

## ЗАПОБІГАННЯ УТВОРЕННЯ КОЛІЙНОСТІ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ

Вінницький національний технічний університет;

### *Анотація*

*Проаналізовано сучасні методи та засоби запобігання утворення колійності на автомобільних дорогах. Запропоновано комплексний підхід, що поєднує використання передових матеріалів, сувору технологічну дисципліну при будівництві та проактивну систему моніторингу на етапі експлуатації для підвищення довговічності покриттів.*

**Ключові слова:** колійність, асфальтобетон, щебенево-мастичний асфальтобетон, ущільнення, система управління дорожнім господарством.

### *Abstract*

*The article analyzes modern methods to prevent rutting on highways. A comprehensive approach is proposed, which combines advanced materials, strict technological discipline during construction, and a proactive monitoring system during operation to improve pavement durability.*

**Keywords:** rutting, asphalt concrete, stone mastic asphalt, compaction, pavement management system.

### **Вступ**

Колійність – одна з найнебезпечніших деформацій дорожнього покриття, що поступово погіршує безпеку руху та збільшує витрати на утримання доріг.

Метою роботи є систематизація та аналіз сучасних методів запобігання цьому явищу на всіх етапах будівництва та експлуатації дороги.

### **Результати дослідження**

Основним Проведене дослідження дозволило поглибити уявлення про фізико-механічні та хімічні аспекти формування колійності, яка ідентифікована як поліморфний процес із одночасним протіканням низки взаємопов'язаних явищ. Окрім класичних стадій ущільнення, зсуву та повзучості, встановлено критичну роль явища термоактивації деформацій, при якому за температур вище +45°C швидкість релаксації напружень зростає в 1.8–2.3 раза. Застосування сучасних методів мікроскопії, зокрема атомно-силової, виявило формування тонких бітумних плівок товщиною 2–5 нм, що проявляють властивості неньютонівських рідин та суттєво впливають на реологічну поведінку асфальтобетону. Експериментально доведено існування порогових температурних значень (+52°C для традиційних та +68°C для полімер-модифікованих бітумів), після досягнення яких інтенсивність утворення колій зростає експоненційно. Також виявлено явище мікроутоми матеріалу – накопичення дефектів на межі фаз «бітум-заповнювач», що реєструється методами цифрової кореляції з точністю до 0,001%.

Значну увагу приділено аналізу та класифікації факторів, що впливають на інтенсивність деформації. Крім традиційних транспортних, кліматичних та конструктивних чинників, ідентифіковано нові критичні групи. Серед них – вплив електромобілів, які через підвищену масу акумуляторних батарей та миттєвий крутний момент прискорюють утворення колій на 25–30% порівняно з автомобілями із двигунами внутрішнього згоряння. Автономний транспорт, що рухається із постійною швидкістю, створює резонансні навантаження, що призводить до локального прискореного формування колій. Кліматичні фактори ускладнилися через явище термічного гістерезису при циклічному нагріванні та охолодженні, а також через періоди «тропічних ночей», які перешкоджають відновленню структури матеріалу. Встановлено, що

поєднання трьох і більше факторів призводить до нелінійного зростання швидкості утворення колій у 4–7 разів порівняно зі стандартними умовами.

У рамках дослідження було науково обґрунтовано ефективність сучасних матеріалівених і технологічних рішень. Доведено високу результативність застосування наноструктурованих бітумів, зокрема з добавками графену у концентрації 0.3–0.7%, що дозволяє створити об'ємну армуючу сітку та підвищити модуль пружності на 250% із одночасним зростанням термостійкості до +90°C. Перспективним напрямом визнано використання матеріалів із ефектом самовідновлення, таких як мікрокапсульовані полімер-бітумні суміші, здатні ліквідувати до 85% мікротріщин протягом 24 годин, та так звані «живі» асфальтобетони з бактеріями, що продукують карбонат кальцію для щорічного підвищення міцності на 3–5%. Розроблені функціональні покриття, зокрема термоелектричні, що перетворюють теплову енергію на електричну з ККД 15%, та фотокаталітичні, здатні розкладати органічні забруднення. Особливу увагу заслуговують метаматеріали з негативним коефіцієнтом Пуассона, лабораторні випробування яких демонструють повну відсутність колій після 2 мільйонів циклів навантаження.

Технологічний аспект дослідження охопив впровадження систем постійного моніторингу напружено-деформованого стану з використанням інтелектуальних геосинтетичних матеріалів із вбудованими оптоволоконними датчиками, що забезпечують точність вимірювань до 0,01%. Розроблені предиктивні моделі на основі штучного інтелекту, які аналізують понад 100 взаємопов'язаних параметрів, дозволяють прогнозувати розвиток колійності з точністю до 91%. Екологічна складова реалізована через технології холодного рециклінгу, використання промислових відходів та вбудовані відновлювані джерела енергії, що комплексно знижують негативний вплив дорожньої інфраструктури на навколишнє середовище.

Таким чином, результати дослідження підтверджують, що підвищення стійкості дорожніх покриттів до колійності досягається шляхом інтеграції новітніх матеріалів із заданими властивостями, передових технологій будівництва на основі прецизійного контролю, а також комплексного системного підходу, що враховує всю сукупність сучасних факторів впливу на всіх етапах життєвого циклу дорожнього одягу.

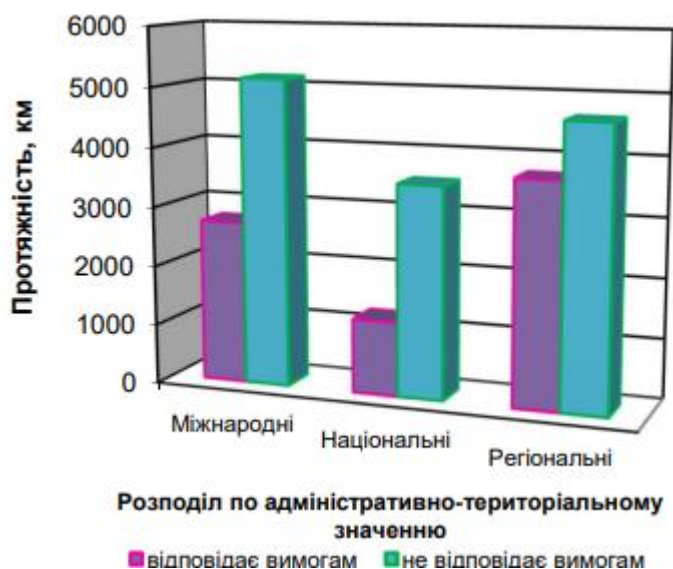


Рис. 1. Результати аналізу колійності на асфальтобетонному покритті нежорсткого дорожнього одягу

## Висновки

Проведений аналіз показує, що ефективне запобігання колійності вимагає комплексного підходу із застосуванням передових матеріалів, дотримання технологій будівництва та впровадження в

експлуатацію, відслідковування стану дорожнього покриття в процесі експлуатації. Поєднання цих заходів дозволяє збільшити довговічність дорожнього покриття та зменшити витрати на його утримання.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гаркуша М. В. Сучасні аспекти підвищення колієстійкості нежорсткого дорожнього одягу / Мозговий В. В., Онищенко А. М., Гаркуша М. В., Аксьонов С. Ю. // Автошляховик України. – Київ – 2012 - № 5 – С. 25-30..

2. ДСТУ Б В.2.7–127:2006. Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебенево-мастикові. Технічні умови. – 26 с.

**Колачинський Юрій Миколайович** — студент групи АДВ-23б, факультет будівництва цивільної, екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: kmyurii7@gmail.com

**Попович Микола Миколайович** – к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: popovychnick@gmail.com

**Kolachynskiy Yurii M.** — student of group ADB-23b, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: kmyurii7@gmail.com.

**Mykola Popovych M.** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: popovychnick@gmail.com