуговування.

Матеріали розділу представлені в роботах [91, 156, 161, 221, 222, 223, 274].

РОЗДІЛ 5

ФОРМУВАННЯ НАБОРУ ІНСТРУМЕНТІВ ДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМАМИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО УТРИМАННЯ ДОРІГ

5.1 Алгоритм прийняття рішення щодо управління програмою з використанням інформаційно-аналітичних систем та програмних комплексів

В останні роки спостерігається підвищений інтерес до досліджень в напрямку розробки нових систем управління мережею автомобільних доріг або модернізації існуючих. Основне призначення подібних інформаційно-аналітичних систем – допомога особам, які приймають рішення, щодо обґрунтування стратегії підтримки автомобільних доріг у справному стані протягом визначеного періоду часу у фазі експлуатації мережі найбільш економічно ефективним способом для державного дорожнього агентства, враховуючи бюджетні обмеження [245-247]. Важливими функціями інформаційно-аналітичних систем з управління програмами експлуатаційного утримання доріг є інвентаризація мережі, оцінка стану дорожніх активів, прогнозування стану, методи планування ремонтно-відновлювальних заходів тощо.

Традиційно в Україні стратегії щодо підтримки дорожньої мережі приймаються на основі миттєвих потреб або досвіду, а не довгострокового планування [248-254]. Цей підхід не дозволяє оцінити економічну ефективність альтернативних стратегій ремонтів та експлуатаційного утримання доріг, що призводить до неефективного використання коштів [255-258]. Таким чином, виникла потреба в удосконаленні алгоритму прийняття рішення щодо управління програмою експлуатаційного утримання автомобільних доріг (рис. 5.1).

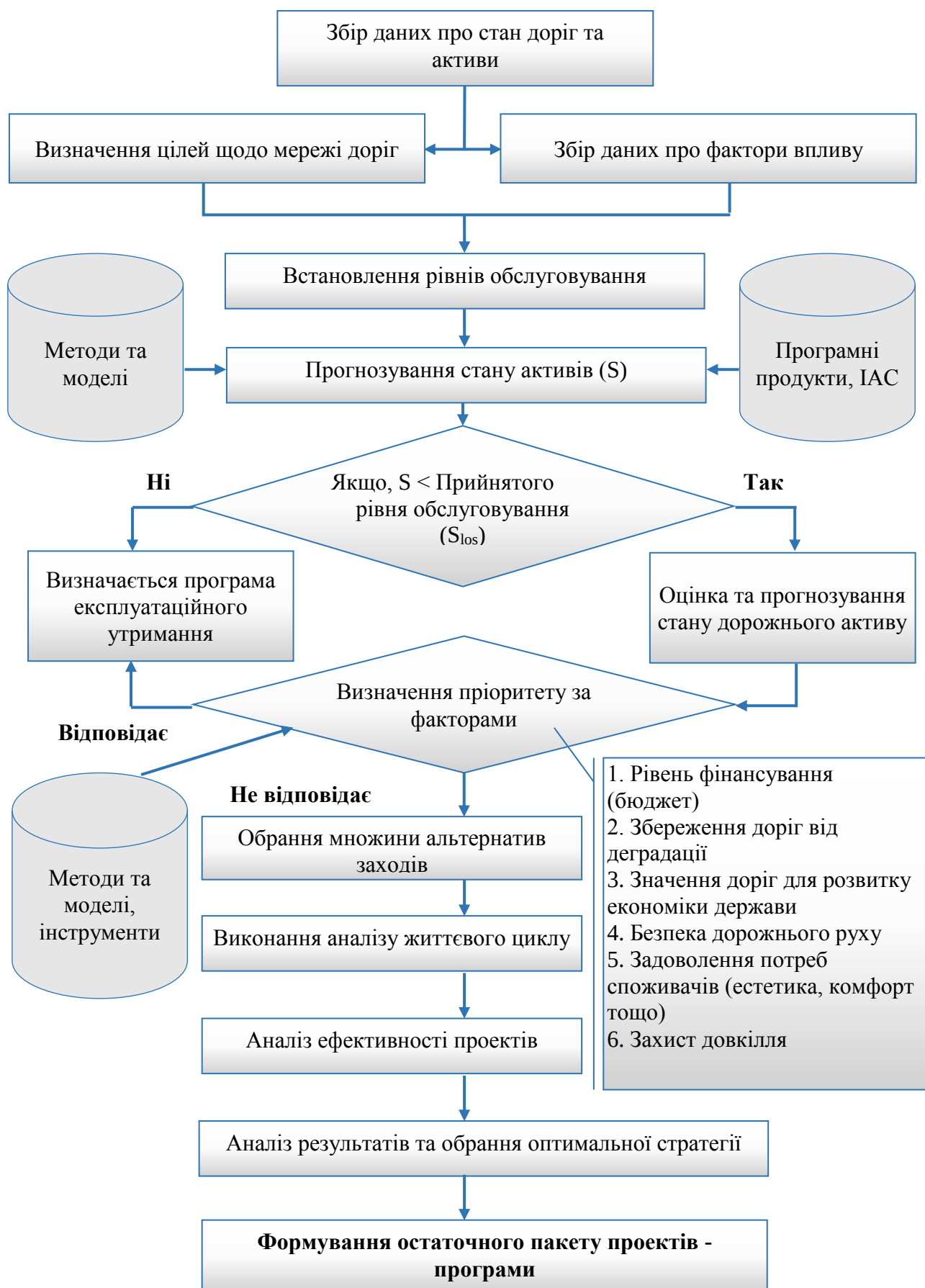


Рисунок 5.1 – Алгоритм прийняття рішення щодо управління програмою експлуатаційного утримання

Алгоритм прийняття рішення щодо управління програмою експлуатаційного утримання включає наступні основні етапи:

- збір даних про стан доріг та фактори впливу;
- визначення цілей щодо мережі доріг;
- встановлення рівнів обслуговування;
- прогнозування стану активів;
- визначення пріоритету за факторами;
- обрання множини альтернатив заходів;
- виконання аналізу ефективності проектів та результатів обраної оптимальної стратегії;
- формування остаточного пакету проектів – програми.

Процес управління дорожнім господарством включає в себе функції планування, організації виконання робіт (залучення коштів, проектування, будівництво, реконструкцію, ремонт та утримання доріг), мотивації праці, контролю всіх видів діяльності, включаючи оцінку поточних фізичних властивостей об'єктів дорожньої інфраструктури. Цей процес має дуже складний характер через вплив на нього цілого ряду факторів як стохастичних, так і факторів з елементами невизначеності [259].

Пріоритетною задачею дорожнього господарства є подальший розвиток мережі автомобільних доріг та підвищення рівня споживчих якостей існуючих доріг, що практично неможливо без проведення стандартизованого комплексу робіт зі збору даних, їх обробки, збереження, аналізу, своєчасного обробки необхідної інформації, а також підтримки в працездатному стані технічних засобів, програмних та програмно-апаратних комплексів, які супроводжують ці роботи. Таким чином, існує необхідність застосування комплексної інформаційної системи управління проектами автомобільних доріг, яка б вирішувала задачі підвищення оперативності прийняття ефективних управлінських рішень, скороченню тривалості розробки проектів та здійснення керуючих впливів на об'єкт управління.

Інформаційно-аналітичні системи управління дорожнім господарством у світі як правило виконують функції запису, модифікації, упорядкування, збереження, оновлення та видачі інформації, що зберігається у сховищі даних, використовуючи як традиційні, так і веб-технології [260-262]. Пакет повинен обробляти просторові, атрибутивні та мультимедійні дані. Основними одиницями управління будуть загальні об'єкти, зображені на рис.5.2, які матимуть кілька основних необхідних атрибутів, а також набір основних віртуальних функцій для забезпечення необхідної функціональності.

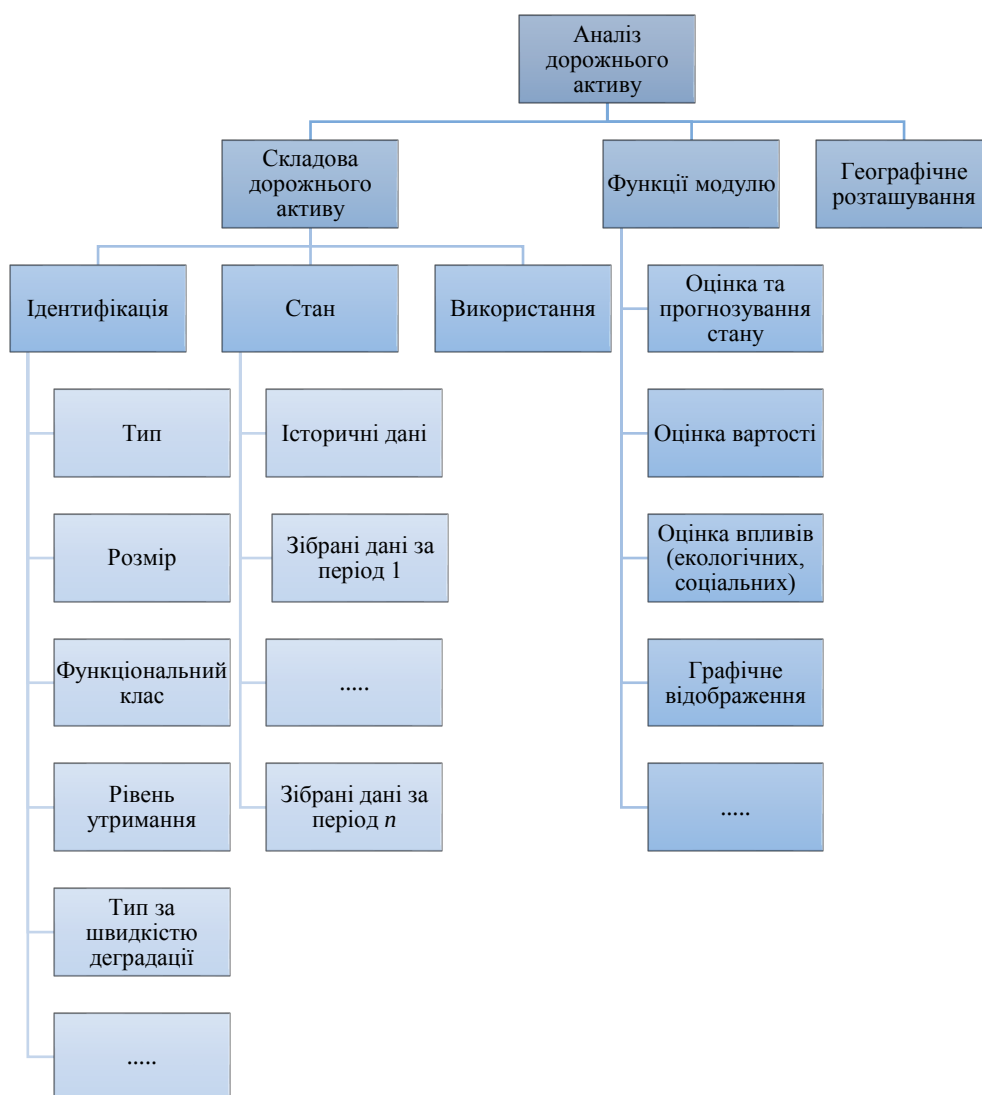


Рисунок 5.2 – Основні одиниці інформаційної бази з управління дорожнім активом

Відповідні архітектури структури даних можна успадкувати від цих основних об'єктів для архівування інформації для різних типів активів транспортної інфраструктури. Запропонована система баз даних складається з фактичних даних про об'єкти інфраструктури, що представляють інтерес (наприклад, пошкодження активів, екологічна складова, інтенсивність руху тощо), та даних про функціональні зв'язки між цими реальними об'єктами.

Модуль аналізу забезпечує інструменти розподілу ресурсів та управління активами. Унікальною характеристикою побудованої системи управління є те, що вона забезпечує розумні альтернативи традиційним інструментам аналізу.

Впровадження системи управління дорожнім покриттям залежить від різних установ залежно від їхніх потреб та ресурсів. Для впровадження системи управління дорожнім покриттям можна виділити кілька етапів [95]:

Крок 1: Рішення щодо впровадження: це може бути ініційовано федеральною директивою, законодавчою директивою або вищою адміністрацією агенції.

Крок 2: Формування керівного комітету: комітет відповідає за аналіз інших систем, визначення потреб, розробку базового порядку денного впровадження та моніторинг впровадження.

Крок 3: Перегляд існуючих методів та процедур організації: діяльність включає перевірку характеру організації, визначення системної основи на основі будівельних блоків та перегляд існуючих баз даних, методів та процедур.

Крок 4: Розробка поетапного плану та графіка впровадження: діяльність включає визначення користувачів системи та вимог, визначення етапів та очікуваних продуктів, розробку плану роботи, графіку та кошторису, а також розподіл відповідальності.

Крок 5: Визначте процедури відбору: цей крок відображає потребу на рівні мережі та рівня проекту.

Крок 6: Виконання фактичної роботи для кожного впровадження відповідно до етапу 4: він включає заплановані заходи, оновлення плану та графіку, навчання документації, встановлення програмного забезпечення та перевірку прогресу.

Крок 7: Моніторинг системи та проведення періодичних удосконалень.

5.2 Алгоритмізовані рішення для вдосконалення існуючих програмних комплексів та інформаційно-аналітичних систем

Інформаційно-аналітичні системи, що функціонують у дорожній галузі, призначені для обґрунтування рішень щодо підтримки дорожньої інфраструктури на прийнятному рівні сервісу для користувачів доріг шляхом розбудови, ремонтів та утримання мережі доріг [262].

Загальний аналіз стану інформаційного забезпечення дорожньої галузі був виконаний в процесі розробки Концепції програми інформатизації дорожньої галузі України, прийнятої у 2009 році. В результаті аналізу були окреслені основні недоліки існуючих інформаційно-аналітичних систем, а саме:

- дані для цих систем збираються та використовуються розрізнено;
- дані в різних системах є суперечливими;
- використання даних за межами цих систем не передбачено;
- інформаційна система дорожньої галузі не уніфікована, безсистемна і ненадійна, потребує вдосконалення, створення надійних захищених каналів зв'язку для передачі інформації;
- інформаційна система дорожньої галузі вимагає впровадження взаємозв'язаних сучасних інформаційно-аналітичних систем.

Крім того, практичний досвід впровадження та експлуатації цих програмних комплексів дозволив визначити такі проблеми:

- відсутність широкого (без додаткового навчання) доступу зацікавлених організацій та окремих спеціалістів Укравтодору до потрібної їм інформації про наявність та стан автомобільних доріг і мостів, тощо;

- недостатній рівень забезпечення підготовки рішень в задачах перспективного та поточного планування і в обґрунтуванні їх ресурсного забезпечення;

- відсутність належної обліку фактично виконаних робіт з будівництва, реконструкції, ремонтів та утримання доріг;

- дублювання багатьох функцій у програмах різних розробників;

- розбіжності нормативно-довідникових даних в базах даних існуючих програмних комплексів;

- недостатні можливості для створення історичних даних, необхідних для аналізу динаміки спостережених даних та їх взаємодії, наступного наукового аналізу, який виконується з метою розробки моделей прогнозування транспортно-експлуатаційних якостей доріг та їх стану в цілому;

- відсутність програмних засобів перевірки адекватності моделей прогнозування стану доріг та споруд на них фактичній динаміці стану доріг та мостів;

- невідповідність нормативних вимог на структуру даних паспортів автомобільних доріг і мостів потребам і можливостям їх автоматизованої обробки в СУСП, АЕСУМ та БОС;

- необхідність модернізації аналітичних модулів програмних комплексів СУСП, АЕСУМ та СУПРУД з метою впровадження нових моделей деградації стану елементів доріг та мостів та моделей оптимізації стратегій їх експлуатації в умовах обмеженості фінансування ремонту та утримання;

- наявність додаткових витрат на супроводження локального програмного забезпечення та локальних баз даних існуючих програмних комплексів в організаціях-користувачах;
- наявність додаткових витрат на імпорт даних з локальних баз даних до центральних баз даних;
- недостатній рівень наповнення баз даних результатами інструментальних і візуальних обстежень наявності та стану доріг і мостів;
- відставання програмних комплексів від сучасних досягнень інформаційних технологій;
- різний рівень зацікавленості в результатах, які надають різні програмні комплекси, з боку споживачів інформації.

Таким чином, одним з головних недоліків комп'ютерних систем управління дорожньою інфраструктурою є той факт, що для різних елементів інфраструктури (наприклад, дорожнього одягу або мостів) використовуються індивідуальні системи управління [262, 263]. Проблема полягає не у кількості систем управління, а у відсутності зв'язку між такими системами. З огляду взаємодії між різними типами інфраструктурних об'єктів, беручи до уваги зусилля і гроші, витрачені на кожен окрему систему управління, ізольовані рішення не можуть бути найбільш економічними. Незалежно від того, наскільки добрий результат функціонування кожної системи окремо, загальний результат може бути поганим через відсутність взаємодії. Нове рішення повинне в значній мірі ліквідувати цей недолік. Саме з цією метою у 2012 році на фундаменті веб-технологій була розроблена ІАСУ ДГ [262, 263].

Останнім часом в дорожнє господарство України впроваджено досить велика кількість перспективних і потрібних галузі програмних комплексів і інформаційно-аналітичних систем: Система управління станом покриття (СУСП); Аналітична експертна система управління мостами (АЕСУМ); Електронний паспорт автомобільної дороги (ЕПАД); Проект організації дорожнього руху (ПОДР); Галузева база даних обліку ДТП; Єдина база

оперативного стану автомобільних доріг державного значення та інженерних споруд на них (БОС); Система управління поточним ремонтом та утриманням доріг (СУПРУД).

Крім того, на початку 2013 року була запроваджена Інформаційно-аналітичної системи управління дорожнім господарством України (ІАСУ ДГ), що є надбудовою над вже функціонуючими окремо інформаційними системами – СУСП, АЕСУМ, та призначена для швидкого відображення інформації про поточний та прогнозований стан доріг і мостів, потреби в капітальних і поточних ремонтах і необхідних для їх здійснення витрат, об'ємів виконаних робіт для обґрунтування управлінських рішень з підтримки мережі доріг на потрібному експлуатаційному рівні, що базуються на сучасних моделях та методах оптимізації та прогнозування [264-274]. А у 2015 році була розроблена Інформаційно-аналітична система управління станом автомобільних доріг на основі довгострокових контрактів з поточного дрібного ремонту та утримання доріг за показником рівня їх обслуговування (ІАСУ-ДККП) .

Однією з головних задач ІАСУ ДГ було вирішення проблеми поєднання і узгодженості існуючих систем управління дорожньою інфраструктурою, зокрема, СУСП та АЕСУМ. Структурна схема функціонування Інформаційно-аналітичної системи управління дорожнім господарством наведена на рис.5.3.

Головною перевагою ІАСУ ДГ є те, що вона виконана на фундаменті веб-технологій. Це дає можливість не встановлювати спеціалізоване програмне забезпечення на комп'ютерах користувачів, що значно спростить роботу з обслуговування баз даних, тому що залишається одна централізована транзакційна база даних БОС. При необхідності отримані через Web-програму поточні дані можуть бути експортовані до спеціалізованих транзакційних баз даних за допомогою експорт / імпорт утілит, якими вирішується обернена задача приведення даних з

централізованої транзакційної бази даних БОС до форматів даних спеціалізованих транзакційних баз даних.

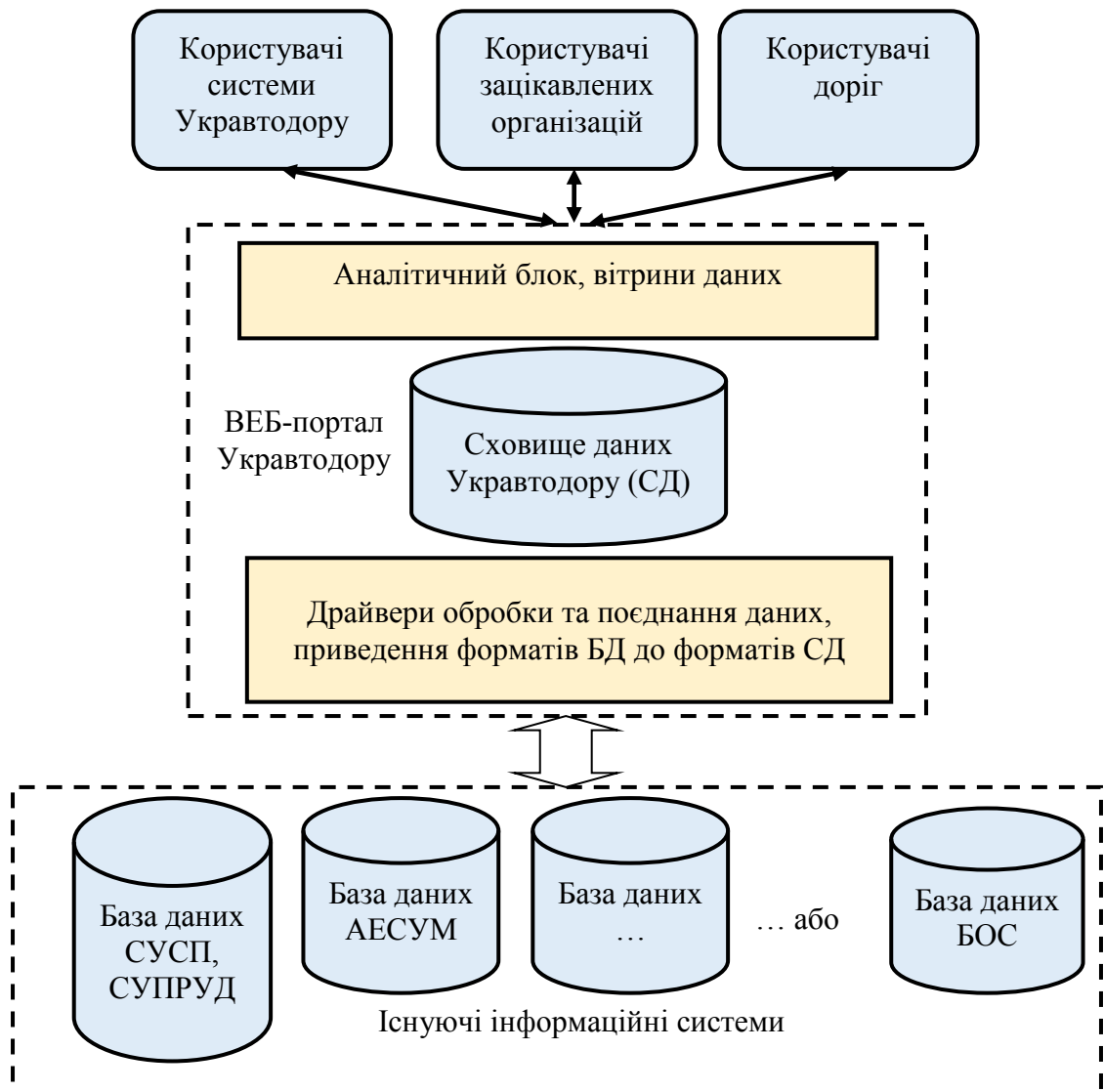


Рисунок 5.3 – Структура ІАСУ ДГ

Потенційними користувачами ІАСУ ДГ є, в першу чергу, працівники різних рівнів і ланок управління дорожнім господарством – керівні посадовці та співробітники центрального апарату Державного агентства автомобільних доріг України, служб автомобільних доріг в областях, Автономній республіці Крим, м. Севастополі, підрядні дорожньо-експлуатаційні організації різних форм власності. Крім того, якщо

передбачено, доступ до певних даних відносно стану доріг і мостів можуть мати інші зацікавлені сторони, включаючи користувачів доріг.

В ІАСУ ДГ передбачено два головних режими взаємодії користувачів з системою:

1. Режим доступу до вибірок аналітичних даних, які спеціально підготовлені в рамках окремих програмних комплексів СУСП і АЕСУМ (а в подальшому і в інших, по мірі їх розробки та впровадження) і передані за допомогою створених в цій роботі програмних засобів в базу даних (БД) ІАСУ ДГ.
2. Режим доступу для введення даних безпосередньо в БД СУСП і АЕСУМ для їх поповнення та редагування безпосередньо з місць розташування користувачів через мережу Інтернет.

Для БД ІАСУ ДГ використана безкоштовна система управління базами даних Microsoft SQL Server 2008 R2 Express Edition, яка дозволяє зберігати об'єми даних розміром до 10 ГБ, - достатній для реалізації БД ІАСУ ДГ. Основною причиною вибору цієї СУБД стало її використання в СУСП та АЕСУМ.

Програмний комплекс ІАСУ ДГ включає п'ять підсистем (рис.5.4).



Рисунок 5.4 – Підсистеми програмних засобів ІАСУ ДГ

До основних функцій веб-програм ІАСУ ДГ відносяться:

- аутентифікація користувачів;
- авторизація користувачів;
- фільтрація, вибірка та відображення даних веб-браузером;
- формування звітів та графіків у звітах за запитами користувачів;
- вивід звітів у форматах: Word (*.doc), Excel (*.xls) та Acrobat (*.pdf);
- вставка нових даних у таблиці бази даних;
- редагування даних таблиць бази даних;
- видалення даних з таблиць бази даних.

Підсистема ІАСУ ДГ – Аналітика призначена для відображення на браузері клієнта системи аналітичних даних щодо поточного стану і поточної та перспективної потреби в ремонтах дорожніх одягів і мостів як в цілому по Укравтодору, так і в розрізі служб автомобільних доріг або окремих ділянок доріг та формування звітів.

Підсистема ІАСУ ДГ - СУСП призначена для введення даних в базу даних СУСП за допомогою веб-технологій. Користувач підсистеми має в своєму розпорядженні тільки Інтернет браузер і є клієнтом ІАСУ ДГ – СУСП. Його задача полягає у введенні оперативних даних про наявність і стан дорожнього одягу. Головна сторінка програми наведена на рис. 5.5. В СУСП містяться тільки дані по дорогам державного значення, тому вибір обмежений тільки тими дорогами, які відносяться до державних.

Підсистема ІАСУ ДГ – АЕСУМ призначена для введення даних в базу даних АЕСУМ за допомогою веб-технологій (рис.5.6). Користувач підсистеми має в своєму розпорядженні тільки інтернет браузер і є клієнтом ІАСУ ДГ – АЕСУМ. Його задача полягає у введенні оперативних даних про наявність і стан мостів на автомобільних дорогах. Головна сторінка програми має аналогічний вигляд з ІАСУ ДГ - СУСП. Вона містить таблицю, за допомогою якої користувач вибирає необхідну йому область для роботи з певною дорогою та певним мостом. Дорога вибирається зі списку, склад якого формується за адміністративним значенням доріг. Після вибору

ділянки дороги визивається сторінка з таблицею-переліком мостів різних типів (мости, шляхопроводи, тощо), які знаходяться на вибраній ділянці дороги, та з меню, в якому задані основні режими редагування даних відносно мостів. Слід зауважити, що дані про наявність і стан мостів формуються за допомогою програмного комплексу АЕСУМ, тому в деяких режимах дозволяється лише коригування і доповнення даних.

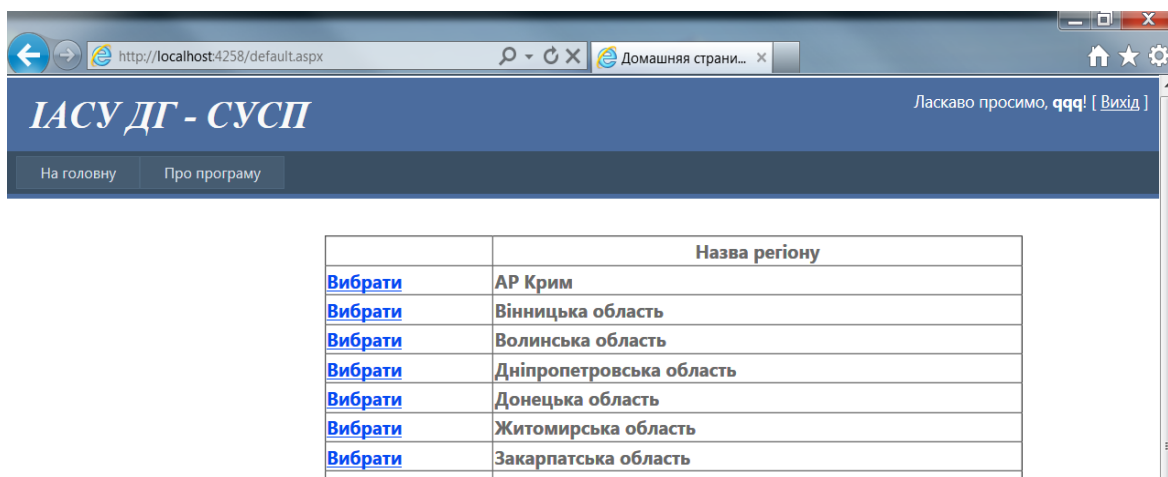


Рисунок 5.6 – Головна сторінка модулю ІАСУ ДГ – СУСП

Програмний комплекс ІАСУ ДГ передбачає формування та видачу користувачу звітів за обраними даними. На рис. 5.7 відображено загальний вигляд меню ІАСУ ДГ для формування звіту. У комплексі також передбачено формування звіту за обраним регіоном / регіонами і звіту, що відображає потребу в ремонтах в межах п'яти років за обраним регіоном.

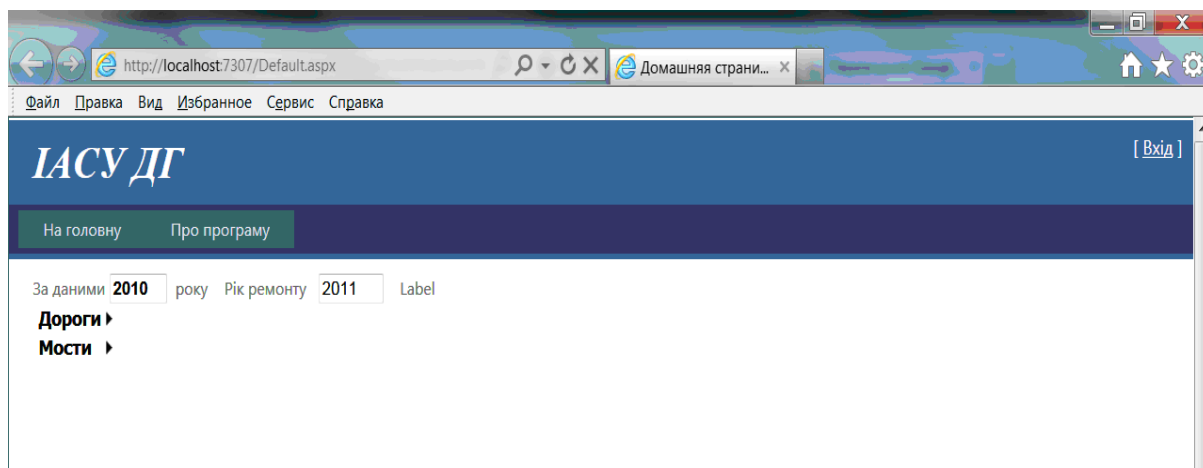


Рисунок 5.7 – Загальний вигляд меню для формування звіт

Звіти формуються за допомогою стандартних серверних елементів ASP.NET. Стандартні серверні елементи ASP.NET дають змогу вивести звіт у Web-форму і переглянути його. Звіт містить деякі інструменти управління режимами роботи із звітом: перелистування, зміну масштабу, пошук за контекстом; поновлення виборки даних; друк; вивід для збереження у вигляді файлів відомих форматів - *.doc, *.excel, *.pdf – за вибором користувача.

Переваги, одержувані дорожніми підприємствами при роботі з ІАСУ ДГ:

- наявність у керівництва ефективних інструментів оцінки стану доріг на основі єдиного джерела ключових показників, підтримуваного в режимі реального часу;
- можливість оцінки на перспективу;
- підвищення обґрунтованості прийняття управлінських рішень;
- можливість узгодження оперативних планів і бюджетів зі стратегічними цілями;
- розширені можливості аналітики, надані сховищем даних, засобами багатомірного аналізу даних, прогнозування та моделювання різних ситуацій за принципом "Що, якщо?";
- розширені можливості стратегічного управління на основі потужних засобів аналізу і звітності тощо.

На рис. 5.8-5.11 наведені зразки екранних форм, які видаються клієнту за допомогою ІАСУ ДГ. Вихідних форм ІАСУ ДГ досить багато, вони дозволяють особі, що приймає рішення, отримати достатнє уявлення про поточний стан та потребу в ремонтах доріг і мостів. При цьому аналіз ефективності прийнятих рішень можна здійснювати за методикою [275, 276].

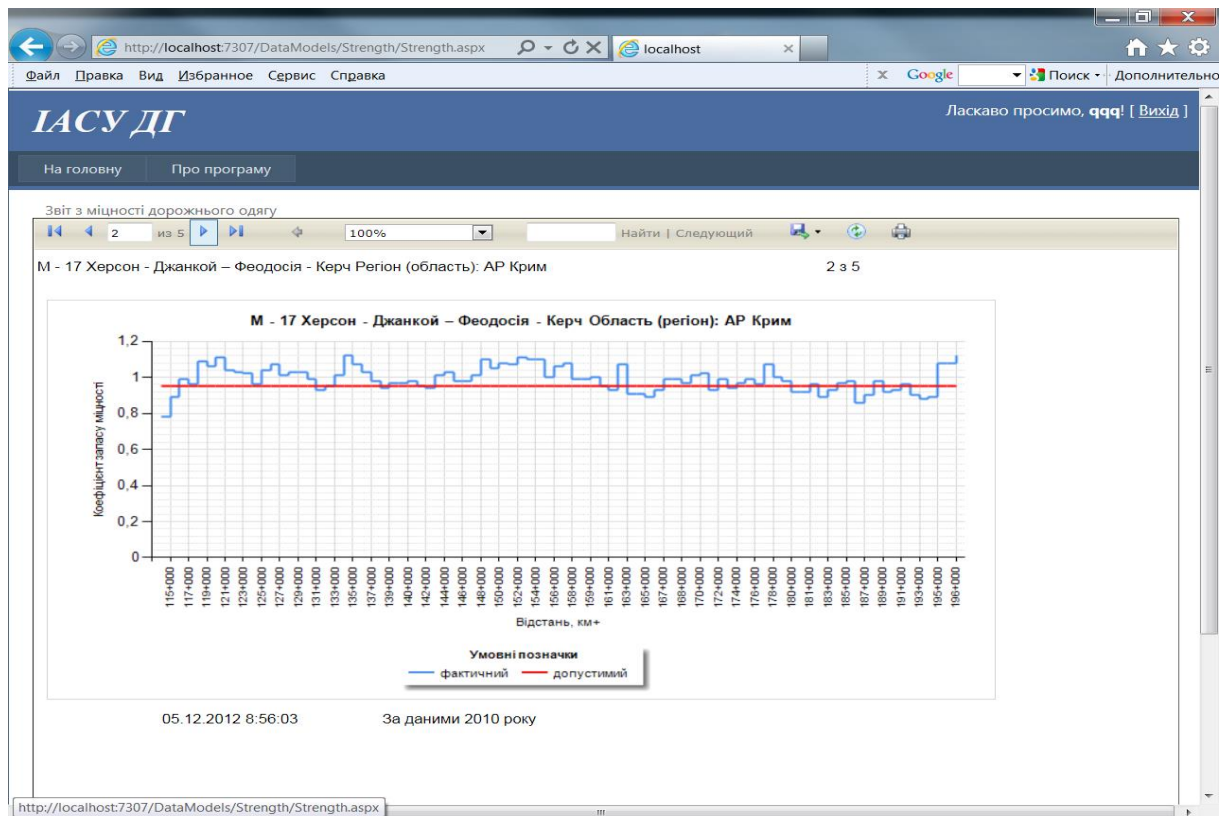


Рисунок 5.8 – Графік коефіцієнту запасу міцності окремої ділянки дороги



Рисунок 5.9 – Потреба в ремонтах дорожнього одягу

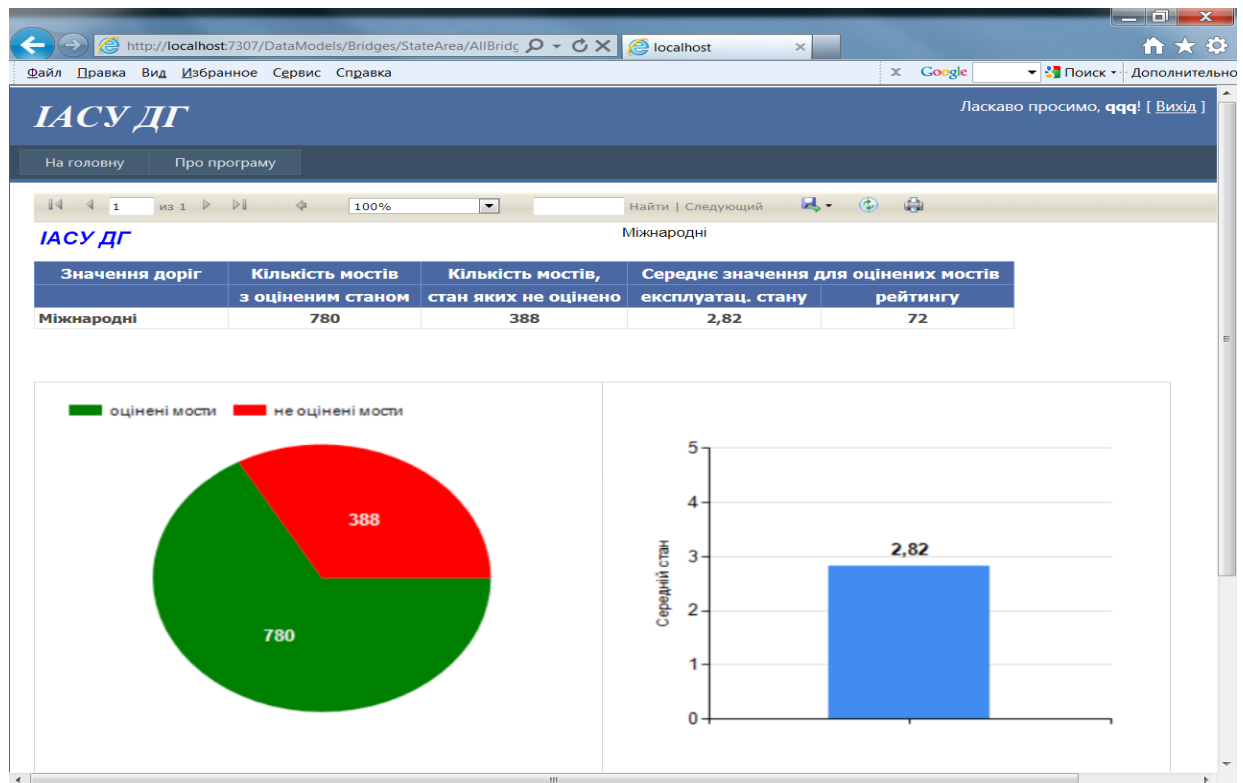


Рисунок 5.10 – Звіт про експлуатаційний стан мостів

РОЗРАХУНКОВА РІЧНА ПОТРЕБА В ФІНАНСОВИХ РЕСУРСАХ НА РЕМОНТИ ДОРІГ НА 2011 РІК

№	Служба автомобільних доріг в області	Капітальний ремонт		Поточ. ремонт (рівність)		Поточ. ремонт (зчепл.)		Всього
		км	тис. грн	км	тис. грн	Sfi	Cost Sfi	
1	Служба автомобільних доріг в Автономній Республіці Крим	367,093	1433597,7	354,500	206018,0	0,000	0,0	1639615,7
2	Служба автомобільних доріг у Вінницькій області	370,063	926593,2	259,000	119457,0	0,000	0,0	1046050,2
3	Служба автомобільних доріг у Волинській області	336,561	1093254,5	167,500	79943,5	0,000	0,0	1173198,0
4	Служба автомобільних доріг у Дніпропетровській області	431,962	1540545,1	503,000	329979,0	0,000	0,0	1870524,1
5	Служба автомобільних доріг у Донецькій області	382,159	1637565,8	255,500	138953,1	0,000	0,0	1776518,9
6	Служба автомобільних доріг у Житомирській області	447,296	1547618,6	249,000	117412,3	46,000	0,0	1665030,9
7	Служба автомобільних доріг у Закарпатській області	266,114	935201,6	130,000	85657,0	0,000	0,0	1020858,6
8	Служба автомобільних доріг у Запорізькій області	492,146	1948738,6	171,500	84825,0	0,000	0,0	2033563,6
9	Служба автомобільних доріг у Івано-Франківській області	226,673	691665,4	376,000	249003,2	0,000	0,0	940668,6
10	Служба автомобільних доріг у Київській області	742,801	2141690,6	125,000	60632,0	0,000	0,0	2202322,6
11	Служба автомобільних доріг у Кіровоградській області	78,565	209445,6	2,500	994,5	0,000	0,0	210440,1
12	Служба автомобільних доріг у Луганській області	272,610	1014736,3	83,000	45793,8	0,000	0,0	1060530,1
13	Служба автомобільних доріг у Львівській області	408,730	1332754,2	250,500	136091,8	0,000	0,0	1468846,0
14	Служба автомобільних доріг у Миколаївській області	245,093	879777,8	188,000	114199,8	0,000	0,0	993977,6
15	Служба автомобільних доріг у Одеській області	207,000	680296,2	7,000	3120,0	0,000	0,0	683416,2
16	Служба автомобільних доріг у Полтавській області	483,992	1430103,7	254,000	157422,2	0,000	0,0	1587525,9
17	Служба автомобільних доріг у Рівненській області	415,328	2032775,9	158,000	77671,7	0,000	0,0	2110447,6
18	Служба автомобільних доріг у Сумській області	424,277	1451435,2	152,500	77265,5	0,000	0,0	1528700,7
19	Служба автомобільних доріг у Тернопільській області	458,185	1482022,6	134,000	76443,2	0,000	0,0	1558465,8
20	Служба автомобільних доріг у Харківській області	411,985	1804798,1	68,500	48668,4	0,000	0,0	1853466,5
21	Служба автомобільних доріг у Херсонській області	487,637	2479461,3	116,000	61256,6	0,000	0,0	2540717,9
22	Служба автомобільних доріг у Хмельницькій області	416,380	1227814,1	308,000	182143,0	0,000	0,0	1409957,1
23	Служба автомобільних доріг у Черкаській області	542,023	1978467,8	219,500	105176,5	0,000	0,0	2083644,3
24	Служба автомобільних доріг у Чернігівській області	258,935	748615,3	311,000	138131,5	0,000	0,0	886746,8
25	Служба автомобільних доріг у Чернівецькій області	164,599	553948,1	115,000	62883,6	0,000	0,0	616831,7
26	Служба автомобільних доріг у м. Севастополь	17,410	68601,9	42,000	21964,8	0,000	0,0	90566,7
	Всього	9355,617	33271525,2	5000,500	2781107,0	46,000	0,0	36052632,2

Рисунок 5.11 – Звіт про розрахункову потребу в фінансових ресурсах

Тестування програмного комплексу ІАСУ ДГ дозволяє зробити висновок про його достатню швидкодію та надійність.

Програмні засоби Web-додатків ІАСУ ДГ реалізовані за технологіями ASP.NET, тому для аутентифікації і авторизації користувачів системи використовуються стандартні в цій технології підходи (рис.5.12).

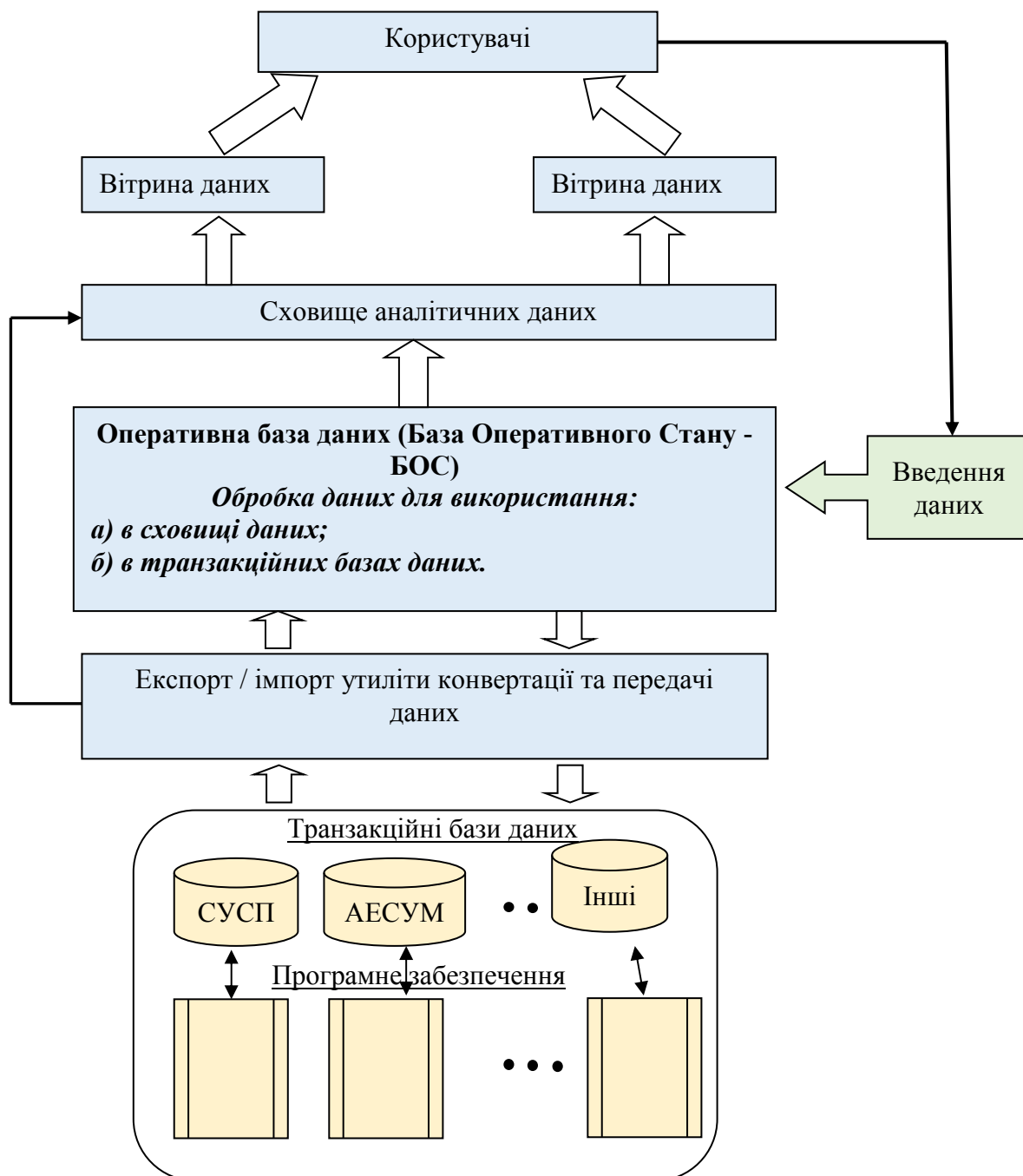


Рисунок 5.12 – Принципова схема функціонування ІАСУ ДГ

Аутентифікація користувача - процедура встановлення за допомогою спеціальних програмних засобів достовірності користувача. Аутентифікація користувача включає дві процедури - ідентифікацію та верифікацію.

ASP.NET виконує web-додатки під обліковим записом ASPNET. Це означає, що при виконанні завдання, не передбаченої привілеями користувача (наприклад, запис файлу на диск), додаток отримує відмову в доступі.

Ідентифікація користувачів застосовується в тих випадках, коли потрібно надати доступ до розділів web-додатку тільки для певних користувачів. Безпека в додатках ASP.NET заснована на трьох операціях:

аутентифікація – процес ідентифікації користувача для надання доступу до якогось ресурсу додатки (розділу сайту, сторінці, бази даних). Аутентифікація заснована на перевірці відомостей про користувача (наприклад, імені та пароля);

авторизація – процес надання доступу користувачеві на основі даних аутентифікації;

уособлення (impersonalisation) – надання серверному процесу ASP.NET прав доступу клієнта.

Існує три способи аутентифікації користувачів в додатках ASP.NET:

аутентифікація Windows – застосовується для ідентифікації та авторизації користувачів в залежності від привілеїв облікового запису користувача. Працює аналогічно звичайним механізмам мережевої безпеки Windows і виконується контролером домену;

аутентифікація Forms – користувач вводить логін і пароль в Web-формі, після чого авторизація відбувається за списком користувачів, що зберігається, наприклад, у базі даних. Застосовується на більшості Internet-сайтів при реєстрації в Internet-магазинах, форумах, пр;

аутентифікація Passport – всі користувачі мають єдине ім'я та пароль, використовувані для сайтів, що використовують даний тип авторизації. Користувачі реєструються в службі Microsoft Passport.

Важливо відзначити, що аутентифікація ASP.NET застосовуються тільки для web-форм (.Aspx-файли), елементів управління (.Ascx-файли) та інших ресурсів ASP.NET. HTML-файли не входять в цей список. Для авторизації доступу до HTML-файлів потрібно їх зареєструвати вручну. Тип аутентифікації вказується в конфігураційному файлі Web.config:

```
<authentication mode="[Windows/Forms/Passport/None]">
</authentication>
```

У процесі авторизації визначається, чи можна конкретному користувачеві надати доступ до зазначеним ресурсу. В ASP.NET існує два основних способи авторизації доступу до заданого ресурсу:

- авторизація файлу. Авторизація файлу виконується модулем FileAuthorizationModule. Цей модуль перевіряє список управління доступом (ACL) файлу обробника з розширенням ASPX або ASMX и визначає, чи слід користувачеві надати доступ до файлу. Дозволи списку управління доступом перевіряються для облікового запису користувача в Windows (якщо включена перевірка справжності Windows) або для посвідчення Windows процесу ASP.NET.

- авторизація URL-адреси Авторизація URL-адреси виконується модулем UrlAuthorizationModule, який співставляє користувачів і ролі URL-адресам в додатках ASP.NET. З допомогою цього модуля можна вибірково надавати або забороняти певним користувачам і ролям доступ до довільних компонентів програми (як правило, каталогам).

Розроблена Інформаційно-аналітична система управління дорожнім господарством України (ІАСУ ДГ) дозволяє:

- здійснити швидкий і надійний доступ до даних про поточний стан доріг і мостів і потребу в їх ремонтах широкому колу уповноважених користувачів різного рівня для прийняття ними рішень по управлінню дорожнім господарством або в цілях інформування;

- значно розширити кількість спеціалістів, які можуть поновлювати через Інтернет центральні бази даних на основі інформації поточних

обстежень доріг і мостів за рахунок коштів з експлуатаційного утримання доріг;

- не встановлювати на місцях спеціальне програмне забезпечення, а користуватись лише браузером;

- зменшити витрати на обслуговування програмних комплексів за рахунок централізації збереження та попередньої обробки інформації.

З метою ефективного і своєчасного управління контрактами Укравтодором запроваджується Інформаційно-аналітична система управління контрактами (ІАСУ ДККП), яка є інструментальним засобом інтеграції та аналізу різнопланових інформаційних ресурсів дорожньої галузі і призначена для комплексного інформаційно-аналітичного забезпечення реалізації довгострокових контрактів з поточного дрібного ремонту та утримання доріг за показником рівня їх обслуговування [277, 278, 279].

Головними завданнями ІАСУ ДККП є ефективне зберігання, обробка та аналіз даних, а саме:

- створення централізованої бази даних в системі управління довгостроковими контрактами і забезпечення віддаленого доступу зацікавлених сторін контракту на основі інтернет технології;

- створення та підтримка довідкових даних щодо класифікаторів автомобільних доріг, об'єктів доріг, видів і типів елементів доріг, пошкоджень (дефектів) елементів доріг тощо;

- введення та супроводження інформації про встановлені та затверджені замовником рівні обслуговування елементів автомобільних доріг стосовно кожного можливого дефекту елементу та різновидів дефекту;

- ведення та зміни загальних даних про всі ДККП, укладені Укравтодором з підрядниками та про осіб, які ними керують;

- ведення та зміни загальних даних про головні параметри доріг контракту;

- накопичення даних моніторингу додержання підрядником встановлених у ДККП рівнів обслуговування;
- обчислення кількості штрафних балів на основі даних моніторингу додержання підрядником встановлених у ДККП рівнів обслуговування і розрахунки місячних сум оплати за контрактом;
- складання звітності та надання зведеної інформації про порядок здійснення контракту згідно з визначеною формою (фінансові, виробничі та інші показники, динаміка їхніх змін і тенденції).

Роботи, які підрядник виконує за довгостроковим контрактом, повинні включати всі управлінські, адміністративні та фізичні види діяльності, які націлені на дотримання визначеного у контракті рівня обслуговування (додаток А) [279]. До фізичних робіт слід віднести, роботи пов'язані з рівнем обслуговування таких активів як:

- Покриття доріг, парковок, придорожніх майданчиків, узбіч, тротуарів тощо;
- Узбіччя, центральна розділювальна смуга і придорожня територія без твердого покриття;
- Знаки, розмітка та засоби дорожньої безпеки;
- Освітлення і допоміжні пристрої;
- Дренажі, водоперепускні споруди;
- Озеленення, полоса відводу, ландшафтні зони;
- Мости, підпірні стінки та інші споруди;
- Різні об'єкти дорожньої інфраструктури, такі як автобусні павільйони, туалети, естакади, майданчики для відпочинку, джерела питної води тощо.

Винятками мають бути:

- Зимове утримання;
- Рівність;
- Специфіка регіону тощо.

В більшості діючих контрактів в інших країнах зустрічаються випадки застосування певних методів, технологій, технічних процедур, стандарти на які ще не розроблені. В такому випадку, необхідно затверджувати ці конкретні процедури до їх реалізації. Так, якщо підрядник рекомендує нові методи ремонту, за якими стандарти ще не розроблені, він повинен представити докази і належну документацію щодо очікуваного ефекту на основі належного тестування. В більшості випадків при прийнятті рішення щодо затвердження несертифікованих процедур виконання робіт переважне значення має рівень обслуговування, який можна досягти.

Робочі процедури повинні повністю документуватися відповідно до програми робіт і виноситися на затвердження дорожнім агентством.

Підрядник може використовувати як імпортовані матеріали так і матеріали вітчизняного виробництва або самостійно видобувати їх за умови, що він:

- переконається у тому, що таке ввезення або видобуток відповідають чинному законодавству;
- отримає всі необхідні дозволи на видобуток таких матеріалів;
- поінформує замовника щодо будь-яких змін умов контракту щодо матеріалів;
- самостійно переконається у якості, придатності та у відповідності технічних характеристик матеріалів.

Таким чином, підрядник заохочується до використання нових матеріалів та інноваційних методів та технологій, які сприяють поліпшенню якості робіт і довговічності активів. В такому випадку, необхідно затверджувати ці конкретні процедури до їх реалізації. Так, якщо підрядник рекомендує нові методи ремонту, за якими стандарти ще не розроблені, він повинен представити докази і належну документацію щодо очікуваного ефекту на основі належного тестування.

Сервер ІАСУ ДККП розміщується на площадці Укравтодору, а доступ до неї забезпечується через Інтернет мережу, тобто на комп'ютерах

користувачів не встановлюється спеціалізоване програмне забезпечення, окрім програмного забезпечення для роботи в Інтернет (веб-браузерів) та інших офісних програм (Word, Excel, Acrobat Reader).

На рис.5.13 приведено головну екранну форму ІАСУ ДККП.

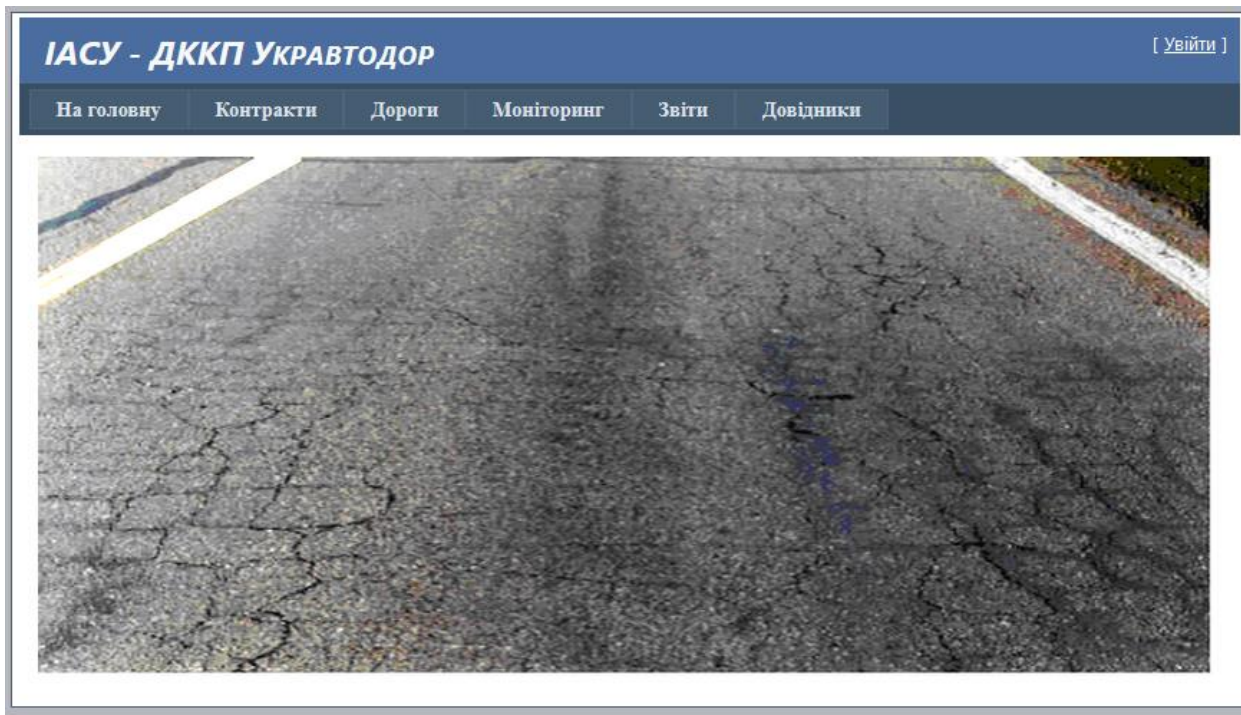


Рисунок 5.13 – Головна екранна форма ІАСУ ДККП

Вкладка «Довідники» головного меню містить відомості про об'єкти, елементи, дефекти доріг та рівні обслуговування (рис.5.14).

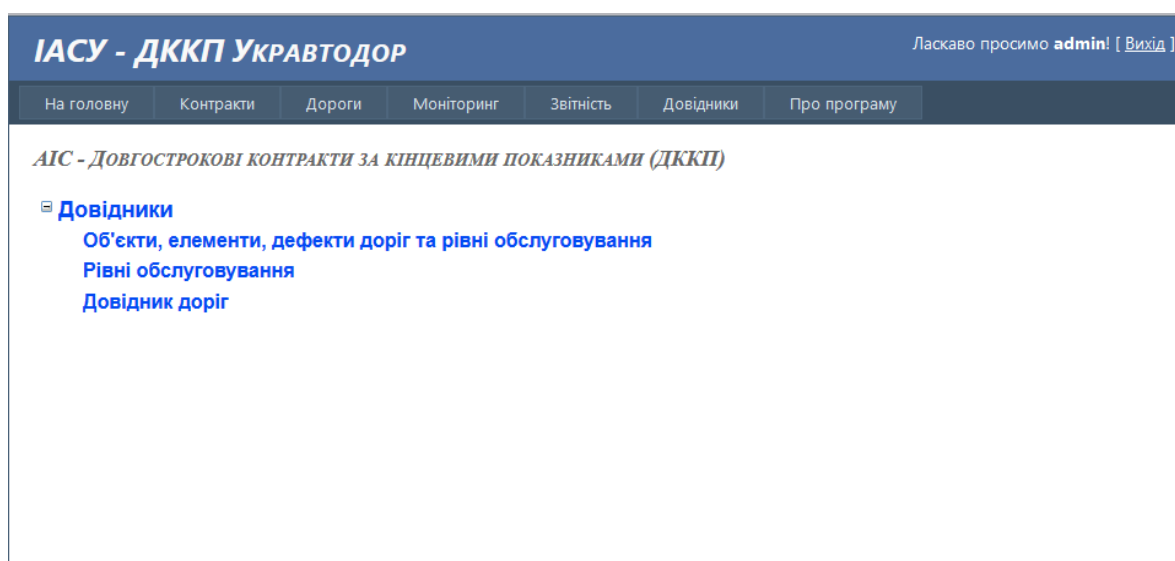


Рисунок 5.14 – Вміст вкладки «Довідники» ІАСУ ДККП

Вкладка «Дороги контракту» містить відомості про ділянки доріг контракту, які в свою чергу розподілено на сегменти, та звіт про наявні дороги (рис.5.15).

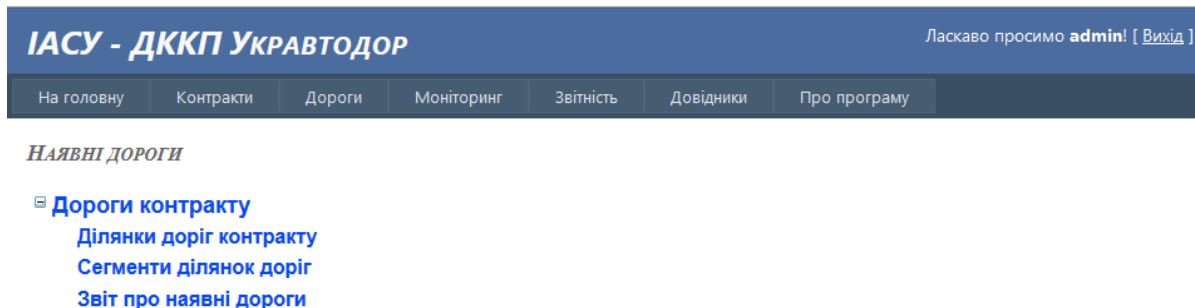


Рисунок 5.15 – Вміст вкладки «Дороги контракту»

У ІАСУ ДККП передбачено можливість формування щомісячних звітів про відповідність вимогам в цілому по контракту та по окремій дорозі контракту. Екранна форма з режимом вибору відхідних даних для формування звітів наведена на рис.5.16.

ФОРМУВАННЯ ЗВІТІВ

[Щомісячний звіт про відповідність вимогам в цілому по контракту](#)

[Щомісячний звіт про відповідність вимогам по окремій дорозі контракту](#)

Шифр контракту		Підрядник	Ділянки доріг контракту								
Вибрати	Контр. №	Підрядник	Ідк	Контр. №	Ідд	Шифр дороги	Назва дороги	Значення	Метр початку	Метр кінця	
Вибрати	K0001	ДЕУ	Вибрати	7	K0001	1	M-01	Київ-Чернігів-Нові Яриловичі	Міжнародного значення	0	100000
Вибрати	K0002	ДЕУ-XXX									
Вибрати	K0003	Підрядник 1									
Вибрати	K0004	Підрядник 4									

Рік місяць

Рисунок 5.16 – Режим вибору відхідних даних для формування щомісячних звітів

Вибір контракту для формування звітів відбувається за допомогою кнопки «Вибрати». Загальні відомості про вибраний контракт відображають: присвоєний шифр контракту; його назву; тривалість в місяцях; дату початку та дату закінчення; вартість контракту в тис.грн.; суму фіксованого щомісячного платежу, що визначена умовами контракту; дані про замовника та підрядника.

Приклад форми загальних даних про вибраний контракт наведено на рис.5.17. В нижній частині форми передбачена можливість редагування даних за допомогою кнопок «Виправити», «Створити».

На рис.5.18 наведено екранну форму інформації про керівника контракту, яка теж має режим редагування.

ІАСУ - ДККП УКРАВТОДОР

Ласкаво просимо admin! [Вихід]

На головнуКонтрактиДорогиМоніторингЗвітністьДовідникиПро програму

КОНТРАКТИ

Загальні дані про контракт

	Шифр	Назва	Тривалість, місяців	Дата початку	Дата закінчення	Вартість, тис	Платіж за місяць, тис	Замовник	Підрядник
Вибрати	K0001	Пілотний контракт 1	60	01.01.2015 0:00:00	31.12.2019 0:00:00	60000.000	1000.000	Укравтодор	ДЕУ
Вибрати	K0002	Пілотний контракт 2	120	01.01.2015 0:00:00	31.12.2024 0:00:00	120000.000	10000.000	Укравтодор	ДЕУ-XXX
Вибрати	K0003	Контракт 3	120	01.01.2015 0:00:00	31.12.2024 0:00:00	120000.000	1000.000	Замовник 1	Підрядник 1

12

Шифр	K0001
Назва контракту	Пілотний контракт 1
Тривалість контракту, місяців	60
Дата початку	01.01.2015 0:00:00
Дата закінчення	31.12.2019 0:00:00
Вартість тис. грн	60000.000
Сума місячного платежу, тис. грн	1000.000
Замовник	Укравтодор
Підрядник	ДЕУ
Виправити Створити	

Рисунок 5.17 – Форма загальних даних про контракт

ІАСУ - ДККП УКРАВТОДОР

Ласкаво просимо admin! [Вихід]

На головнуКонтрактиДорогиМоніторингЗвітністьДовідникиПро програму

КЕРІВНИК КОНТРАКТУ

Шифр контракту	
Вибрати	K0001
Вибрати	K0002
Вибрати	K0003
Вибрати	K0004

Ідк	Ід	Шифр	Керівник	Посада	Призначений	Звільнений	Адреса	Телефон
Вибрати	7	7	K0001	Іваненко І.І.	1	01.01.2015 0:00:00	31.12.2019 0:00:00	ghhghg qwqwqw
Ід			7					
Прізвище			Іваненко І.І.					
Посада			1					
Призначений			01.01.2015 0:00:00					
Звільнений			31.12.2019 0:00:00					
Адреса			ghhghg					
Телефони			qwqwqw					
Виправити			Створити					

Рисунок 5.18 – Форма загальних даних про керівника контракту

Ділянки доріг контракту представлені в програмному комплексі у вигляді карток, які можна переглянути за обраним шифром контракту (рис.5.19), виправити або створити нову картку.

ІАСУ - ДККП УКРАВТОДОР Ласкаво просимо **admin!** [[Вихід](#)]

На головну | Контракти | Дороги | Моніторинг | Звітність | Довідники | Про програму

ДІЛЯНКИ ДОРІГ КОНТРАКТУ

Шифр контракту

[Вибрати](#) K0001

[Вибрати](#) K0002

[Вибрати](#) K0003

[Вибрати](#) K0004

Ідк	Контр. №	Ідд	Шифр дороги	Назва дороги	Значення	Метр початку	Метр кінця
Вибрати	7	K0001	1	M-01	Київ-Чернігів-Нові Яриловичі	Міжнародного значення	0 100000

Ідк: 7

Шифр дороги:

Ідд: 1

Початок, м: 0

Кінець, м: 100000

[Виправити](#) [Створити](#)

Рисунок 5.19 – Картка ділянки дороги контракту

Кожна ділянка дороги умовно розбита на сегменти. Інформація про сегменти доріг контракту в ІАСУ ДККП представлена в табличному вигляді (рис.5.20).

ІАСУ - ДККП УКРАВТОДОР Ласкаво просимо **admin!** [[Вихід](#)]

На головну | Контракти | Дороги | Моніторинг | Звітність | Довідники | Про програму

СЕГМЕНТИ ДІЛЯНОК ДОРІГ КОНТРАКТУ

Шифр контракту

[Вибрати](#) K0001

[Вибрати](#) K0002

[Вибрати](#) K0003

[Вибрати](#) K0004

Ділянки доріг контракту

Ідк	Контр. №	Ідд	Шифр дороги	Назва дороги	Значення	Метр початку	Метр кінця
Вибрати	7	K0001	1	M-01	Київ-Чернігів-Нові Яриловичі	Міжнародного значення	0 100000

Сегменти ділянок доріг контракту

Ідк	Шифр дороги	Ідд	Ідс	Категорія	Початок, м	Кінець, м	Назва сегменту
Вибрати	7	M-01	1	1	1	0 50000	Козинці-Бобинці
Вибрати	7	M-01	1	2	2	50000 100000	Бобинці-Бородянка
Вибрати	7	M-01	1	3	3	0 10000	qwqwqwqwqwqw

Категорія дороги:

Початок, м: 0

Кінець, м: 50000

Назва сегменту: Козинці-Бобинці

[Виправити](#) [Створити](#)

Рисунок 5.20 – Екранна форма сегментів ділянок доріг контракту

На рис.5.21 наведено режим вибору об'єктів доріг. В нижній частині форми показано приклад вибору об'єкту «Земляне полотно». Наступним кроком є вибір елементів об'єкту. В приведеному на рис.5.22 прикладі це «Узбіччя».

ІАСУ - ДККП УКРАВТОДОР Ласкаво просимо **admin!** [[Вихід](#)]

На головну | [Контракти](#) | [Дороги](#) | [Моніторинг](#) | [Звітність](#) | [Довідники](#) | [Про програму](#)

ВИДИ ОБ'ЄКТІВ ДОРІГ

	<u>Вид</u>	<u>Назва</u>
Вибір	1	Земляне полотно
Вибір	2	Покриття дорожнього одягу
Вибір	3	Штучні споруди
Вибір	4	Обстановка дороги

Вид 1

Назва об'єкту Земляне полотно

Правка [Створити](#)

[Види елементів об'єкту](#)

Рисунок 5.21– Режим вибору об'єктів доріг

ІАСУ - ДККП УКРАВТОДОР Ласкаво просимо **admin!** [[Вихід](#)]

На головну | [Контракти](#) | [Дороги](#) | [Моніторинг](#) | [Звітність](#) | [Довідники](#) | [Про програму](#)

ВИДИ ЕЛЕМЕНТІВ ОБ'ЄКТІВ ДОРІГ

Назва об'єкту

Земляне полотно

	<u>Об'єкт</u>	<u>Вид</u>	<u>Назва елементу</u>
Правка Вибрати	1	1	Узбіччя
Правка Вибрати	1	2	Відкоси
Правка Вибрати	1	3	Резерви
Правка Вибрати	1	4	Берми
Правка Вибрати	1	5	Водовідвод
Правка Вибрати	1	6	Розподільвальна смуга, острівці безпеки

Назва виду елементу Узбіччя

[Створити](#)

[Типи елементів](#)

Рисунок 5.22 – Режим вибору елементів об'єктів доріг

Далі необхідно вибрати тип елементу натиснувши кнопку «Типи елементів» в нижній частині форми. Наприклад, «Укріплені» узбіччя (рис. 5.23).

ІАСУ - ДККП Укравтодор Ласкаво просимо **admin!** [Вихід]

На головну | [Контракти](#) | [Дороги](#) | [Моніторинг](#) | [Звітність](#) | [Довідники](#) | [Про програму](#)

ТИПИ ЕЛЕМЕНТІВ ДОРІГ

	Код	Об'єкт	Назва об'єкту	Назва елементу
Вибрати	1	1	Земляне полотно	Узбіччя

	Об'єкт	Елемент	Тип	Назва типу елементу
Правка Вибрати	1	1	1	Укріплені
Правка Вибрати	1	1	18	Неукріплені

Назва типу:

[Створити](#)

[Дефекти](#)

Рисунок 5.23 – Типи елементів доріг

Наступним кроком є вибір дефектів елементів доріг (рис.5.24).

ІАСУ - ДККП Укравтодор [Увійти]

На головну | [Контракти](#) | [Дороги](#) | [Моніторинг](#) | [Звітність](#) | [Довідники](#) | [Про програму](#)

ВИДИ ПОШКОДЖЕНЬ ЕЛЕМЕНТІВ ДОРІГ

Об.	Вид ел.	Тип ел.	Об'єкт	Вид елементу	Тип елементу
1	1	18	Земляне полотно	Узбіччя	Неукріплені

Дефекти елементів доріг

	Об'єкт	Вид ел.	Тип ел.	Код	Назва дефекту	Опис дефекту
Вибрати	1	1	18	16	Вибіони і просідання	Глибина в самій глибокій точці вибоїни або просідання

Назва дефекту:

Опис дефекту:

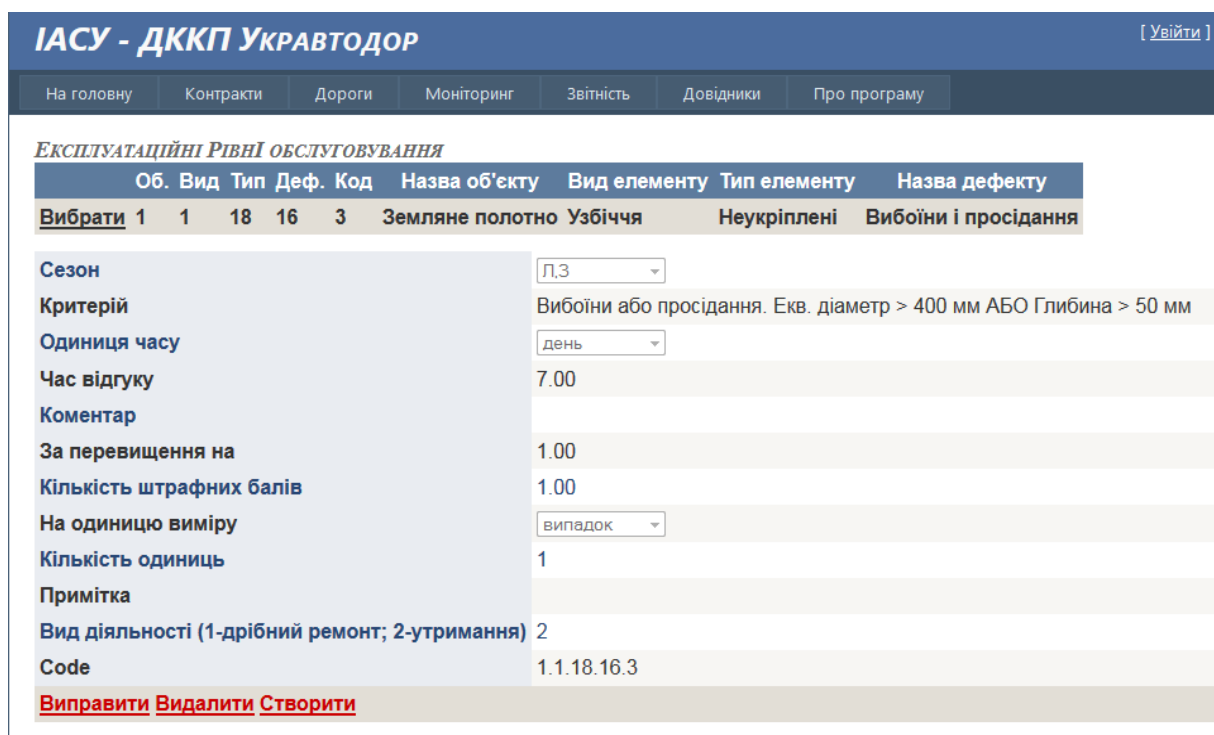
[Правка](#) [Створити](#)

[Критерії обслуговування](#)

Рисунок 5.24 – Дефекти елементів доріг

В нижній частині режиму вибору дефектів елементів доріг розміщена кнопка «Критерії обслуговування».

Інформація про експлуатаційні рівні обслуговування містить основні параметри втручання для вибраного елемента при встановлених дефектах (рис.5.25).



ІАСУ - ДККП УКРАВТОДОР [Увійти]

На головну | Контракти | Дороги | Моніторинг | Звітність | Довідники | Про програму

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ РІВНІ ОБСЛУГОВУВАННЯ

Об.	Вид	Тип	Деф.	Код	Назва об'єкту	Вид елемента	Тип елемента	Назва дефекту
Вибрати	1	1	18	16	3	Земляне полотно	Узбіччя	Неукріплені
Вибірні і просідання								

Сезон: Л.З

Критерій: Вибірні або просідання. Екв. діаметр > 400 мм АБО Глибина > 50 мм

Одиниця часу: день

Час відгуку: 7.00

Коментар:

За перевищення на: 1.00

Кількість штрафних балів: 1.00

На одиницю виміру: випадок

Кількість одиниць: 1

Примітка:

Вид діяльності (1-дрібний ремонт; 2-утримання): 2

Code: 1.1.18.16.3

[Виправити](#) [Видалити](#) [Створити](#)

Рисунок 5.25 – Експлуатаційні рівні обслуговування

В ІАСУ ДККП передбачена можливість редагування експлуатаційних рівнів обслуговування залежно від завданих у контракті умов (рис.5.26).

ІАСУ - ДККП УКРАВТОДОР [Увійти]

На головну | Контракти | Дороги | Моніторинг | Звітність | Довідники | Про програму

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ РІВНІ ОБСЛУГОВУВАННЯ

Об.	Вид	Тип	Деф.	Код	Назва об'єкту	Вид елементу	Тип елементу	Назва дефекту
Вибрати	1	1	18	16	3	Земляне полотно	Узбіччя	Неукріплені

Вибір іноді просідання

Сезон: Л.З

Критерій: Вибір іноді просідання

Одиниця часу: день

Час відгуку: (не задано)

Коментар: година

За перевищення на: день

Кількість штрафних балів: 1.00

На одиницю виміру: 1.00

Кількість одиниць: випадок

Примітка: 1

Вид діяльності (1-дрібний ремонт; 2-утримання): 2

Code: 1.1.18.16.3

[Поновити](#) [Відмінити](#)

Рисунок 5.26 – Редагування експлуатаційних рівнів обслуговування

Вибір дефектів для формування і редагування рівнів обслуговування приведено на рис.5.27.

ІАСУ - ДККП УКРАВТОДОР [Увійти]

На головну | Контракти | Дороги | Моніторинг | Звітність | Довідники | Про програму

ВИБІР ДЕФЕКТІВ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ І РЕДАГУВАННЯ РІВНЕЙ ОБСЛУГОВУВАННЯ

Об'єкт	Вид елементу	Тип елементу	Дефект
Земляне полотно	Вибір	Берми	Вибір
Покриття дорожнього одягу	Вибір	Відкоси	Вибір
Штучні споруди	Вибір	Водовідвод	Вибір
Обстановка дороги	Вибір	Резерви	Вибір
		Розподільвальна смуга, острівці безпеки	Вибір
		Узбіччя	Вибір

[Об'єкт](#) [Види елементів](#) [Типи елементів](#) [Дефекти](#)

[Рівні обслуговування](#)

Рисунок 5.27 – Вибір дефектів для формування і редагування експлуатаційних рівнів обслуговування

Вигляд сформованого звіту про виконання вимог в цілому по контракту за вибраними об'єктами наведено на рис.5.28.

ІАСУ - ДККП УКРАВТОДОР								
[Увійти]								
На головну | Контракти | Дороги | Моніторинг | Звітність | Довідники | Про програму								
ЗВІТ ПРО ВИКОНАННЯ ВИМОГ В ЦІЛОМУ ПО КОНТРАКТУ								
1 из 1								
Звіт за 12.2015 р. по контракту № K0001								
Пілотний контракт 1								
Дорога	Ділянка	Код дефекту	Дефект	Сезон	Критерій	Від, м	До, м	Дата і час реєстрації
М-01	Бобинці-Бородянка	1.1.18.16.3	Вибіоїни і просідання. (Земляне полотно. Узбіччя. Неукріплені)	Л,З	Вибіоїни або просідання. Екв. діаметр > 400 мм АБО Глибина > 50 мм	70000,00	71000,00	31.12.2015 14:00:00
		2.7.17.19.1	Вибіоїни. (Покриття дорожнього одягу. Асфальтобетонне покриття. Мілкозернистий асфальтобетон)	Л,З	(Еквівалентний діаметр > 150 мм ТА Еквівалентний діаметр <= 200 мм) АБО (Глибина > 40 мм ТА Глибина <= 50 мм)	80000,00	81000,00	31.12.2015 16:00:00
	Козинці-Бобинці	2.7.17.19.1	Вибіоїни. (Покриття дорожнього одягу. Асфальтобетонне покриття. Мілкозернистий асфальтобетон)	Л,З	(Еквівалентний діаметр > 150 мм ТА Еквівалентний діаметр <= 200 мм) АБО (Глибина > 40 мм ТА Глибина <= 50 мм)	10000,00	10050,00	31.12.2015 15:00:00

Рисунок 5.28 – Формування звіту про виконання вимог в цілому по контракту

У верхній частині екранної форми Звіту передбачена можливість його імпорту в MS Excel, PDF або Word (рис.5.29). Звіт містить деякі інструменти управління режимами роботи із звітом: перелистування, зміну масштабу, пошук за контекстом, прокрутка (рис.5.30).

ІАСУ - ДККП УКРАВТОДОР [Увійти]

На головну | Контракти | Дороги | Моніторинг | Звітність | Довідники | Про програму

ЗВІТ ПРО ВИКОНАННЯ ВИМОГ В ЦЬОМУ ПО КОНТРАКТУ

Звіт за 12.2015 по контракту № K0001

Пілотний контракт 1

Дорога	Ділянка	Код дефекту	Дефект	Сезон	Критерій	Від, м	До, м	Дата і час реєстрації
М-01	Бобинці-Бородянка	1.1.18.16.3	Вибіоїни і просідання. (Земляне полотно. Узбіччя. Неукріплені)	Л,З	Вибіоїни або просідання. Екв. діаметр > 400 мм АБО Глибина > 50 мм	70000,00	71000,00	31.12.2015 14:00:00
		2.7.17.19.1	Вибіоїни. (Покриття дорожнього одягу. Асфальтобетонне покриття. Мілкозернистий асфальтобетон)	Л,З	(Еквівалентний діаметр > 150 мм ТА Еквівалентний діаметр <= 200 мм) АБО (Глибина > 40 мм ТА Глибина <= 50 мм)	80000,00	81000,00	31.12.2015 16:00:00
	Козинці-Бобинці	2.7.17.19.1	Вибіоїни. (Покриття дорожнього одягу. Асфальтобетонне покриття. Мілкозернистий асфальтобетон)	Л,З	(Еквівалентний діаметр > 150 мм ТА Еквівалентний діаметр <= 200 мм) АБО (Глибина > 40 мм ТА Глибина <= 50 мм)	10000,00	10050,00	31.12.2015 15:00:00

Рис.5.29 – Імпорт звітів

ІАСУ - ДККП УКРАВТОДОР [Увійти]

На головну | Контракти | Дороги | Моніторинг | Звітність | Довідники | Про програму

ЗВІТ ПРО ВИКОНАННЯ ВИМОГ В ЦЬОМУ ПО КОНТРАКТУ

Звіт за 12.2015 р. по контракту № K0001 1 з 1

Ідентифікатор	Дефект	Сезон	Критерій	Від, м	До, м	Дата і час реєстрації	Дата і час ліквідації	Примітка
1.3	Вибіоїни і просідання. (Земляне полотно. Узбіччя. Неукріплені)	Л,З	Вибіоїни або просідання. Екв. діаметр > 400 мм АБО Глибина > 50 мм	70000,00	71000,00	31.12.2015 14:00:00		Вибіоїни розміщені на правій обочині за ходом кілометражу
1.1	Вибіоїни. (Покриття дорожнього одягу. Асфальтобетонне покриття. Мілкозернистий асфальтобетон)	Л,З	(Еквівалентний діаметр > 150 мм ТА Еквівалентний діаметр <= 200 мм) АБО (Глибина > 40 мм ТА Глибина <= 50 мм)	80000,00	81000,00	31.12.2015 16:00:00	01.01.2016 14:00:00	Одна вибоїна
1.1	Вибіоїни. (Покриття дорожнього одягу. Асфальтобетонне покриття. Мілкозернистий асфальтобетон)	Л,З	(Еквівалентний діаметр > 150 мм ТА Еквівалентний діаметр <= 200 мм) АБО (Глибина > 40 мм ТА Глибина <= 50 мм)	10000,00	10050,00	31.12.2015 15:00:00	01.01.2016 14:00:00	

Рис.5.30 – Режим прокрутки звіту

Друк звіту в Word про виконання вимог в цілому по контракту наведено на рис.5.31 і в Додатку Б.

Дорога	Ділянка	Код дефекту	Дефект	Сезон	Критерій	Від, м	До, м	Дата і час реєстрації	Дата і час ліквідації	Примітка
М-01	Бобинці-Бороданка	1.1.18.16.3	Вибойки і просідання. (Земляне полотно. Узбіччя. Неукріплені)	Л,З	Вибойки або просідання. Екв. діаметр > 400 мм АБО Глибина > 50 мм	70000,00	71000,00	31.12.2015 14:00:00		Вибойки розміщені на правій обочині за ходом километражу
		2.7.17.19.1	Вибойки. (Покриття дорожнього одягу. Асфальтобетонне покриття. Мілкозернистий асфальтобетон)	Л,З	(Еквівалентний діаметр > 150 мм ТА Еквівалентний діаметр <= 200 мм) АБО (Глибина > 40 мм ТА Глибина <= 50 мм)	80000,00	81000,00	31.12.2015 16:00:00	01.01.2016 14:00:00	Одна вибоина
	Козинці-Бобинці	2.7.17.19.1	Вибойки. (Покриття дорожнього одягу. Асфальтобетонне покриття. Мілкозернистий асфальтобетон)	Л,З	(Еквівалентний діаметр > 150 мм ТА Еквівалентний діаметр <= 200 мм) АБО (Глибина > 40 мм ТА Глибина <= 50 мм)	10000,00	10050,00	31.12.2015 15:00:00	01.01.2016 14:00:00	

Рисунок 5.31 – Друк звіту про виконання вимог в цілому по контракту

З метою створення бази даних експлуатаційних рівнів обслуговування елементів автомобільних доріг авторами дослідження під час виконання НДР на замовлення Укравтодору була частково модифікована Інформаційно-аналітична система управління станом автомобільних доріг на основі довгострокових контрактів з поточного дрібного ремонту та утримання доріг за показником рівня їх обслуговування (ІАСУ-ДККП).

В таблиці бази даних, які відносяться до складових автомобільної дороги, видів і типів їх елементів, дефектів елементів доріг за їх типами та таблиці рівнів обслуговування були внесені класифікаційні ознаки, які дозволяють належним чином класифікувати рівні обслуговування, зменшити об'єм вихідних форм.

Також змінені форми сценаріїв введення даних щодо рівнів обслуговування і форми вихідних документів. На рис. 5.33 наведено

сценарій вибору складових доріг різного адміністративного значення, що звужує об'єм подальших вибірок даних (рис. 5.32-5.35).

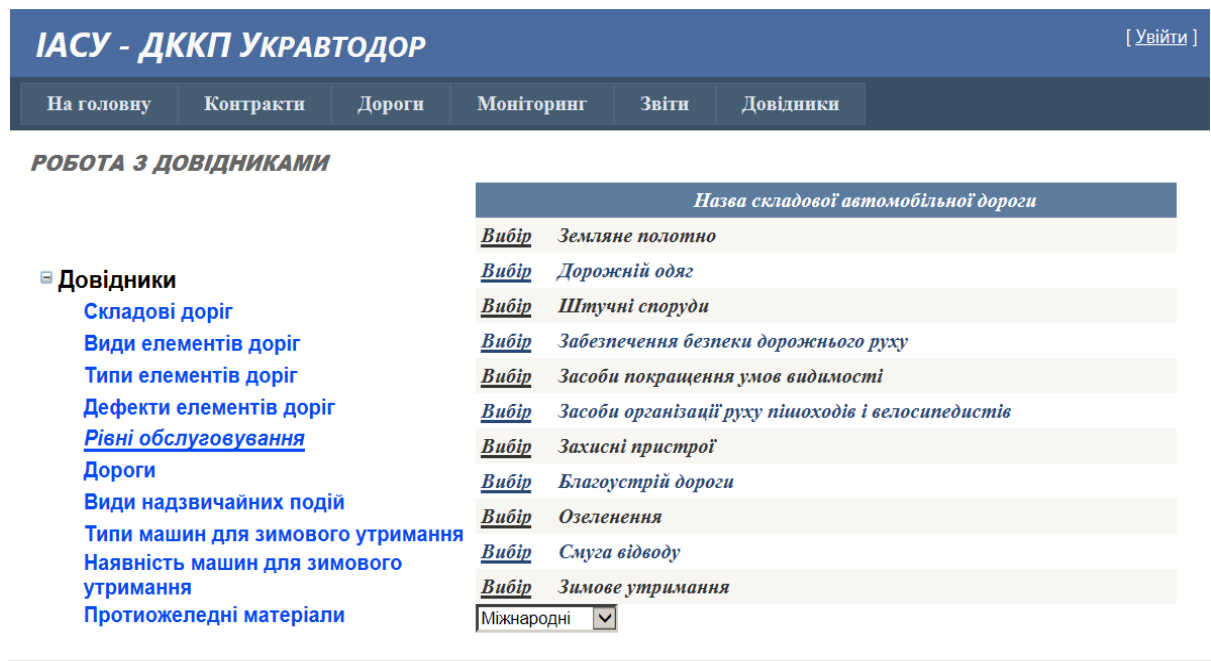


Рисунок 5.32 – Сценарій вибору даних однієї складової одного значення доріг



Рисунок 5.33 – Вибрані типи елементів доріг

ІАСУ - ДККП УКРАВТОДОР [Увійти]

На головну | Контракти | Дороги | Моніторинг | Звіти | Довідники

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ РІВНІ ОБСЛУГОВУВАННЯ

Шифр 2.1.1.1.1.м Дороги Міжнародні Сезон року РІК Дефект: Вибойни

Вимога усунення: Діаметр >15 см ТА <= 20 см АБО глибина > 4 см ТА <= 5 см

Час відгуку: од.часу доба кількість 1.00 До дати: дд/мм

Штрафні бали: за перевищення на 1.00 зняти балів 2.00 Одиниця виміру дефекту випадок

Коментар: Діаметр найменшого кола, яке повністю описує вибоїну. Глибина приймається в найглибшій точці вибоїни

[Виправити](#) [Видалити](#) [Створити](#)

[Назад](#) [Дорожній одяг](#) [Покриття](#) [Асфальтобетонне](#)

Дефект	Од.виміру	Рівень втручання	Сезон	Од.часу	Час відгуку	На дату	За перевищ. часу на	Зняти балів
✓ Вибойни	випадок	Діаметр >15 см ТА <= 20 см АБО глибина > 4 см ТА <= 5 см	РІК	доба	1.00		1.00	2.00
✓ Вибойни	випадок	Діаметр > 20 см АБО глибина >= 5 см	РІК	година	5.00		5.00	2.00
✓ Вибойни	випадок	Більше 5 вибоїн діаметром > 10 см на 1 км проїзної частини	РІК	доба	1.00		1.00	2.00
✓ Вибойни	випадок	Площа більша ніж 0.05 м2 ТА глибина не більша ніж 4 см	Л	доба	1.00		1.00	2.00
✓ Вибойни	випадок	Площа більша ніж 0.05 м2 ТА глибина не більша ніж 4 см	В,О	година	5.00		1.00	2.00
✓ Вибойни	випадок	Площа більша ніж 0.05 м2 ТА глибина не більша ніж 4 см	Л	доба	7.00		1.00	2.00
✓ Вибойни	випадок	Загальна площа руйнувань на 1000 м2 покриття, м2, не більше ніж 0.3 м2	Л	доба	1.00		1.00	2.00

Рисунок 5.34 – Робота з рівнями обслуговування вибраного типу елемента складової дороги

ІАСУ - ДККП УКРАВТОДОР [Увійти]

На головну | Контракти | Дороги | Моніторинг | Звіти | Довідники

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ РІВНІ ОБСЛУГОВУВАННЯ

Код	Назва об'єкту	Вид елементу	Тип елементу	Назва дефекту	Вимога усунення
Вибрати 3	Дорожній одяг	Покриття	Асфальтобетонне	Лінійні тріщини	Ширина тріщини більша 3 мм і не більша 5 мм
Вибрати 4	Дорожній одяг	Покриття	Асфальтобетонне	Лінійні тріщини	Ширина тріщини більша 5 мм

Рівень вимог, сезон року: рівень міжнародні сезон року Л

Вимога усунення: Ширина тріщини більша 5 мм

Час відгуку: од.часу день кількість 14 До дати: дд/мм

Штрафні бали: за перевищення на 1.00 зняти балів 2.00 одиниця виміру дефекту км

Коментар: Або ділянка для ділянок коротших за 1 км

Вид діяльності: Поточний дрібний ремонт доріг

Код:

[Поновити](#) [Відмінити](#)

[Назад](#)

Рисунок 5.35 – Форма для редагування рівня обслуговування

Для друку довідників надзвичайних подій, дефектів та експлуатаційних рівнів обслуговування елементів доріг розроблена форма, яка дозволяє видавати звіти як по окремій складовій дороги, так і по всім складовим доріг вибраного адміністративного значення.

Форма для створення та редагування довідника наведена на рис. 5.36.

ІАСУ - ДККП УКРАВТОДОР Ласкаво просимо УкрДіпродор! [Вихід]

На головну | Контракти | Дороги | Моніторинг | Звіти | Довідники

ВИДИ НАДЗВИЧАЙНИХ ПОДІЙ

	Назва події	Опис події
Вибрати	Зсуви	Зсуви у вигляді зсуву землі або кам'яного матеріалу обсягом понад 200 м ³ , які повністю або частково блокують проїжджу частину, узбіччя, дренажну систему або водний потік
Вибрати	Повінь	Повінь у вигляді zalивання великим об'ємом води, повністю або частково, дороги, узбіч та прилеглої території
Вибрати	ДТП	ДТП з випадками травматизму, істотними пошкодженнями транспортних засобів та / або дорожнього покриття, споруд або облаштування дороги
Вибрати	Інші події	Інший збиток (школа), включаючи випадки вандалізму, крадіжки, нанесення збитку облаштуванню дороги і спорудам

Редагування видів надзвичайних подій

Назва:

Опис:

[Поновити](#) [Відмінити](#)

Рисунок 5.36 – Формування довідника надзвичайних подій

Нижче наведені приклади аналітичних звітів, які експортуються у відомі формати стандартним методом (рис. 5.37 – 5.38).

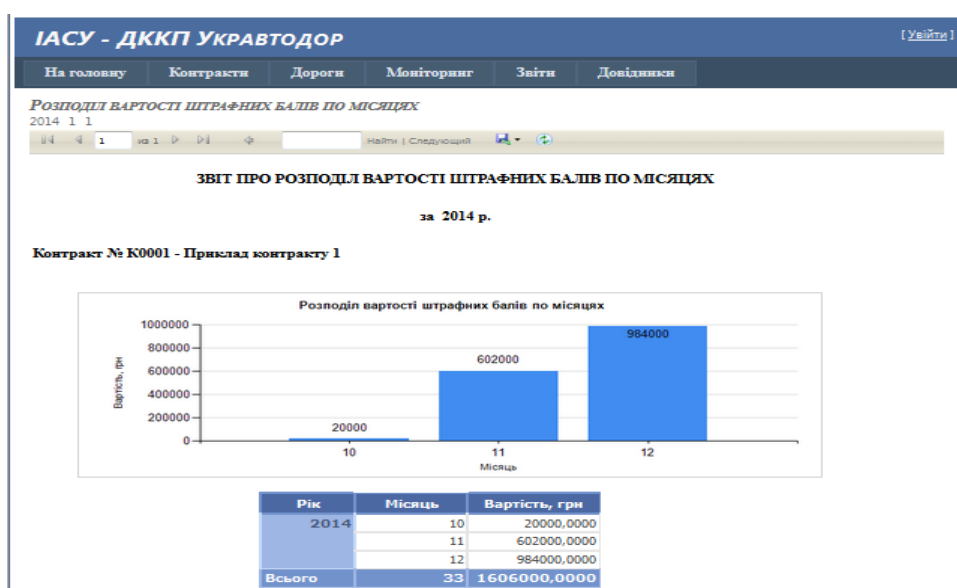


Рисунок 5.37 – Звіт про розподіл вартості штрафних балів по місяцях року

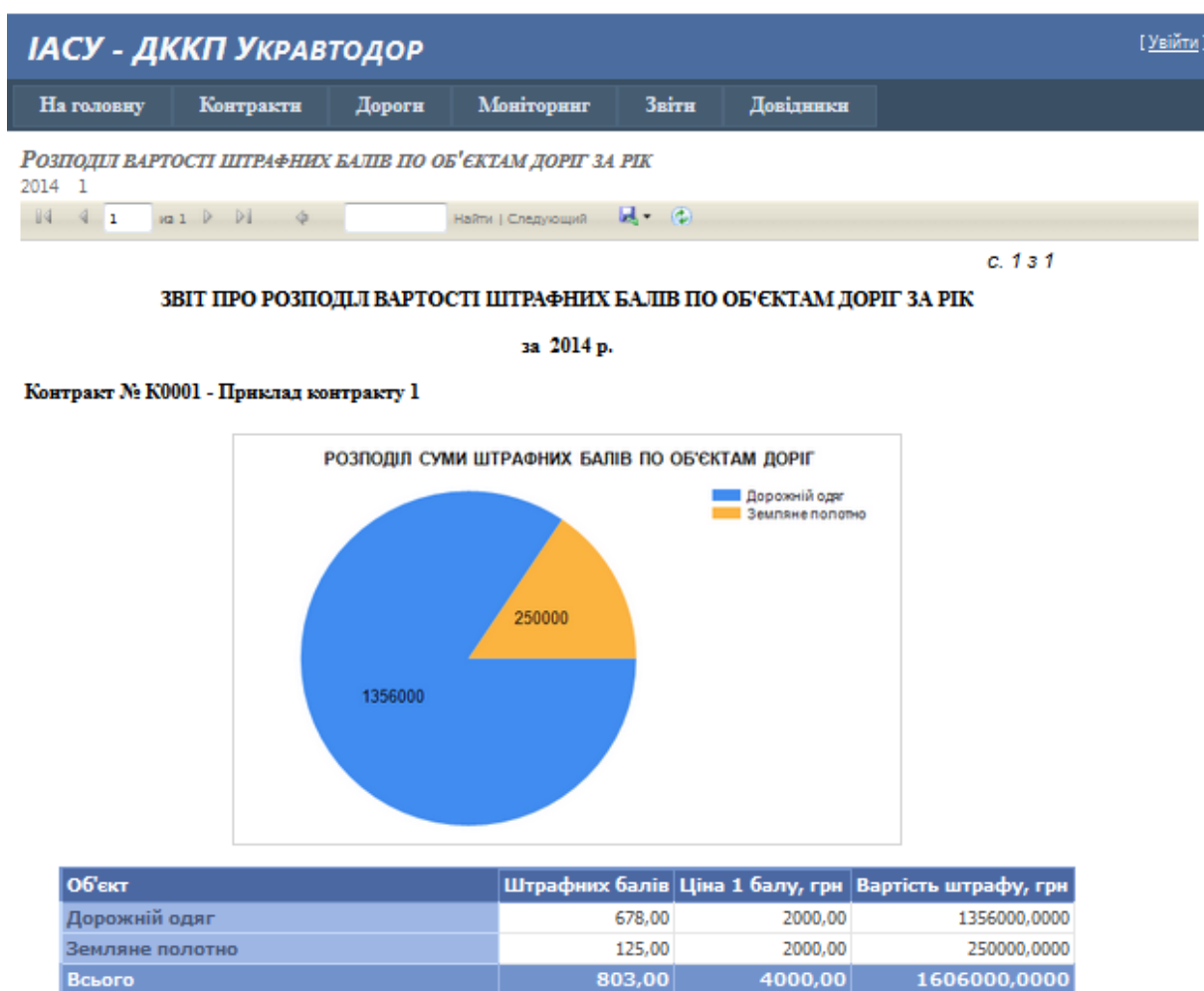


Рисунок 5.38 – Звіт про розподіл вартості штрафних балів за рік

Вихідні форми з переліком типів елементів доріг, дефектів елементів доріг були сформовані на основі аналізу нормативних джерел, з урахуванням світового досвіду та інформації, отриманої від експертів, що не суперечить діючій в Україні нормативно-правовій базі. Фрагменти вихідних форм з переліком типів елементів доріг та дефектів елементів доріг наведено в таблицях 5.1-5.2 відповідно.

Таблиця 5.1 - Типи елементів автомобільних доріг (фрагмент).

Код складової	Складова дороги	Код елементу	Назва елементу	Код типу	Назва типу елементу
1	2	3	4	5	6
1	Земляне полотно	1	Узбіччя	1	З твердим покриттям
				2	Не укріплені
		2	Укоси насипів та виїмок	1	Укріплені
				2	Не укріплені
		3	Водовідведення	1	Кювети укріплені
				2	Кювети неукріплені
					
2	Дорожній одяг	1	Покриття	1	Асфальтобетонне
				2	Цементобетонне
				3	Чорне щебенеve
				4	Покриття всіх типів
.....				...	

Таблиця 5.2 - Довідник дефектів елементів доріг. Земляне полотно. Узбіччя. З твердим покриттям (фрагмент)

Шифр	Назва дефекту	Характеристика
1.1.1.1	Вибіони	Характеризуються діаметром кола, з площею рівною площі вибоїни і глибиною в найглибшій точці вибоїни.
1.1.1.2	Неякісний ямковий ремонт	Невідповідність: ширини стику/висоти/форми/напрямку/матеріалу латки
1.1.1.3	Лінійні тріщини	Характеризується шириною і довжиною тріщини. Наявність різниці по висоті герметика і покриття (вище або нижче) з певною довжиною
1.1.1.4	Сітка тріщин	Характеризується шириною і довжиною тріщини. Наявність різниці по висоті герметика і покриття (вище або нижче) з певною довжиною
1.1.1.5	Руйнування кромки	Характеризується шириною (мм) і довжиною (м) руйнування
1.1.1.6	Колійність	Характеризується шириною (мм) і довжиною (м) ділянки з колійністю
1.1.1.7	Хвилястість (гребінка)	Характеризується глибиною (мм) і довжиною (м) ділянки хвилястості
1.1.1.8	Просідання	Характеризується глибиною (мм) і довжиною (м) ділянки просідання
.....		
...		

Фрагмент розроблених в вимог до доріг міжнародного значення наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Експлуатаційні рівні обслуговування. Дороги міжнародного значення (фрагмент)

Шифр / Дефект	Сезон	Рівень втручання / Коментар	Од. виміру	Од. часу	Час відгуку	На дату	За перевищ. на	Зняти балів
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.1.1.1.1.м Вибоїни	РІК	Діаметр > 30 см АБО глибина > 5 см /	випадок	доба	9,00		1,00	2,00
1.1.1.1.2.м Вибоїни	РІК	Вибоїна (D > 10 см) ТА кількість > 5 шт. на 1 км проїжджої частини / Вибоїна враховується при зазначеному розмірі. При довжині ділянки < 1 км кількість зменшується пропорційно	випадок	доба	9,00		1,00	1,00
1.1.1.2.1.м Неякісний ямковий ремонт	РІК	(Рівень = невідповідний / Всі латки разом з герметиком повинні бути на рівні з прилеглим покриттям: не вище 10 мм і не нижче 5 мм	випадок	доба	18,00		1,00	0,50
1.1.1.2.2.м Неякісний ямковий ремонт	РІК	Орієнтація = невідповідна / Латки площею більше 0.1 м ² повинні бути прямокутними і розміщеними паралельно вісі дороги	випадок	доба	18,00		1,00	0,50
1.1.1.2.3.м Неякісний ямковий ремонт	РІК	Матеріали = невідповідні / Ямковий ремонт повинен бути виконаний з рівною або кращою якістю, ніж покриття	випадок	доба	18,00		1,00	0,50
1.1.1.2.4.м Неякісний ямковий ремонт	РІК	Ширина стиків > 3 мм / Ширина стиків вимірюється в мм	випадок	доба	18,00		1,00	1,00
.....								

Відповідно до загальних умов, підрядник зобов'язаний створити, в рамках своєї організаційної структури, спеціальний відділ контролю показників виконання робіт, укомплектований кваліфікованим персоналом, в завдання якого входить постійний контроль ступеня відповідності роботи

підрядника необхідного рівня обслуговування. Такий відділ контролю також відповідає за контроль якості, інспекції і випробування всіх робіт протягом дії контракту.

Таблиця 5.4 - Функції ключового персоналу

Ключовий персонал	Функції
Менеджер дороги	Особа, призначена підрядником відповідає за управління діяльністю підрядника за контрактом. Також є представником підрядника по даному контракту
Менеджер по експлуатації	Відповідає за планування, координацію і виконання всіх операцій за змістом дороги і зимового утримання
Менеджер показників виконаних робіт	Відповідає за управління відділом контролю показників виконання робіт, підготовку та реалізацію програми виконання робіт.
Головний інженер	Відповідає за всі технічні та інженерні питання виконання контракту
Менеджер по системах	Відповідає з боку підрядника за телекомунікації, апаратне забезпечення, введення даних, підтримку і експлуатацію відповідно до контракту

План інформаційного управління встановлює процедури збору, зберігання та аналізу даних, а також підготовки звітності, необхідної для управління роботами і послугами. План інформаційного управління розробляється підрядником і затверджується керівником проекту. Підрядник збирає дані про активи, які підлягають утриманню за контрактом, і зберігає всі зібрані дані в інформаційній системі. Опис таких даних можна знайти в таблиці 5.5.

Інвентарні дані повинні описувати дорожні об'єкти з точки зору їхнього розташування в просторі і кожен елемент дороги, який підлягає утриманню. Інформація про розташування в просторі може бути або у вигляді відстані по ходу дороги в прив'язці до фіксованих об'єктів із зазначенням їх позиції, якщо необхідно (наприклад, зліва чи справа), або координат GPS. Інвентарні дані повинні оновлюватися в кожному випадку зміни дорожніх об'єктів.

Таблиця 5.5 - Дані про об'єкти які підлягають утриманню

Категорія	Елемент	Характеристики	Приклади значень
Дорога			
	Дорожній одяг	Початок і кінець Тип дорожнього одягу Ширина дороги Тип покриття та вік покриття	розміри / координати нежорстка / жорстка розмір асфальтобетон і т.п. вік
	Бордюри	Тип бордюру Розмір бордюру	бетон розміри
Придорожня зона			
	Земляне узбіччя	Земляна узбіччя Початок і кінець Тип земляний узбіччя Ширина земляний узбіччя	розміри / координати трава розмір
	Земляне полотно	Начало та кінець. Тип, висота, уклон, захист	розміри / координати, насип / виїмка, розмір, значення (%) камінь і т.п.

Експлуатаційний рівень обслуговування відноситься до дефектів і руйнувань дорожнього одягу та інших об'єктів. Приклад їх визначення наведено у табл. 5.6-5.7 разом із запропонованими методами вимірювання.

Таблиця 5.6 – Стаття роботи з переліку робіт, що виконуються на основі кінцевих результатів, які підлягають оплаті на основі вимірювань об'ємів

Джерело	Типи об'єктів	Дефект/Стан	Дія	Умови застосування
1	2	3	4	5
	Дорожні покриття, узбіччя з твердим покриттям, автобусні зупинки, зони паркування та сервісу, тротуари з твердим покриттям	Дефекти ямкового ремонту, як зазначено в експлуатаційних рівнях обслуговування	Ремонт, заміна або герметизація швів	Застосовується тільки до заплат, які існували до Дати Початку і були визнані дефективними під час попередньої інспекції

Таблиця 5.7 – Опис дефектів і руйнування дорожнього одягу

Джерело	Дефект/руйнування	Опис	Одиниця виміру	Спосіб вимірювання	Фотографія
1	2	3	4	5	6
2.3.4.1	Вибоїна	Круглі отвори різного розміру на поверхні покриття	Діаметр (мм) і глибина (мм)	Рейка і лінійка	

У деяких випадках дії підрядника оплачуються за одиничними розцінками на основі вимірювання об'ємів виконаних робіт замість оплати щомісячної фіксованої суми. Оплата проводиться за ставками, зазначеними у відомостях об'ємів робіт.

Для підвищення ефективності ІАСУ ДГ, в першу чергу, потрібно значно розширити коло користувачів системи та оперативність доступу до потрібної інформації, а також доповнити комплекс іншими програмними продуктами з управління мережею, оскільки, реформування системи управління дорожнім господарством є першочерговою задачею [280]. Тому, при обґрунтуванні архітектурних рішень, потрібно вибрати тип проекту програмних засобів. Найбільш доцільним на сьогоднішній день та на перспективу є проект на основі веб-технологій.

Пропонований варіант структури ІАСУ ДГ представлено схемою, наведеною на рис. 5.39.

Нижній рівень системи являє собою сукупність програм і транзакційних баз даних, які і надалі будуть підтримуватись у встановленому порядку. Їх доробка полягає у створенні режимів забезпечення сховища даних необхідною інформацією. Крім того, розроблювана ІАСУ ДГ повинна мати програмні засоби, які дозволяють здійснювати поповнення даних інформацією через віддалений доступ з використанням веб-технологій.

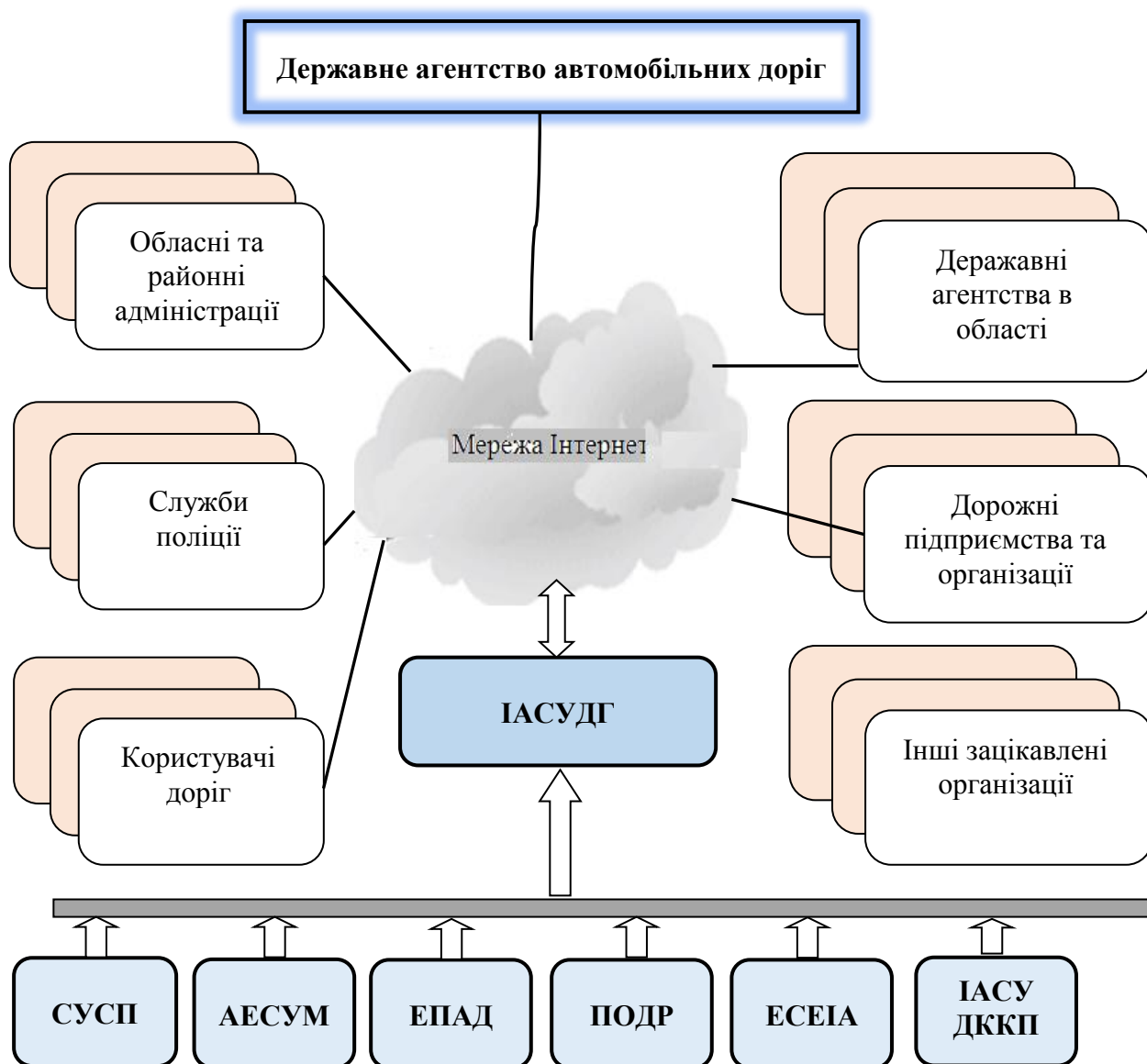


Рисунок 5.39 – Пропонований варіант структури ІАСУ ДГ з урахуванням алгоритму прийняття рішення

На рис. 5.40 наведена пропонована схема розміщення даних в ІАСУ ДГ, яка обумовлюється фактичними обставинами розвитку автоматизованих систем управління станом доріг і мостів.

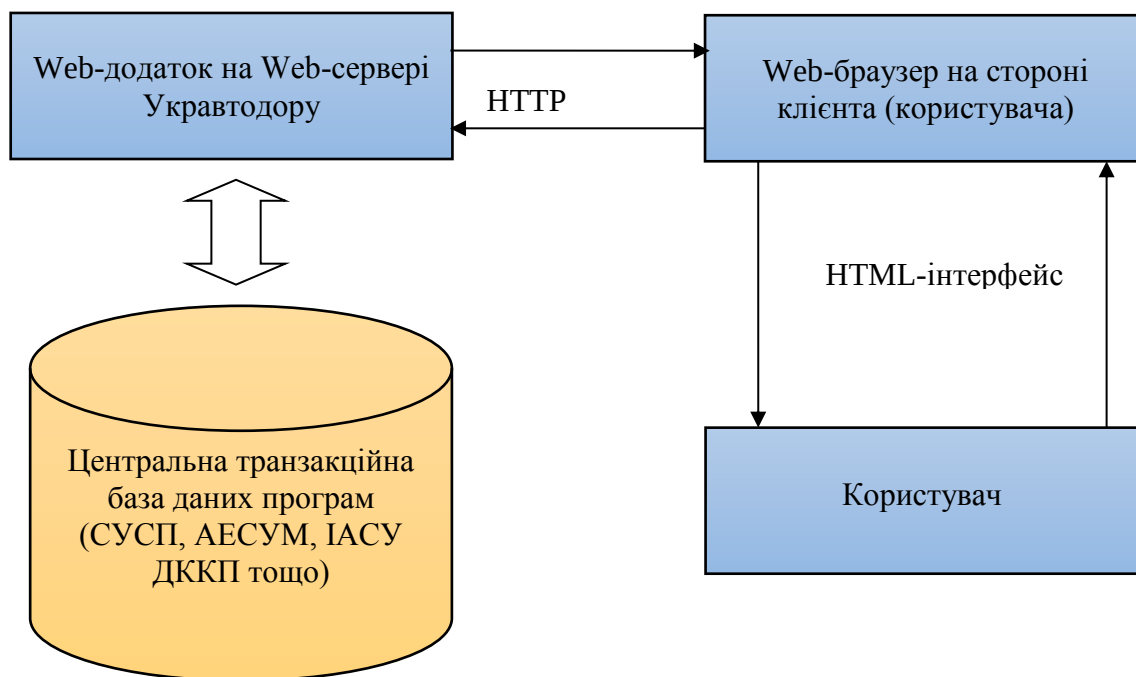


Рисунок 5.40 – Робота з транзакційними базами даних в ІАСУ ДГ з використанням мережі інтернет

Транзакційні бази даних повинні мати програмні засоби на рівні баз даних (представлення та збережені процедури), які формують інтегровані вибірки даних для передачі в сховище даних. Ці програмні засоби повинні працювати за певним регламентом, наприклад, передавати поновлені дані до сховища даних з певною періодичністю або при виконанні в транзакційних базах даних нових розрахунків.

Отже, виходячи з наведеного, можна зробити такі висновки. Архітектура програмного забезпечення ІАСУ ДГ для цілей управління мережею повинна:

1. Базуватись на централізації транзакційних баз даних і мати одне сховище даних для збереження аналітичної інформації, необхідної для управління дорожнім господарством.

2. Забезпечувати введення нових і редагування існуючих транзакційних баз даних на базі веб-технологій, причому на стороні клієнта (користувача) повинен використовуватись лише веб-браузер без

встановлення у нього додаткового програмного забезпечення. Такий підхід значно зменшить витрати на супроводження ІАСУ ДГ.

3. Забезпечувати інформацією для прийняття рішень широке коло користувачів різних категорій, а тому мати відповідні цим категоріям програмні модулі, які реалізуються через веб-технології.

4. Організувати підтримку сховища даних в одному з підприємств Укравтодору (наприклад, в ДП Укрдіпродор) і підтримувати зв'язок з віддаленими транзакційними базами даних (наприклад, що знаходяться в ДП ДерждорНДІ) за допомогою спеціального серверного та клієнтського програмного забезпечення, яке базується на інтернет.

5. Окрім підрозділів Укравтодору надавати можливість всім зацікавленим сторонам, включаючи всіх учасників дорожнього руху, отримувати необхідну і дозволену для них інформацію. Це може бути вирішено можливо і на комерційній основі.

5.3 Застосування електронного сервісу оцінки впливу на довкілля для управління екологічним фактором в програмах експлуатаційного утримання доріг

На основі побудованої методології та алгоритму кількісної оцінки впливу на довкілля з використанням матриці Леопольда [281] та функції бажаності Харрінгтона, який детально описано у четвертому розділі, було розроблено електронний сервіс оцінки впливу на довкілля ECEIA (ECEIA - electronic calculator environmental impact assessment) [221].

Він передбачає ідентифікацію суб'єкта господарювання в запиті з використанням текстово-цифрової ідентифікації та визначає порядок роботи програми, а саме:

- керування інформаційною структурою;

- керування обміном інформацією зі сторонніми базами даних та комп'ютерними програмами;
- вивантаження інформації щодо оцінки впливу на довкілля;
- забезпечення аналізу результатів кількісної оцінки впливу на довкілля або окремих його елементів;
- забезпечення інтеграції з електронною поштою відповідальної особи в Міністерстві захисту довкілля та природних ресурсів за обробку запитів щодо оцінки впливу на довкілля.

Інтерфейс забезпечує:

- швидку зміну структури розділів ЕСЕІА (за потреби);
- зміну та редагування інформаційного наповнення розділів;
- автоматичну візуалізацію одержаних результатів оцінки впливу на довкілля;
- збір і обробку повної статистики відвідувань Електронного Сервісу, в тому числі з регіональним розподілом (через підключення інструменту GoogleAnalytics).

Програмний компонент, що забезпечує інтеграцію з іншими системами, передбачає можливість приєднання довільної кількості зовнішніх користувачів шляхом налаштування прав доступу до інформації та визначення інших параметрів, необхідних для встановлення зв'язку з зовнішньою інформаційною системою. Обсяг даних, що може бути доступний для користувачів інших систем, теж налаштований.

Навігація Електронного Сервісу є простою та інтуїтивно зрозумілою, інформація доступна для всіх категорій користувачів.

Інтерфейс сервісу своїм структурним наповненням корелюється з державним порталом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. Зокрема, передбачена можливість входу і використання сервісу в цілях ознайомлення з ОВД як пересічному, небайдужому до питань екології, громадянину, так і виконання розрахунків особами, які здійснюють безпосередню оцінку впливу на довкілля.

Найважливішими принципами при проектуванні та реалізації програмного продукту є модульність на засадах модульного програмування, інтероперабельність (технічна та семантична), відкритість, цілісність та безпека даних. Взаємодія Електронного сервісу із зовнішнім середовищем (імпорт даних від Користувачів, публікація та експорт даних) побудована на відкритих протоколах, наявних національних та міжнародних стандартах (схемах метаданих, онтологіях, тезаурусах тощо), що визначають уніфіковані структуру та зміст даних у сфері оцінки впливу на довкілля. При виборі технологій, підходів, конкретних рішень та інструментарію для розробки та забезпечення функціонування системи перевага віддається відкритому (Open Source) та вільно розповсюджуваному програмному забезпеченню.

Вхід у сервіс передбачає аутентифікацію та верифікацію користувачів через протоколи https, що забезпечує конфіденційність інформації шляхом її надійного шифрування.

Електронний сервіс передбачає ідентифікацію суб'єкта господарювання в запиті з використанням текстово-цифрової та знакової ідентифікації.

Програмний компонент, що відповідає за інтеграцію з іншими системами, передбачає можливість приєднання довільної кількості зовнішніх користувачів шляхом налаштування прав доступу до інформації та визначення інших параметрів, необхідних для встановлення зв'язку із зовнішньою інформаційною системою.

Загальна структура Блоку Розрахунку Електронного сервісу включає 2 основних блоки: Блок «База даних» та «Блок розрахунку», між якими існує безпосередній взаємозв'язок.

Блок «База даних» Електронного сервісу включає такі блоки:

- База Даних «Види планованої діяльності та об'єкти, які можуть мати вплив на довкілля і підлягають оцінці впливу на довкілля». Це сформований Бенефіціаром список видів планованої діяльності та об'єктів,

які можуть мати вплив на довкілля і підлягають оцінці впливу відповідно Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» [282, 283];

- База Даних «Основні виробничі процеси, які забезпечують обраний вид планової діяльності». Це сформований Бенефіціаром список виробничих процесів, які забезпечують обраний вид планової діяльності;

- База Даних «Критерії для оцінки впливу на довкілля». Це сформований Бенефіціаром список критеріїв, відповідно ДСТУ Оцінка впливу на довкілля. Транспортні споруди. Критерії оцінки та показники впливів на довкілля [284, 285].

Розробка Електронного Сервісу методом дизайн-мислення [286-289] передбачала аналітичне дослідження та вивчення питання його необхідності та актуальності. Для цього було застосовано метод анкетування на основі стейкхолдингового підходу.

Цільовою аудиторією в дослідженні були:

- суб'єкти господарювання, які планують діяльність, що підлягає оцінці впливів на довкілля;
- проектні організації та підприємства, що забезпечують реалізацію планованої діяльності з будівництва чи реконструкції;
- представники зацікавленої громадськості, які приймають участь в обговоренні Звіту з ОВД;
- працівники Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів, профільних Департаментів обласних державних адміністрацій, які здійснюють оцінювання Звітів з ОВД та надають суб'єкту господарювання висновок за результатами оцінювання.

В опитуванні прийняли участь 78 респондентів, з них:

- біля 45% представників бізнесу;
- 34% - органів державної влади та громадського самоврядування;
- 21% - представники громадськості.

Основними проблемами, з якими стикалися респонденти у своїй діяльності щодо оцінки впливу на довкілля були:

- відсутність єдиної методики оцінювання;
- суб'єктивізм в оцінюванні;
- відсутність можливості кількісної оцінки показників у Звіті з ОВД.

Біля 40% опитуваних вирішення проблеми вбачали в розробці електронного сервісу. Основними очікуваннями від розробки Електронного сервісу 46% респондентів визначили можливість швидкого опрацювання інформації, 70% опитуваних вважають, що сервіс буде корисний при підготовці звітів з ОВД.

При оцінюванні рівня необхідності запровадження електронного сервісу для скринінгового оцінювання впливу на навколишнє середовище найбільша частка стейкхолдерів вибрала оцінки “потрібно” та “дуже потрібно”, що визначає актуальність створення Електронного Сервісу. На основі аналізу отриманих даних була розроблена візуальна модель сервісу ECEIA, яка наведена на рис.5.41.

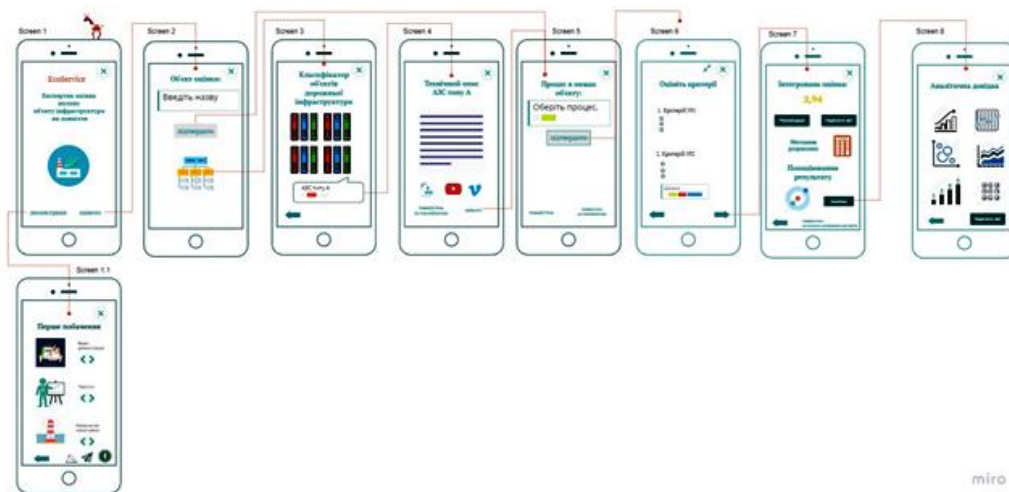


Рисунок 5.41 – Візуальна модель прототипу Електронного сервісу ОВД

Алгоритм початку роботи в ECEIA представлено на рис.5.42.



Рисунок 5.42 – Алгоритм початку роботи в ЕСЕІА

Загальний вигляд Електронного сервісу наведено на рис. 5.43.

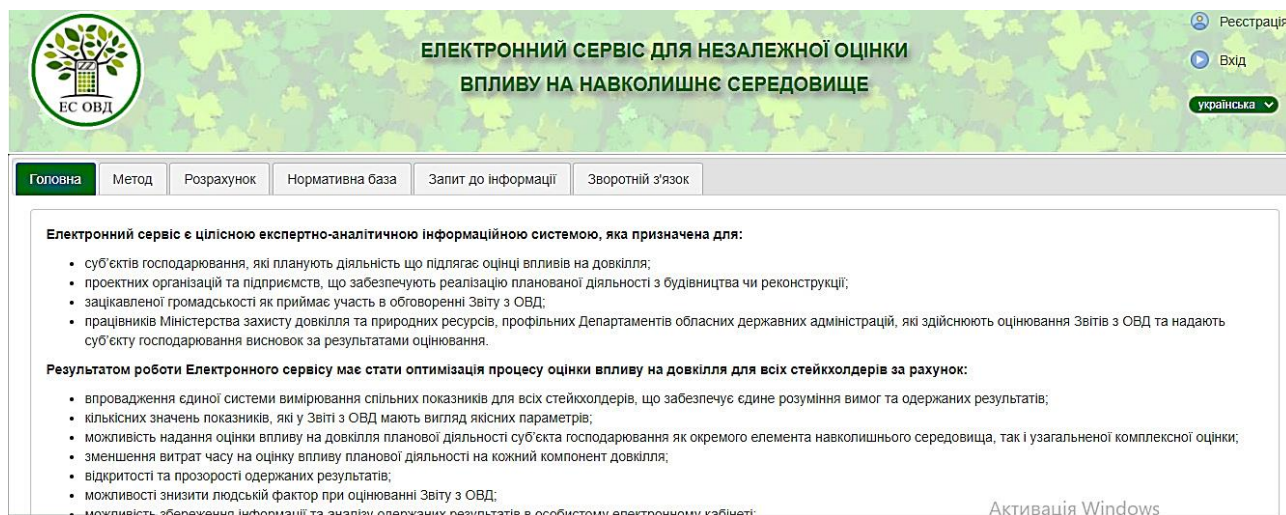


Рисунок 5.43 – Загальний вигляд головної сторінки Сервісу

Для виконання розрахунку за новим проектом необхідно натиснути кнопку «Створити новий розрахунок» (рис. 5.44).

Рисунок 5.44 – Створення нового розрахунку

У новому вікні спочатку вводяться усі текстові дані щодо проекту (рис. 5.45).

Опис розрахунку.

Рисунок 5.45 – Вигляд вікна створення нового розрахунку

Критерії для оцінки впливу на довкілля обираються натисканням кнопки «Вибрати критерії з довідника» (рис. 5.46).

Довідник має розгалужену структуру та відповідає ДСТУ 9060:2020 «Оцінка впливу на довкілля. Транспортні споруди. Критерії оцінки та показники впливу на довкілля» [284] та ДСТУ 9061:2020 «Оцінка впливу на довкілля. Транспортні споруди. Настанова щодо підготування звіту з оцінки впливу на довкілля» [285].

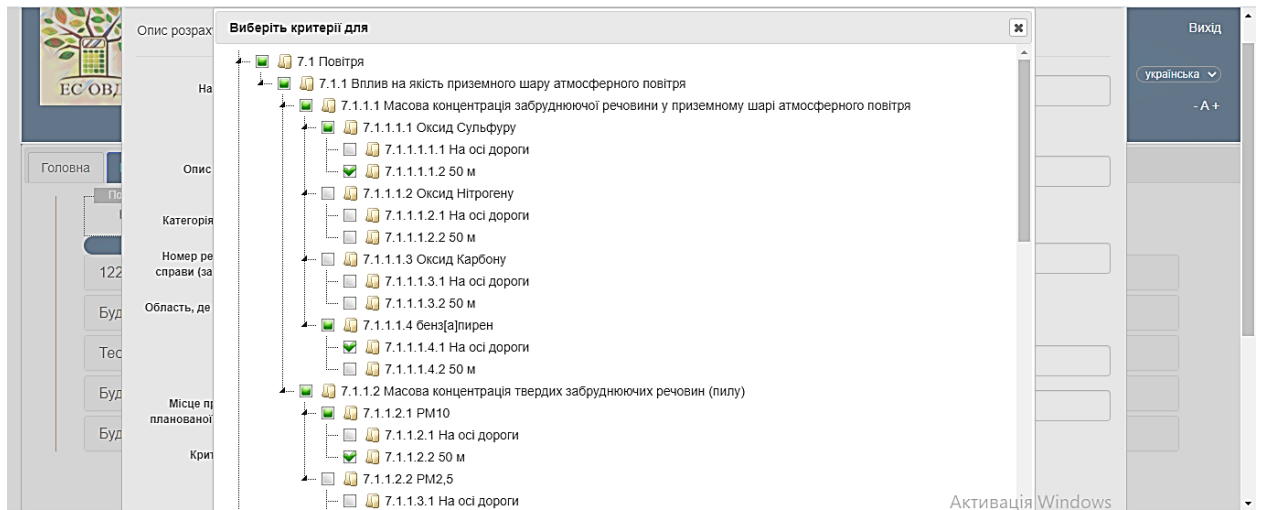


Рисунок 5.46 – Вигляд довідника для вибору критеріїв

Довідник критеріїв має ієрархічну структуру, яка має вигляд дерева.

Створений проект має наступний вигляд (рис. 5.47).

Будівництво автомобільної дороги, м.Київ, вул. А. Ахматової, 11	
Назва справи:	Будівництво автомобільної дороги
Вид роботи:	Будівництво доріг
Опис планованої діяльності:	Будівництво автомобільної дороги в м.Києві
Категорія (Категорії):	Категорія1 Категорія2
Номер реєстраційної справи (за наявності):	111-2222
Область, де планується діяльність:	Київ
КОАТУУ:	м.Київ
Місце проведення планованої діяльності:	м.Київ, вул. А. Ахматової, 11
Критерій оцінки (натисніть для вибору процесів):	7.1 Повітря (Вплив: 0) По Харінгтону: 7.2 Ресурсозбереження. Енергозбереження. (Вплив: 0) По Харінгтону: 7.4 Відходи (Вплив: 0,00) По Харінгтону: 7.8 Соціальне середовище (Вплив: 450,00) По Харінгтону: 0,7211247851537042
Загальний підсумок:	Недостатньо даних для оцінки
	Редагувати Вилучити

Рисунок 5.47– Вигляд нового проекту в системі

Введення процесів та розрахунків здійснюється з окремого довідника (рис. 5.48).

Виберіть процеси для БУДІВНИЦТВО ДОРОГИ З ВИКОРИСТАННЯМ ШЛАКОВИХ МАТЕРІАЛІВ В КОНСТРУКЦІЯХ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ , критерій: 7.1.1.1....

- ✓ Підготовка земляного полотна:
 - ✓ відсіпка земляного полотна; Р: (2) Зн: (2) С: (2) М: (2) Ф: (2) Т: (2) Ч: (2) У: (2) Коц: 28 Вплив: 2
 - ✓ зняття рослинного шару; Р: (2) Зн: (3) С: (2) М: (2) Ф: (2) Т: (2) Ч: (2) У: (2) Коц: 30 Вплив: 2
- ✓ Улаштування дорожнього одягу:
 - ✓ улаштування нежорстких шарів покриття; Р: (2) Зн: (2) С: (2) М: (2) Ф: (1) Т: (2) Ч: (2) У: (3) Коц: 39 Вплив: 3
 - ✓ улаштування шарів зносу дорожнього одягу Р: (3) Зн: (2) С: (3) М: (3) Ф: (2) Т: (2) Ч: (3) У: (2) Коц: 36 Вплив: 3
- ✓ Укріплення узбіччя.
 - ✓ улаштування укріплених смуг по краях дорожніх покриттів і укріплення узбіччя Р: (3) Зн: (2) С: (2) М: (2) Ф: (2) Т: (3) Ч: (2) У: (2) Коц: 32 Вплив: 2
- ✓ Пересічення та примикання.
 - ✓ улаштування перехідно-швидкісних смуг; Р: (1) Зн: (1) С: (1) М: (1) Ф: (2) Т: (1) Ч: (1) У: (2) Коц: 16 Вплив: 1
 - ✓ улаштування розв'язки; Р: (2) Зн: (3) С: (2) М: (3) Ф: (3) Т: (3) Ч: (3) У: (2) Коц: 38 Вплив: 3
 - ✓ досипка зеленої зони: земляні роботи, укріплення; Р: (2) Зн: (2) С: (1) М: (2) Ф: (2) Т: (2) Ч: (2) У: (2) Коц: 26 Вплив: 2
 - ✓ улаштування пересічення: відсіпка земполотна: земляні роботи, укріплення укосів насипу; Р: (2) Зн: (2) С: (2) М: (2) Ф: (2) Т: (2) Ч: (2) У: (3) Коц: 42 Вплив: 3

Рисунок 5.48 – Введення даних для розрахунку

Блок Розрахунку Електронного сервісу виконує функції:

- розрахунок кількісного значення обраного критерію;
- визначення узагальненого впливу на елементи довкілля процесів, що здійснюють вплив безпосередньо на цей елемент;
- визначення комплексної оцінки впливу на довкілля планової діяльності;
- керування інформаційною структурою;
- керування обміном інформацією зі сторонніми базами даних та комп'ютерними програмами;
- швидко змінювати розрахунок при зміні критеріїв Електронного Сервісу (за потреби).

Блок виводу результатів та прийняття рішень передбачає:

- виведення проміжних результатів у вигляді переліку або таблиці;
- виведення результат впливу по кожному компоненту довкілля;
- виведення результат впливу планової діяльності на довкілля.

Проміжні результати, виводяться після розрахунку критеріїв впливу та представляють у вигляді переліку або таблиці:

- виробничі процеси, які забезпечують обраний вид планової діяльності.
- критерії якості приземного шару атмосферного повітря оцінки впливу з переліком всіх процесів, які здійснюють цей вплив.

Остаточні результати, виводяться після розрахунку впливу по матриці Леопольда (рис.5.49) та представляються у вигляді відповідних таблиць, зашитих в оболонку сервісу:

- кількісного результату впливу по кожному компоненту довкілля;
- кількісного результату впливу планової діяльності на довкілля.

БУДІВНИЦТВО ДОРОГИ З ВИКОРИСТАННЯМ ШЛАКОВИХ МАТЕРІАЛІВ В КОНСТРУКЦІЯХ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ , Дніпро	
Назва справи:	БУДІВНИЦТВО ДОРОГИ З ВИКОРИСТАННЯМ ШЛАКОВИХ МАТЕРІАЛІВ В КОНСТРУКЦІЯХ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ
Вид роботи:	Будівництво доріг
Опис планованої діяльності:	Розвиток автомобільної дороги Н-31 Дніпро — Царичанка — Кобеляки — Решетилівка
Категорія (Категорії):	Категорія1
Номер реєстраційної справи (за наявності):	111-222
Область, де планується діяльність:	Київ
КОАТУУ:	Дніпро
Місце проведення планованої діяльності:	Дніпро
Критерії оцінки (натисніть для вибору процесів):	7.1 Повітря (Вплив: 2323,2300) По Харінгтону: 1 7.2 Ресурсозбереження. Енергозбереження. (Вплив: 245,8600) По Харінгтону: 1 7.3 Земля (Вплив: 333,3100) По Харінгтону: 0,9060 7.4 Відходи (Вплив: 555,6500) По Харінгтону: 0,8269 7.5 Водне середовище (Вплив: 599,9400) По Харінгтону: 1 7.8 Біорізноманіття (Вплив: 377,7700) По Харінгтону: 0,8254
Загальний підсумок:	Проект приймається після суттєвого доопрацювання та впровадження необхідних заходів екологічної безпеки. Проводиться повторна оцінка

Рисунок 5.49 – Вивід результатів за прикладом в сервісі

Результатом розробки є новий, повноцінний інформаційний портал з сучасним дизайном і функціоналом для різних категорій користувачів, що відповідає сучасним тенденціям і вимогам до сайтів державних органів. Сервіс орієнтований на подачу інформації, зручність використання і дизайн:

- сервіс підтримує сучасні версії браузерів (розроблені після 1 січня 2015 року);
- Google Chrome, Safari, Firefox, Internet Explorer, Opera, а також стандартних браузерах мобільних операційних систем Android, Windows Phone та iOS (в якості подальшого розвитку Порталу та розробки мобільної версії);
- базова ширина Електронного Сервісу 1280 рх. Адаптивність під екрани будь-якого розміру;
- механізми допомоги внесення і отримання інформації, контекстні

підказки;

- валідація значень для окремих полів, комбінацій полів (номера телефонів, адреси електронної пошти і т.п.).

Архітектура модулів Електронного Сервісу забезпечує безумовну можливість розширення його функціоналу з метою його розвитку.

Програмне забезпечення передбачає захист персональних даних у відповідності до чинного законодавства України (+GDPR).

Цільова аудиторія сервісу визначається такими категоріями:

- суб'єкти господарювання, які планують діяльність що підлягає оцінці впливів на довкілля;
- проектні організації та підприємства, що забезпечують реалізацію планованої діяльності з будівництва чи реконструкції;
- представники зацікавленої громадськості, які приймають участь в обговоренні Звіту з ОВД;
- працівники Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів, профільних Департаментів обласних державних адміністрацій, які здійснюють оцінювання Звітів з ОВД та надають суб'єкту господарювання висновок за результатами оцінювання.

Висновки за розділом 5

1. Запропоновано інструменти до реалізації розробленої методології на практиці. А саме, метод та розроблений на його основі алгоритм прийняття рішення щодо управління програмою експлуатаційного утримання автомобільних доріг та алгоритмізовані рішення до програмних комплексів та інформаційно-аналітичних систем.

Алгоритм прийняття рішення щодо управління програмою експлуатаційного утримання автомобільних доріг включає збір даних про стан доріг та фактори впливу, визначення цілей щодо мережі доріг, встановлення рівнів обслуговування, прогнозування стану активів,

визначення пріоритету за факторами, обрання множини альтернатив заходів, виконання аналізу ефективності проектів та результатів обраної оптимальної стратегії, формування остаточного пакету проектів – програми.

2. Деякі концептуальні підходи даних досліджень були застосовані в «Рекомендаціях щодо розвитку системи державно-приватного партнерства як складової управління проектами в дорожньому виробництві (рекомендовані Науково-технічною радою ДП «ДерждорНДІ», протокол №5 від 6.11.2014 р.), МР В.3.2-02070915-844:2014 «Методичні рекомендації з управління станом автомобільних доріг на основі довгострокових контрактів з поточного дрібного ремонту та утримання доріг за показником рівня їх обслуговування», МР Д 1.2-37641918-884:2017 «Методичні рекомендації з проведення вартісної оцінки автомобільних доріг і споруд на них», ДСТУ 8992:2020 «Автомобільні дороги. Настанова з обґрунтування рівнів обслуговування під час експлуатаційного утримання» та ДСТУ 8993:2020 «Автомобільні дороги. Рівні обслуговування під час експлуатаційного утримання».

3. Практичну реалізацію результатів дослідження було здійснено на базі Державного агентства автомобільних доріг України (Укравтодор), ДП «ДерждорНДІ», ТОВ «Науково-технічна компанія «Дорекспо»», ТОВ «Союзтранспроект» та в інших організаціях дорожнього господарства.

Результати дослідження також були впроваджені в навчальний процес Національного транспортного університету на третьому (освітньо-науковому) рівні вищої освіти.

Матеріали розділу представлені в роботах [221, 251, 255, 260, 261, 262, 263, 270, 271, 272, 275, 276, 277, 278, 280, 283].

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі було вирішено актуальну науково-прикладну задачу в області управління програмами – розроблено методологію управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг, яка дозволяє виконувати моделювання пакету проектів у програмі за визначеним набором цілей, факторів та з урахуванням некерованих впливів.

Досягнення мети дисертаційного дослідження дозволило зробити наступні висновки:

1. Аналіз існуючих проектів та програм експлуатаційного утримання мережі автомобільних доріг, стратегій та методичних підходів до планування ремонтно-відновлювальних заходів показав необхідність розробки єдиного інноваційного підходу до управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг та дозволив сформувати концепцію виконання подальшого дослідження.

2. В дослідженні було розроблено основні положення методології управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг, які включили:

- формування концептуальної моделі розробки методології управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг, яка складається вдосконалений тезаурус, визначені моделі, методи, критерії та інструменти управління;

- вдосконалення тезаурусу з управління програмами, який включав існуючі визначення в області теорії управління проектами та дорожнього виробництва, й був доповнений визначеннями програми експлуатаційного утримання автомобільних доріг, пакету проектів, стратегії, моделі прогнозування, моделі оптимізації, управління станом мережі автомобільних доріг;

- вдосконалення моделі стратегічного планування програми з

управління мережею автомобільних доріг, яка дозволяє максимізувати ефективність програми управління мережею автомобільних доріг;

- розробку архітектури моделі управління програмою експлуатаційного утримання автомобільних доріг, яка визначається формуванням пакету проектів на основі пріоритезації набору стратегій, що базуються на цілях управління.

Визначено, що цілі системи управління активами пов'язані з результатами функціонування мережі автомобільних доріг та відображають уявлення про те, чого повинна досягнути система управління станом мережі у перспективі. Таким чином, пріоритезація стратегій за цілями була покладена в основу вдосконалення процесу управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг.

3. Виконане вдосконалення математичної моделі обґрунтування стратегії відновлення стану автомобільних доріг на основі проектів, які реалізуються через довгострокові (договори) контракти про утримання автомобільних доріг загального користування за принципом забезпечення їх експлуатаційного стану, дозволило сформулювати основні підходи до оптимізації програми мережі. Визначено, що систему складових таких проектів складають критерії втручання, комплекс стандартів (або нормативів) експлуатаційних якостей дорожніх активів, набір рівнів обслуговування.

4. Обґрунтування моделі управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг здійснювалося із застосуванням методу аналізу ієрархій та методів оптимізації за набором цілей, факторів та з урахуванням некерованих впливів. Задачею оптимізації є побудова математичної моделі, яка виражає проблему прийняття рішень щодо програми експлуатаційного утримання доріг.

Математична модель оптимізації проектів в програмі експлуатаційного утримання доріг була доповнена коефіцієнтом ризику нездійсненності стратегії та враховує цілі утримання мережі в цілому.

Коригуючи значення змінних, математична модель оптимізації проектів в програмі вибирає можливе рішення (з точки зору обмежень) з найкращим (оптимальним) значенням визначеної цільової функції. При прийнятті рішення за моделлю змінні представлені набором стратегій, що корелюються з цілями утримання доріг.

Економічну оцінку проекту в програмі запропоновано здійснювати із використанням поточної вартості та чистої теперішньої вартості, а щорічні платежі за програмою або окремим проектом – визначати за підходом Transportation Association of Canada.

Запропоновано пріоритезацію ділянок доріг виконувати за набором факторів з урахуванням некерованих впливів методами оптимізації, зокрема, за найбільш прогресивний метод для пошуку рішень визначено генетичні алгоритми.

Екологічний фактор запропоновано враховувати за комбінованим підходом – за матрицею Леопольда з подальшим дослідженням впливу екологічних показників на проект за допомогою функції Харрінгтона.

За результатами моделювання було розроблено візуальну модель оптимізації проектів у програмі та вдосконалено алгоритм прогнозування стану дорожніх активів за програмою.

Розроблена на основі АНР методології модель управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг є дієвим інструментом у прийнятті рішень щодо дорожніх активів як на передпроектному рівні, так для стратегічного планування альтернативних дій щодо збереження та відновлення якісного стану мережі доріг.

Результати застосування запропонованих моделей та методів свідчать про економічну ефективність програми від 10% вартості, яка відмічається вже на 4-ий рік її здійснення, відносна економія по вартості ремонтно-відновлювальних заходів складає біля 35% при встановленні мінімального рівня обслуговування.

5. За основні інструменти до реалізації розробленої методології на практиці було визначено алгоритм прийняття рішення щодо управління програмою експлуатаційного утримання доріг та алгоритмізовані рішення до програмних комплексів та інформаційно-аналітичних систем.

Результати дисертаційного дослідження використано Державним агентством автомобільних доріг України (Укравтодор), ДП «ДерждорНДІ», ТОВ «Науково-технічна компанія «Дорекспо»», ТОВ «Союзтранспроект», а також впроваджено в навчальний процес Національного транспортного університету при викладанні дисципліни «Методологічні основи розробки та управління науковими проектами» для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» за освітньо-науковою програмою «Будівництво та цивільна інженерія».

6. Наведені результати дослідження можуть бути в подальшому розвинені в моделях управління програмами та проектами життєвого циклу мережі автомобільних доріг в умовах ризику та невизначеності.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Технічний стан автомобільних доріг загального використання
URL: <https://mtu.gov.ua/content/tehnichniy-stand-avtomobilnih-dorig-avtomobilnih-dorig-zagalnogo-vikoristannya.html>
2. Харченко А. М. Удосконалення методів проектування річної програми робіт дорожньо-ремонтних організацій : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.22, НТУ, К. 2010. 183 с.
3. Харченко А.М. Формування річної програми дорожньо-ремонтних робіт з позиції теорії управління проектами. *Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія*. Вип. 10. 2012. –С. 279-285. URL: http://publications.ntu.edu.ua/upravl_proget/10_2012/279-285.pdf
4. Харченко А.М. До застосування експертної системи проектування річної програми робіт в дорожньо-ремонтних організаціях. *Вісник Національного транспортного університету*. Вип. 26 (1). 2012. С. 99-103. URL: http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/26_1_2013/099-103.pdf
5. Kamalesh Panthi. A Methodological Framework for Modeling Pavement Maintenance Costs for Projects with Performance-based Contracts. Florida International University. 2009. 120 p. URL: <http://digitalcommons.fiu.edu/etd/120>
6. Dr. Gunter Zietlow. Cutting Costs and Improving Quality through Performance-Based Road Management and Maintenance Contracts. The Latin American and OECD Experiences. *Regional Seminar on Performance-Based Management and Maintenance Contracts Regional Arusha*, Tanzania, February 28-29, 2008. Pp. 1-15. URL: <http://www.performance-based-road-contracts.com>
7. Sultana M., Rahman A., Chowdhury S. An Overview of Issues to Consider Before Introducing Performance-Based Road Maintenance Contracting. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 2012. 62 p.

8. Станкевич Наталья, Кюреши Наваид и Кейроз Цезарь. Содержание и улучшение дорожной инфраструктуры с помощью контрактов, основанных на показателях качества работ. *Транспортный бюллетень TN-27*. Вашингтон (США): Всемирный банк. Сентябрь, 2005.

9. Performance-Based Contracting for Maintenance. *TRB's National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Synthesis 389: Performance-Based Contracting for Maintenance* explores experience with performance-based maintenance contracting in places where it has been adopted, including such issues as whether it has the potential to reduce costs and improve maintenance levels of service. 2011. URL: <http://www.trb.org/Main/Blurbs/161949.aspx>.

10. Juan Carlos Piñero. A framework for monitoring performance-based road maintenance. PhD Dissertation. December 8, 2003. 208 p. URL: <https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/30010>

11. Madelin K., Parkman C., Madelin K., Parkman C. A review of contract maintenance for roads. *XXI st World Road Congress*, PIARC, Kuala Lumpur, Malaysia, 3 -9 October 1999. 10 p. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=6D4F3BEFDEFB0F5737F9610F298CADFE?doi=10.1.1.642.6932&rep=rep1&type=pdf>

12. Goran Mladenovic, Cesar Queiroz. A Financial Model to Estimate Annual Payments Required under Performance Based Contracts. *9th International Conference on Managing Pavement Assets*. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/3f48/3aea218de1d397455cfe7b90ec0e1f3cd499.pdf>

13. Road Maintenance performance Contracts. Volume 3. Guidelines for Undertaking Routine Maintenance. Fourth Edition. Queensland Department of Main Roads, 2001. 226p. URL: <https://www.tmr.qld.gov.au/business-industry/Technical-standards-publications/Road-maintenance-performance-contract-manual>

14. Performance-Based Contracting for Maintenance. THESIS Final Presentation Copy, 2011. URL: <http://ebookbrowse.com/maudib01-thesis-final-presentation-copy-pdf-d462586320>

15. Design, improvement works and management and maintenance services for the nekemte-bure road upgrading project, under an output and performance based road contract, *Works Requirement*, Volume III, December, 2014. URL: http://www.era.gov.et/documents/64358/64367/Contract-Award-Information+Nekempt+-+Bure+_Lot+I-III+works.pdf

16. Заворотний С. М. Модель управління вартістю та тривалістю проектів автомобільних доріг в умовах невизначеності: дис. ... канд. техн. наук : 05.13.22, НТУ, К. 2021. 212 с.

17. Харченко А.М., Заворотний С.М. Історія розвитку та переваги використання контрактів ДККП в дорожній галузі. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Київ, 2016. Вип. 97. С. 124-135. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/97/124-135.pdf

18. Olav Ellevset. Output- and Performance-based Road Contracts (OPRC) (Based on presentations by Schliessler/Gericke WB), *The World Bank*, March, 2014. URL: <https://www.ssatp.org/sites/ssatp/files/publications/HTML/Conferences/Bamako05/Final-Report/Annex10-Presentations/02-Olav.pdf>

19. Output & Performance based Road Contracts (OPRC). An innovative way of outsourcing maintenance & asset management. URL: <http://www.slideserve.com/lana/output-performance-based-road-contracts-oprc>

20. Patricia Baquero. Practical Guidance to Procure Output- and Performance-Based Road Contracts (OPRC) under Bank-Financed Projects. *Transport Forum and Learning Week*, 2007. 15 p.

21. Berkland Troy. Performance Based Contracting and Improving the Current Contracting Process. All Theses. 2007. 247 p. URL: https://tigerprints.clemson.edu/all_theses/247

22. Andreas Schliessler. Issues in applying Output-and Performance-based Road Contracts (OPRC). World Bank Transport Forum, 2006.

23. Lancelot Eric. Performance Based Contracts in the Road Sector : Towards Improved Efficiency in the Management of Maintenance and Rehabilitation - Brazil's Experience. *Transport paper series*;no. TP-31. World Bank, Washington, DC. 2010. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17452>

24. Gerard Liautaud. Maintaining roads Experience with output-based contracts in Argentina. 2002. Pp. 39-45 URL: <https://library.pppknowledgelab.org/d/4469/download>

25. Maintaining Roads. The Argentine Experience with Output-Based Contracts. *The World bank group private sector and infrastructure network*, N 231. 2001. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/11379>

26. Gerardo W. Flintsch, Alejandra Medina. Performance-Based Road Maintenance Contracts for Sub-National Roads: Experience from Latin America. *Submitted to the East Asia Pacific Transport Unit The World Bank*, Washington, D.C. May, 2007. 82 p. URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/413451468336612648/pdf/689620ESW0P102002012000Final0Report.pdf>

27. Eric Lancelot. Performance Based Contracts in the Road Sector: Towards Improved Efficiency in the Management of Maintenance and Rehabilitation. Brazil's Experience. March 2010, Washington, D.C. URL: http://siteresources.worldbank.org/INTTRANSPORT/Resources/336291-1227561426235/5611053-1229359963828/TP-31_PBC_Brazil.pdf.

28. Maria Marcela Silva and Gerard Liautaud. Performance-based Road Rehabilitation and Maintenance Contracts (CREMA) in Argentina. A Review of Fifteen Years of Experience (1996-2010). Transport, 2010. URL: http://siteresources.worldbank.org/INTTRANSPORT/Resources/336291-1227561426235/5611053-1229359963828/TP36_CREMA.pdf

29. Performance-Specified Maintenance Contracting: The New Zealand Approach to Pavement Preservation. University of California, Berkeley. Institute

of Transportation Studies, Technology Transfer Program Berkeley, CA USA, 2010. URL: <http://trid.trb.org/view.aspx?id=919021>.

30. Zaid Alyami. A Two-Phase Maintenance and Rehabilitation Framework for Pavement Assets under Performance Based Contracts. A thesis presented to the University of Waterloo in fulfillment of the thesis requirement for the degree of Master of Applied Science in Civil Engineering. Waterloo, Ontario, Canada, 2012. URL: <http://hdl.handle.net/10012/6935>

31. Ronne A. Rogin. Performance-Based Service Contracting. *Procurement Analyst*, DO 202-622-0378, December 10, 2001. 24 p. URL: <https://www.treasury.gov/about/organizational-structure/offices/mgt/documents/pbsc1.pdf>

32. Output & Performance based Contracting for roads development. Application in Liberia road asset management project. *ESMAP RBF Conference*. Washington DC. May 7, 2012.

33. Канін О.П., Харченко А.М., Цинка А.О. Проблеми та перспективи впровадження контрактів FIDIC в дорожнє господарство України. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник*. Вип. 104. 2018. С. 6-16.

34. Kharchenko A. Problems of property rights in the implementation of standard forms FIDIC contracts in the road sector in Ukraine. *Вісник Національного транспортного університету*. Iss. 2 (38). 2017. P. 92-97. URL: <http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/38/092.pdf>

35. Канін О.П., Харченко А.М., Цинка А.О. Аналіз світового досвіду та розробка пропозицій щодо реалізації контрактів FIDIC в Україні. *Вісник Національного транспортного університету*. Вип.40. 2018. С. 140-154. URL: <http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/40/140.pdf>

36. Road Asset Management: Evolution and Trends URL: http://cleanairinitiative.org/portal/system/files/presentations/Flintsch_Gerardo_Presentation_ADB_Road_Asset_Management_Clininc_05-26-2010.pdf.

37. Singh, P., Oh, J.E., Labi, S., Sinha, K.C., 2007. Cost-Effectiveness Evaluation of Warranty Pavement Projects. *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, 133(3), 217–224. DOI:10.1061/(ASCE)0733-9364(2007)133:3(217)

38. Abdel-Aziz, A.M., 2007b. Successful Delivery of Public-Private Partnerships for Infrastructure Development. *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, 133(12), 918-931. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2007\)133:12\(918\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2007)133:12(918))

39. Ozbek, M.E. (2007). “Development of a Comprehensive Framework for the Efficiency Measurement of Road Maintenance Strategies using Data Envelopment Analysis.” Ph.D. Dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg.

40. Харченко А.М., Канін О.П., Соколова Н.М. Еволюція розвитку та переваги застосування довгострокових контрактів, заснованих на кінцевих показниках, у дорожній галузі. *Вісник Національного транспортного університету*. Вип.28. 2013. С. 496-504. URL: http://www.publications.ntu.edu.ua/visnyk/28_2013/496-504.pdf

41. Kharchenko, A., Zaviyskyi, O., Tsybulskyi, V., & Zavorotnyi, S. Development of methods for parameters of long-term contracts optimization for operational road maintenance. *Technology Audit and Production Reserves*, 1(2(57)). 2021. P. 49–53. DOI: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.225532>

42. Маковська Ю.А. Моделювання довгострокового контракту на утримання автомобільних доріг. *II міжнародна науково-практична конференція «Інноваційна економіка»: збірник матеріалів*. 2016 р., Одеса. С. 55-58. URL: <http://www.molodyvcheny.in.ua/files/conf/eko/18oct2016/18oct2016.pdf#page=55>.

43. Безуглий А. О., Бельська О. Л., Бібик Ю. М., Ракович І. В. Нормативне забезпечення запровадження довгострокових контрактів на

експлуатаційне утримання автомобільних доріг для забезпечення їх експлуатаційного стану. *Дороги і мости*. Київ, 2020. Вип. 22. С. 8-19. URL: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2020.22.008>.

44. МР В.3.2-02070915-844:2014 Методичні рекомендації з управління станом автомобільних доріг на основі довгострокових контрактів з поточного дрібного ремонту та утримання доріг за показником рівня їх обслуговування.

45. ДСТУ 8992:2020 Автомобільні дороги. Настанова з обґрунтування рівнів обслуговування під час експлуатаційного утримання.

46. ДСТУ 8993:2020 Автомобільні дороги. Рівні обслуговування під час експлуатаційного утримання.

47. СОУ 42.1-37641918-085:2018 Автомобільні дороги. Правила визначення вартості робіт з поточного ремонту та експлуатаційного утримання.

48. МР Д.2.4-37641918-911:2020 Методичні рекомендації з визначення прогнозних обсягів робіт з експлуатаційного утримання автомобільних доріг загального користування при реалізації довгострокових договорів (контрактів).

49. МР Д.2.4-37641918-910:2020 Методичні рекомендації щодо реалізації довгострокових договорів (контрактів).

50. Кизима С.С. Закономерности процесса деградации ровности нежестких дорожных одежд. *Совершенствование транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог*. Минск, 1996. С. 195-199.

51. Кизима С.С., Канін О.П., Лихоступ М.М. Наукові принципи та практичні напрямки управління станом автомобільних доріг. *Сучасні проблеми та перспективи розвитку дорожньо-будівельного комплексу України*. К.: НТУ, 2004. С.81-86.

52. Кизима С.С., Канін О.П., Лихоступ М.М. Загальна характеристика української системи управління станом нежорстких дорожніх одягів. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*, вип.62. Київ: НТУ, 2001.

53. Кизима С.С. Структура та технічні можливості вітчизняної системи управління станом дорожніх покриттів (СУСП). *Підвищення ефективності будівництва та ремонту автомобільних доріг*. Харків, 2002.

54. Bridge Management Systems in general and the Lat-Brutus Bridge Management System in particular. By: Principal Engineer Odd Ronnestad (Norwegian Public Roads Administration), 2000. 17 pp.

55. Лантух-Лященко А.І. До розробки галузевої аналітичної експертної системи управління мостами. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*, Вип. 69. К.: НТУ, 2004. С. 120-126.

56. Finn Fred. Pavement Management Systems. *Past, Present, and Future*. National Workshop on Pavement Management in New Orleans, La., July 20, 1997. URL: <http://www.tfhr.gov/pubrds/julaug98/pavement.htm>.

57. Golabi K., Kulkarni, R.R. and Way, G.B. A Statewide Pavement Management System. *Interfaces*, 1982. Vol. 12, No.6. Pp. 5-21.

58. Maintenance Accountability Process. Manual. *Washington State Department of Transportation*. Field Operations, Support Service Center, Maintenance Office, 2001. 89 p. URL: <https://wsdot.wa.gov/maintenance/accountability-process>

59. Mbwana, J. A Decision Support System for Pavement Management, Ph.D. Dissertation, Cornell University, School of Civil and Environmental Engineering, 1993. Published by University Microfilms Inc., Ann Arbor, Michigan, May 1995. 204 p.

60. HDM-4 Technical User Guide. Part C: Analysis Tools. C-3 Strategy Analysis, 1998. 17 pp. URL: http://www.asphaltwa.com/wapa_web/modules/08_evaluation/08_management.htm#pms.

61. Von Becker Peter. Нормы для планирования мероприятий по содержанию дорожных покрытий. *Richtlinien für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen an Strassenbefestigungsm.* *Strasse + Autobahn*. 1994. 45, № 6. С. 335-337.

62. Опыт эксплуатации информационной системы Swis. Positive Erfahrungen. *KFZ Anz.* 1995. 48, № 10. С. 56-57.

63. Behrendf Y., Han W., Huber Y. Финансирование и содержание автомагистралей. Finanzierung und Betrieb von Autobahnen Ergebnisse des Feldversuchs zur automatischen Gebuhrenenhebung und der Studie Roland Berger zur Autobahnprivatisierung. *Strasse + Autobahn.* 1996. 47, № 1. С. 5-11, 14-21.

64. Sauterey D., Mesnil – Adelee M. В помощь управлению дорогами. Un systeme d'aide a la gestion du reseau routier departemental pourquoi et comment. *Rev. gen. routes et acrodr.* 1996. № 742. С. 40.

65. Route et Laboratoire. Releve Visuel – Visual inspection. URL: <http://perso.wanadoo.fr/r-et-l/>

66. Surchamp A. Langue de bois, connatt past Interview de Per Milner, Political clichest. No way! *Route actual.* 1995. № 46. С. 103-105.

67. Henriksen Arne, Ministry of Transport, Denmark. Bridge Management – Routine Maintenance: Recent Experience with the Routine Management Module in the DANBO Bridge Management System, 2000. 13 p.

68. Повышение безопасности движения в Швеции. *Winter.* 1999. С. 14– 15.

69. Сотиров Д. Проблемы реабилитационных мероприятий по дорогам. *Потица.* 1995. 34. № 1. С.2-6.

70. Bako A. Forrasigeni es forraselosztas megoldasa szamitogeppel. Kozlekedesepit. es melyepitestud. Szem. 1994. 44, № 2 – 3. С. 39 – 44, 92 – 93.

71. Васильев А.П. Причины образования колеи и пути их устранения. *Наука и техника в дорожной отрасли.* 1999. № 2. С. 6-9.

72. Wang G., Zhu Z. The strip DTM applied to road alinement design. Tongli daxue xvebao. I.Tongil Univ. Natur. Sc. 1994. 22, № 3. С. 300 – 305.

73. Widdup John, Adamos Cesar P., Sanqui Marcelino S. Systematising Roadway Maintenance and Upkeep in Subic bay Freeport Zone, Philippines. URL: <http://www.smec.com.au/media/papers/japan.htm>.

74. Johannessen Bjorn. IT Transport Ltd, Consultants in Transport of Rural Development. Rural Road Maintenance Management. Phnom Penh, 1999. - 82 p.

75. Kuwait Infrastructure Maintenance Management System (KIMMS). URL: <http://www.gisqatar.org.qa/conf97/links/d1.html>.

76. Канін О.П., Харченко А.М., Соколова Н.М., Шпиг А.Ю. База даних рівнів обслуговування в управлінні довгостроковими контрактами на основі кінцевих показників якості доріг. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 94. 2015. С. 124-134. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/94/124-134.pdf

77. Канін О.П., Соколова Н.М., Харченко А.М. Інформаційно-аналітична система управління дорожнім господарством. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 84. 2012. С. 133-138. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/84/133-138.pdf

78. Цезарь Кудейрос. Введение в финансовые модели инструмента / Цезарь Кудейрос. *Семинар по Инструменту поддержки проектов государственно-частного партнерства в секторе автодорог и магистралей*. Всемирный банк и Укравтодор, Киев, Украина, 12-13 апреля, 2011.

79. Руководство к Своду знаний по управлению проектами. *Третье издание. Руководство PMBOK. Американский национальный стандарт ANSI/PMI 99-001-2004*. – 388 с.

80. Deliver quality products, on time and within budget with PRINCE2. URL: http://www.crazycolour.com/home/?title=Introducing_PRINCE2

81. Ярошенко Ф. А., Бушуев С. Д., Танака Х. — Управление инновационными проектами и программами на основе системы знаний P2M K.: 2011. 268 с.

82. Sergey D Bushuyev, Denis A Bushuyev, Victoria B Rogozina, Olga V Mikhieieva. Convergence of knowledge in project management. *The 8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing*

Systems: Technology and Applications. 24-26 September 2015, Warsaw, Poland.
URL: https://www.researchgate.net/profile/Olha-Mikhieieva/publication/308860144_Convergence_of_knowledge_in_project_management/links/60771fd32fb9097c0ce54053/Convergence-of-knowledge-in-project-management.pdf

83. Гамеляк І.П., Дмитриченко А.М. Про необхідність розбудови мережі швидкісних автомагістралей в Україні. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. № 2: 107-121.

84. Dmytrychenko, N., & Kharchenko, A. Development of method for road network management program optimization. *Technology Audit and Production Reserves*, 4(2(60)). 2021. P. 56–60. DOI: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.237949>

85. Kobylkin D., Zachko O., Korogod N., Tymchenko D. Development of models for segregation the elements of infrastructure projects management with the application of a mono-template under safety-oriented management. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 6. № 3 (108). 2020. P. 42–49.

86. Козир, Б.Ю. Запривода А.А. Профілювання стратегії розвитку в управлінні інфраструктурними проєктами. *Управління розвитком складних систем*. 2019. № 40. С. 51- 59; [dx.doi.org\10.6084/m9.figshare.11968995](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11968995).

87. Ліпський Г.Є., Соколова Н.М., Харченко А.М. Роль державно-приватного партнерства в реформуванні системи державного управління мережею місцевих доріг. *Вісник Національного транспортного університету*. Вип.28. С. 285-291. URL: http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/28_2013/285-291.pdf

88. Slavinska, O., Savenko, V., Kharchenko, A., Bubela, A. Development of a mathematical model of evaluation of road-and-transport assets as a component of information-and-management system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (4 (90)). 2017. P. 45–57. DOI: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.118798>

89. Фесенко Т.Г., Мохамед Абдулсалам Сієк Алі. Моделювання оцінки «Risk Management» в системі управління будівельними проектами. *Вісник Черкаського технологічного університету*. Серія: Технічні науки, 2018. №2/2018. С. 120–127.

90. Халай Т.О. Удосконалення управління проектами експлуатації автомобільних доріг: Дис.канд.техн.наук: 05.13.22 Національний транспортний університет. Київ, 2006. 148с.

91. Vasyl Mateichyk, Viktoriia Khrutba, Anna Kharchenko, Yuliia Khrutba, Olexander Protsyk, Iuliia Silantieva. Developing a Tool for Environmental Impact Assessment of Planned Activities and Transport Infrastructure Facilities. *Transportation Research Procedia*. Volume 55, 2021, P. 1194-1201. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.07.185>

92. Чернишев Д.О., Київська К.І., Цюцюра С.В., Цюцюра М.І., Гоц В.В. Впровадження технології моделювання інформаційних об'єктів на етапах життєвого циклу. *Управління розвитком складних систем*. 2019. № 40. С. 140-146; [dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.11969076](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11969076).

93. McPherson K., Bennett R. Success Factors for Road Management Systems. East Asia Pacific Transport Unit. The World Bank. Washington, D.C., 2005. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/11777>

94. Petersen E.R. A Highway Corridor Planning Model: Qroad, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 36(2), 2002. Pp.107-125. URL: <https://ideas.repec.org/s/eee/transa.html>

95. Ralph Haas, Norman W. McLeod. International Flexible Pavements. *Conference Sydney, Australia, 25- 28 September, 2011*. 19 p. URL: <http://conf.tac-atc.ca/english/resourcecentre/readingroom/conference/conf2004/docs/s7/haas.pdf>

96. Robinson R., Danielson U., Snaith M. Road Maintenance Management. Concepts and Systems. MACMILLAN PRESS LTD. London, 1998. 287 p.

97. Sodikov, Jamshid. Road asset management systems in developing countries: case study Uzbekistan. *Science journal of transportation*. 2015.

Pp. 44- 48. URL:

https://www.researchgate.net/publication/272415247_ROAD_ASSET_MANAGEMENT_SYSTEMS_IN_DEVELOPING_COUNTRIES_CASE_STUDY_UZBEKISTAN

98. Tony Porter. International trends in procurement models for highway maintenance. URL: http://www-esd.worldbank.org/pbc_resource_guide/Docs-latest%20edition/cases-and-pdfs/inttrends.pdf

99. Микрин В.И. Оптимизация организационных и управленческих решений при строительстве и ремонте автомобильных дорог: учебное пособие. Брянск: Изд-во Гос. инж. – технол. акад., 1996. 201 с.

100. Mbwana John R., PhD, School of Civil & Environmental Engineering, Cornell University, Ithaca, NY. *A Framework for Developing Stochastic Multi-Objective Pavement Management Systems*, 2000. - 14 pp.

101. Hedfi Adel, Stephanos Peter. Pavement Performance Modelling: An Applied Approach at State of Maryland. Brooklandville, MD USA, 2000. 14 pp.

102. Бируля А.К. Эксплуатация автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1966. 325 с.

103. Бабков В.Ф., Тулаев А.Я., Некрасов В.К. и др. Реконструкция автомобильных дорог. Под ред. В.Ф.Бабкова. М.: Транспорт, 1987. 264 С.

104. Васильев А.П., Сиденко В.М. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения. М.: Транспорт, 1990. 304 с.

105. Кизима С.С. Основи експлуатації автомобільних доріг. К.: МОН України, НТУ, 2002. 234 с.

106. Сиденко В.М., Михович С.И. Эксплуатация автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1977. 288 с.

107. Павлюк Д.О. Основи і застосування теорії зчпних якостей дорожніх покриттів: дис. ... д- ра техн. наук: 05.22.11. К., 1996. 480 с.

108. Радовский Б.С. Проблема повышения долговечности дорожных одежд и методы ее решения в США. *Дорожная техника*. 2006. URL: http://dorogi.kiev.ua/site/content/publication/way_jobs/way_jobs_it21/way_jobs_it21_7

109. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. М.: Транспорт, 1977. 303 с.

110. Шпиг А. Ю. Методи планування ремонтів автомобільних доріг за критерієм рівня обслуговування: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.11; Нац. трансп. ун-т. Київ, 2015. 162 с.

111. Ігнатюк В.В. Управління програмами ремонтів дорожнього одягу автомобільних доріг: дис. ... канд. техн. наук : 05.13.22; Нац. трансп. ун-т. Київ, 2015. 178 с.

112. Кизима С.С. До питання про природу та закономірності деградації рівності нежорстких дорожніх одягів. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*, вип. 20. К.: Будівельник, 1977. С.40-45.

113. Кизима С.С. Прогнозирование объемов работ по текущему ремонту и содержанию проезжей части автомобильных дорог. *Автодорожник Украины*. 1977. № 4. С.78-82.

114. Insights into Pavement Preservation. US Department of Transportation. Federal Highway Administration, January, 2000. 27 pp.

115. ВБН Г.1-218-182:2006. Класифікація робіт з ремонтів автомобільних доріг загального користування

116. ВБН Г.1-218-530:2006 Класифікація робіт з експлуатаційного утримання автомобільних доріг загального користування

117. ДСТУ 3587–97 Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану

118. Єдині правила ремонту і утримання автомобільних доріг, вулиць, залізничних переїздів, правила користування ними та охорони. Постанова КМУ від 30 березня 1994 р. N 198. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/198-94-%D0%BF#Text>

119. Outcome and impact level indicators road sector working paper: February, 2009. URL: http://ec.europa.eu/europeaid/how/evaluation/methodology/impact_indicators/wp_trans_en.pdf

120. Цезарь Куэйрос. Интерактивное счетное упражнение по проверке проекта ГЧП на финансовую выполнимость. *Семинар по Инструменту поддержки проектов государственно-частного партнерства в секторе автодорог и магистралей*. Всемирный банк и Укравтодор, Киев, Украина, 12-13 апреля, 2011.

121. Цезарь Куейрос. Огляд інструментарію для впровадження схем публічно-приватного партнерства у секторі автомобільних шляхів і швидкісних автомагістралей. *Семинар по Инструменту поддержки проектов государственно-частного партнерства в секторе автодорог и магистралей*. Всемирный банк и Укравтодор, Киев, Украина, 12-13 апреля, 2011.

122. Sultana M., Rahman A., Chowdhury S. Performance Based Maintenance of Road Infrastructure by Contracting - A Challenge for Developing Countries. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 62, 2012. 15 p.

123. Presentation On Output and Performance Based Road Contracts (OPRC) URL: [http://www.rrmac.net/Documents/OPRC/Output%20&%20Performance%20based%20Road%20Contracts%20\(OPRC\).ppt](http://www.rrmac.net/Documents/OPRC/Output%20&%20Performance%20based%20Road%20Contracts%20(OPRC).ppt).

124. Road maintenance task force— review of road maintenance regime, 2012. URL: <http://www.nzta.govt.nz/resources/rmtf-report/docs/report.pdf>

125. Victoria Alexeeva, Cesar Queiroz and Satoshi Ishihara. Monitoring Road Works Contracts and Unit Costs for Enhanced Governance in Europe and Central Asia. The International Bank for Reconstruction and Development. The World Bank, 2011. 15 p.

126. Цезар Куейроз. Конкурсний відбір концесіонерів. *Семінар із інструментарію для впровадження PPP у секторі автомобільних доріг і швидкісних автомагістралей*. Світовий банк, Київ, Україна, 2011. URL: http://siteresources.worldbank.org/INTTRANSPORT/Resources/336291-1304446506690/Overview_ToolktPPPrd&hwysKyiv_CQueiroz_April2011_u.pdf

127. Генрі Кералі. Попереднє обстеження проектів будівництва автодоріг у рамках державно-приватного співробітництва: Економічний та фінансовий аналіз. Оцінка ризиків, пов'язаних із отриманням доходів. Порівняння проектів ДПС із державними закупівлями (Public Sector Comparator). Світовий банк, 2005. URL: http://siteresources.worldbank.org/INTTRANSPORT/Resources/336291-1304446506690/DueDiligenceHighwayPPP_HKerali_April2011_u.pdf

128. Christopher R. Bennett. Framework for Introducing OPRC. Sr. Transport Specialist EASTE, 2007. URL: <http://siteresources.worldbank.org/INTTRANSPORT/Resources/336291-1171658979314/3465102-1176215786772/07-03-29FrameworkforOPRC.pdf>

129. Road Asset Management: Evolution and Trends. URL: http://cleanairinitiative.org/portal/system/files/presentations/Flintsch_Gerardo_Presentation_ADB_Road_Asset_Management_Clininc_05-26-2010.pdf.

130. Construction Tools - Force Account. Basic information about force accounts. URL: <http://www.dot.state.mn.us/const/tools/forceaccount.html>

131. Довідник інженера. URL: http://www.engineeringtoolbox.com/contract-types-d_925.html

132. Crispino M. Key Success Factors For Global Service Contracts For Road Mangement And Maintenance. *7th International Conference on Managing Pavement Assets*, 2008. 10 p. URL: <https://trid.trb.org/view/1213684>

133. Wayne Hatcher. The Use of Predictive Modeling for Tendering Long-Term Maintenance Contracts. *5th International Conference on Managing Pavements*, New Zealand, 2001. 15 p. URL: <https://trid.trb.org/view/793555>

134. Performance specified maintenance contract (PSMC) model. Request for tender. *Transit New Zealand*, 2005. URL: <http://www.nzta.govt.nz/resources/state-highway-maintenance-contract-proforma-manual/maintenance-contract-proforma.html>

135. Performance specified maintenance contract (PSMC) model. Schedule of prices & basis of payment. *Transit New Zealand*, 2005. URL: <http://www.nzta.govt.nz/resources/state-highway-maintenance-contract-proforma-manual/maintenance-contract-proforma.html>

136. Road Asset Management. *Transit New Zealand*, 2005. URL: <http://www.nzta.govt.nz/resources/chipsealing-new-zealand-manual/docs/05-road-asset-management.pdf>.

137. Performance specified maintenance contract (PSMC) model. Conditions of contract. *Transit New Zealand*, 2005. URL: <http://www.nzta.govt.nz/resources/state-highway-maintenance-contract-proforma-manual/maintenance-contract-proforma.html>

138. Performance specified maintenance contract (PSMC) model. Specifications. *Transit New Zealand*, 2005. URL: <http://www.nzta.govt.nz/resources/state-highway-maintenance-contract-proforma-manual/maintenance-contract-proforma.html>

139. Performance specified maintenance contract (PSMC) model. Appendices. *Transit New Zealand*, 2005. URL: <http://www.nzta.govt.nz/resources/state-highway-maintenance-contract-proforma-manual/maintenance-contract-proforma.html>

140. Draft Final Report on Contract Format for Output and Performance Based Contracts for Roads. Terms of Reference Task A6: Development of Contract Format. Consultancy Services and Project Preparatory Studies for Package II (Phase II). *New Zealand: Opus International Consultants Limited*, 2008. 50 p.

141. Long Term Procurement Plan. - Transit New Zealand, 2005. URL: <http://www.nzta.govt.nz/resources/long-term-procurement-plan/docs/long-term-procurement-plan.pdf>.

142. Performance-based Contracting for Roads in New Zealand. – Worldbank, 2005. URL: http://www-esd.worldbank.org/pbc_resource_guide/Case-New%20Zealand.htm

143. FHWA. 2014405. Highway Maintenance Contracting 2004. World State of Practices. Report of the National Highway maintenance Contract Seminar, Orlando, Florida, April, 2004. 25 p.

144. Впровадження контрактів на основі кінцевих результатів в Україні. Досвід та перспективи розвитку. *Національна асоціація дорожників України*. URL: <https://nadu.com.ua/vprovadzhennya-kontraktiv-na-osnovi-kinczevih-rezultativ-v-ukra%D1%97ni-dosvid-ta-perspektivi-rozvitku/>

145. Pavement Management Study. VHB/ ENGINEERING, SURVEYING AND LANDSCAPE ARCHITECTURE, P.C. Transportation, Land Development, Environmental Services, June, 2013. 40 p.

146. Kumares C. Sinha, Tien F. Fwa. On the Concept of Total Highway Management. URL: <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1989/1229/1229-009.pdf>

147. Development of a life-cycle assessment tool for pavement preservation and maintenance on flexible and rigid pavement. Final project report volume I. The Illinois Center for Transportation (ICT) of the University of Illinois at Urbana-Champaign Michigan State University for Center for Highway Pavement Preservation (CHPP) 2019. URL: <https://apps.ict.illinois.edu/projects/getfile.asp?id=8865>

148. Харченко А.М., Мелешук Т.П. Аналіз світового досвіду впровадження та використання довгострокових контрактів, заснованих на кінцевих показниках. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 93. 2015. С. 138-143. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/93/138-143.pdf

149. Харченко А.М., Канін О.П., Соколова Н.М. Система управління станом доріг за показником рівня обслуговування в довгострокових контрактах з поточного дрібного ремонту та утримання доріг. *Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія*, Вип.12. НТУ. С. 195-207.

URL: http://publications.ntu.edu.ua/upravl_proget/2013_12_tech/193.pdf

150. Соколова Н.М., Канін О.П., Харченко А.М. Моніторинг виконання довгострокових контрактів з утримання доріг. *Вісник Національного транспортного університету*. 2013. С. 434-442.

151. Соколова Н.М., Канін О.П., Харченко А.М. Теоретичні аспекти довгострокових контрактів на основі кінцевих показників. *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. Вип.11. 2013. С. 130-139.

URL: http://publications.ntu.edu.ua/upravl_proget/11_2013/130-139.pdf

152. Tony M Porter. Trends in the Procurement Models for Highway Maintenance. URL: http://www-esd.worldbank.org/pbc_resource_guide/Docs-latest%20edition/Received%2027%20Feb%20-%20case%20studies,%20docs%20to%20link/Porter_trends_in_procurement.pdf

153. Process for Setting Intervention Criteria and Allocating Budgets: Literature Review, 2007. URL: <https://www.onlinepublications.austroads.com.au/items/AP-T80-07>

154. Schedule 7 – intervention levels. - Maroondah City Council RMP v6. URL: [http://www.maroondah.vic.gov.au/common/files/EngineeringInfrastructure/Schedule_7_\(Interventions_Levels\).pdf](http://www.maroondah.vic.gov.au/common/files/EngineeringInfrastructure/Schedule_7_(Interventions_Levels).pdf)

155. Key Performance Indicators in Public-Private Partnerships. A State-of-the-Practice Report, March 2011. URL: <http://international.fhwa.dot.gov/pubs/pl10029/pl10029.pdf>

156. Харченко А.М., Сагатюк Я. Дослідження взаємозв'язку вартості та тривалості проектів у дорожньому виробництві. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 89. 2013. С. 152-158.

URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/avtodorogi_i_stroitelstvo_89/152-158.pdf

157. Jin-Fang Shr, Wei-Tong Chen. Functional model of cost and time for highway construction projects. *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 14, No. 3, 2006. Pp. 127-138. DOI: 10.51400/2709-6998.2066. URL: <https://jmstt.ntou.edu.tw/journal/vol14/iss3/1>

158. Chan D.W.M., Kumaraswamy M.K. Compressing Construction Durations: Lessons Learned from Hong Kong Building Projects. *International Journal of Project Management*, Vol.20, 2002. Pp.23-35.

159. Young Hoon Kwak and others. Understanding of Public Private Partnerships for Infrastructure Development. VOL. 51, NO. 2, WINTER. 2009 URL: http://home.gwu.edu/~kwak/Infra_PPP_Kwak_Chih_Ibbs.pdf

160. Заворотний С.М., Харченко А.М. Аналіз особливостей взаємозв'язку часу, вартості та якості реалізації контрактів з метою створення математичної оптимізаційної моделі. *XII Международная научная конференция «Наука и образование»*, Осло. 2018. С. 72-75.

161. Заворотний С.М., Харченко А.М. Аналіз методів оптимізації відношення «час – вартість» для реалізації довгострокових контрактів заснованих на кінцевих показниках. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Київ, 2017. Вип. 101. С. 57-67. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/101/057-067.pdf

162. Nuhu Braimah B.Sc. An investigation into the use of construction delay and disruption analysis methodologies. A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements of the University of Wolverhampton for the Degree of Doctor of Philosophy, UK. August, 2008. 345 p. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/40037535.pdf>

163. Patricio Mansilla. PPP Performance Management: The Art of Measure and Deliver High Level of Services. *Chemonics International Washington DC*, December 15th, 2008. 91 p.

164. Parkman, C., Hallet, J., Henning, T., and Tapper, M. (2003). "Pavement Deterioration Modelling in Long Term Performance-based Contracts: How Far Does it Mitigate the Risk for Client and Contractor?" Twenty First ARRB and REAAA Conference, Cairns, New Zealand. URL: http://www.transit.govt.nz/content_files/news/ConferencePaper34_PDFFile.pdf).

165. Sinha A., Strong K.C., Ozbek M. E., Shane J. A Decision Support Framework for Assessing the Contextual Factors for Complex Highway Projects. *Transportation Research Record* 2672: 26, 2018. Pp. 77-87. URL: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0361198118774162>

166. Kamalesh Panthi. Reliability-based Model for Estimating Long Term Pavement Maintenance Contracts Under Performance Specifications. *First International Conference on Construction In Developing Countries (ICCIDC-I) "Advancing and Integrating Construction Education, Research & Practice"* August 4-5, 2008, Karachi, Pakistan. 17 p.

167. Pavement Condition Index (PCI) Method. URL: <http://www.belmont.gov/SubContent.asp?CatId=240000622>

168. Rowan Kyle, Tony Porte, Robert Fergerstrom. Consultancy Services and Project Preparatory Studies for Package II (Phase II). *Opus International Consultants Limited*, August 2008. 26 p.

169. Стандартна Методика вимірювань Інституту інженерів - будівельників. Третє видання (зі змінами 2007 року). Лондон. 1991. URL: <http://www.terobuilders.com/pdf/cesmm3.pdf>

170. Turki I. Al-Suleiman, Kumares C. Sinha, Virgil L. Anderson. Effect of Routine Maintenance in Pavement Roughness. *Transport Research Record* 1025. URL: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/cd-22/references/regression4.pdf>

171. The level of service concept. USA, 2002. - URL: <http://www.i69dotd.com/DEIS/Appendix/Level%20of%20Service%20Definitions.pdf>

172. Level of service. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Level_of_service.

173. Quality/ level of service handbook: state of Florida department of transportation. 2009. URL:

http://webgis.co.okaloosa.fl.us/jlus/docs/fgmp/2009FDOTQLOS_Handbook.pdf

174. Levels of Service for Road Transportation. URL: <https://transportgeography.org/contents/methods/transport-technical-economic-performance-indicators/levels-of-service-road-transportation/>

175. Litzka J. Performance indicators for road pavements a tool to evaluate long life pavements. URL: http://www.fehrl.org/?m=32&mode=download&id_file=523.

176. Gunter Zietlow. Implementing Performance-based Road Management and Maintenance Contracts in Developing Countries - An Instrument of German Technical Cooperation. Eschborn, November 2004. 19 p. URL: <http://zietlow.com/docs/pbmmc-gtz.pdf>

177. Kanin A.P., Kharchenko A.N., Sokolova N.M., Sphyh A.U., Zavorotnyi S.M. Modern approaches to road maintenance on performance long-term contracts based on the operating condition principle. *International Scientific Periodical Journal "Modern Technology and Innovative Technologies"*. Vol. 152, No. 14, November. 2020. P. 12-22.

178. Priority Planning and Budgeting Process for Pavement Maintenance and Rehabilitation. 2003. 39 p. URL: http://www.fcm.ca/Documents/reports/Infraguide/Priority_Planning_and_Budgeting_Process_for_Pavement_Maintenance_and_Rehabilitation_EN.pdf

179. Peshkin D.G., Hoerner T.E., Zimmerman K.A. Optimal Timing of Pavement Preventive Maintenance Treatment Applications //, NCHRP Report 523, Transportation Research Board, Washington, D.C., 2004. 86 p. URL: http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_523.pdf

180. П-Г.1-218-113:2009 Технічні правила ремонтів та утримання автомобільних доріг загального користування України.

181. ІН В.3.1-218-336:2010 Інструкція по визначенню рівнів експлуатаційного стану автомобільних доріг державного значення та їх елементів.

182. An Overview of Mn/Dot's Pavement Condition Rating Procedures and Indices, 2018. 9 p. URL: https://www.dot.state.mn.us/materials/pvmtmgmtdocs/Rating_Overview_State_2015V_edited_2-3-2021.pdf

183. Pavement Surface Condition Rating Manual. Written by Northwest Pavement Management Systems Users Group and R.Keith Kay Washington State Department of Transportation, 1992. 89 pp. URL: <https://wsdot.wa.gov/sites/default/files/2010/09/20/Pavement-Surface-Condition-Rating-Manual.pdf>

184. Ibrahim E. M., Sherif El-Badawy, Hader maksoud Ibrahim, Emad Elbeltagi. A modified pavement condition rating index for flexible pavement evaluation in Egypt, August 2020. *Innovative Infrastructure Solutions* 5(2) DOI:10.1007/s41062-020-00304-z. URL: https://www.researchgate.net/publication/341630813_A_modified_pavement_condition_rating_index_for_flexible_pavement_evaluation_in_Egypt

185. Pavement Condition Survey Manual. URL: <http://www.ncdot.org/pmu/PavementInfo/pcsman/>

186. WSDOT Pavement Preservation Guide for Local Agencies, 2012. 105 p. URL: <https://www.wsdot.wa.gov/research/reports/fullreports/800.1.pdf>

187. Дмитриченко М.Ф., Харченко А.М., Мороз Т.М. Система діагностування стану автомобільних доріг як засіб стратегічного планування експлуатаційного утримання. *Erbe der europäischen Wissenschaft / Heritage of European science*, Germany. 2021. P. 224-258.

188. Al-Swailmi S. Framework for Municipal Maintenance Management Systems. *Transportation Research Record*, October 1994, 1442, pp. 3–10.

189. Харченко А.М., Пенгрин А.Р. Еволюція моделей деградації покриття автомобільної дороги. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. 2015. С. 187-191.

190. Харченко А.М., Смірнов А.М. Основні дослідження в напрямку обґрунтування рівнів обслуговування автомобільних доріг в зимовий період. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник*. Вип. 102. 2017. С. 131-143.
http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/102/131-143.pdf

191. Dojutrek M. S., Makwana P.A., Labi S. A Methodology for Highway Asset Valuation in Indiana. Publication FHWA/IN/JTRP-2012/31. *Joint Transportation Research Program*, Indiana Department of Transportation and Purdue University, West Lafayette, Indiana, 2012. URL: <http://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3003&context=jtrp>.

192. Liu Chunlu., Hammad Amin, Iton Yoshito. Cost optimization of Bridge Decks Using Genetic Algorithm. URL: <http://users.encs.concordia.ca/~hammad/papers/J11.pdf>

193. William D. Paterson. Road Deterioration, Works Effects and Calibration. World Bank. HDM-4 Tutorial, Seattle, WA. 2001. 55 p.

194. Сиденко В. М., Рокас С. Ю. Управление качеством в дорожном строительстве. М.: Транспорт, 1981. 252 с.

195. Кавешников Н. Т. Управление качеством продукции (на примере выполнения дорожно-строительных работ): Учебное пособие. М.: Московский государственный университет природообустройства, 2000. 280 с.

196. Azgaldov G. G., Kostin A. V., Alvaro E. Padilla Omiste. The ABC of Qualimetry: The Toolkit for measuring immeasurable. Ridero, 2015. 167 p. ISBN 978-5-4474-2248-6.

197. Тріщ, Г. М. Система залежностей для оцінювання процесів систем управління якістю підприємств. *Восточно-Европейский журнал передовых*

технологий. 2013. Т. 4, № 3 (64). С. 60–63. URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/16283/13802>.

198. Катрич, О. О. Наукові підходи до оцінювання якості процесів. *Scientific Journal «ScienceRise»*, Vol.4/2(9), 2015. DOI: 10.15587/2313-8416.2015.41589.

199. Lapidus A., Makarov A. Fuzzy sets on step of planning of experiment for organization and management of construction processes. *MATEC Web of Conferences*, Volume 86, 2016. URL: <https://doi.org/10.1051/matecconf/20168605003>.

200. Kharchenko A., Chechuha O. Development of proposals for improving the monetary value of land at their allocation for roads within the settlement. *Dorogi i mosti [Roads and bridges]*. Iss. 21. 2020. P. 217-225. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2020.21.217>

201. Slavinska O., Kharchenko A., Bubela A., Chechuha O. Development of road sector's land valuation method for aims of asset management. *Technology audit and production reserves*, 2 (2 (52)). 2020. P. 43–46. DOI: <http://doi.org/10.15587/2312-8372.2020.200743>

202. Bubela A., Kharchenko A., Bezugliy A., Hresko I., Slavinska O., Bibyk Y. Features of carrying out the cost evaluation of public roads. *Dorogi i mosti [Roads and bridges]*. Iss. 19-20. 2019. P. 5-15. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2019.19.005>

203. Slavinska O., Stozhka V., Kharchenko A., Bubela A., Kvatadze, A. Development of a model of the weight of motor roads parameters as part of the information and management system of monetary evaluation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (97)). 2019. P. 46–59. DOI: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.156519>

204. Славінська О.С., Харченко А.М. Застосування кваліметричної моделі до оцінки транспортно-експлуатаційного стану автомобільної дороги. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 95. 2016. С. 111-

120. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/95/111-120.pdf

205. Славінська О.С., Харченко А.М., Сіхневич Г.П. Методичні підходи до оцінки нерухомого майна при виконанні контрактів в дорожній галузі. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. 2015. С. 123-129.

206. Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии). М.: Экономика, 1982. 256 с.

207. Райхман Э. П., Азгальдов Г. Г. Экспертные методы в оценке качества товаров. М.: Экономика, 1974. 151 с.

208. МР Д 1.2-37641918-884:2017 Методичні рекомендації з проведення вартісної оцінки автомобільних доріг і споруд на них.

209. Канін О.П., Шпиг А.Ю. Модель обґрунтування рівня втручання для відновлення стану елементів доріг. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: Науково-технічний збірник*. К.: НТУ, 2011. Вип.82. С. 71-75.

210. Канін О.П., Шпиг А.Ю. Модель обґрунтування ремонтів в проектах експлуатації автомобільних доріг з урахуванням невизначеності. *Управління проектами, системний аналіз і логістика: Науковий журнал*. Вип. 9. К.: НТУ, 2012. С. 78-81.

211. Lin Chen. Development of a Multi-Objective Optimisation Technique for Long-Term and Network-Level Decision Making in Infrastructure Asset Management. A thesis submitted in fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Engineering, the University of Auckland, 2016. 307 p.

212. Haung Y.H. Pavement Analysis and design, 2nd Edition, Upper Saddle River, Pearson Prentice Hall, NJ. 2004. 792 p.

213. Saaty T.L. Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York, NY. 1980. 280 p.

214. Ehrgott M. Multicriteria Optimization, Springer Science & Business Media, Heidelberg, German. 2005. 323 p.

215. Hillier F.S., Lieberman G.J. Introduction to Operations Research, Elizabeth A. Jones, New York, USA. 2005. 1047p.

216. Nedjah N., Mourelle L. d. M. Real-World Multi-Objective System Engineering, Nova Science Publishers, New York, USA. 2005. 194 p.

217. Alyami Z., Farashah M.K., Tighe S. L. Selection of Automated Data Collection Technologies using Multi Criteria Decision Making Approach for Pavement Management Systems. *91st Annual Meeting of the Transportation Research Board*. Paper No.12-2878, Washington, D.C. 2012. 12 p.

218. Elhakeem A., Hegazy T. Improving Deterioration Modeling using Optimized Transition Probability Matrices for Markov Chains. *84th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Paper No.12-2878, Washington, D.C. 2005. 10 p.

219. Transportation Association of Canada. Pavement Design and Management Guide, Transportation Association of Canada, Ottawa. 2013. 460 p. URL: <https://trid.trb.org/view/1301898>

220. Hegazy T. CIV.E 720 Infrastructure Management Course Notes, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada, 2010. 720 p.

221. Anna Kharchenko, Ylia Khrutba. Development and implementation of electronic service for environmental impact assessment from planned road construction activities. *Integration of traditional and innovation processes of development of modern science: collective monograph / edited by authors*, 3rd ed, Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2020. Pp.246-276. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-021-6-40>

222. Viktoriia Khrutba, Inesa Rutkovska, Anna Kharchenko, Tetiana Morozova, Alla Herasymenko. Environmental impact assessment of the planned activity of aviation transport. *VIII International Scientific-Technical Conference «Problems of chemmotology. Theory and practice of rational use of traditional and alternative fuels & lubricants»*, 2021. P. 59-60.

223. Соколова Н.М., Харченко А.М. Еколого-економічне оцінювання впливу автомобільних доріг на навколишнє середовище. *Вісник Національного транспортного університету*. Вип. 33. 2015. С. 230-238. URL: http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/33_2015/230-238.pdf

224. Korte B., Vygen J. Combinatorial Optimization, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Heidelberg, German. 2012. 664 p. URL: <https://www.mathematik.uni-muenchen.de/~kpanagio/KombOpt/book.pdf>

225. Bonyuet M., Garcia-Diaz A., Hicks I. Optimization Procedures for Simultaneous Road Rehabilitation and Bridge Replacement Decisions in Highway Networks, *Engineering Optimization*, 34(5), 2002. Pp. 445-459.

226. Anastasopoulos P., Haddock J., Peeta S. Improving Systemwide Sustainability in Pavement Preservation Programming. *Journal of Transportation Engineering*, 140(3), 4-13. 2014. DOI:10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000625

227. Zadeh L. Optimality and Non-Scalar-Valued Performance Criteria, *IEEE Transactions on Automatic Control*, 8(1). 1963. Pp. 59-60.

228. Marler R. T., Arora J. S. Survey of Multi-Objective Optimization Methods for Engineering. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 26(6), 2004. Pp. 369-395. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00158-003-0368-6>

229. Chen L., Raith A., Henning T. F. P., Shamseldin A. Multi-Objective Optimisation in Decision Making for Infrastructure Asset Management. *Annual Conference of the ORSNZ*, Hamilton, New Zealand. 2013.

230. Wang K., Nguyen V., Zaniwski J. Genetic Algorithms-Based Network Optimization System with Multiple Objectives, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2016, Pp. 85-96.

231. Deb K., Pratap A., Agarwal S., Meyarivan T. A Fast and Elitist Multiobjective Genetic Algorithm: NSGA-II. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 6(2). 2002. Pp.182-197. URL: https://www.iitk.ac.in/kangal/Deb_NSII.pdf

232. Bai Q., Labi S., Sinha K. C. Trade-Off Analysis for Multiobjective Optimization in Transportation Asset Management by Generating Pareto Frontiers Using Extreme Points Nondominated Sorting Genetic Algorithm II. *Journal of Transportation Engineering*, 138. 2012. Pp. 798-808. URL: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29TE.1943-5436.0000369>

233. Gearhart W. B. On the Characterization of Pareto-Optimal Solutions in Bicriterion Optimization. *Journal of Optimization Theory and Applications*, 27(2). 1979. Pp. 301-307.

234. Shao L., Ehrgott M. Finding Representative Nondominated Points in Multiobjective Linear Programming. *IEEE Symposium on Computational Intelligence in Multicriteria Decision Making Honolulu, USA*, 2007. Pp. 245-252.

235. Aarts E., Korst J., Michiels W. Simulated Annealing. *Search Methodologies*, Springer US, 2005. Pp. 187-210.

236. Antunes C. H., Lima P., Oliveira E., Pires D. F. A Multi-Objective Simulated Annealing Approach to Reactive Power Compensation. *Engineering Optimization*, 43(10). 2011. Pp. 1063-1077.

237. Hertz A., Taillard E., De Werra D. A Tutorial on Tabu Search. *Entreprise Systems: Management of Technological and Organizational Changes*, 95. 1995. Pp. 13-24.

238. Glover F. Heuristic for Integer Programming Using Surrogate Constraints. *Decision Sciences*, 8. 1977. Pp. 156-166.

239. Jaeggi D. M., Parks G. T., Kipouros T., Clarkson P. J. The Development of a MultiObjective Tabu Search Algorithm for Continuous Optimisation Problems. *European Journal of Operational Research*, 185(3). 2008. Pp. 1192-1212.

240. Lukas K., Borrmann A. Minimizing the Traffic Impact Caused by Infrastructure Maintenance Using Ant Colony Optimization. *The 28th International Conference on Automation and Robotics in Construction*, Seoul, Korea. 2011. Pp. 1002-1006.

241. Kennedy J., Eberhart R. Particle Swarm Optimization. *IEEE International Conference on Neural Networks*, Washington, DC, USA 4. 1995. Pp. 1942-1948.

242. Lertworawanich P. Highway Network Restoration after the Great Flood in Thailand, *Natural Hazards*, 64(1). 2012. Pp. 873-886.

243. Deighton Associates Limited. dTIMS CT Reference Guide, Deighton Associates Limited, Canada. 2008. URL: <https://www.deighton.com/videos-guides>

244. Zitzler E., Brockhoff D., Thiele L. The Hypervolume Indicator Revisited: On the Design of Pareto-Compliant Indicators Via Weighted Integration. *Evolutionary MultiCriterion Optimization*, Springer Berlin Heidelberg. 2007. Pp. 862-876.

245. Status of Pavement Management Systems (PMS) in Southeast Michigan. SEMCOG, 2003. 47 p. URL: <https://silo.tips/download/status-of-pavement-management-systems-pms-in-southeast-michigan-may-2003>

246. McNeil S. Asset Management and Asset Valuation: The Implication of the Government Accounting Standards Bureau (GASB) Standards for Reporting Capital Assets. *Midcontinent Transportation Symposium*, Minnesota, 2000. Pp.34 – 37.

247. Switzer A. Developing a Road Map for Transportation Asset Management Research. *Public Works Management & Policy*, Vol. 8, Issue 3, 2004. Pp.162-175.

248. М 218-02070915-653:2008 Методика планування річних обсягів робіт з поточного ремонту та експлуатаційного утримання автомобільних доріг.

249. Васильев А.П. Основные положения концепцией управления состоянием автомобильных дорог в современных условиях. М. *Вестник отделения "Транспортное строительство"*, N2. 1994. С. 37-40.

250. СОУ 42.1-37641918-105:2013 Класифікація робіт з експлуатаційного утримання автомобільних доріг загального користування.

251. Харченко А.М. Експертна система обґрунтування річної програми дорожньо-ремонтних робіт. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 80. 2011. С. 88-95. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/80/088-095.pdf

252. Канін О.П., Харченко А.М. Проектування річної програми робіт в системі управління проектами експлуатації автомобільних доріг. *Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія*. Вип.8. 2011. С. 88-94.

253. Заворотний С.М., Харченко А.М. Фактори, які впливають на час, вартість та якість реалізації довгострокових контрактів заснованих на кінцевих показниках. *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. Київ, 2017. Вип. 20. С. 41-49.

254. ВБН В.3.2-218-191-2004 Порядок контролю експлуатаційного стану автомобільних доріг загального користування.

255. Rahman S., Vanier D.J. Life Cycle Cost Analysis as a Decision Support Tool for Managing Municipal Infrastructure. National Research Council Canada (NRCC), NRCC-46774. 2004. 14 p.

256. Barnes, M. Some origins of modern project management-A personal history. 2006. URL: http://www.pmforum.org/viewpoints/2006/08_4.htm

257. Wideman R.M. Successful project control and execution. *Project Manage.*, 7 (2): 1989, pp. 109 - 113. URL: <https://www.pmi.org/learning/library/managing-project-development-phase-better-5753>

258. Канін О.П., Харченко А.М. Управління дорожнім господарством шляхом застосування інформаційно-аналітичної системи. *Інформаційні процеси, технології та системи на транспорті*. Вип.2. 2014. С. 98-102.

259. Харченко А.М. Стан інформаційного і програмного забезпечення проектування річної програми робіт в дорожній галузі України. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип.81. 2011. С. 103-107. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/81/103-107.pdf

260. Канін О.П., Харченко А.М. Сутність та призначення інформаційно-аналітичних систем управління дорожнім господарством України. *Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія*. Вип.9. 2012. С. 71-78.

261. Милошевич Д.З. Набор инструментов для управления проектами. Компания АйТи; ДМК-Пресс, 2008. 736 с.

262. Канін О.П., Діденко В.В. Оптимізація життєвого циклу автомобільних доріг за допомогою генетичного алгоритму. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: Науково-технічний збірник*. Вип. 80. К.: НТУ. 2011. С. 73-77. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/80/073-077.pdf

263. Лантух-Лященко А.І. Визначення часу переходу елементів споруди із одного дискретного стану в інший. *Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів*. 2001. Вип. 12. С. 397-402.

264. Канін О.П., Ігнатюк В.В. Генетичний алгоритм оптимізації програм ремонту дорожнього одягу автомобільних доріг. *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. Вип. 10. К.: НТУ. 2012. С.72-78.

265. Татусь В.В. Генетичний алгоритм оптимізації ризиків в управлінні проектами автомобільних доріг. *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. Вип. 10. К.: НТУ. 2012. С.254-258.

266. Канін О.П., Халай Т.О., Боднар Л.П. Генетичний алгоритм оптимізації довгострокових стратегій ремонтів мостів. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: Науково-технічний збірник*. К.: НТУ. 2013. Вип. 88. С. 180-188.

267. Коваль П., Лантух-Лященко А., Сидун С. Внедрение аналитической экспертной системы управления мостами в Украине. *Материалы юбилейной научно-технической конференции «80 лет Белорусской дорожной науке 1928-2008»*. Минск, 2008. С. 156-165.

268. СОУ 45.2-00018112-042:2009 Автомобільні дороги. Визначення транспортно-експлуатаційних показників дорожніх одягів.

269. Харченко А.М. Теоретико-методологічні аспекти експлуатаційного утримання автомобільних доріг за довгостроковими

контрактами. *Scientific letters of academic society of Michal Baludansky*. 2019. P. 20-25.

270. Заворотний С.М., Харченко А.М. Genetic algorithm as optimization method relationship "time - cost" to implement performance based road maintenance contracts. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Київ, 2020. Вип. 108. С. 31-38. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/108/31.pdf

271. Заворотний С.М., Харченко А.М. Оптимізація відношення «час – вартість» для реалізації довгострокових контрактів заснованих на кінцевих показниках. *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. Київ, 2016. Вип. 18. С. 54-61. URL: http://publications.ntu.edu.ua/upravl_proget/2016_18_tech/054.pdf

272. Харченко А.М., Соколова Н.М. Методи аналізу ефективності проектів державно-приватного партнерства в дорожній галузі. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 96. 2016. С. 121-133. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/96/121-133.pdf

273. Соколова Н.М., Харченко А.М. Оптимізація стану автомобільних доріг в умовах державно-приватного партнерства. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 88. 2013. С. 196-206. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/avtodorogi_i_stroitelstvo_88/196-206.pdf

274. Дмитриченко М.Ф., Харченко А.М. Розробка методу оцінки стану мережі автомобільних доріг для управлінських цілей. *Conference «Scientific developments: yesterday, today, tomorrow '2021»*. P. 13-18.

275. Харченко А.М. Обґрунтування рівнів обслуговування при експлуатаційному утриманні автомобільних доріг. *International scientific and practical conference «Science, engineering and technology: global trends, problems and solutions» : Conference proceedings, September 25–26, 2020*. Prague: Izdevnieciba «Baltija Publishing», 2020. P. 131-133.

276. Гришук О.К., Харченко А.М. Проблеми та перспективи реформування системи управління дорожнім господарством як складової галузі інфраструктури. *Економічний розвиток: теорія, методологія, управління [матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції]*. Nemoros s.r.o., Prague. 2018. С. 162-164.

277. Харченко А.М. Застосування інформаційно-аналітичних систем в управлінні дорожнім господарством. *Міжнародна конференція. Сучасна інформатика: проблеми, досягнення та перспективи розвитку*. Київ: Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, 2013. С.128.

278. Storn, R., and Price, K. Differential evolution-a simple and efficient adaptive scheme for global optimization over continuous spaces. *Technical Report*, International Computer Science Institute, 8, 1995, pp. 22-25. URL: https://www.researchgate.net/publication/246648860_Differential_Evolution_A_Simple_and_Efficient_Adaptive_Scheme_for_Global_Optimization_Over_Continuous_Spaces

279. Zhou, J., PED Love, Wang, X., Teo, K.L., and Irani, Z. A review of methods and algorithms for optimizing construction scheduling. *Journal of Operation Research Society*, 64, 2013, pp. 1091-1105. URL: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1057/jors.2012.174.pdf>

280. Звіт про науково-дослідну роботу № 49-15 від „19” червня 2015 р. «Виконати аналіз та розробити вимоги до усунення дефектів елементів доріг при реалізації довгострокових контрактів з поточного дрібного ремонту та експлуатаційного утримання автомобільних доріг загального користування». Укравтодор, Київ. 2015. 294 с.

281. Про оцінку впливу на довкілля: Закон України. № 2059-VIII, 2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text>

282. Харченко А. М., Чечуга О. С., Колбасін М. І. Оптимізація процесу оцінки впливу на довкілля в сучасних умовах. *Розроблення та реалізація регіональних Програм поводження з відходами: проблемні питання та кращі практики : збірка матеріалів Національного форуму «Поводження з*

відходами в Україні: законодавство, економіка, технології». м. Івано-Франківськ, 8–10 жовтня 2020 р. К. : Центр екологічної освіти та інформації, 2020. С.394-395.

283. Rim Razzouk, Valerie Shute. What Is Design Thinking and Why Is It Important? September 1, 2012 . Volume: 82 issue: 3, page(s): 330-348. URL: <https://doi.org/10.3102/0034654312457429> URL: https://www.researchgate.net/publication/258183173_What_Is_Design_Thinking_and_Why_Is_It_Important

284. Leopold L.B. A procedure for evolving environmental impact. Washington, 1971. 13 p.

285. Кухта М.С. Дизайн и технологии: настольная книга. Томск, 2016. № 4 (31). p. 91-95.

286. Jeanne Liedtka. Tim Ogilvie. Designing for Growth: A Design Thinking Toolkit for Managers. Columbia University Press, 2011. 106 p.

287. Jones J. Christopher. Design Methods, 3rd edn. 1992. 406 p. URL: https://books.google.com.ua/books?id=IR7KZXa1Nl8C&printsec=copyright&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

288. ДСТУ 9060:2020 Оцінка впливу на довкілля. Транспортні споруди. Критерії оцінки та показники впливу на довкілля.

289. ДСТУ 9061:2020 Оцінка впливу на довкілля. Транспортні споруди. Настанова щодо підготування звіту з оцінки впливу на довкілля.

ДОДАТОК А

ПЛАН – ЗАВДАННЯ ДО ДОВГОСТРОКОВОГО КОНТРАКТУ НА ДІЛЯНЦІ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ ДЕРЖАВНОГО ЗНАЧЕННЯ

1 Загальні положення

Довгостроковий контракт з поточного дрібного ремонту та експлуатаційного утримання ділянки автомобільної дороги державного значення за показниками рівня їх обслуговування або, інакше, заснований на кінцевих показниках (далі - ДККП) - це тип контракту, в якому оплата послуг (виконання робіт) робіт та управління станом доріг безпосередньо пов'язана з виконанням Підрядником чітко поставлених вимог до стану елементів доріг за якісними показниками.

Контракти на основі кінцевих результатів надання послуг (виконання робіт) розроблені для підвищення ефективності управління станом доріг. Вони забезпечують те, що фізичний стан доріг, включених в контракт, відповідає потребам користувачів доріг протягом усього терміну дії контракту, при умові своєчасного забезпечення замовником виконання робіт з реконструкції, капітальних і поточних середніх ремонтів на підставі нормативних вимог. Такі періодичні роботи не включаються до зобов'язань підрядника згідно Умовам Контракту ДККП.

Згідно сутності ДККП, підрядник відповідає за визначення і виконання послуг (робіт), необхідних для досягнення та підтримки Рівнів Обслуговування (далі – РО), встановлених в Контракті. Якщо який-небудь РО не дотримується в який-небудь місяць, сума оплати за цей місяць знижується в залежності від параметрів РО, які розглядаються нижче.

Об'єми надання послуг (виконання робіт) на протязі періоду дії Контракту мають коливання протягом року і відрізняються за структурою або змістом, проте оплата за кожен місяць вимірюється фіксованою сумою, яка наведена у Спеціальних умовах Контракту, тобто оплата не залежить від фізичних об'ємів виконаних послуг (робіт) з поточного дрібного ремонту та експлуатаційного утримання ділянки дороги, а тільки від додержання Підрядником обумовлених Контрактом РО.

Отже, згідно моделі ДККП, для збільшення прибутку Підрядник повинен скорочувати об'єми своєї діяльності до мінімально прийнятного рівня втручання, який забезпечує досягнення та підтримку встановлених РО. Підрядник повинен визначати, оптимізувати і своєчасно здійснювати послуги (роботи), виконання яких в короткостроковій, середнє строковій і довгостроковій перспективі забезпечить підтримку стану елементів доріг вище або рівними встановлених РО.

Підрядник, в межах обмежень, встановлених Контрактом, законодавством, нормативними вимогами, а також вимогами до охорони оточуючого середовища і

соціального розвитку, має право незалежно вирішувати: що робити, як це робити і коли це робити. Замовник контролює виконання Контракту Підрядником шляхом перевірки відповідності стану елементів ділянки дороги узгодженим РО, а також діючому законодавству і нормативним документам.

Об'єми задач з надання послуг (виконання робіт) з поточного дрібного ремонту та утримання ділянки автомобільної дороги державного значення визначаються:

1) вимогами «Технічних правил ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України» П-Г.1-218-113:2009, галузевих будівельних нормам «Ремонт автомобільних доріг загального користування. Види ремонтів та перелік робіт» ГБН Г.1-218-182:2011, стандарту організації України «Класифікація робіт з експлуатаційного утримання автомобільних доріг загального користування» СОУ 42.1-37641918-105:2013, "Єдиними правилами зимового утримання автомобільних доріг" ПГ-218- 118: 2005 та інших нормативних документів;

2) кількістю елементів ділянки автомобільної дороги, яку, згідно з Контрактом, обслуговує Підрядник;

3) станом елементів ділянки автомобільної дороги і швидкістю їх деградації;

4) виконанням аварійних робіт - робіт з термінового усунення ситуацій, які загрожують безпечному руху транспортних засобів і виникли не прогнозовано у процесі експлуатації доріг;

5) виконанням технічного нагляду за станом доріг.

Потрібний стан елементів доріг (дорожніх активів) визначається критеріями, що обмежують наявність дефектів або, інакше, пошкоджень (руйнувань і деформацій). Критерії визначаються рівнями обслуговування, які являють собою мінімальні вимоги з кожного критерію.

Критерії діляться на дві категорії:

1) критерії управління, що відносяться до процесів і процедур управління, які застосовує Підрядник для забезпечення експлуатаційних рівнів обслуговування, і належного управління дорожніми активами протягом дії Контракту, а також надання інформації, необхідної Замовнику як для належної реалізації Контракту, так і для забезпечення наступного тендеру;

2) критерії експлуатаційного стану елементів доріг, що задані гранично допустимими параметрами дефектів, склад і значення яких залежать від характеру дефекту і його впливу на ефективність та безпеку руху

Підрядник відповідає за постійний моніторинг і контроль стану всіх дорожніх активів (елементів доріг) відповідно до рівня обслуговування на ділянці дороги, включеної в Контракт. Це надає Підряднику інформацію, необхідну для:

- 1) визначення ступеня дотримання рівня обслуговування, і
- 2) розробки плану заходів, необхідних для забезпечення того, щоб фактичні рівні обслуговування ніколи не опускалися нижче встановленого мінімуму.

Підрядник не отримує інструкцій від Замовника щодо видів та об'ємів необхідних послуг та робіт з поточного дрібного ремонту та утримання доріг. Підрядник самостійно здійснює необхідні заходи для досягнення узгоджених в Контракті рівнів обслуговування.

Для введення, накопичення, зберігання і аналізу даних, які потрібні в управлінні ДККП, Підрядник і Замовник використовують централізовану Інформаційну аналітичну систему ІАСУ–ДККП Укравтодору.

Роботи з реконструкції, капітального та поточного середнього ремонтів не включаються у Завдання Підряднику, а забезпечуються Замовником.

2 Опис ділянки автомобільної дороги Контракту

Послуги та роботи виконуються на елементах доріг, які класифікуються. Класифікація може бути уточнена або замінена, проте повинна мати три рівня: складова дороги, вид елемента, тип елемента.

Класифікація елементів надається Замовником, для чого використовуються:

- 1) паспорт на ділянку дороги, або
- 2) сумарна кількість по кожному елементу дороги, якщо паспорт застарілий або зовсім відсутній, без уточнення місце розташування елементів, або
- 3) заповнена Замовником або, за дорученням Замовника, Підрядником база даних ІАСУ – ДККП Укравтодору.

Діяльність з управління включає наступні процеси та процедури:

- 1) забезпечення якості послуг;
- 2) забезпечення охорони здоров'я та безпеки персоналу Підрядника;
- 3) охорона навколишнього середовища;
- 4) управління в надзвичайних ситуаціях;
- 5) організація руху на ділянках робіт;
- 6) збір і обробка даних, підготовка звітів, необхідних за Контрактом та необхідних для ефективного управління Контрактом.

Крім зазначеного вище, наводиться місцезнаходження ділянки, карта-схема, загальні параметри ділянки:

- довжина;
- ширина проїжджої частини;
- типи та основний тип дорожнього одягу і його покриття;
- стан елементів на ділянці дороги;
- характеристика місцевості;
- інші потрібні, з погляду Замовника, дані.

3 Технічні вимоги та технологія робіт

Якщо інше не зазначено в Контракті, всі технічні вимоги і технології робіт, застосовувані в роботах і послугах, повинні відповідати:

1) Технічним правилам ремонту і утримання автомобільних доріг загального користування України або іншою версією Технічних правил, яка буде чинною на момент виконання робіт.

2) Іншим, які мають відношення до проекту, нормативним документам.

Винятки:

1) При зимовому утриманні, вимоги до кількості солі і піску, зазначені в Технічних правилах, не є обов'язковими, і Підрядник може самостійно визначати процедури, які він застосовуватиме для дотримання рівня обслуговування;

2) Не застосовуються вимоги Технічних правил ремонту і утримання автомобільних доріг загального користування, які стосуються рівності;

3) Якщо в Технічних правилах ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування згадуються конкретні торговельні марки продуктів, обладнання чи технологій, то використання продукції саме цих торгових марок не обов'язкове, тому що це вважається вказівкою на переважний стандарт, якого можна досягти за допомогою інших засобів при умови дотримання рівня обслуговування.

Вимоги в рівнях обслуговування, встановлені в Контракті, не можуть пом'якшувати нормативні вимоги до стану елементів доріг, які задані в Технічних правилах або інших діючих нормативних документах.

Ні за яких обставин Підрядник не може претендувати на додаткову оплату або звільнення від штрафних балів на підставі невідповідності матеріалів і технології робіт нормативним вимогам, які він запропонував і застосував в наданні послуг (виконанні робіт), незалежно від того, чи було отримано на те дозвіл Замовника.

4 Інформаційна аналітична система управління Контрактом

Замовник забезпечує можливість доступу Підрядника до Інформаційної аналітичної системи управління Контрактом (ІАСУ-ДККП), яка забезпечує:

1) аналіз даних та підготовку звітів про різні інспекції, що вимагаються Контрактом;

2) розрахунок щомісячної суми оплати, яка належить Підряднику на основі фіксованої суми оплати за умовами Контракту та сум утримань за штрафні бали.

Доступ здійснюється через інтернет з персональних комп'ютерів, що забезпечені Підрядником і мають інтернет доступ до центральної бази даних Замовника.

Якщо Замовник забезпечує виконання робіт з реконструкції, капітального та поточного середнього ремонтів на окремих сегментах ділянки дороги, то такі дані за допомогою ІАСУ-ДККП вносяться Підрядником в центральну базу даних.

5 Правила роботи на ділянці

Підрядник повинен підготувати Правила роботи на ділянці, в яких встановлюються правила, яких слід дотримуватися при виконанні робіт на ділянці. Такі правила, крім іншого, включають такі питання:

- 1) охорони;
- 2) контролю доступу на ділянку;
- 3) безпеки;
- 4) організації руху;
- 5) реагування в надзвичайних ситуаціях;
- 6) розгляд запитів і скарг третіх осіб;
- 7) санітарних норм;
- 8) медичне обслуговування; і
- (і) пожежної безпеки.

Правила роботи на ділянці повинні відповідати вимогам чинного законодавства України, зокрема, Технічних Правил ремонту і утримання доріг (П-Г.1-218-113: 2009), Київ, 2009 або їх подальшого видання.

6 Програма виконання робіт і планування діяльності Підрядника

6.1 Програма робіт

На основі даних про наявність елементів ділянки дороги, їх фактичного стану, прийнятих у Контракті рівнів обслуговування, свого практичного досвіду, Підрядник розробляє і реалізує щорічну Програму виконання робіт, в якій детально описуються процеси і процедури управління, механізми контролю, застосовувані Підрядником при виконанні робіт та послуг, а також прогнозовані параметри послуг (виконання робіт. Програма включає наступне:

- 1) місцезнаходження виконання послуг і робіт;
- 2) відомість об'ємів послуг і робіт, які уточнюються в процесі реалізації програми;
- 3) кошторисні розрахунки вартості послуг і робіт, які включають ресурсні відомості;
- 4) календарний план надання послуг і виконання робіт;
- 5) потребу в персоналі, обладнанні і матеріалів.

6.2 Операційний план

З метою реалізації програми Підрядник складає операційний план, в якому обґрунтовує шляхи забезпечення затверджений і Контракті рівнів обслуговування, а саме:

- 1) організаційну структуру управління та реалізації Контракту;
- 2) розташування і вміст баз і складів;
- 3) кількість, класифікацію і ступінь використання обладнання та персоналу;
- 4) процедури закупівлі та зберігання матеріалів;
- 5) процедуру збору метеорологічних даних і даних прогнозу погоди;
- 6) процедури інспекцій з питань безпеки та перевірки дотримання рівнів обслуговування;
- 7) процедури інспектування споруд;
- 8) процедури поточного дрібного ремонту та утримання;
- 9) процедури реагування на події та виконання аварійних робіт;
- 10) процедури реагування на запити, звіти та скарги третіх осіб;

11) процедури введення і підтримки точних і своєчасних даних в базу даних ІАСУ-ДККП;

12) організаційну структуру управління та здійснення заходів із зимового утримання;

13) розташування і вміст баз і складів, призначених для зимового утримання;

14) розробку заходів і місць їх проведення щодо снігозахисту;

15) забезпечення наявності та установки віх для відмітки крайок дороги в снігову погоду;

16) встановлює класифікацію, кількість і ступінь використання обладнання та персоналу для зимового утримання;

17) процедури закупівлі, розміщення і зберігання солі та інших матеріалів для боротьби з ожеледицею;

18) плани робіт для кожної встановленої погоди та стану дороги;

19) нагляд і контроль за заходами із зимового утримання;

20) ситуації обмеження руху транспортного потоку з метою безпеки або закриття руху для деяких видів транспортних засобів, організація таких заходів;

21) рівні готовності для кожного певного погодного умови і стану дороги, включаючи наявність і використання ресурсів; моніторинг та звітність;

22) методи поширення інформації про стан доріг і можливості проїзду.

Підрядник розробляє план по забезпеченню якості з метою поєднання вимог Контракту з системою забезпечення якості Підприємства, для чого Підприємство:

1) встановлює вимоги до якості, зазначені в Контракті;

2) планує і виконує роботи згідно з такими вимогами;

3) інспектує і / або проводить випробування робіт і матеріалів для забезпечення відповідності вимогам до якості;

4) реєструє і проводить моніторинг результатів, які свідчать про дотримання вимог;

5) проводить аудит процедур забезпечення якості для забезпечення дотримання вимог;

6) забезпечує своєчасне реагування для усунення невідповідностей.

6.3 План забезпечення якості

План забезпечення якості повинен відповідати принципам ISO 9001 або подальшого стандарту. У плані повинні бути чітко описані системи, процедури та

методи, які будуть застосовуватися з метою забезпечення та моніторингу відповідності Послуг вимогам. В цьому плані Підрядник:

- 1) встановлює вимоги до якості, зазначені в Контракті;
- 2) планує і виконує роботи згідно з такими вимогами;
- 3) інспектує і проводить випробування робіт і матеріалів для забезпечення відповідності вимогам до якості;
- 4) реєструє і проводить моніторинг результатів, які свідчать про дотримання вимог;
- 5) проводить аудит процедур забезпечення якості для забезпечення дотримання вимог;
- 6) забезпечує своєчасне реагування для усунення невідповідностей.

6.4 План природоохоронних заходів

Діяльність Підрядника може потенційно негативно вплинути на навколишнє середовище, тому Підрядник розробляє План природоохоронних заходів відповідно до вимог Закону України "Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру", а також постанов Кабінету Міністрів України, Технічних Правил ремонту і утримання доріг (П-Г.1-218-113: 2009), Київ, 2009 або їх подальшого видання. План природоохоронних заходів повинен відповідати принципам ISO14001: 2008 або подальшого стандарту, щоб звести до мінімуму негативний вплив діяльності Підрядника на навколишнє середовище, дотримуватися законів, правил та інших екологічно орієнтованих вимог, постійно вдосконалюватися в цьому.

Персонал Підрядника та Субпідрядників повинен завжди дотримуватися вимог Плану природоохоронних заходів.

План природоохоронних заходів повинен:

- 1) виражати природоохоронну політику Підрядника;
- 2) описувати загальну систему управління природоохоронними заходами Підрядника;
- 3) забезпечувати систематичне виявлення потенційних ризиків для навколишнього середовища, пов'язаних з діяльністю підрядника та експлуатацією дороги;
- 4) обґрунтовувати зниження істотних ризиків для навколишнього середовища у випадках, коли їх повне усунення або ізолювання утруднене;
- 5) забезпечувати наявність та використання належних засобів захисту;

6) включати планування аварійних робіт на випадок розливів небезпечних рідин, забруднень або прогнозованої небезпеки;

7) забезпечувати регулярний аналіз та оцінку всіх ризиків та моніторинг ефективності природоохоронних заходів;

8) забезпечувати звітність та реєстрацію пригод на ділянці таким чином, щоб проблеми з охороною навколишнього середовища вирішувалися швидко і регулярно. Підрядник про такі події зобов'язаний своєчасно повідомляти Замовника;

В Плані природоохоронних заходів повинні бути враховані всі інші вимоги до охорони навколишнього середовища, передбачені законодавством України.

6.5 План управління ризиками

Приймаючи до уваги вплив невизначеності на виконання Контракту, Підрядник зобов'язаний представити Замовнику План управління ризиками, який включає:

1) визначення цілей процесу управління ризиками в контексті цілей Контракту і оточення причетних сторін; ідентифікація відповідальності і потреби ресурсів; ідентифікацію множини критеріїв, відносно яких ризик повинен бути вимірний;

2) ідентифікацію ризиків: створення повного списку можливих джерел ризиків і подій, які можуть вплинути на досягнення кожної з цілей, визначених на стадії планування;

3) створення реєстру ризиків, в якому вказуються всі передбачувані події, які можуть мати негативний вплив, з присвоєнням рейтингу ймовірності та наслідків;

4) аналіз ризиків, в якому розглядається вплив потенційних комбінацій подій з різними сценаріями;

5) передачу відповідальності за ризики організаціям та особам, які найкраще можуть з ними впоратися;

6) визначення стратегій управління ризиками, включаючи уникнення та мінімізацію впливу ризику, а також стратегій управління залишковими ризиками;

7) процедури регулярного аналізу та оновлення реєстру ризиків та плану управління ризиками.

6.6 План дій у непередбачених ситуаціях

Процедури для надзвичайних ситуацій і План дій у непередбачених ситуаціях визначають ролі та процедури на випадок виникнення стихійних явищ з

непередбаченими наслідками. Процедури для надзвичайних ситуацій і План дій у непередбачених ситуаціях розробляються Підрядником і погоджуються з Замовником та іншими зацікавленими особами, яких можуть визначити Підрядник і Замовник. Мета процедур для надзвичайних ситуацій та Плану дій в непередбачених ситуаціях полягає в забезпеченні безпеки персоналу Підрядника і користувачів доріг в разі виникнення надзвичайної ситуації. План включає:

- 1) опис системи зв'язку та реєстрації подій;
- 2) імена контактних осіб, номери цілодобових телефонів і опис обов'язків співробітників Підрядника, які повинні забезпечувати реагування у разі виникнення надзвичайних ситуацій;
- 3) номери контактних телефонів інших організацій, установ, служб та осіб, яких слід сповістити у разі виникнення надзвичайних ситуацій;
- 4) детальний опис процедур реагування в разі потенційних аварійних ситуацій;
- 5) опис можливих об'їздів на випадок закриття дороги.

6.7 План організації руху

План організації руху транспортного потоку встановлює процедуру організації руху на ділянці дороги Контракту і складається на основі вимог законодавства України. План організації руху розробляється Підрядником і затверджується Замовником.

План організації руху транспортного потоку:

- 1) визначає і документує обов'язки і субординацію в процесі розробки, впровадження та управління заходами та системами організації транспортного потоку;
- 2) встановлює мінімальні нормативні вимоги до тимчасових засобів організації руху;
- 3) встановлює мінімальні нормативні вимоги до геометрії, поперечному профілю і покриттю тимчасових об'єктів;
- 4) забезпечує влаштування перехідних ділянок, безпечний і ефективний проїзд транспорту на ділянці;
- 5) забезпечує захист персоналу Підрядника,
- 6) забезпечує захист дороги, активів і ресурсів Підрядника;
- 7) відповідає вимогам до експлуатації дороги.

План організації руху транспортного потоку повинен включати:

- 1) задокументовану процедуру підготовки, аналізу і затвердження Плану організації руху транспортного потоку;

2) опис системи реєстрації та контролю документації для забезпечення циркуляції тільки останній версії Плану;

3) номери цілодобових телефонів Підрядника, Замовника, аварійних служб та інших зацікавлених осіб;

4) схеми ділянки дороги, описи методів контролю транспортного потоку по кожному аспекту послуг (включаючи схеми ділянки та опис методів на випадок необхідності спеціальних заходів по організації руху, не передбачених звичайними правилами і процедурами).

6.8 План інформаційного забезпечення

План інформаційного забезпечення встановлює процедури збору, зберігання та аналізу даних, а також підготовки звітності. План інформаційного забезпечення розробляється Підрядником і затверджується Замовником. У Плані інформаційного забезпечення Підрядник наводить план збору даних, в якому описує методи і частотність збору даних, а також підходи, застосовувані для забезпечення та контролю якості даних. Дані Плану інформаційного забезпечення та плану збору даних, зберігається в ІАСУ-ДККП.

План інформаційного забезпечення повинен встановлювати процедури своєчасного введення даних, зібраних під час інспекцій і з інших джерел, в системи ІАСУ-ДККП, і підготовки звітів, необхідних Підряднику для ефективного надання послуг і виконання робіт, а також Замовнику для оцінки дотримання вимог і обґрунтування оплати.

Підрядник збирає дані відповідно до Плану збору даних з точністю, частотою і повнотою, що зазначені для цілей, з якими збираються такі дані, а потім водить ці дані в систему ІАСУ-ДККП.

7 Інспекції

7.1 Контроль безпеки руху

Для забезпечення безперебійного проїзду по дорозі Підрядник контролює умови та безпеку руху на всій ділянці дороги, за яку він відповідає, щодня. В зимових умовах (снігопад, ожеледі або в погоду, яка сприяє виникненню ожеледі), контроль безпеки руху проводиться, як мінімум, два рази на день.

Процедури інспекцій з питань безпеки руху мають бути детально описані в операційному плані Підрядника:

Під час інспекцій з питань безпеки руху повинна реєструватися, як мінімум, така інформація:

- 1) дата і час інспекції на початку і кінці кожної частини ділянки дороги;
- 2) погодні умови;
- 3) маршрут інспекції;
- 4) опис експлуатаційного стану дороги;
- 5) події, ризиковані обставини і дефекти, виявлені під час інспекції, та вжиті для їх усунення заходи;
- 6) записи про випадки взаємодії:
 - з співробітниками ДАІ;
 - з персоналом Замовника
 - з представниками офіційних органів;
 - з громадянами.

Інспектування з питань безпеки руху на ділянці вважається таким, яке має місце в день, в який починається інспекція. В зимовий період інспекція може завершитися наступного дня. У літній період повне інспектування ділянки повинно проводитися за світловий день.

7.2 Контроль виконання рівнів обслуговування Підрядником

В Операційному плані Підрядника повинні бути розроблений режим інспектування всіх елементів ділянки дороги, які обслуговуються за Контрактом на основі кінцевих показників. Підрядник інспектує стан елементів доріг так часто, як потрібно, щоби не допустити порушення часу відгуку, встановленого для ліквідації дефектів.

Будь-які невідповідності експлуатаційним рівнем обслуговування, виявлені під час інспекцій, повинні реєструватися.

Реєстрація кожного дефекту повинна включати:

- 1) зазначення його точної позиції,
- 2) код дефекту згідно встановленої в Контракті таблиці рівнів обслуговування
- 3) при необхідності, додаткове текстовий опис
- 4) цифрові фотографії із зазначенням дати і часу, коли вона зроблена.

Запис про кожну інспекцію завантажується в систему ІАСУ-ДККП не пізніше 9 годин після реєстрації з додатком фотографії та зазначенням на ній дати і часу по кожному виявленому випадку недотримання експлуатаційних рівнів обслуговування. По завершенні ремонтних заходів по кожному дефекту або групі дефектів робиться запис про виконані роботи (у формі текстового опису) з додатком фотографії та зазначенням на ній дати і часу. Ці дані завантажується в ІАСУ-ДККП не пізніше, ніж через 9 годин після завершення ремонтних робіт.

7.3 Контроль виконання рівнів обслуговування Замовником

Представники Замовника можуть проводити інспекції рівня обслуговування в будь-який час і на будь-яких ділянках дороги, включеної в Контракт, щоб переконатися, що Підрядник:

- 1) дотримується всіх управлінських та експлуатаційних рівнів обслуговування;
- 2) у разі виявлення дефектів або випадків невідповідності, коректно вводить дані в ІАСУ-ДККП;
- 3) дотримується технічних вимог, робочих процедур і правила роботи на ділянці відповідно до Контракту.

Представники Замовника реєструє всі виявлені випадки невідповідності стану елементів дороги експлуатаційним рівням обслуговування, які не зареєстровані в ІАСУ-ДККП. Реєстраційний запис кожного дефекту повинен відповідати тим, що збираються Підрядником. Такі записи вводяться в ІАСУ-ДККП представником Замовника не пізніше 9 годин після завершення інспекції. Якщо представник Замовника виявляє дефект або випадок невідповідності, за якими Підрядник помилково ввів дату усунення, такий дефект або випадок невідповідності записується, як існуючий з початкової дати виявлення, і позначається для додаткових дій.

Про будь дефектах або невідповідності експлуатаційним рівнем обслуговування, за якими встановлено термін реагування (час відгуку) в один день і менш, представник Замовника повідомляє Підрядника негайно із зазначенням місцезнаходження та характеру таких дефектів. Термін реагування по таких дефектів починається з моменту оповіщення представником Замовника або з моменту виявлення такого дефекту Підрядником, залежно від того, яка з цих подій відбулася першою.

7.4 Інспекції штучних споруд

Візуальна інспекція всіх мостів (шляхопроводів, естакад, надземних переходів) і водопропускних труб з прольотом або діаметром більше двох метрів, і підпірних стінок висотою більше двох метрів, та інших істотних споруд проводиться не рідше одного разу на календарний місяць з метою перевірки їх експлуатаційного стану

Під час інспекції записується такі дані:

- 1) пошкодження, завдані транспортними засобами;
- 2) розмиви фундаментів водними потоками, ерозія захисних споруд, таких як обшивки укосів, габіони тощо;
- 3) просідання фундаментів, зсув або поворот опор, укісних крил і підпірних стінок;
- 4) істотна корозія сталевих арматур в залізобетонних елементах, що викликає відколювання бетону;
- 5) нові або що ускладнилися прогини або тріщини в залізобетонних елементах;
- 6) корозія несучої арматури з істотною втратою металу;
- 7) інші дефекти, які ставлять під загрозу безпечну експлуатацію штучної споруди.

Якщо дефект швидко прогресує, Підрядник негайно інформує про це Замовника і вживає необхідних заходів для забезпечення безпеки користувачів дороги і свого персоналу.

Будь-які невідповідності експлуатаційним рівнем обслуговування, виявлені під час інспекцій, повинні реєструватися. Реєстрація кожного дефекту повинна включати опис його точної позиції, вказівка розмірів дефекту та цифрові фотографії із зазначенням дати і часу. Запис про кожну інспекцію завантажується в ІАСУ-ДККП не пізніше 9 годин після реєстрації. По завершенні ремонтних заходів по кожному дефекту або групі дефектів, запис про роботи з додатком фотографії та зазначенням на ній дати і часу своєчасно завантажується в систему ІАСУ-ДККП.

8 Звітність

Про кожний випадок надзвичайної події Підрядник негайно сповіщає Замовника у такий спосіб;

- 1) про зсуви у вигляді зсуву землі або кам'яного матеріалу обсягом понад 200 м³, які повністю або частково блокують проїжджу частину, узбіччя, дренажну систему або

водний потік - негайно і в будь-якому випадку - протягом однієї години з моменту виявлення;

2) повинь у вигляді заливу великим об'ємом води, повністю або частково, дороги, узбіч та прилеглої території - негайно і в будь-якому випадку - протягом однієї години з моменту виявлення;

3) інші події, в результаті яких Підрядник пропонує Замовнику видати розпорядження про виконання аварійних робіт - негайно і в будь-якому випадку - протягом однієї години з моменту виявлення;

4) ДТП з випадками травматизму, істотними пошкодженнями транспортних засобів або дорожнього покриття, споруд або дорожньої обстановки - негайно і в будь-якому випадку - протягом двадцяти чотирьох годин з моменту виявлення.

5) інший збиток, включаючи випадки вандалізму, крадіжки, нанесення збитку дорожній обстановці та спорудам - щомісяця.

Звіти про надзвичайні події включають:

1) опис точного місця, часу і масштабів події з додатком карт або планів і цифрових фотографій із зазначенням дати та часу;

2) короткий словесний опис обставин.

3) якщо можливо, імена людей і назви організацій, відповідальних за збиток. Дана інформація потрібна для того, щоб Замовник міг стягнути компенсацію витрат, пов'язаних з усуненням пошкоджень.

Відповідні деталі про кожен надзвичайну подію вводяться в ІАСУ-ДККП не пізніше 9 годин після виявлення. По завершенні аварійних робіт, час і дата відновлення вводиться в ІАСУ-ДККП не пізніше 9 годин після такого поновлення.

Щомісячні звіти подаються Підрядником Керівнику проекту кожен місяць не пізніше, ніж на п'ятий календарний день наступного за звітним місяця, і включають наступні розділи:

1) описовий звіт, що описує надання послуги (виконання робіт) за звітний місяць, проблеми і заходи, прийняті для їх вирішення;

2) звіт про відповідність експлуатаційним рівнем обслуговування - підстава для виплати щомісячної частини фіксованої суми, згідно формату в ІАСУ-ДККП, включаючи випадки виявлених невідповідностей, виконані заходи та їх терміни, а також нараховані штрафні бали;

3) звіт про профілактичні роботи, спрямовані на запобігання недотримання експлуатаційних рівня обслуговування, відповідно до формату в ІАСУ-ДККП;

4) звіт про хід виконання аварійних та інших (якщо вони передбачені умовами Контракту) робіт, які оплачуються за кошторисною документацією на основі фізичних об'ємів - згідно формату в ІАСУ-ДККП;

5) звіт про випробування, проведених відповідно до Плану забезпечення якості або на вимогу Замовника. Випробування проводяться у відповідності з нормативними вимогами, а детальні результати представляються Замовнику у відповідний місяць;

6) звіти про інспектування штучних споруд - звіти представляються щомісячно в форматі з ІАСУ-ДККП. Звіт про першу інспекції повинен бути представлений протягом двох календарних місяців з дати початку робіт;

6) резюме звітів про пригоди подається щомісяця в форматі з ІАСУ-ДККП;

7) оновлена щомісячна програма робіт, із зазначенням місця, часу та об'ємів робіт, які Підрядник пропонує виконати в наступний місяць;

8) звіт про зимовому утриманні, за кожен місяць в зимовий період, звіт з описом операцій по зимовому утриманню, що включає наступні дані з аналізом дотримання вимог:

- дата і час виклику кожної одиниці обладнання для зимового утримання
- час виїзду кожної одиниці обладнання з бази
- кількість солі, піску, суміші, рідини, використаних кожною одиницею обладнання в день
- при можливості, показники коефіцієнта зчеплення, записані щохвилини кожною одиницею обладнання
- кілометри, обслужених кожною одиницею обладнання
- норма витрати піску або солі кожною одиницею обладнання на годину
- маршрути або зони, обслужених кожною одиницею обладнання
- час прибуття одиниці обладнання на базу
- загальна кількість годин роботи кожної одиниці обладнання.

Звіт про передачу ділянки дороги Підрядник подає Замовнику не пізніше ніж за один місяць до Дати завершення Контракту з метою забезпечення плавного переходу до наступного контракту та ознайомлення наступного Підрядника зі станом справ по діючому Контракту. У звіті наводяться дані про::

поточну програму робіт, включаючи всі розділи і, особливо, оновлений реєстр ризиків;

відомість неліквідованих дефектів і незавершених зобов'язань;

перелік невирішених проблем, особливо тих, які можуть вплинути на роботу наступного підрядника;

детальний опис важливих питань;
поточні потреби в моніторингу.

9 Строки реагування і штрафні бали

Розрізняються управлінські рівні обслуговування і експлуатаційні рівні обслуговування.

Приклад деяких управлінських рівнів обслуговування наведений в табл. А.1. Перелік управлінських рівнів обслуговування та їх параметри узгоджуються Підрядником і Замовником і враховуються при визначенні щомісячної суми оплати послуг і робіт, які виконуються на підставі кінцевих показників.

Оцінка експлуатаційних рівнів обслуговування на ділянці дороги виконується згідно узгоджених в Контракті списку і параметрів рівнів обслуговування. Приклад експлуатаційних рівнів обслуговування наведений в табл. А.2.

Таблиця А.1 – Час реалізації і штрафні бали управлінських рівнів обслуговування

Задача	Дії	Час реалізації	Штрафні бали
Підготовка правил роботи на ділянці	Проект правил подається Замовнику на затвердження	Не пізніше одного місяця з початку роботи	4 за день перевищення часу реалізації
И	Замовник видає повідомлення про затвердження або відмову затвердження і причини цього	14 днів після дати повідомлення Замовнику	
	Подача Підрядником переглянутих правил	7 днів після повернення на доопрацювання	4 в день
	Підрядник дотримується правил та усуває наслідки їх невиконання		2 бали за 1-ий тиждень, 4 за 2-й тиждень, а після цього 1 бал в день доти, поки недоліки не будуть усунуті
Підготовка проекту Програми надання послуг	Підрядник подає проект Програми	3 тендерною пропозицією на першому етапі	4 в день

(виконання
робіт)

Інспекції рівнів обслуговування	Підрядник подає першу оновлену Програму Затвердження або відмова від затвердження Замовником	Не пізніше дати початку робіт 14 днів після подачі Програми	4 в день
	Підрядник виконує Програму	Постійно	5 балів за кожне порушення Програми за кожен день дії такого порушення
Інспекції рівнів обслуговування	Підрядник реєструє всі випадки недотримання експлуатаційних рівнів обслуговування, виявлені під час інспекції, і вводить ці дані в ІАСУ-ДККП	На протязі 9 годин після інспекції	2 за кожную добу після 9 годин
	Якщо Замовник проводить інспекцію та повідомляє Підрядника про її результати, Підрядник забезпечує введення всіх випадків недотримання експлуатаційних рівня обслуговування в ІАСУ-ДККП	На протязі 9 годин після повідомлення від Замовника	2 за кожную добу після 9 годин

Таблиця А.2 – Приклад таблиці рівнів обслуговування елементів доріг

Об'єкт		Вид елементу		Тип елементу			Дефект				
Покриття дорожнього одягу		Асфальтобетонне покриття		Мілкозернистий асфальтобетон			Вибойи				
Код	Сезон	Критерій	Од. часу	Час реагуван.	Коментар	Перевищ. часу	Зняття балів	Од. виміру	На одиницю	Кількість одиниць	Примітка
2.7.17.19.1	Л,З	(Еквівалентний діаметр > 150 мм ТА Еквівалентний діаметр <= 200 мм) АБО (Глибина > 40 мм ТА Глибина <= 50 мм)	година		4 2 бали за 4-х годинний період	4,00	2,00	випадок	1		
2.7.17.19.2	Л,З	Екв. діаметр > 100 мм ТА 5 вибоїв на 1 км проїзної частини	день		1 2 бали за 1 день перевищення часу реагування	1,00	2,00	км	2	5	Якщо дотриманий критерій, вибоїна не враховується. Якщо ділянка < 1 км, то штрафні бали зменшуються пропорційно довжині.

Усі значення в даній таблиці мають умовний характер, але наближений до реальних умов. Значення можуть бути уточнені та змінені за домовленістю сторін контракту. В майбутньому існує необхідність у розробці та затвердженні СОУ щодо мінімальних рівнів обслуговування в ДККП для автомобільних доріг України.

10 Розрахунок штрафних балів за порушення експлуатаційних рівнів обслуговування

Зниження суми оплати застосовується в разі перевищення часу реагування на невідповідності рівням обслуговування шляхом застосування штрафних балів. Усі суми зниження оплати віднімаються з сум, належних підряднику в кінці кожного місяця. Вартість штрафних балів вказується в спеціальних умовах контракту та щорічно коригується із застосуванням формули коригування ціни, зазначеної в контракті, згідно таблиці 4.

У випадку порушення критерію рівня обслуговування фіксується дата та час реєстрації t_1 і дата та час усунення t_2 . Різниця між ними $t_2 - t_1$ називається строком реагування t . Для розрахунку використовуються наступні одиниці:

r – регламентований час відгуку, дробове число днів до усунення з точністю до хвилини (строки реагування, виражені в інших одиницях, переводяться в дні.;

t – фактичний час відгуку;

n - дробове число штрафних балів в день (штрафні бали, виражені в інших одиницях, переводяться в штрафні бали в день);

t_1 - дата та час реєстрації з точністю до хвилини;

t_2 - дата та час усунення з точністю до хвилини;

t - дробове число днів до усунення з точністю до хвилини.

При розрахунку фактичного часу відгуку необхідно враховувати час несприятливих погодних умов для виконання робіт.

Таблиця А.3 – Розмір штрафних балів залежно від часу реагування

Термін реагування (фактичний час відгуку) тобто час до усунення дефекту, t	Затримка виконання і штрафні бали				
	$0 - r$	$r - 2r$	$2r - 3r$	$3r - 4r$	$>4r$
Зазначені штрафні бали за затримку виконання	0	n	$2n$	$5n$	Розглядається питання про розірвання контракту

Коефіцієнт перевищення фактичного часу відгуку над регламентованим (k_d) визначається за формулою (1) і округлюється до наступної цілої числа:

$$k_d = (t - r) / r. \quad (1)$$

Округлення означає те, що, якщо термін реагування перевищує максимально допустимий строк, наприклад, на 1 хвилину, нараховується повний штрафний бал за дане порушення.

Тривалість затримки (d) визначається за формулою (2).

$$d = t - r. \quad (2)$$

Штрафні бали за недотримання регламентованого часу відгуку (B_p) розраховуються за формулою:

$$B_p = d \times n \times e, \quad (3)$$

де e – коефіцієнт кількісного застосування штрафних балів (область значень $[0; 5]$, якщо ж значення коефіцієнту перевищує 5, то розглядається питання про розірвання контракту).

ДОДАТОК Б

ФОРМА ЗВІТНОСТІ ЗА ПРОЕКТАМИ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНЕ УТРИМАННЯ ДОРІГ

Щомісячні звіти.

Щомісячні звіти подаються підрядником керівнику проекту кожен місяць, не пізніше, ніж на п'ятий календарний день наступного за звітним місяця, і включають наступні розділи:

- Описовий звіт, що описує послуги та роботи, виконані за звітний період, проблеми і заходи, прийняті для їх вирішення;

- Звіт про відповідність експлуатаційним рівням обслуговування - підстава для виплати щомісячної частини фіксованої суми, згідно формату, наведеному в таблиці Б.1, включаючи випадки виявлених невідповідностей, виконані заходи та їх терміни, а також нараховані штрафні бали.

Даний звіт проводиться інформаційною системою

Звіт про профілактичні роботи, спрямованих на запобігання недотримання експлуатаційних рівнів обслуговування, відповідно до формату, зазначеним у таблиці Б.2.

Таблиця Б.1 – Щомісячний звіт про дотримання рівнів обслуговування – управлінські рівні

№ Контракту: Місяц: рік:

Підрядник:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Посилання	Короткий опис вимог	Дія	Необхідний термін реагування		Фактичний термін реагування		Просрочка		Тариф	Штрафні бали
			В днях	Інше	В днях	інше	В днях	інше		
Всього штрафних балів										

Даний звіт проводиться інформаційною системою

Таблиця Б.2 – Щомісячний звіт про дотримання рівнів обслуговування –
управлінські рівні

№
Контракту: Місяц: рік:

Підрядчик:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Посил.	Об'єкт / Місце	Критерії обслуговування	Місце	Виявлено	Виправлено	Дія			Необхідний час відгуку		Фактичний час відгуку		Просрочення		Тариф	Штрафні бали
			км	дата												
Всього штрафних балів																

Таблиця Б.3 – Звіт про профілактичні роботи по утриманню

№.	Місце	Виконані роботи	Причини виконаних робіт	Дата початку	Дата завершення	Вартість

Примітка:

Кожне введення інформації в таблиці вище повинен супроводжуватися описом стану дороги або іншого активу перед втручанням, описом і зазначенням обсягів виконаних робіт і розбивкою вартості робіт, описаних у таблиці вище, на основі ставок з відомості об'ємів робіт.

Оплата не передбачена за роботи, які вважаються включеними в оплату фіксованою сумою, за винятком випадків, попередньо затверджених керівником проекту.

- Звіт про хід виконання всіх робіт, які оплачуються за одиничними розцінками - згідно формату, наведеному в таблиці Б.4.

Таблиця Б.4 – Звіт про роботи які оплачуються на основі одиничних розцінок

№.	Місце	Виконані роботи	Причини виконання робіт	Дата початку	Дата завершення	Вартість

Примітки:

Даний звіт має включати тільки ті роботи, які виконуються за розпорядженням керівника проекту, аварійних робіт або інших робіт, коли контракт передбачає оплату на основі одиничних розцінок, за винятком робіт з капітального та поточного ремонту.

Кожне введення інформації в таблиці повинен супроводжуватися описом обставин, що призвели до необхідності виконання робіт, описом і зазначенням обсягів виконаних робіт з розбивкою вартості робіт, описаних у таблиці вище, на основі розцінок відомості об'ємів робіт .

- Звіт про випробування, проведених відповідно до плану забезпечення якості або на вимогу керівника проекту. Випробування проводяться у відповідності зі специфікаціями і стандартами, а детальні результати представляються керівнику проекту у відповідний місяць.

- Звіти про інспектування штучних споруд - звіти про інспекції представляються щомісячно у форматі (табл.Б.5). Звіт про першу інспекцію повинен бути представлений протягом двох (2) календарних місяців з дати початку робіт.

Таблиця Б.5 – Звіти про інспекції споруд

Загальні данні			Схили / Земляні споруди		Конструкція			Інше
№ споруди	Місце (км)	Дата інспекції	Стабільність	рослинистість	рух	Стан стін	Фундаменти	Вказати

- Резюме звітів про події подається щомісяця (може бути у формі "порожнього " звіту) у форматі, наведеному в таблиці Б.6.

Таблиця Б.5 – Звіт про події

№.	Дата /час	Місце	Обставини	Реакція	№ розпорядження про роботи (якщо є)	Дата/ час завершення	Примітки

Даний зведений звіт є частиною щомісячного звіту підрядника

Звіт описує заходи з реагування на події, що трапилися за звітний період.

Звіт повинен включати аварійні події, по яких також потрібні окремі звіти.

- Оновлена щомісячна програма робіт, із зазначенням місця, часу та обсягів робіт, які підрядник пропонує виконати в наступний місяць.

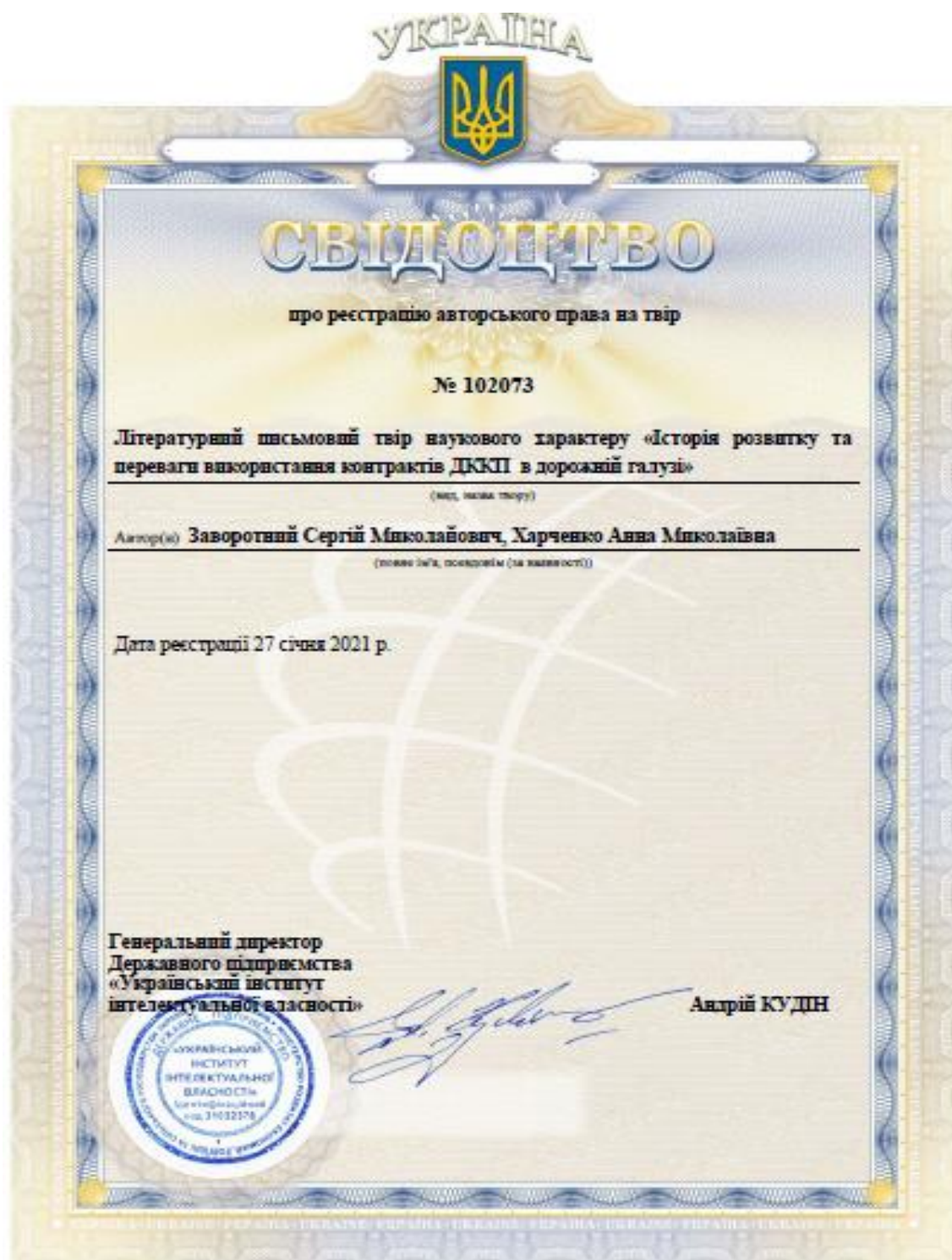
Звіт про передачу ділянки.

Не пізніше, ніж за один (1) місяць до дати завершення контракту, підрядник подає проект звіту про передачу ділянки керівнику проекту. Мета даного звіту - забезпечити безперебійний перехід до наступного контракту і ознайомити наступного підрядника з існуючою ситуацією у звіті:

- описуються поточні не вирішені проблеми;
 - містяться останні дані про дороги та інші об'єкти, включених до контракту;
- які включають:
- поточну програму робіт;
 - відомість не усунених дефектів і незавершених зобов'язань;
 - перелік не вирішених проблем, зокрема, тих, які можуть вплинути на роботу наступного підрядника;
 - більш детальний опис важливих питань;
 - поточні потреби в моніторингу;

ДОДАТОК В

СВІДОЦТВА ПРО РЕЄСТРАЦІЮ АВТОРСЬКИХ ПРАВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ РОБОТИ





НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
«УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ»
(УКРПАТЕНТ)

вул. Глазунова, буд. 1, м. Київ, 01601, тел.: (044) 494-05-05, факс: (044) 494-05-06
E-mail: office@ukrpatent.org, сайт: www.ukrpatent.org, код згідно з ЄДРПОУ 31032378

Р І Ш Е Н Н Я

ПРО РЕЄСТРАЦІЮ АВТОРСЬКОГО ПРАВА НА ТВІР

Державне підприємство «Український інститут інтелектуальної власності» розглянуло заяву
Заворотний Сергій Миколайович, вул. О. Фльорова, 29/2, м. Чернігів, 14000

(повне ім'я автора, адреса)

заявка від **6 січня 2021 р. № с202100056**

про реєстрацію авторського права на твір і прийняло рішення зареєструвати авторське право на твір
Літературний письмовий твір наукового характеру «Оптимізація відношення «час - вартість» для реалізації довгострокових контрактів заснованих на кінцевих показниках»; Заворотний Сергій Миколайович, Харченко Анна Миколаївна

(вид, повна, скорочена (за наявності) назва твору, повне ім'я, псевдонім (за наявності) автора (ів))

Внесення відомостей до Державного реєстру свідоцтв про реєстрацію авторського права на твір та видача свідоцтва будуть здійснені за умови сплати збору за оформлення і видачу свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір відповідно до пункту 20 Порядку державної реєстрації авторського права і договорів, які стосуються права автора на твір, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2001 р. № 1756 «Про державну реєстрацію авторського права і договорів, які стосуються права автора на твір».

Якщо протягом трьох місяців від дати одержання заявником рішення про реєстрацію авторського права на твір Державне підприємство «Український інститут інтелектуальної власності» не одержало документ про сплату збору за оформлення і видачу свідоцтва у розмірі та порядку, визначених законодавством, або копію документа, що підтверджує право на звільнення від сплати зазначеного збору, заявка вважається відхиленою і реєстрація авторського права та публікація відомостей про реєстрацію Державним підприємством «Український інститут інтелектуальної власності» не проводиться.

УКРАЇНА



СВІДОЦТВО
про реєстрацію авторського права на твір

№ 76497

Літературний письмовий твір науково-практичного характеру "Методичні рекомендації з проведення вартісної оцінки автомобільних доріг і споруд на них"

(вид, назва службового твору)

Автор(и) **Славінська Олена Сергіївна, Харченко Анна Миколаївна, Бубела Андрій Володимирович, Чесноков Сергій Володимирович**

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать **Національний транспортний університет, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, 01010**

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

Дата реєстрації **01.02.2018**

Державний секретар Міністерства економічного розвитку і торгівлі України **О. Ю. Перевезенцев**



МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ
ІДЕНТИФІКАЦІЙНИЙ КОД 3 7508596

ПІК «Україна». Зам. 17-2020. 2017 р. IV кв.

УКРАЇНА



СВІДОЦТВО
про реєстрацію авторського права на твір

№ 76682

Літературний письмовий твір наукового характеру "Розробка математичної моделі вартісної оцінки дорожньо-транспортних активів як складової інформаційно-управлінської системи"

(вид, назва службового твору)

Автор(и) **Славінська Олена Сергіївна, Савенко Вячеслав Якович, Харченко Анна Миколаївна, Бубела Андрій Володимирович**

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать **Національний транспортний університет, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, 01010**

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

Дата реєстрації **06.02.2018**



Державний секретар Міністерства економічного розвитку і торгівлі України О. Ю. Перевезенцев

ГК «Україна». Зам. 17-2020. 2017 р. IV кв.

УКРАЇНА



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 50504

Комп'ютерна програма "Інформаційно-аналітична система управління дорожнім господарством - Система управління станом покриття" ("ІАСУ ДГ - СУСП")

(вид, назва службового твору)

Автор(и) Канін Олександр Петрович, Харченко Анна Миколаївна, Соколова Наталія Михайлівна

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать Канін Олександр Петрович, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Харченко Анна Миколаївна, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Соколова Наталія Михайлівна, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Національний транспортний університет, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

30.07.2013

Дата реєстрації



Голова Державної служби
інтелектуальної
власності України
М.В. Ковіня

(Handwritten signature)

УКРАЇНА

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
 ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 58880

Науковий твір "Методика оцінки ефективності проектів державно-приватного партнерства в дорожній галузі"

(вид, назва службового твору)

Автор(и) Харченко Анна Миколаївна, Соколова Наталія Михайлівна

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать Харченко Анна Миколаївна, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Соколова Наталія Михайлівна, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Національний транспортний університет, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

05.03.2015

Дата реєстрації

Голова Державної служби
 інтелектуальної
 власності України
 А.Г.Жарінова

М.П.



СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 86516

Літературний письмовий твір наукового характеру "Розробка моделі вагомостей параметрів автомобільних доріг у складі інформаційно-управлінської системи грошової оцінки"

(вид, назва твору)

Автор(и) Славінська Олена Сергіївна, Стьожка Віталій Володимирович,
Харченко Анна Миколаївна, Бубела Андрій Володимирович, Кватадзе Аліна
Іродіонівна

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Дата реєстрації

01.03.2019



Державний секретар Міністерства економічного розвитку і торгівлі України О. Ю. Перевезенцев


 УКРАЇНА
 ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

СВІДОЦТВО
 про реєстрацію авторського права на твір

№ 50503

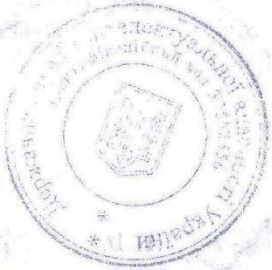
Комп'ютерна програма "Інформаційно-аналітична система управління дорожнім господарством - Аналітична експертна система управління мостами" ("ІАСУ ДГ - АЕСУМ")
(вид, назва службового твору)

Автор(и) Канін Олександр Петрович, Харченко Анна Миколаївна, Соколова Наталія Михайлівна
(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать Канін Олександр Петрович, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Харченко Анна Миколаївна, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Соколова Наталія Михайлівна, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Національний транспортний університет, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010
(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

30.07.2013

Дата реєстрації



 Голова Державної служби
 інтелектуальної
 власності України
М.В. Ковіня

УКРАЇНА



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 50972

Комп'ютерна програма "Інформаційно-аналітична система управління дорожнім господарством" ("ІАСУ ДГ")

(вид, назва службового твору)

Автор(и) Канін Олександр Петрович, Харченко Анна Миколаївна, Соколова Наталія Михайлівна

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать Канін Олександр Петрович, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Харченко Анна Миколаївна, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Соколова Наталія Михайлівна, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Національний транспортний університет, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

27.08.2013

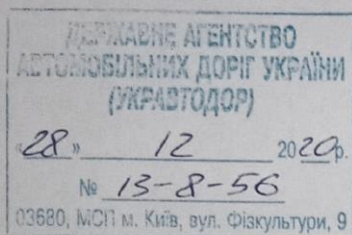
Дата реєстрації

Голова Державної служби
інтелектуальної
власності України
М.В. Ковіня



ДОДАТОК Г

ДОВІДКИ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ УЧАСТІ В НДР



ДОВІДКА

впровадження наукових розроблень доцента кафедри транспортного будівництва та управління майном Національного транспортного університету
Харченко Анни Миколаївни

Даною довідкою підтверджується, що результати дисертаційної роботи доцента кафедри транспортного будівництва та управління майном Національного транспортного університету Харченко Анни Миколаївни були впроваджені в Державному агентстві автомобільних доріг України при виконанні науково-дослідних робіт за темами:

– «Розробити інформаційно-аналітичну систему управління дорожнім господарством» (договір № 74-11 від 01 квітня 2011 р. РК 0111U006056);

– «Розробити Методику та Інформаційно-аналітичну систему управління станом автомобільних доріг на основі довгострокових контрактів з поточного дрібного ремонту та утримання доріг за показником рівня їх обслуговування» (договір № 35-13 від 18 квітня 2013 р. РК 0113U001972);

– «Виконати аналіз та розробити вимоги до усунення дефектів елементів доріг при реалізації довгострокових контрактів з поточного дрібного ремонту та експлуатаційного утримання автомобільних доріг загального користування» (договір № 49-15 від 19 червня 2015 р. РК 0115U001654);

– «Провести аналіз, правове дослідження та підготувати пакет документів для внесення змін до нормативно-правових актів і нормативно-технічних документів для можливості реалізації форм контрактів на експлуатаційне утримання автомобільних доріг загального користування тривалого строку дії» (договір № 26-16 від 19 вересня 2016 р. РК 0116U007509);

– «Провести аналіз, правове дослідження та підготувати пакет документів до нормативно-правових актів і нормативно-технічних документів для можливості реалізації типових форм контрактів міжнародних інженерних організацій в дорожньому господарстві України» (договір № 25-16 від 19 вересня 2016 р. РК 0116U007508);

– «Провести дослідження та розробити національні стандарти щодо експлуатаційних рівнів обслуговування елементів автомобільних доріг та їх обґрунтування при реалізації довгострокових контрактів на експлуатаційне утримання автомобільних доріг загального користування» (договір № 92-17 від 21 листопада 2017 р. РК 0117U005111);

– «Виконати аналіз та надати технічні рішення до об'єктів експлуатаційного утримання автомобільних доріг державного значення на основі довгострокових договорів за принципом забезпечення їх експлуатаційного стану відповідно до нормативно-правових актів» (договір № 108-20 від 16 листопада 2020 р. РК 0120U104802).

За результатами наукових робіт було розроблено:

– МР В.3.2-02070915-844:2014 «Методичні рекомендації з управління станом автомобільних доріг на основі довгострокових контрактів з поточного дрібного ремонту та утримання доріг за показником рівня їх обслуговування»;

– ДСТУ 8992:2020 «Автомобільні дороги. Настанова з обґрунтування рівнів обслуговування під час експлуатаційного утримання»;

– ДСТУ 8993:2020 «Автомобільні дороги. Рівні обслуговування під час експлуатаційного утримання»;

– Інструкція з використання Інформаційно-аналітичної системи управління дорожнім господарством;

– Інструкція користувача Інформаційно-аналітичної системи управління станом автомобільних доріг на основі довгострокових контрактів з поточного дрібного ремонту та утримання доріг за показником рівня їх обслуговування.

Начальник відділу
інноваційного розвитку
Департаменту технічного забезпечення
та інноваційного розвитку



О.Ю. Тимошук

016017



УКРАЇНА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

01010, м. Київ, вул.М.Омеляновича-Павленка, 1, т.ф. +38 (044) 280 82 03, т. +38 (044) 280 87 65
 e-mail: general@ntu.edu.ua, код ЄДРПОУ 02070915

17.03.2021 № 2123/11

на № _____

ДОВІДКА

про впровадження результатів науково-дослідної роботи

Результати дисертаційної роботи доцента кафедри транспортного будівництва та управління майном Харченко А.М. за темою «Наукові основи управління програмами експлуатаційного утримання автомобільних доріг» впроваджено у навчальний процес при викладанні дисципліни «Методологічні основи розробки та управління науковими проектами» для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» за освітньо-науковою програмою «Будівництво та цивільна інженерія». Конспект лекцій та методичні вказівки до вивчення дисципліни затверджені на засідання науково-методичної Ради Національного транспортного університету протокол № 17 від 29.12.2020 р.

Проректор з навчальної роботи НТУ,
 професор



О.К. Гришук

Завідувач відділом аспірантури
 і докторантури НТУ,
 професор

І.А. Рутковська



ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
„СОЮЗТРАНСПРОЕКТ”

02156, м. Київ, вул. Братиславська, 14-Б.
 Поштова адреса: 02140, м. Київ, вул. Руденко, 6а
 т/ф 8(044) 501-81-41, E-mail: office@soutrap.com

№ 09.04.21/2
 від «9» квітня 2021 р.

За місцем вимоги

ДОВІДКА ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів науково-дослідної роботи

за напрямком «Методологія управління проектами ремонтів
 та експлуатації автомобільних доріг»

Даною довідкою засвідчується, що результати досліджень, які відображені в дисертаційній роботі Харченко Анни Миколаївни, використовуються у практиці розроблення проектів: «Капітальний ремонт автомобільної дороги загального користування державного значення Т-12-09 Новомиргород-Олександрівка на ділянці км 30+400 - км 48+900», «Капітальний ремонт автомобільної дороги загального користування державного значення Р-81 Казанка – Снігурівка – Антонівка – /Р-47/ на ділянці км 0+000 – км 30+000, Миколаївська область».

При підготовці документації щодо утримання мережі автомобільних доріг важливим компонентом є техніко-економічне обґрунтування контракту, яке, в свою чергу, є ключовим елементом в побудові успішних і стійких відносин між замовником та підрядником. Запропонована методологія, яка використана в довгострокових контрактах на основі кінцевих показників, на практиці дозволяє забезпечити якісний стан автомобільних доріг при скороченні державних видатків на їх поточні середні ремонти та утримання.

З повагою,
 Директор, к.т.н.



О.С. Чечуга



**ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
«НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОМПАНІЯ
«ДОРЕКСПО»**

вул. Рибальська, 13, м. Київ, 01011 т. +38 (044) 227 37 67
e-mail: dorexpo@ukr.net, код ЄДРПОУ 33599281
р/р UA91 3808 0500 0000 0026 0001 4040 7
в ПАТ "РАЙФФАЙЗЕН БАНК АВАЛЬ", м. Київ, МФО 380805

« 02 » червня 2021 р.
Вих. № 3

Довідка
про впровадження наукових розробок
доцента кафедри транспортного будівництва та управління майном
Національного транспортного університету
Харченко Анни Миколаївни

Результати досліджень, які відображені в дисертаційній роботі Харченко А.М. за тематикою «Наукові основи формування методології управління проектами ремонтів та експлуатації автомобільних доріг», використовуються у практиці складання програми робіт з ремонтно-відновлювальними заходами щодо мережі автомобільних доріг.

Запропоноване дослідження дозволяє застосовувати довгострокове та перспективне планування, що ґрунтується на забезпеченні якісних показників доріг, а не на об'ємах виконаних робіт як за традиційними підходами. Це дає можливість виконати оцінку майбутніх потреб у рівні фінансування, який необхідно для підтримки мережі автомобільних доріг на завданому експлуатаційному рівні, що відповідає критеріям обслуговування. Таким чином розробка відповідної програми робіт залежить від можливості прогнозування майбутніх потреб, і, як наслідок, - вибору ефективних напрямків діяльності для задоволення цих потреб.

Т.в.о. директора



Я.І. Потравний



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ДСТУ 8992:2020

Автомобільні дороги

**НАСТАНОВА
З ОБҐРУНТУВАННЯ РІВНІВ
ОБСЛУГОВУВАННЯ
ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО
УТРИМАННЯ**

Видання офіційне

Київ
ДП «УкрНДНЦ»
2021



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ДСТУ 8993:2020

Автомобільні дороги

**РІВНІ ОБСЛУГОВУВАННЯ
ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО
УТРИМАННЯ**

Видання офіційне

Київ
ДП «УкрНДНЦ»
2021

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПРОВЕДЕННЯ ВАРТІСНОЇ ОЦІНКИ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ І СПОРУД НА НИХ

ПРОЕКТ

**ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ
(УКРАВТОДОР)**

Державне підприємство
«Державний дорожній науково-дослідний інститут імені
М.П. Шульгіна»
(ДП «ДерждорНДІ»)

РЕКОМЕНДОВАНО

Науковою радою Державного
агентства автомобільних доріг
України

Протокол від "___" _____ 2017 р. № __

РЕКОМЕНДОВАНО

Науково-технічною радою
ДП «ДерждорНДІ»

Протокол від "___" _____ 2017 р. № __

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
з проведення вартісної оцінки автомобільних доріг і споруд на них
(проект, перша редакція)
МР Д 1.2-37641918-884:2017

ПОГОДЖЕНО

Начальник Відділу інноваційного
розвитку Укравтодору

_____ А.О. Цинка
«__» _____ 2017 р.

РОЗРОБЛЕНО

Заступник директора з розвитку
наукової роботи
ДП «ДерждорНДІ»

_____ А.О. Безуглий
«__» _____ 2017 р.

ПОГОДЖЕНО

Начальник Управління
експлуатації доріг
Укравтодору

_____ О.В. Федоренко
«__» _____ 2017 р.

Науковий керівник, завідувач

відділу економічних досліджень
та визначення вартості
дорожніх робіт ДП «ДерждорНДІ»

_____ Ю.М. Бібик
«__» _____ 2017 р.

Продовження титульного аркуша на наступній сторінці

ПОГОДЖЕНО
Заступник директора Департаменту
планово-фінансової діяльності,
бухгалтерського обліку та звітності –
начальник відділу управління
фінансами Укравтодору

_____ В.М. Бакулін
«__» _____ 2017 р.

Відповідальний виконавець,
молодший науковий співробітник
відділу економічних досліджень
та визначення вартості дорожніх
робіт ДП «ДерждорНД»

_____ І.Л. Гресько
«__» _____ 2017 р.

Перший проректор -
проректор з наукової роботи
Національного транспортного
Університету (НТУ)

_____ М.М. Дмитрієв
«__» _____ 2017 р.

Декан факультету
транспортного будівництва
НТУ, професор кафедри
транспортного будівництва та
управління майном
Національного транспортного
університету (НТУ)

_____ О.С. Славінська
«__» _____ 2017 р.

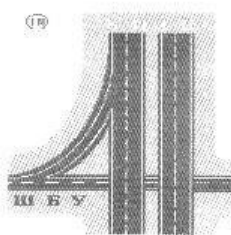
Доцент кафедри транспортного
будівництва та управління
майном
Національного транспортного
університету (НТУ)

_____ А.М. Харченко
«__» _____ 2017 р.

Доцент кафедри транспортного
будівництва та управління
майном
Національного транспортного
університету (НТУ)

_____ А.В. Бубела
«__» _____ 2017 р.

Київ
2017



**ПУБЛІЧНЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО
"ШЛЯХОВО-БУДІВЕЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ № 41"**

Юридична адреса: Україна, 08132, Київська область, Києво - Святшинський район,
м. Вишневе, вул. Київська, 31, тел./факс (044) 406-01-00 (03)

Поштова адреса: Україна, 03039, м. Київ, проспект 40-річчя Жовтня, 32,
тел./факс (044) 525-70-92

Ідентифікаційний код № 05416886



Management
System
ISO 9001:2008



www.tuv.com
ID 9109010564

№ 13/17 « 23 » травня 2014 р.

на № _____ « _____ » _____ 201 р.

АКТ

Впровадження результатів НДР " Розвиток державно - приватного партнерства як складової управління проектами в дорожньому виробництві. Державна реєстрація № 0113U000300

Важливим кроком в умовах реформування дорожньо - будівельного комплексу України участь у формуванні соціально орієнтованої економіки, що побудована на функціонуванні різноманітних форм власності.

Кафедрою управління виробництвом і майном Національного транспортного університету було досліджено практичне використання системи ДПП при виконанні проектів з будівництва реконструкції та ремонтів автомобільних доріг, а також розвитку виробничої бази ШБУ - 41 на підставі комплексної модернізації та запровадження новітніх технологій дорожнього будівництва

В якості критеріїв обґрунтування державно - приватного партнерства при виконанні проектів застосовані фінансово - економічні показники інвестицій, критерії прибутковості ресурсної привабливості та надійності виконання програм робіт, що визначаються обоюдним інтересами та економічною зацікавленістю партнерів ДПП.

Результатом впровадження НДР в ШБУ - 41 є виявлення оцінок та визначення форм управління ризиками, пов'язаними з ДПП, створення специфічної системи складання техніко економічного обґрунтування інвестиційних проектів, та оцінки ефективності фінансування проектів у рамках реалізації концепції державно - приватного партнерства.



Голова управління
ПАТ «ШБУ - 41»

О.В. Лучковський

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ПОГОДЖЕНО

Державним агентством автомобільних
доріг України (Укравтодор)

Лист від " 4 " 12 2014 р.
№ 5454/2/4-24-1565/10

РЕКОМЕНДОВАНО

Науково-технічною радою ДерждорНДІ

Протокол від " 6 " 11 2014 р.
№ 5

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ДЕРЖАВНО-
ПРИВАТНОГО ПАРТНЕРСТВА ЯК СКЛАДОВОЇ УПРАВЛІННЯ
ПРОЕКТАМИ В ДОРОЖНЬОМУ ВИРОБНИЦТВІ

ПОГОДЖЕНО

Начальник відділу інвестиційних
проектів ДІ «Укрдорінвест»

С.Л. Черевиков
« 5 » 11 2014 р.

РОЗРОБЛЕНО

Перший проректор-проректор з наукової
роботи, професор НТУ

М.М. Дмитрієв
« 5 » 11 2014 р.

Виконавець, науковий керівник,
професор НТУ

Є.Є. Ліпський
« 5 » 11 2014 р.

Відповідальний виконавець,
доцент НТУ

М.М. Лихоступ
« 5 » 11 2014 р.

Відповідальний виконавець,
доцент НТУ

І.М. Соколова
« 5 » 11 2014 р.

Київ
2014



**ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО
АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ
(УКРАВТОДОР)**

вул. Фізкультури, 9, м. Київ, 03150
Тел.: (044) 287-24-05, 287-24-49, факс: 287-42-18
E-mail: kae@ukravtodor.gov.ua
Web: [http:// www.ukravtodor.gov.ua](http://www.ukravtodor.gov.ua)
Код ЄДРПОУ 37641918

07.12.2014 № 5457/219-29-1565/10

На № _____ від _____

Національний транспортний університет
01010, м. Київ, вул. Суворова 1

На лист від 21.11.14 № 3167/08-03 стосовно розгляду результатів наукової роботи Державне агентство автомобільних доріг України повідомляє.

«Рекомендації щодо розвитку системи державно-приватного партнерства як складової управління проектами в дорожньому виробництві» можуть бути використані при підготовці змін до нормативно-правової бази, що регулює здійснення державно-приватного партнерства у сфері будівництва та експлуатації автомобільних доріг, а також для оцінки потенціалу проектів державно-приватного партнерства.

Перший заступник Голови

Євгеній Баракх

034839

Довгопол О.В.
287-41-18

Публічне акціонерне товариство
Державна акціонерна компанія
«Автомобільні дороги України»

03680, м.Київ, вул.Горького, 51

тел.:494-07-96, факс: 490-57-15, 490-57-16

E-mail: pev@rou.org.ua

№ 3/10 - 10/2516

«10» 12 2019р.

А К Т

впровадження результатів науково-дослідної роботи "Розвиток державно-приватного партнерства як складової управління проєктами в дорожньому виробництві" номер державної реєстрації 0113U000300

Національним транспортним університетом на кафедрі управління виробництвом і майном у рамках завдання на виконання НДР було досліджено тенденції розвитку державно-приватного партнерства в дорожній галузі, яке передбачає залучення основних перспективних форм та моделей, що можуть бути успішно реалізовані в Україні.

Запровадження результатів НДР значно вплине на збільшення залучення альтернативних джерел фінансування, що забезпечить підвищення показників транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг України та подальшої їх інтеграції до європейської транспортної мережі.

Заступник голови
ПАТ "ДАК Автомобільні дороги України"



І.В.Данкевич

ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ



ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО –
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ІНСТИТУТ
З ПРОЕКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ
ДОРОЖНЬОГО ГОСПОДАРСТВА

УКРДІПРОДОР

03680, м. Київ, Повітрофлотський пр-кт, 39/1
тел./факс: (044) 249-84-83
e-mail: okt@diprodor.com



" 10 " 12 2014 р.

№ 1809-03

На № 7/15-8783 від 22.07.2014

Національний
транспортний університет

АКТ

впровадження результатів НДР " Розвиток державно-приватного
партнерства як складової управління проектами в дорожньому
виробництві".

УДК 625.7/8. Державна реєстрація № 0113U000300

Кафедрою управління виробництвом і майном Національного транспортного університету відповідно завдання на виконання НДР була досліджена система запровадження державно-приватного партнерства як складової частини управління проектами дорожнього господарства на основі використання обґрунтованих форм та рівнів ділового партнерства всіх учасників проектів. В ході дослідження були визначені основи формування фаз управління проектами, структури і моделі привабливих напрямків їх реалізації.

В процесі обґрунтування моделей співробітництва ДП «Укрдіпродор» по визначенню кращих форм використання ресурсів в процесі сумісної діяльності з партнерами значна увага приділена вивченню ситуацій по виникненню ризиків - виробничих, комерційних та фінансових, а також створенню ситуаційних моделей по подоланню або зменшенню їх впливу на виконання проектів.

Впровадження результатів НДР має на меті визначення та вдосконалення додаткових джерел фінансування проектно – вишукувальних робіт для розвитку мережі автомобільних доріг України

Головний інженер
ДП «Укрдіпродор»

М.В.Плисак.

Крижанівський О.Є., 206-64-08

АКТ

Впровадження результатів науково – дослідної роботи «Розвиток державно – приватного партнерства як складової управління проєктами в дорожньому виробництві», номер державної реєстрації 0113U000300

Проблема розвитку державно-приватного партнерства є надзвичайно актуальною для дорожньої галузі України, яка функціонує в умовах обмеженості всіх видів ресурсів.

Науково-дослідна робота «Розвиток державно-приватного партнерства як складової управління проєктами в дорожньому виробництві», яку виконувала кафедра управління виробництвом і майном Національного транспортного університету на протязі 2013-2014 роках як раз і присвячена цій проблемі.

Одним із результатів виконаної роботи є розроблені Рекомендації щодо подальшого розвитку державно-приватного партнерства (ДПП) в дорожньому господарстві України, зміст і структура яких містять вимоги до розробки необхідної документації, пов'язаної з підготовкою до використання цієї системи і оціночні критерії при її реалізації.

Моніторинг показників реалізації системи ДПП на окремих об'єктах транспортного будівництва і їх порівняння з еталонними забезпечує дієвий контроль якості продукції.

З цих позицій використання моніторингу для оцінки продукції створеної системою ДПП, має надзвичайне важливе значення для загальної оцінки якості продукції транспортного будівництва.

Заст. директора з наукової роботи
ДП «Дорцентр», к.т.н., с.н.с.



В.М.Дяченко

ДОДАТОК Д

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

Список публікацій здобувача

Статті у виданнях іноземних держав, які включені до міжнародних наукометричних баз:

1. Vasyl Mateichyk, Viktoriia Khrutba, Anna Kharchenko, Yuliia Khrutba, Olexander Protsyk, Iuliia Silantieva. Developing a Tool for Environmental Impact Assessment of Planned Activities and Transport Infrastructure Facilities. *Transportation Research Procedia*. Volume 55, 2021, P. 1194-1201. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.07.185>
2. Kanin A.P., Kharchenko A.N., Sokolova N.M., Sphyh A.U., Zavorotnyi S.M. Modern approaches to road maintenance on performance long-term contracts based on the operating condition principle. *International Scientific Periodical Journal "Modern Technology and Innovative Technologies"*. Vol. 152, No. 14, November. 2020. P. 12-22.
3. Slavinska O., Stozhka V., Kharchenko A., Bubela A., Kvatadze, A. Development of a model of the weight of motor roads parameters as part of the information and management system of monetary evaluation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (97)). 2019. P. 46–59. DOI: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.156519>
4. Slavinska, O., Savenko, V., Kharchenko, A., Bubela, A. Development of a mathematical model of evaluation of road-and-transport assets as a component of information-and-management system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (4 (90)). 2017. P. 45–57. DOI: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.118798>

Статті у фахових виданнях:

5. Dmytrychenko, N., & Kharchenko, A. Development of method for road network management program optimization. *Technology Audit and Production Reserves*, 4(2(60)). 2021. P. 56–60. DOI: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.237949>

6. Kharchenko, A., Zaviysky, O., Tsybulskyi, V., & Zavorotnyi, S. Development of methods for parameters of long-term contracts optimization for operational road maintenance. *Technology Audit and Production Reserves*, 1(2(57)). 2021. P. 49–53. DOI: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.225532>

7. Slavinska O., Kharchenko A., Bubela A., Chechuha O. Development of road sector's land valuation method for aims of asset management. *Technology audit and production reserves*, 2 (2 (52)). 2020. P. 43–46. DOI: <http://doi.org/10.15587/2312-8372.2020.200743>

8. Bubela A., Kharchenko A., Bezugliy A., Hresko I., Slavinska O., Bibyk Y. Features of carrying out the cost evaluation of public roads. *Dorogi i mosti [Roads and bridges]*. Iss. 19-20. 2019. P. 5-15. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2019.19.005>

9. Kharchenko A., Chechuha O. Development of proposals for improving the monetary value of land at their allocation for roads within the settlement. *Dorogi i mosti [Roads and bridges]*. Iss. 21. 2020. P. 217-225. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2020.21.217>

10. Канін О.П., Харченко А.М., Цинка А.О. Аналіз світового досвіду та розробка пропозицій щодо реалізації контрактів FIDIC в Україні. *Вісник Національного транспортного університету*. Вип.40. 2018. С. 140-154. URL: <http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/40/140.pdf>

11. Заворотний С.М., Харченко А.М. Genetic algorithm as optimization method relationship "time - cost" to implement performance based road maintenance contracts. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Київ, 2020. Вип. 108. С. 31-38. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/108/31.pdf

12. Канін О.П., Харченко А.М., Цинка А.О. Проблеми та перспективи впровадження контрактів FIDIC в дорожнє господарство України. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник*. Вип. 104. 2018. С. 6-16.

13. Харченко А.М., Смірнов А.М. Основні дослідження в напрямку обґрунтування рівнів обслуговування автомобільних доріг в зимовий період. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник*. Вип. 102. 2017. С. 131-143. http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/102/131-143.pdf

14. Заворотний С.М., Харченко А.М. Аналіз методів оптимізації відношення «час – вартість» для реалізації довгострокових контрактів заснованих на кінцевих показниках. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Київ, 2017. Вип. 101. С. 57-67. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/101/057-067.pdf

15. Заворотний С.М., Харченко А.М. Фактори, які впливають на час, вартість та якість реалізації довгострокових контрактів заснованих на кінцевих показниках. *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. Київ, 2017. Вип. 20. С. 41-49.

16. Kharchenko A. Problems of property rights in the implementation of standard forms FIDIC contracts in the road sector in Ukraine. *Вісник Національного транспортного університету*. Iss. 2 (38). 2017. P. 92-97. URL: <http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/38/092.pdf>

17. Харченко А.М., Заворотний С.М. Історія розвитку та переваги використання контрактів ДККП в дорожній галузі. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Київ, 2016. Вип. 97. С. 124-135. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/97/124-135.pdf

18. Харченко А.М., Соколова Н.М. Методи аналізу ефективності проектів державно-приватного партнерства в дорожній галузі. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 96. 2016. С. 121-133. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/96/121-133.pdf

19. Славінська О.С., Харченко А.М. Застосування кваліметричної моделі до оцінки транспортно-експлуатаційного стану автомобільної дороги. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 95. 2016. С. 111-

120. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/95/111-120.pdf

20. Заворотний С.М., Харченко А.М. Оптимізація відношення «час – вартість» для реалізації довгострокових контрактів заснованих на кінцевих показниках. *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. Київ, 2016. Вип. 18. С. 54-61. URL: http://publications.ntu.edu.ua/upravl_progect/2016_18_tech/054.pdf

21. Канін О.П., Харченко А.М., Соколова Н.М., Шпиг А.Ю. База даних рівнів обслуговування в управлінні довгостроковими контрактами на основі кінцевих показників якості доріг. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 94. 2015. С. 124-134. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/94/124-134.pdf

22. Харченко А.М., Мелешук Т.П. Аналіз світового досвіду впровадження та використання довгострокових контрактів, заснованих на кінцевих показниках. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 93. 2015. С. 138-143. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/93/138-143.pdf

23. Соколова Н.М., Харченко А.М. Еколого-економічне оцінювання впливу автомобільних доріг на навколишнє середовище. *Вісник Національного транспортного університету*. Вип. 33. 2015. С. 230-238. URL: http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/33_2015/230-238.pdf

24. Канін О.П., Харченко А.М. Управління дорожнім господарством шляхом застосування інформаційно-аналітичної системи. *Інформаційні процеси, технології та системи на транспорті*. Вип.2. 2014. С. 98-102.

25. Харченко А.М., Сагатюк Я. Дослідження взаємозв'язку вартості та тривалості проектів у дорожньому виробництві. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 89. 2013. С. 152-158. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/avtodorogi_i_stroitelstvo_89/152-158.pdf

26. Соколова Н.М., Харченко А.М. Оптимізація стану автомобільних доріг в умовах державно-приватного партнерства. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 88. 2013. С. 196-206.
URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/avtodorogi_i_stroitelstvo_88/196-206.pdf

27. Харченко А.М., Канін О.П., Соколова Н.М. Еволюція розвитку та переваги застосування довгострокових контрактів, заснованих на кінцевих показниках, у дорожній галузі. *Вісник Національного транспортного університету*. Вип.28. 2013. С. 496-504.
URL: http://www.publications.ntu.edu.ua/visnyk/28_2013/496-504.pdf

28. Харченко А.М., Канін О.П., Соколова Н.М. Система управління станом доріг за показником рівня обслуговування в довгострокових контрактах з поточного дрібного ремонту та утримання доріг. *Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія*, Вип.12. НТУ. С. 195-207.
URL: http://publications.ntu.edu.ua/upravl_progekt/2013_12_tech/193.pdf

29. Соколова Н.М., Канін О.П., Харченко А.М. Теоретичні аспекти довгострокових контрактів на основі кінцевих показників. *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. Вип.11. 2013. С. 130-139.
URL: http://publications.ntu.edu.ua/upravl_progekt/11_2013/130-139.pdf

30. Харченко А.М. Формування річної програми дорожньо-ремонтних робіт з позиції теорії управління проектами. *Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія*. Вип. 10. 2012. –С. 279-285.
URL: http://publications.ntu.edu.ua/upravl_progekt/10_2012/279-285.pdf

31. Канін О.П., Харченко А.М. Сутність та призначення інформаційно-аналітичних систем управління дорожнім господарством України. *Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія*. Вип.9. 2012. С. 71-78.

32. Канін О.П., Соколова Н.М., Харченко А.М. Інформаційно-аналітична система управління дорожнім господарством. *Автомобільні*

дороги і дорожнє будівництво. Вип. 84. 2012. С. 133-138.
URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/84/133-138.pdf

33. Харченко А.М. До застосування експертної системи проектування річної програми робіт в дорожньо-ремонтних організаціях. *Вісник Національного транспортного університету*. Вип. 26 (1). 2012. С. 99-103.
URL: http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/26_1_2013/099-103.pdf

34. Канін О.П., Харченко А.М. Проектування річної програми робіт в системі управління проектами експлуатації автомобільних доріг. *Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія*. Вип.8. 2011. С. 88-94.

35. Харченко А.М. Стан інформаційного і програмного забезпечення проектування річної програми робіт в дорожній галузі України. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип.81. 2011. С. 103-107.
URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/81/103-107.pdf

36. Харченко А.М. Експертна система обґрунтування річної програми дорожньо-ремонтних робіт. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 80. 2011. С. 88-95.
URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/80/088-095.pdf

Монографії:

37. Дмитриченко М.Ф., Харченко А.М., Мороз Т.М. Система діагностування стану автомобільних доріг як засіб стратегічного планування експлуатаційного утримання. *Erbe der europäischen Wissenschaft / Heritage of European science*, Germany. 2021. P. 224-258.

38. Anna Kharchenko, Ylia Khrutba. Development and implementation of electronic service for environmental impact assessment from planned road construction activities. *Integration of traditional and innovation processes of development of modern science: collective monograph / edited by authors*, 3rd ed, Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2020. Pp.246-276. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-021-6-40>

Опубліковані праці апробаційного характеру:

39. Дмитриченко М.Ф., Харченко А.М. Розробка методу оцінки стану мережі автомобільних доріг для управлінських цілей. *Conference «Scientific developments: yesterday, today, tomorrow '2021»*. Р. 13-18.

40. Viktoriia Khrutba, Inesa Rutkovska, Anna Kharchenko, Tetiana Morozova, Alla Herasymenko. Environmental impact assessment of the planned activity of aviation transport. *VIII International Scientific-Technical Conference «Problems of chemmotology. Theory and practice of rational use of traditional and alternative fuels & lubricants»*, 2021. Р. 59-60.

41. Харченко А.М., Заворотний С.М. Оптимізація часу, вартості та якості в довгострокових контрактах на експлуатаційне утримання автомобільних доріг загального користування. *LXXVI Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів Національного транспортного університету: тези доповідей*. К.: НТУ, 2020. С. 190.

42. Заворотний С.М., Харченко А.М. Сучасні методи оптимізації відношення «час-вартість-якість» для реалізації довгострокових контрактів заснованих на кінцевих показниках. *XII всеукраїнська заочна науково – практична конференція «Освіта і наука в Україні: шляхи розвитку та напрямки взаємодії»*. Харків, 2020. С. 3-11.

43. Харченко А. М., Чечуга О. С., Колбасін М. І. Оптимізація процесу оцінки впливу на довкілля в сучасних умовах. *Розроблення та реалізація регіональних Програм поводження з відходами: проблемні питання та кращі практики : збірка матеріалів Національного форуму «Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології»*. м. Івано-Франківськ, 8–10 жовтня 2020 р. К. : Центр екологічної освіти та інформації, 2020. С.394-395.

44. Харченко А.М. Обґрунтування рівнів обслуговування при експлуатаційному утриманні автомобільних доріг. *International scientific and practical conference «Science, engineering and technology: global trends,*

problems and solutions» : Conference proceedings, September 25–26, 2020. Prague: Izdevnieciba «Baltija Publishing», 2020. P. 131-133.

45. Канін О.П., Харченко А.М., Соколова Н.М. Розробка державних стандартів щодо обґрунтування рівнів обслуговування при експлуатаційному утриманні автомобільних доріг. *Ювілейна LXXV наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. Том 2.* К.: НТУ, 2019. С. 133.

46. Харченко А.М., Заворотний С.М. Аналіз особливостей взаємозв'язку часу, вартості та якості реалізації контрактів з метою створення математичної оптимізаційної моделі. *XII Міжнародна наукова конференція. Наука та освіта. Секція: проблем економіки і управління.* Київ, 2018. С. 84-85.

47. Гришук О.К., Харченко А.М. Проблеми та перспективи реформування системи управління дорожнім господарством як складової галузі інфраструктури. *Економічний розвиток: теорія, методологія, управління [матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції].* Nemoros s.r.o., Prague. 2018. С. 162-164.

48. Канін О.П., Харченко А.М., Соколова Н.М. Основні проблеми впровадження типових контрактів FIDIC в Україні. *LXXIV наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету.* К.: НТУ, 2018. С. 169.

49. Канін О.П., Харченко А.М., Соколова Н.М. Дослідження передумов реалізації контрактів FIDIC в Україні. *LXXIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету.* К.: НТУ, 2017. С. 160.

50. Харченко А.М., Заворотний С.М. Основні положення використання довгострокових контрактів заснованих на кінцевих показниках в дорожній

галузі. *LXXII Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів Національного транспортного університету: тези доповідей*. К.: НТУ, 2016. С. 161.

51. Канін О.П., Соколова Н.М., Харченко А.М. Управління станом автомобільних доріг на основі довгострокових контрактів з поточного дрібного ремонту та утримання доріг за показником рівня їх обслуговування. *LXXI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. К.: НТУ, 2015. С. 154-155.

52. Харченко А.М. Теоретичні основи проектного управління станом автомобільних доріг під час виконання довгострокових контрактів. *LXX наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. К.: НТУ, 2014. С. 129.

53. Канін О.П., Соколова Н.М., Харченко А.М. Інформаційно-аналітична система управління дорожнім господарством. *LXIX наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. К.: НТУ, 2013. С. 141.

54. Харченко А.М. Застосування інформаційно-аналітичних систем в управлінні дорожнім господарством. *Міжнародна конференція. Сучасна інформатика: проблеми, досягнення та перспективи розвитку*. Київ: Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, 2013. С.128.

55. Харченко А.М. Основи проектування річної програми робіт в системі управління проектами експлуатації автомобільних доріг. *LXVIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. К.: НТУ, 2012. С. 134.

Опубліковані праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

56. Kharchenko A., Kotyk D. Development of algorithm for risk assessment of the large ring road construction project around Kyiv. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник*. Випуск 110, 2021. С.225-233.

57. Канін О.П., Харченко А.М., Соколова Н.М. Обґрунтування рівнів обслуговування при експлуатаційному утриманні автомобільних доріг загального користування *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник*. Випуск 109, 2021. С.11-26.

58. Харченко А.М. Теоретико-методологічні аспекти експлуатаційного утримання автомобільних доріг за довгостроковими контрактами. *Scientific letters of academic society of Michal Baludansky*. 2019. Р. 20-25.

59. Дмитриченко М.Ф., Токін О.П., Харченко А.М. Перспективи розвитку системи професійних кваліфікацій у вищій освіті. *Вісник Національного транспортного університету*. Вип.49. 2021. С. 63-71.

Свідоцтва та патенти:

1. Свідоцтво України про реєстрацію авторського права на твір. № 102073. Україна. Літературний письмовий твір науково го характеру «Історія розвитку та переваги використання контрактів ДККП в дорожній галузі». Заворотний С.М., Харченко А.М. Дата реєстрації 27.01.2021 р.

2. Свідоцтво України про реєстрацію авторського права на твір. № 102074. Україна. Літературний письмовий твір наукового характеру «Genetic algorithm as optimization method relationship «time - cost» to implement performance based road maintenance contracts». Заворотний С.М., Харченко А.М. Дата реєстрації 27.01.2021 р.

3. Свідоцтво України про реєстрацію авторського права на твір. № 102213. Україна. Літературний письмовий твір наукового характеру «Оптимізація відношення «час-вартість» для реалізації довгострокових

контрактів заснованих на кінцевих показниках». Заворотний С.М., Харченко А.М. Дата реєстрації 01.02.2021 р.

4. Свідоцтво України про реєстрацію авторського права на твір № 86516. Україна. Літературний письмовий твір наукового характеру «Розробка моделі вагомостей параметрів автомобільних доріг у складі інформаційно-управлінської системи грошової оцінки» Славінська О.С., Стьожка В.В., Харченко А.М., Бубела А.В., Кватадзе А.І. Дата реєстрації 01.03.2019 р.

5. Свідоцтво України про реєстрацію авторського права на твір № 76497. Україна. Літературний письмовий твір науково-практичного характеру «Методичні рекомендації з проведення вартісної оцінки автомобільних доріг і споруд на них». Славінська О.С., Харченко А.М., Бубела А.В., Чесноков С.В. Дата реєстрації 01.02.2018 р.

6. Свідоцтво України про реєстрацію авторського права на твір № 76682. Україна. Літературний письмовий твір наукового характеру «Розробка математичної моделі вартісної оцінки дорожньо-транспортних активів як складової інформаційноуправлінської системи» Славінська О.С., Савенко В.Я., Харченко А.М., Бубела А.В. Дата реєстрації 06.02.2018 р.

7. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 58880. Україна. Науковий твір «Методика оцінки ефективності проектів державно – приватного партнерства в дорожній галузі». Харченко А.М., Соколова Н.М. Дата реєстрації 05.03.2015 р.

8. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 50503. Україна. Комп'ютерна програма «Інформаційно – аналітична система управління дорожнім господарством – Аналітична експертна система управління мостами» («ІАСУ ДГ – АЕСУМ»). Канін О.П., Харченко А.М., Соколова Н.М. Дата реєстрації 30.07.2013 р.

9. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 50504. Україна. Комп'ютерна програма «Інформаційно – аналітична система управління дорожнім господарством – Система управління станом

покриття» («ІАСУ ДГ – СУСП»). Канін О.П., Харченко А.М., Соколова Н.М. Дата реєстрації 30.07.2013 р.

10. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 50972. Україна. Комп'ютерна програма «Інформаційно – аналітична система управління дорожнім господарством» («ІАСУ ДГ»). Канін О.П., Харченко А.М., Соколова Н.М. Дата реєстрації 27.08.2013 р.