

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ІМОВІРНІСНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ НЕЖОРСТКОГО ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

**Батракова Анжеліка Геннадіївна**, докт. техн. наук, професор кафедра ПДГЗ,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
e-mail: agbatr@ukr.net ORCID: 0000-0002-4067-4371

**Урдзік Сергій Миколайович**, канд. техн. наук, доцент кафедра ПДГЗ,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
e-mail: urdzick@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6914-1221

**Дорошко Євген Вікторович**, канд. техн. наук, доцент кафедра ПДГЗ,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
e-mail: evgeniy.dorozhko@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2894-2131

**Батраков Олег Дмитрович**, аспірант,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
e-mail: oleg.batrakof@gmail.com, ORCID: 0009-0009-9113-2407,

**Назаренко Ірина Валентинівна**, аспірант,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
e-mail: iryna379nazarenko@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8516-1433

Актуальність дослідження обумовлена необхідністю вирішення важливої науково-практичної задачі підвищення достовірності оцінки стану нежорсткого дорожнього одягу за результатами діагностики. Різноманіття моделей оцінювання стану покриття з руйнуваннями пояснюється: мінливістю ґрунтово-геологічних, кліматичних умов; різноманіттям фізико-механічних характеристик матеріалів конструктивних шарів дорожнього одягу і ґрунтів земляного полотна; неоднорідністю геометричних параметрів дорожніх одягів у поздовжньому і поперечному профілях. Імовірнісні методи аналізу надійності проектних рішень дозволяють враховувати вплив невизначеності і зміни параметрів конструкції [1]. Використання випадкових величин для вхідних параметрів дозволяє враховувати зміну параметра через неоднорідну поведінку матеріалів, кліматичних умов і змінності структурних властивостей.

Метою дослідження є розроблення методу оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу на етапі експлуатації, що враховує неоднорідність параметрів конструкції у просторі та спирається на методи імовірнісного аналізу, положення теорії надійності та теорії ризику.

Об'єктом дослідження є нежорсткий дорожній одяг на етапі експлуатації.

Предметом дослідження є оцінювання стану конструкції нежорсткого дорожнього одягу з урахуванням неоднорідності геометричних, фізико-механічних параметрів та показників структурної неоднорідності конструкції.

Основним показником, що характеризує стан дорожнього одягу на етапі експлуатації, можна вважати його надійність, яка враховує фактичний розкид параметрів конструкції дорожнього одягу та їх змінювання у процесі експлуатації. З іншого боку, оцінювання стану дорожнього одягу, що

знаходяться в експлуатації, доцільно проводити за показниками, які характеризують здатність конструкції чинити опір впливу транспортного навантаження та погодно-кліматичних факторів, і спираються на результати інструментальної діагностики [2 - 5]. Тому в роботі обґрунтовано основні показники, що характеризують стан нежорсткого дорожнього одягу на етапі експлуатації – індекс технічного стану ( $TCl$ ) і коефіцієнт варіації індексу технічного стану конструкції дорожнього одягу.

Враховуючи, що більшість властивостей матеріалів, а також напруження у конструкціях підпорядковуються нормальному закону розподілу [2, 6, 7], у роботі обґрунтовано, що індекс технічного стану дорожнього одягу також підкорюється нормальному закону розподілу. Отримані результати створюють основу моделі оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу, яка базується на теоретико-імовірнісному підході та залучає методи статистичної обробки результатів інструментальних вимірювань. Модель оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу дозволяє:

- оцінити надійність та ризик руйнування нежорсткого дорожнього одягу за результатами діагностики;
- встановити зв'язок між індексом технічного стану і надійністю конструкції дорожнього одягу;
- дослідити закономірності змінювання надійності конструкції дорожнього одягу залежно від коефіцієнтів варіації індексу технічного стану ( $TCl$ ), а також внутрішніх і зовнішніх параметрів моделі.

Під час досліджень виконаний розрахунок надійності конструкції дорожнього одягу для автомобільних доріг I- IV категорій за умови змінювання коефіцієнту варіації в діапазоні від 5 % до 35 % та визначені граничні значення показників стану конструкції нежорсткого дорожнього одягу – індексу технічного стану та коефіцієнта варіації індексу технічного стану конструкції нежорсткого дорожнього одягу.

Оцінювання впливу коефіцієнту варіації індексу технічного стану на формування вибірки даних та перевірка адекватності моделі оцінювання стану дорожнього одягу за результатами діагностики проводилися на автомобільних дорогах загального користування. Експериментальними дослідженнями підтверджено адекватність розробленої моделі та розроблено методику формування та статистичної обробки вибірки даних, що забезпечує задану достовірність за фактичного стандартного відхилення ( $\sigma_{TCl}$ ) індексу технічного стану конструкції дорожнього одягу.

### **Висновки**

У роботі вирішені наступні науково-практичні задачі. Розроблено показники і критерії оцінювання стану дорожнього одягу – індекс технічного стану ( $TCl$ ) і коефіцієнт варіації індексу технічного стану конструкції дорожнього одягу шляхом залучення теоретико-імовірнісного підходу та методів статистичної обробки результатів інструментальних вимірювань, що дозволило:

- врахувати варіацію параметрів шарів дорожнього одягу, неоднорідність

показників напружено-деформованого стану;

– оцінити надійність конструкції дорожнього одягу, яка ґрунтується на встановленому зв'язку між коефіцієнтом надійності та індексом технічного стану конструкції дорожнього одягу.

Застосування теорії ризику до задачі оцінювання стану дорожнього одягу дозволило встановити граничні значення індексу технічного стану конструкції дорожнього одягу, за яких імовірність відмови дорожнього одягу відповідає заданому ризику руйнування.

Визначено граничні значення коефіцієнту варіації ( $CV_{гр}$ ) та індексу технічного стану конструкції дорожнього одягу ( $ТСІ_{гр}$ ) для автомобільних доріг різних категорій, що спираються на положення теорії надійності, теорії ризику та вимоги нормативних документів та дозволяють оцінити стан нежорсткого дорожнього одягу за результатами діагностики і визначити надійність за заданим або встановленим за результатами діагностики коефіцієнтом варіації та індексом технічного стану.

Отримані результати удосконалюють методи оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу на етапі інженерних передпроектних вишукувань, що дозволяє вирішувати задачі розроблення проєктів капітального ремонту дорожнього одягу, призначення ремонтних робіт, раціонального планування та розподілу фінансових і матеріальних ресурсів.

### Література

1. Vyrozhemskyi V., Voloshyna I., Aliyev K., Shumchyk V. Research of Cracks Formation at Transport Facilities of Azerbaijan. *RILEM Bookseries*, 2016. Vol. 13. PP. 145–151.
2. Гамеляк І.П. Основи забезпечення надійності конструкцій дорожнього одягу: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.11. Київ, 2005. 438 с.
3. Luo Xue, Wang Hang, Cao Shunqin, Ling Jian, Yang Siyuan and Zhang Yuqing A hybrid approach for fatigue life prediction of in-service asphalt pavement. *Phil. Trans. R. Soc. A*, 2023. Vol. 381. Issue 2254 <http://doi.org/10.1098/rsta.2022.0174>.
4. Sun J., Bieliatynskyi A., Krayushkina K., Akmalidina O. Research progress of steel slag asphalt concrete. *3S Web of Conferences*, 2020. Vol. 175, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017511014>.
5. Dmitry O. Batrakov, Angelika G. Batrakova, Sergey N. Urdzik Nondestructive Diagnostics and Detection of the Subsurface Cracks in the Non-Rigid Pavements with GPR. *Diagnostyka*, 2021. Vol. 22(2). P. 85–95.
6. Abhishek Mittal Reliability analysis of asphalt pavements: concepts and applications. *Safety and Reliability Modeling and its Applications. Advances in Reliability Science*, 2021. P. 1-15. DOI:[10.1016/B978-0-12-823323-8.00009-X](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823323-8.00009-X).
7. Maji, A., Singh, D. & Chawla, H. Developing probabilistic approach for asphaltic overlay design by considering variability of input parameters. *Innov. Infrastruct. Solut.* 2016. Vol. 1, article number 43. <https://doi.org/10.1007/s41062-016-0046-3>.