

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОЦІНКИ СТІЙКОСТІ ПОКРИТТЯ НЕЖОРСТКОГО ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ ДО УТВОРЕННЯ КОЛІЇ

Анотація

Вступ. На основі досвіду останніх років експлуатації автомобільних доріг встановлено, що одним з найпоширеніших дефектів на асфальтобетонному покритті від транспортного навантаження та високої літньої температури є колія, яка призводить до зменшення його строку служби, а відповідно і всієї конструкції дорожнього одягу в цілому. Визначено необхідність удосконалення методу оцінки стійкості покриття нежорсткого дорожнього одягу до утворення колії.

Проблематика. Враховуючи, що покриття нежорсткого дорожнього одягу перебуває у складних умовах експлуатації (підтверджується інтенсивним зростанням дефектів у вигляді колії), причиною чого є зростання параметрів транспортних навантажень та високі літні температури, необхідно підвищити стійкість покриття нежорсткого дорожнього одягу до утворення колії.

Мета. Полягає в удосконаленні методу оцінки стійкості асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу до утворення колії при дії вертикальних навантажень транспортних засобів за високих літніх температур.

Методи дослідження – аналітично-експериментальні з використанням положень теорії пружнопластичності і термов'язкопружності та експериментальних методів дослідження утворення колії в асфальтобетонному покритті нежорсткого дорожнього одягу; чисельного моделювання; математичної статистики.

Результати. На основі виконаного аналізу розглянуто умови роботи покриття нежорсткого дорожнього одягу, а також проаналізовано існуючі теоретичні та експериментальні методи прогнозування утворення колії.

Отримано аналітичну залежність та удосконалено метод оцінки стійкості покриття нежорсткого дорожнього одягу до утворення колії, від дії вертикальних навантажень транспортних засобів, що дозволяє враховувати комплексну дію основних факторів, а саме: термов'язкопружнопластичні властивості асфальтобетону; укріплення ґрунтів; температуру асфальтобетону; вертикальний тиск на покриття пневматичних коліс при проїзді транспортних засобів; інтенсивність прикладання вертикальних навантажень; час дії навантаження.

Експериментально досліджено розрахункові термореологічні характеристики асфальтобетонів та укріплених ґрунтів, міцність зчеплення між асфальтобетоном та основою при зсуві, проведено натурні, лабораторні та стендові дослідження впливу різних факторів на утворення залишкових деформацій у вигляді колії, отримано закономірності дії впливових факторів на інтенсивність утворення колії в асфальтобетонному покритті нежорсткого дорожнього одягу.

Висновки. Під час роботи удосконалено метод оцінки стійкості покриття нежорсткого дорожнього одягу до утворення колії та враховано комплексну дію основних факторів, а саме: термов'язкопружнопластичних властивостей асфальтобетону, вертикального тиску на покриття транспортних засобів та часу їх дії на конструкцію; інтенсивності прикладання вертикальних

навантажень. Результати досліджень знайшли застосування при розробці нормативних документів для проектування, будівництва, реконструкції, ремонту та експлуатації асфальтобетонних покриттів на автомобільних дорогах України.

Ключові слова: автомобільна дорога, асфальтобетон, бітум, дорожній одяг, колія, навантаження, покриття, стійкість, температура, термов'язкопружність.

Вступ

Аналіз досвіду останніх років експлуатації автомобільних доріг показує, що одним з найпоширеніших дефектів на асфальтобетонному покритті від транспортного навантаження та високої літньої температури є колія, яка призводить до зменшення його строку служби, а відповідно і всієї конструкції дорожнього одягу в цілому [1 – 5].

Головною причиною утворення колії на асфальтобетонному покритті є та обставина, що більшість доріг було запроектовано під розрахункові навантаження групи А (100 кН на вісь) та групи Б (60 кН на вісь). З часом, в процесі експлуатації автомобільних доріг зростає не тільки інтенсивність руху, але і збільшуються параметри транспортного навантаження.

Аналіз досліджень з проблем деформування та утворення колії в асфальтобетонному покритті нежорсткого дорожнього одягу від дії транспортних засобів та температури виконані вченими: Александров А. С., Батракова А. Г., Біруля О. К., Белятинський А. О., Богуславський А. М., Бонченко Г. О., Борщ І. М., Братчун В. І., Васильєв О. П., Веренько В. А., Вікович І. А., Волков М. І., Воловик О. О., Гамеляк І. П., Гезенцвей Л. Б., Гоглідзе В. М., Головка С. К., Горелишев М. В., Гохман Л. М., Жданюк В. К., Золотарьов В. О., Іванов М. М., Казарновський В. Д., Кияшко І. В., Корольов І. В., Ковальов Я. М., Колбановська А. С., Кірічек Ю. О., Лапченко А. С., Марчук О. В., Матуа В. П., Мозговий В. В., Негомедзянов А. А., Онищенко А. М., Павлюк Д. О., Печьоний Б. Г., Радовський Б. С., Руденська А. В., Савенко В. Я., Сібільській Д., Смірнов В. М., Стьожка В. В., Сьонь Г. К., Титаренко О. М., Телтаєв Б. Б., Хархута М. Я., Шуляк І. С., Barksdale R. D., Gachwendt I., Gidel, Hushek S., Huurman M., Erlingsson S., Korkiala-Tantt L., Lizenga J., Lytton R. L., Nielsen J., Nijboer L. W., Tseng K.-H., Poliacsek I. та іншими дослідниками, показав, що недостатня стійкість асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу до утворення колії суттєво знижує як міцність всієї конструкції дорожнього одягу, так і особливо рівень безпеки руху за рахунок створення ефекту аквапланування в місцях застою води та зимової слизькості [1, 2, 6 – 11].

Згідно з чинними нормами України щодо ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування [19] поява колії на асфальтобетонному покритті автомобільних доріг є недопустимою, а та, що виникла, підлягає терміновій ліквідації. Ремонт та заходи з ліквідації колії на асфальтобетонному покритті є складним, трудомістким та фінансово витратним процесом, що супроводжується значними матеріальними та енергетичними затратами. Окрім того, існуючі підходи з виконання ремонтно-відновлюваних робіт усунення колії не завжди призводять до бажаного результату. Як показує широкий практичний досвід, використання типових конструкцій нежорсткого дорожнього одягу на автомобільних дорогах не завжди забезпечують необхідну стійкість до утворення колії, а методи їх розрахунку є недосконалими.

Існуючі методи оцінки стійкості покриття нежорсткого дорожнього одягу з утворення колії недостатньо враховують комплексний вплив термореологічних властивостей асфальтобетону та укріплених шарів основи з урахуванням режимів навантаження великовагових транспортних засобів за різних температурних умов [1 – 5].

Існуючі моделі та методи з прогнозування утворення колії в покритті нежорсткого дорожнього одягу не в повній мірі враховують такі фактори, як: структурні, термореологічні властивості асфальтобетону, реологічні властивості ґрунтів, конструктивні, властивості

укріплених ґрунтів основи та їх властивостей, технологічні, кліматичні та транспортні фактори. Також істотним недоліком українських нормативних документів з проектування дорожнього одягу, зокрема ВБН В.2.3-218-186-2004, є відсутність методу оцінки стійкості покриття нежорсткого дорожнього одягу до утворення колії.

Проведений аналіз робіт свідчить, що до теперішнього часу залишається відкритим питання врахування спільного впливу структурних, конструктивних, технологічних, кліматичних та транспортних факторів на утворення колії в покритті нежорсткого дорожнього одягу при лабораторних і стендових експериментальних дослідженнях.

Таким чином, проведений аналіз існуючих підходів до урахування дії вертикальних навантажень транспортних засобів при високих літніх температурах на утворення колії в асфальтобетонному покритті нежорсткого дорожнього одягу, який дає можливість зробити висновок про те, що на даний час не розроблено удосконалений метод оцінки стійкості покриття нежорсткого дорожнього одягу до утворення колії з урахуванням структурних, конструктивних, технологічних, кліматичних та транспортних факторів.

Виникає необхідність вирішення важливої науково-практичної задачі – підвищення стійкості покриття нежорсткого дорожнього одягу до утворення колії за рахунок удосконалення методу її оцінки на стадії проектування, будівництва та експлуатації автомобільних доріг.

Основна частина

Для підвищення стійкості покриття нежорсткого дорожнього одягу до утворення колії за рахунок удосконалення методу її оцінки на стадії проектування, будівництва та експлуатації автомобільних доріг необхідно вирішити ряд задач, а саме:

- провести аналіз умов роботи і стану асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу на автомобільних дорогах, існуючих теоретичних та експериментальних методів прогнозування утворення колії;
- встановити аналітичну залежність для вдосконалення методу оцінки стійкості асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу до утворення колії від дії вертикальних навантажень транспортних засобів при високих літніх температурах;
- експериментально дослідити: розрахункові термореологічні характеристики асфальтобетонів та укріплених ґрунтів; міцність зчеплення між асфальтобетоном та основою при зсуві; лабораторні та стендові дослідження впливу різних факторів на утворення залишкових деформацій у вигляді колії; закономірності дії впливових факторів на інтенсивність утворення колії в асфальтобетонному покритті нежорсткого дорожнього одягу;
- розробити практичні рекомендації та методичку розрахунку підвищення стійкості асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу до утворення колії.

Аналіз умов роботи і стану асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу на автомобільних дорогах.

З метою вирішення поставлених задач розроблено схему утворення колії на асфальтобетонному покритті нежорсткого дорожнього одягу (рис. 1).

Виходячи з прийнятої в роботі постановки задачі в роботі застосовано аналітично-експериментальний підхід з врахуванням відомих наукових положень утворення пластичних деформацій в покритті нежорсткого дорожнього одягу. Зокрема на основі досліджень Богуславського А. М., Васільєва О. П., Золотарьова В. О., Жданюка В. К., Лугова С. В., Смірнова О. В., Мевлидинова З. А., Павлюка Д. О., Радовського Б. С., Телтаєва Б. Б. та інших дослідників, можна констатувати, що відбуваються малі відносні деформації в асфальтобетонному покритті нежорсткого дорожнього одягу за рахунок накопичення вертикальних деформацій від дії навантаження, сумарне накопичення яких за певний період призводить до утворення колії.

З метою вирішення поставленої задачі розроблено схему утворення колії на асфальтобетонному покритті нежорсткого дорожнього одягу (рис. 1) [1, 2, 10].

Для розроблення аналітичної залежності з прогнозування колії в асфальтобетонному покритті нежорсткого дорожнього одягу (рис. 1) розглядається її формування за рахунок накопичення залишкових деформацій при дії навантаження транспортних засобів та високої літньої температури в асфальтобетонних шарах покриття та в шарах основи нежорсткого дорожнього одягу автомобільних доріг. Асфальтобетон з урахуванням відомих результатів дослідження Богуславського А. М., Веренька В. А., Гезенцевя Л. Б., Жданюка В. К., Золотарьова В. О., Матуа В. П., Онищенко А. М., Руденського А. В., Телтаєва Б. Б. та інших вчених, розглядається як термов'язкопружнопластичне тіло, властивості якого запропоновано описувати такими основними показниками: функція модуль пластичності (в'язкопружна характеристика) асфальтобетону $E_{n\ a/\delta\ w/\text{укр}}(t, T(t))$, яка залежить від часу дії навантаження і температури. Шари конструкції дорожнього одягу з урахуванням відомих результатів досліджень Васильєва О. П., Матуа В. П., Мозгового В. В., Мурашиної Н. В., Радовського Б. С., Павлюка Д. О., Телтаєва Б. Б. та інших вчених, описати: функцією релаксації дискретного матеріалу $R_{w/\delta}(t)$, укріпленого матеріалу $R_{w/\text{укр}}(t)$, земляного полотна $R_{z/n}(t)$; функція модуля деформації шару з дискретного матеріалу $E_{\delta\ w/\delta}(t)$, укріпленого матеріалу $E_{\delta\ w/\text{укр}}(t)$, земляного полотна $E_{\delta\ z/n}(t)$; коефіцієнтів, що враховують в'язко-пластичні властивості матеріалів (дискретного матеріалу, укріпленого шару, земляного полотна), відповідно $k_{w/\delta}, k_{w/\text{укр}}, k_{z/n}$ [1, 2, 6 – 11].

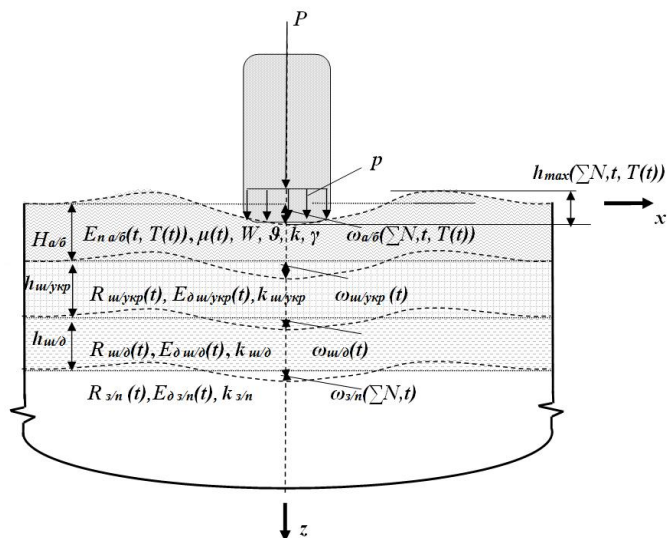


Рисунок 1 – Схема утворення колії на асфальтобетонному покритті нежорсткого дорожнього одягу автомобільної дороги: p – питомий тиск, МПа; $\mu(t)$ – коефіцієнт Пуассона, який залежать від часу дії навантаження, температури і виду матеріалу; $T(t)$ – температура, яка залежить від часу, °С; $E_{n\ a/\delta\ w/\text{укр}}(t, T(t))$ – функція модуля пластичності асфальтобетонного покриття, МПа; $R_{w/\delta}(t)$, $R_{w/\text{укр}}(t)$, $R_{z/n}(t)$ – функція релаксації дискретного матеріалу, укріпленого матеріалу, земляного полотна, МПа; $E_{\delta\ w/\delta}(t)$, $E_{\delta\ w/\text{укр}}(t)$, $E_{\delta\ z/n}(t)$ – функція деформації шару з дискретного матеріалу, укріпленого матеріалу, земляного полотна, МПа; $H_{a/\delta}$ – товщина асфальтобетонного покриття, що складається з кількості шарів n, m ; $h_{w/\delta}$, $h_{w/\text{укр}}$, $h_{z/n}$ – товщина шару з дискретного матеріалу, укріпленого шару, земляного полотна, м; $k_{w/\delta}, k_{w/\text{укр}}, k_{z/n}$ – коефіцієнти, що враховують в'язко-пластичні властивості матеріалів (дискретного матеріалу, укріпленого шару, земляного полотна); $h_{max}(\sum N, t, T(t))$ – максимальна глибина колія асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу, м

Аналітична залежність та удосконалений метод оцінки стійкості покриття нежорсткого дорожнього одягу до утворення колії

Як передумова для оцінки стійкості асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу до утворення колії було використано: теоретичні положення та рішення задач накопичення залишкових деформацій в асфальтобетоні Богуславського А. М., Васильєва О. П., Смірнова О. В., а прогнозування залишкових деформацій в шарах основи та земляному полотні Васильєва О. П., Мурашиної Н. В., Радовського Б. С., Павлюка Д. О., Телтаєва Б. Б. та інших дослідників при дії навантаження транспортних засобів та високої літньої температури.

З урахуванням розробленої схеми (рис. 1) [1, 2, 10] та відомих теоретичних положень запропоновано аналітичну залежність для прогнозування глибини утворення колії в покритті нежорсткого дорожнього одягу, від дії циклічного вертикального навантаження транспортних засобів при високих літніх температурах, яка включає в себе параметри: термов'язкопружнопластичні властивості асфальтобетону; конструкції дорожнього одягу (з/без укріплення шарів основи); дії вертикального навантаження та зміни температури. Тому визначення загальної глибини колії $h_{зар}(\sum N, t, T(t))$ в асфальтобетонному покритті з урахуванням підходів Васильєва О. П. встановлюється за залежністю:

$$h_{зар} \left(\sum N, t, T(t) \right) = \omega_{a/б} \left(\sum N, t, T(t) \right) + \omega_{ш/укр}(t) + \omega_{ш/д}(t) + \omega_{з/п} \left(\sum N, t \right) + \omega_b(t) + \omega_\tau \left(\sum N, t \right), \quad (1)$$

де $\omega_{a/б} \left(\sum N, t, T(t) \right) = T_{сл} \cdot \sum_1^i \frac{p \cdot (1 - \mu^2(t)) \cdot H_{a/б} \cdot \lg n}{E_{на/б}(t, T(t)) \cdot \lg N} \cdot \left[1 + \vartheta \cdot \left(e^{\frac{D_d}{V \cdot t_p}} - 1 \right)^k \right]^Y \cdot W$

– залишкова деформації в асфальтобетонному шарі, м;

$$\omega_{ш/укр}(t) = \omega_{ш/д}(t) \cdot \left[\frac{E_{\partial ш/укр}(t) \cdot k_{ш/укр}}{E_{\partial ш/д}(t) \cdot k_{ш/д}} \right]^{(0,894 \ln(h_{ш/укр}) + 0,732)} \quad \text{– залишкова деформації в}$$

укріпленому шарі основи, м;

$$\omega_{ш/д}(t) = \omega_{з/п}(\sum N, t) \cdot \left[\frac{E_{\partial ш/д}(t) \cdot k_{ш/д}}{E_{\partial з/п}(t) \cdot k_{з/п}} \right]^{(0,657 \cdot \ln(h_{ш/д}) - 0,296)} \quad \text{– залишкова деформація в шарі}$$

дискретного матеріалу, м;

$$\omega_{з/п}(\sum N, t) = \exp^{(15 \cdot \tau + 1,38 \cdot B - 3,0) \cdot (N \cdot t)^{0,3}} \quad \text{– залишкова деформації в земляному полотні, м;}$$

$\omega_b(t)$ – середня висота випорів колії, м;

$\omega_\tau(\sum N, t)$ – знос покриття від шипованих шин (залежить від виду мінерального матеріалу асфальтобетону), м;

$T_{сл}$ – розрахунковий строк служби дорожньої конструкції, роки;

n та N – інтенсивність руху розрахункових автомобілів на полосу руху відповідно в місяць і за строк служби, один. навант.;

t_p – час релаксації, с;

V – швидкість транспортного потоку, приймається як середнє між швидкістю на початку експлуатації дорожньої конструкції та в кінці строку її служби, км/год;

D_d – діаметр відбитку колеса рухомого автомобіля, м;

i – число місяців в році з характерною середньою температурою;

τ – активні дотичні напруження зсуву в ґрунті земляного полотна, МПа;

B – коефіцієнт консистенції ґрунту, доля одиниці;

t – тривалість дії одного прикладення автомобільного навантаження, с;

W – функція, що відображає вплив комбінації причин утворення колії від рецептурно-структурних, конструктивних, технологічних факторів (вид функції і параметрів встановлюється експериментально);

ϑ, k, γ – параметри, що встановлюються експериментально і відображають вплив циклічного навантаження на утворення колії в асфальтобетоні при повторному проїзді N колеса.

$\bar{E}_{na/б}(t, T(t))$ – середньо-інтегральне значення модуля пластичності визначається за залежністю, МПа:

$$\bar{E}_{na/б}(t, T(t)) = \left(\sum_{i=1}^n E_{na/б}(t, T(t)) \times H_{abi} \right) \div \sum_{i=1}^n H_{abi}, \quad (2)$$

де $\bar{E}_{na/б}(t, T(t))$ – функція модуля пластичності i -го шару асфальтобетонного покриття;

n – кількість шарів асфальтобетонного покриття ($n = 3$), МПа;

H_{abi} – товщина i -го шару асфальтобетонного покриття ($i = 3$), м.

Для оцінки стійкості покриття нежорсткого дорожнього одягу до утворення колії, яка базується на отриманні аналітичних залежностей (1, 2), запропоновано умову граничного стану, яка перевіряється як максимальне значення глибини колії $h_{\max}(\sum N, t, T(t))$, накопиченою за розрахунковий строк служби та включає в себе загальну глибину колії $h_{\text{зар}}(\sum N, t, T(t))$, з відповідною забезпеченістю, визначається за формулою:

$$h_{\max}(\sum N, t, T(t)) = h_{\text{зар}}(\sum N, t, T(t)) \cdot (1 + t_{\text{дй}} \cdot C_v) \leq [h_H], \quad (3)$$

де $t_{\text{дй}}$ – коефіцієнт довірчої імовірності;

C_v – коефіцієнт варіації глибини колії;

h_H – гранично допустима глибина колії за нормативним документом, м.

Таким чином, удосконалено метод оцінювання стійкості покриття нежорсткого дорожнього одягу до утворення колії від впливу структурних, конструктивних, технологічних, кліматичних та транспортних факторів, а також запропоновано послідовність розрахунку оцінки стійкості такого покриття.

Експериментальні дослідження

Об'єкти експериментальних досліджень: асфальтобетонне покриття нежорсткого дорожнього одягу автомобільних доріг, кільцевий стенд ДП «Дорожній контроль якості»; традиційний асфальтобетон дрібнозернистий, крупнозернистий (тип Б, А), щебенево-мастиковий асфальтобетон (ЩМА). Досліджувалися асфальтобетони з використанням щебеню розміром 10 мм, 20 мм, 40 мм на бітумах дорожніх марок БНД 40/60, БНД 60/90 та бітумах, модифікованих полімером марки: БМПА 60/90-53, що модифікували полімером – термоеластопластом. Досліджувалися матеріали шарів основи дорожнього одягу: укріплений ґрунт, щебінь фракції 20-40 мм, щебенево-піщана суміш, пісок, суглинок [12 – 13].

Оцінка стійкості асфальтобетонів до утворення колії. Перед випробуванням зразки виготовляли за допомогою секторного пресу (ПМА 218-21476215-450), що відтворює умови ущільнення асфальтобетонної суміші, подібні умовам ущільнення котками. Базуючись на існуючому методі (СОУ 45.02-00018112-020) з метою визначення показника стійкості асфальтобетону накопичення залишкових деформацій у вигляді колії при багатоцикловому повторному навантаженні за підвищених температур, проводили лабораторні випробування [14, 15].

Отримані результати експериментальних досліджень впливу структурних факторів на підвищення стійкості до утворення колії в асфальтобетоні підтвердили відомі дані про підвищення зсувостійкості асфальтобетону за рахунок регулювання зернового складу, властивостей бітумних в'язучих, крім того, отримано кількісні дані та закономірності впливу режимів навантаження та конструктивно-технологічних факторів.

На рисунку 2, показано вплив використання різних бітумних в'язучих на дрібнозернистий асфальтобетон типу А-20, щебенево-мастиковий асфальтобетон ЩМА-10, ЩМА-20 на утворення колії.

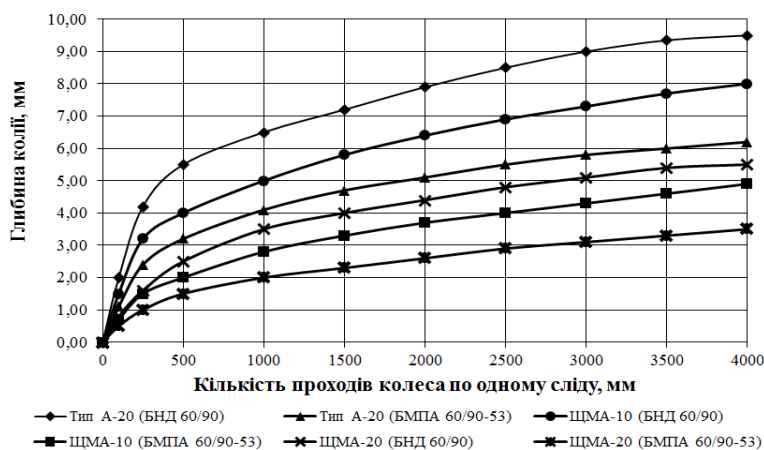


Рисунок 2 – Залежність глибини колії від кількості проходів огумленим колесом та виду бітумного в'язучого в асфальтобетоні (тип А, ЩМА) за температури 50°C при навантаженні 700 Н

Одержано порівняльні результати (рис. 2) асфальтобетонів типу А (з максимальним розміром зерен щебеню 20 мм), щебенево-мастикових асфальтобетонів (ЩМА-10, ЩМА-20), з яких випливає, що мінімальне значення глибини колії при температурі +50 °C становить 3,5 мм для ЩМА-20, а у типі А-20 значення колії більше в 2,7 разів. З результатів дослідження можна сказати, що, використовуючи асфальтобетони на бітумах, модифікованих полімерами, можна підвищити стійкість до утворення колії асфальтобетонного покриття на 50 – 60 %. Дані дослідження дають можливість обрати найбільш стійкий асфальтобетон до утворення колії при проектуванні конструкції дорожнього одягу. Результати дослідження застосовуються для обґрунтування вибору асфальтобетону при проектуванні конструкції дорожнього одягу.

Оцінка міцності зчеплення при зсуві між асфальтобетонним шаром і асфальтобетонним покриттям. Для досліджень використовували методику (СОУ 45.2-00018112-046) для оцінки зчеплення асфальтобетонного шару і асфальтобетонного покриття при випробуванні під дією горизонтальних та вертикальних зусиль, що моделюють дію зовнішнього навантаження на асфальтобетонні шари при гальмуванні транспортних засобів. Випробування здійснювали за допомогою приладу НТУ-ЗЧ-1, зразків кернів, які були відібрані з покриття кільцевого стенду. Результатами дослідження встановлено оптимальні витрати підґрунтовки, що складають від 0,3 – 0,7 л/м² і суттєво залежать від виду асфальтобетону. Це свідчить про те, що при проектуванні асфальтобетонних шарів необхідно враховувати оптимальні параметри технології їх влаштування [16]. Результати дослідження застосовуються для обґрунтування кількості підґрунтовки між асфальтобетонними шарами.

Встановлення термов'язкопружньо-пластичних характеристик асфальтобетону. Аналітична залежність з прогнозування утворення колії в асфальтобетонному покритті потребує застосування характеристик, що описують термов'язкопружню поведінку асфальтобетонів (функція релаксації) та термов'язкопружньо-пластичну (функція модуля пластичності; функція, що відображає вплив комбінованих причин утворення колії від внутрішніх факторів; параметри, що відображають вплив циклічного навантаження) [1, 13, 17].

Отримані параметри функції модуля пластичності щебенево-мастикового асфальтобетону наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Параметри функції модуля пластичності ЩМА

Шифр асфальтобетону	Параметри функції α_T		Параметри модуля пластичності		
	$Q, ^\circ C$	$p, \text{град}^{-1}$	$E_{n\text{ а/б}}, \text{МПа}$	$\eta, \text{с}$	λ
ЩМА-10 (БМПА 60/90-53)	20	0,171	4754	$1,68 \times 10^{-5}$	0,290
ЩМА-20 (БМПА 60/90-53)	20	0,165	4586	$1,53 \times 10^{-5}$	0,300

Для визначення деформаційних властивостей матеріалів дорожньої конструкції в лабораторних умовах визначали вертикальні переміщення за допомогою жорсткого штампу, встановленого на поверхні щебенево-піщаного шару (фракції 0 – 40 мм) покриття за допомогою важільного пресу (рис. 3), в залежності від різного часу дії навантаження. Навантаження на поверхню щебеневого шару передавалося за допомогою важільного преса через сталевий штамп заданим діаметром. Переміщення фіксувалося за допомогою індикатора годинникового типу. Випробування переміщень проводили двічі при навантаженні $p = 0,5 \text{ МПа}$ з тривалістю дії від 0 до 2400 с, результати наведено на рис. 4.

Отримані результати випробувань матеріалів шарів основи за допомогою важільного преса (рис. 3) дозволили визначити на основі отриманих даних залежності переміщень матеріалів основи при заданій вологості та різному часі дії навантаження (рис. 4), визначити параметри функцій релаксації та модуля деформації. Результати параметрів наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Параметри функції релаксації та коефіцієнт в'язкопластичності матеріалів

Шифр матеріалу	Параметри функції релаксації				Коефіцієнт в'язкопластичності
	$E_{MT}, \text{МПа}$	$E_{dT}, \text{МПа}$	a	χ	k
Укріплений ґрунт, М 60	540	490	6,1	4,1	0,98– 0,96
Щебінь, влаштований методом заклинки (фракції 20 – 40 мм)	358	332	6,0	4,0	0,97– 0,93
Щебенево-піщана суміш (фракції 0 – 40 мм)	258	236	5,9	3,9	0,96– 0,91
Пісок середній	138	125	9,0	3,75	0,94– 0,88
Суглинок	70	49	5,8	2,1	0,91– 0,83
Примітка: Коефіцієнт пластичності для матеріалу шарів залежить від вологості					

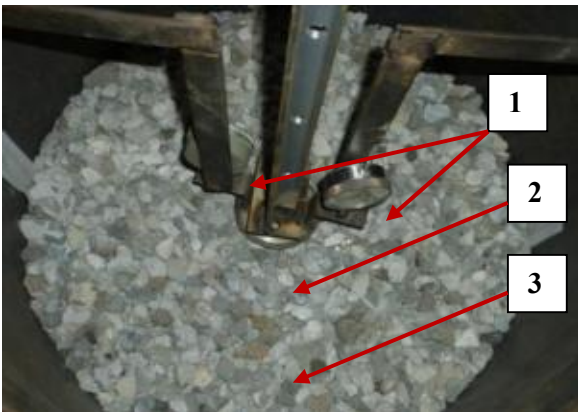


Рисунок 3 – Схема встановлення штампу та індикатора годинникового типу при визначенні переміщень в матеріалі за допомогою важільного преса: 1 – індикатори годинникового типу; 2 – штамп із заплечниками; 3 – форма із зразком

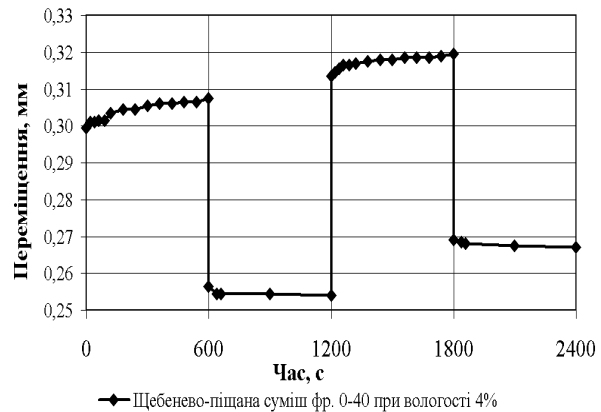


Рисунок 4 – Залежність переміщень від часу дії навантаження в щебенево-піщаній суміші при вологості 4%

Стендові випробування на кільцевому стенді. Дослідження полягали у вивченні поперечного профілю асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу з вимірюванням параметрів колії в залежності від кількості проїздів колеса по одному сліду при температурах від 45 °С до 55 °С [18]. Досліджувана конструкція складалася: верхній шар покриття з ЩМА-20 на бітумі, модифікованому полімером, товщиною 5 см; щільний дрібнозернистий асфальтобетон типу А з максимальною крупністю мінеральних зерен 20 мм на бітумі модифікованому полімером БМПА 60/90-53, товщиною 8 см; нижній шар – пористий крупнозернистий асфальтобетон типу А з максимальною крупністю мінеральних зерен 40 мм на БНД 60/90 товщиною 8 см; між шарами виконана підґрунтова на модифікованому бітумі; шар основи з щебенево-піщаної суміші С-7, укріпленою цементом, товщиною 15 см; шар з щебенево-піщаної суміші С-5 товщиною 18 см. Поперечний профіль та кінетику зміни його характеристик показано на рисунку 5.

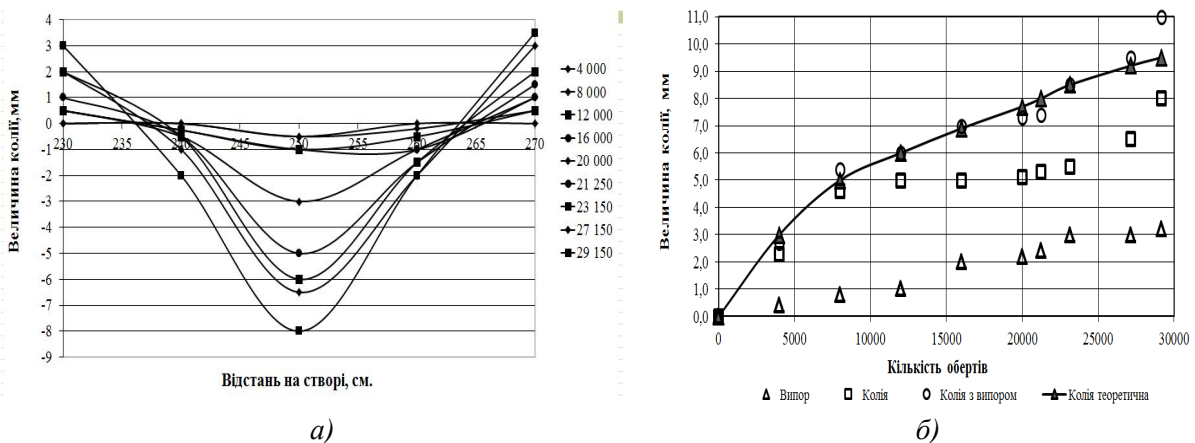


Рисунок 5 – Залежність утвореної колії в асфальтобетонному покритті нежорсткого дорожнього одягу від кількості проїздів колеса: а) – поперечний профіль; б) – кінетика зміни характеристики утворення колії

Отримані дані свідчать про те, що із збільшенням кількості навантажень темпи зростання глибини колії спочатку стрімко збільшуються, а потім поступово затухають (рис. 7). Результати досліджень дозволили встановити підвищення стійкості асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу до утворення колії за рахунок застосування: у верхньому та нижньому шарі покриття асфальтобетону на бітумі модифікованому полімером, а також укріпленого шару основи та раціонального конструювання дорожнього одягу.

З метою перевірки точності переміщення залишкових деформацій в поперечному профілі конструкції дорожнього одягу виконувалося її розриття (рис. 6). Результати дослідження дозволили визначити пошарове накопичення пластичних залишкових деформацій у кожному шарі конструкції дорожнього одягу (рис. 7).

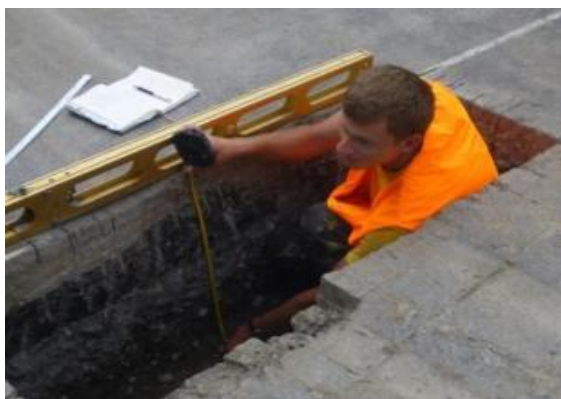


Рисунок 6 – Загальний вид розриття конструкції дорожнього одягу на кільцевому стенді ДП «Дорожній контроль якості»

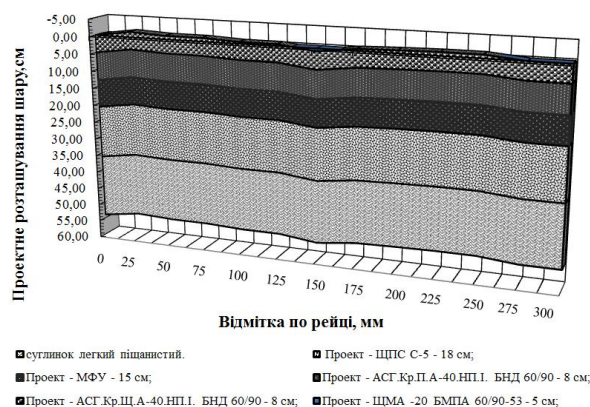
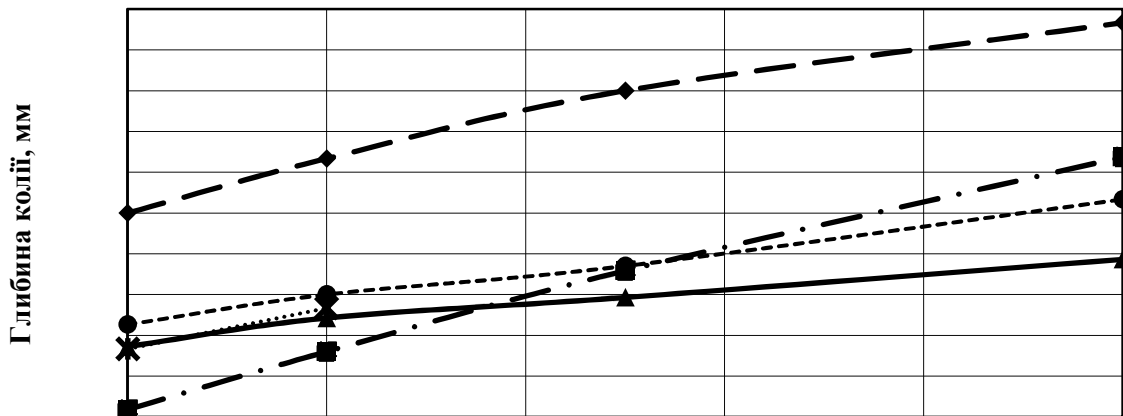


Рисунок 7 – Результати дослідження пластичних залишкових деформацій в конструктивних шарах дорожнього одягу

Проведено числове моделювання вертикальних переміщень в покритті нежорсткого дорожнього одягу за допомогою методу скінченних елементів для різних конструкцій дорожнього одягу. На основі отриманих результатів зроблено висновок про те, що максимальні поля переміщень розповсюджуються в конструкції, в якій не використовуються укріплення шарів основи, максимальні переміщення в конструкції з використанням укріплених матеріалів менші до 40 %.

Для перевірки адекватності запропонованої математичної моделі (3), а також для вивчення параметрів утворення колії в асфальтобетонному покритті нежорсткого дорожнього одягу використано конструкцію дорожнього одягу при стендових випробуваннях на кільцевому стенді ДП «Дорожній контроль якості» з наведеними вище параметрами, а також проведено натурні дослідження утворення колії, аналогічної конструкції нежорсткого дорожнього одягу, що експлуатується на автомобільній дорозі М 03 Київ – Харків – Довжанський. Результати натурних досліджень були проведені на автомобільній дорозі М 03 Київ – Харків – Довжанський в 2016 та 2018 роках. Крім того, для співставлення запропонованої математичної моделі з існуючими методами, було проведено теоретичні розрахунки утворення колії в запропонованій конструкції дорожнього одягу за підходами Васильєва О.П., М-218-03450778-256 [1, 4, 5, 8] та виконано порівняння з отриманою теоретичною залежністю (3), натурними дослідженнями, що наведено на рис. 8.

На підставі натурних, стендових та теоретично розрахованих за формулою (1–3) досліджень встановлено залежність утворення глибини колії в асфальтобетонному покритті на різних конструкціях нежорсткого дорожнього одягу від впливу структурних, конструктивних, технологічних, кліматичних та транспортних факторів. Розбіжність результатів знаходиться в межах від 9,0 % до 18,0 %, при рівні довірчої вірогідності 0,95. Це вказує на можливість практичного застосування удосконаленого методу оцінки стійкості асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу.



Термін експлуатації асфальтобетонного покриття, роки

- Рекомендації по виявленню и усуненню колій на нежестких дорожних одягах. А.П. Васильев, Ю.М. Яковлев. — М.: МАДИ, 2002.
- М-218-03450778-256-2004. Методика випробування покриттів на стійкість проти колієутворення. Київ 2004 р.
- ▲— методика розрахунку дисертації, Гаркуша М.В.
- Дослідження проф. Онищенко А.М.
- Натурні дослідження автомобільної дороги М03 Київ-Харків-Довжанський, 2016, 2018 рр.

Рисунок 8 – Залежність глибини колії в асфальтобетонному покритті нежорсткого дорожнього одягу на автомобільній дорозі М03 Київ – Харків – Довжанський від дії навантаження $p = 0,8$ МПа в залежності від терміну експлуатації

Висновки

У роботі наведено теоретичне узагальнення і нові вирішення наукових та практичних задач. У роботі удосконалено метод оцінки стійкості покриття нежорсткого дорожнього одягу з утворення колії та враховано комплексну дію основних факторів, а саме: термов'язкопружнопластичних властивостей асфальтобетону, вертикального тиску на покриття пневматичних коліс транспортних засобів та часу їх дії на конструкцію; інтенсивності прикладання вертикальних навантажень; ці положення були підтверджені експериментальним дослідженням, в тому числі з врахуванням укріплення шарів основи дорожнього одягу.

Результати досліджень дозволили сформулювати теоретичні та науково-практичні висновки, основними з яких є:

1. Із аналізу відомих літературних даних та досліджень стосовно нежорсткого дорожнього одягу встановлено:

– асфальтобетонне покриття нежорсткого дорожнього одягу автомобільних доріг перебуває у складних умовах експлуатації, що підтверджується інтенсивним зростанням дефектів

у вигляді колії (понад 60 % пластичних деформацій із загальної кількості дефектів), у зв'язку з ростом параметрів транспортних навантажень та високих літніх температур;

– в існуючих наукових розробках недостатньо вивчено: комплексний вплив термов'язкопружнопластичних властивостей асфальтобетону з врахуванням структурних, конструктивних, технологічних, кліматичних, транспортних факторів; існуючі методи оцінки стійкості покриття нежорсткого дорожнього одягу до утворення колії недостатньо враховують комплексний вплив термореологічних властивостей асфальтобетону та укріплення шарів основи, а також фактичних режимів навантаження великовагових транспортних засобів за різних температурних умов; існуючі експериментальні дослідження недостатньо відображають фактичні умови роботи покриття; не в повній мірі вивчено стійкість асфальтобетонного покриття до утворення колії при комбінованому застосуванні різних практичних заходів.

2. Встановлено аналітичну залежність, яка дозволяє прогнозувати глибину утворення колії в покритті нежорсткого дорожнього одягу, від дії циклічного вертикального навантаження транспортних засобів при високих літніх температурах та включає в себе параметри: термов'язкопружнопластичні властивості асфальтобетону; конструкції дорожнього одягу (з/без укріплення шарів основи); дії вертикального навантаження та зміни температури. Удосконалено метод оцінки стійкості покриття нежорсткого дорожнього одягу до утворення колії, від дії вертикальних навантажень від транспортних засобів, що дозволяє враховувати комплексну дію основних факторів, а саме: термов'язкопружнопластичні властивості асфальтобетону; укріплення ґрунтів; температуру асфальтобетону; вертикальний тиск на покриття пневматичних коліс при проїзді транспортних засобів; інтенсивність прикладання вертикальних навантажень; час дії навантаження.

3. На основі експериментальних результатів:

– досліджено властивості асфальтобетону та укріплених ґрунтів, а саме: фізико-механічні властивості; розрахункові параметри термов'язкопружнопластичних властивостей (функція деформації, функція релаксації, функція пластичності), міцність зчеплення між асфальтобетоном та основою при зсуві; характеристики утворення колії;

– одержано порівняльні результати випробувань асфальтобетонів типу А, Б (з максимальним розміром зерен щебеню 20 мм), щебенево-мастикових асфальтобетонів (ЩМА-10, ЩМА-20), з яких випливає, що мінімальне значення глибини колії при температурі +50 °С становить 3,5 мм для ЩМА-20, а у типі А-20 значення колії більше ніж в 2,7 разів;

– на підставі натурних та стендових досліджень встановлено залежність утворення глибини колії в асфальтобетонному покритті на різних конструкціях нежорсткого дорожнього одягу від впливу структурних, конструктивних, технологічних, кліматичних та транспортних факторів, перевірена адекватність теоретичних положень, підтверджено адекватність теоретичних рішень з експериментальними даними;

– на основі чисельного аналізу встановлено і доведено можливість підвищення стійкості асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу до утворення колії за рахунок застосування: у верхньому та нижньому шарі покриття асфальтобетону на бітумі модифікованому полімером (при їх кількості до 5 %); укріпленого шару основи та раціонального конструювання дорожнього одягу.

4. Результати досліджень знайшли застосування при розробці 7 нормативних документів для проектування, будівництва, реконструкції, ремонту та експлуатації асфальтобетонних покриттів на автомобільних дорогах України.

Список літератури

1. Onyshchenko A. M., Garkusha M. V., Leshchuk O. M. Prediction and assessment of residual strain of asphalt concrete pavement using finite element method. *World science*. Warsaw, 2018. N 4 (32). Vol. 2. P. 29-37. URL: <http://archive.ws-conference.com/wp-content/uploads/2321.pdf> (дата звернення: 15.06.2019).
2. Гаркуша М. В. Підвищення колієстійкості нежорстких дорожніх одягів за рахунок укріплення ґрунтів основи. *Вісник одеської державної академії будівництва та архітектури*. Одеса, 2012. Вип. N 47. С. 47-53.
3. Мозговий В. В., Онищенко А. М., Гаркуша М. В., Білан О. О. Моніторинг стану дорожнього одягу для планування ремонтних робіт автомобільних доріг, у тому числі для СУСП. *Дороги і мости*. Київ, 2011. Вип. 13. С. 76-88. URL: <http://dorogimosti.org.ua/ua/monitoring-stanu-doroghnyogo-odyagu-dlya-planuvannya-remontnih-robot-avtomobilnyh-dorig-u-tomu-chisli-dlya-susp> (дата звернення: 31.08.2019).
4. Мозговой В. В., Онищенко А. Н., Гаркуша Н. В. Методы повышения устойчивости к колееобразованию асфальтобетонного покрытия. Современные тенденции и направления строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог и искусственных сооружений: Материалы научно-технической конференции, посвященной 50-летию республиканского дочернего унитарного предприятия «Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БелдорНИИ». Минск, 2012. С. 144-150.
5. Гаркуша М. В. Прогнозування накопичення залишкових деформацій в конструкції нежорсткого дорожнього одягу. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції з участю студентів та молодих вчених «Сучасні комп'ютерно-інноваційні технології проектування, будівництва, експлуатації автомобільних доріг і аеродромів». Харків, 2012. С. 88-94.
6. Онищенко А. М., Невінгловський В. Ф., Гаркуша М. В., Різніченко О. С., Аксьонов С. Ю., Білан О. О. Заходи з підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття автомобільних доріг з інтенсивним рухом великовантажних транспортних засобів. *Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури*. 2013. Вип. 2013-1 (99). С. 58-65. URL: [http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2013/maket_2013-1\(99\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2013/maket_2013-1(99).pdf) (дата звернення: 15.06.2019).
7. Аксьонов С. Ю., Гаркуша М. В. Теоретичні аспекти проектування асфальтобетонних шарів дорожнього одягу заданої довговічності. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Київ, 2013. Вип. 90. С. 57-65. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/90/057-065.pdf (дата звернення: 15.06.2019).
8. Гаркуша М. В. Підвищення стійкості до утворення колії асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу. *Дороги і мости*. Київ, 2017. Вип. 17. С. 27-41. URL: http://dorogimosti.org.ua/files/upload/ilovepdf_com-27-41.pdf (дата звернення: 31.08.2019).
9. Онищенко А. М. Метод розрахунку колієстійкості асфальтобетонного покриття автомобільних доріг. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. Одеса, 2015. Вип. N 58. С. 288-294.
10. Онищенко А. М., Худолій С. М., Гаркуша М. В., Лещук О. М. Прогнозування та оцінка залишкових деформацій асфальтобетонного покриття з використанням методу скінченних елементів. *Вісник Національного транспортного університету*. Київ, 2017. Вип. 1 (37). С. 308-320. URL: <http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/37/308.pdf> (дата звернення: 15.06.2019).
11. Мозговий В. В., Онищенко А. М., Лаптева Н. С., Гаркуша М. В., Аксьонов С. Ю. Методика визначення тріщиностійкості та колієстійкості асфальтобетонних шарів конструкції

дорожнього одягу з використанням доменних шлаків в шарах основи: науковий твір. Україна, свідоцтво N 48068, дата реєстрації 26.02.2013.

12. Мозговий В. В., Онищенко А. М., Аксьонов С. Ю., Гаркуша М. В., Невінгловський В. Ф., Різніченко О. С. Методика приготування та результати випробування бітуму модифікованого полімерами за допомогою лабораторного лопатевого змішувача. *Вісник Національного транспортного університету*. Київ, 2012. Вип. 26. Частина 1. С. 79-84. URL: http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/26_1_2013/079-084.pdf (дата звернення: 15.06.2019).

13. Мозговий В.В., Онищенко А.М., Невінгловський В.Ф., Гаркуша М.В., Аксьонов С.Ю. Використання нових нормативних документів для визначення розрахункових характеристик дорожньо-будівельних матеріалів. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. Одеса, 2013. Вип. N 49. Частина 1. С. 245-251.

14. СОУ 45.2-00018112-020:2009 Будівельні матеріали. Асфальтобетон дорожній. Метод випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій. Київ, 2009. 18 с. (Інформація та документація).

15. Мозговий В. В., Онищенко А. М., Різніченко О. С., Гаркуша М. В., Лещук О. М., Тюленев Є. І., Плазій Є. П. СОУ 45.2-00018112-020:2009. Проект. Стандарт організації України. Дорожньо-будівельні матеріали. Метод випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій: літературний письмовий твір науково-технічного характеру. Україна, свідоцтво N 78942, дата реєстрації 10.05.2018.

16. СОУ 45.2-00018112-046:2009 Асфальтобетон дорожній. Методика оцінки зчеплення між асфальтобетонними шарами при зсуві. Київ, 2009. 16 с. (Інформація та документація).

17. Гаркуша М. В. Вплив укріплення ґрунтів на підвищення довговічності конструкції дорожнього одягу та зменшення колієутворення на автомобільних дорогах України. Проектування, будівництво і експлуатація нежорстких дорожніх одягів: матеріали міжнародної науково-технічної конференції, яка присвячена 80-річчю ХНАДУ та дорожньо-будівельного факультету. Харків, 2010. С.84-87.

18. Онищенко А. М., Гаркуша М. В., Аксьонов С. Ю., Білан О. О. Аналіз результатів випробування дорожнього одягу різних типів на кільцевому стенді з асфальтобетонними шарами. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні технології будівництва та експлуатації автомобільних доріг». Харків, 2013. С. 154-159.

19. П-Г.1-218-113:2009. Технічні правила ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України. Київ, 2010. 168 с.

REFERENCES

1. Onyshchenko A. M., Garkusha M. V., Leshchuk O. M. Prediction and assessment of residual strain of asphalt concrete pavement using finite element method. *World science*. Warsaw, 2018. N 4 (32). Vol. 2. P. 29-37. URL: <http://archive.ws-conference.com/wp-content/uploads/2321.pdf> (Last accessed: 15.06.2019) [in English].

2. Harkusha M. V. Pidvyshchennia koliaestikiosti nezhorstkykh dorozhnikh odiahiv za rakhunok ukriplennia gruntiv osnovy. *Visnyk odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury*. Odessa, 2012. N 47. p. 47-53. [in Ukrainian].

3. Volodymyr Mozghovyi, Artur Onyshchenko, Mykola Garkusha, Olexander Bilan Monitoring of motor road pavement condition, provided with the purpose of repair works planning of motor roads, including those for PMS. *Dorogi i mosti* [Roads and bridges]. Kyiv, 2011. 13. P. 76-88. URL: <http://dorogimosti.org.ua/ua/monitoring-stanu-doroghyogo-odyagu-dlya-planuvannya-remontnih-robot-avtomobilnyh-dorig-u-tomu-chisli-dlya-susp> (Last accessed: 31.08.2019) [in Ukrainian].

4. Mozgovoy V. V., Onischenko A. N., Garkusha N. V. Metodyi povyisheniya ustoychivosti k koleeobrazovaniyu asfaltobetonnoho pokryitiya. *Sovremennyye tendentsii i napravleniya stroitelstva, remonta i sodержaniya avtomobilnykh dorog i iskusstvennykh soorujeniy: Materialyi nauchno-tehnicheskoy konferentsii, posvyaschennoy 50-letiyu respublikanskogo dochernogo unitarnogo predpriyatiya «Belorusskiy dorojnyiy nauchno-isledovatel'skiy institut «BeldorNII». Minsk, 2012. P. 144-150. [in Russian].*
5. Harkusha M. V. Prohnozuvannia nakopychennia zalyshkovykh deformatsii v konstruktsii nezhorstkoho dorozhnoho odiahu. *Materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii z uchastiu studentiv ta molodykh vchenykh «Suchasni komp'uterno-innovatsiini tekhnologii proektuvannia, budivnytstva, ekspluatatsii avtomobilnykh dorih i aerodromiv».* Kharkiv, 2012. P. 88-94. [in Ukrainian].
6. Arthur Onischenko, Vadym Nevinglovsky, Mykolay Garkusha, Oleksandr Riznichenko, Sergei Aksenov, Olexander Bilan. Measures to improve track hardness of asphalt concrete roads with heavy traffic of heavy vehicles. *Visnik Donbas'koi nacional'noi akademii budivnictva i arhitekturi.* 2013-1 (99). P. 58-65. URL: [http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2013/maket_2013-1\(99\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2013/maket_2013-1(99).pdf) (Last accessed: 15.06.2019).
7. Aksonov S. Yu., Harkusha M. V. Teoretychni aspekty proektuvannia asfaltobetonnykh shariv dorozhnoho odiahu zadanoi dovhovichnosti. *Avtomobil'ni dorogi i dorozhne budivnictvo.* Kyiv, 2013. 90. P. 57-65. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/90/057-065.pdf (Last accessed: 15.06.2019).
8. Mykola Garkusha. Increasing the stability to the development of the asphalt concrete coating of impressive road clothing. *Dorogi i mosti [Roads and bridges].* Kyiv, 2017. 17. P. 27-41. URL: http://dorigimosti.org.ua/files/upload/ilovepdf_com-27-41.pdf (Last accessed: 31.08.2019) [in Ukrainian].
9. Onyshchenko A. M. The method of calculation the asphalt pavement coverage of motor roads to rutting / *Visnyk odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury* / Odesa, 2015. N 58. p. 288–294. [in Ukrainian].
10. Onishchenko A. M., Khudolii S. M., Harkusha M. V., Leshchuk A. N. Prediction and assessment of residual strain of asphalt pavement using finite element method. *Visnik Nacional'nogo transportnogo universitetu.* Kyiv, 2017. 1 (37). P. 308-320. URL: <http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/37/308.pdf> (Last accessed: 15.06.2019) [in Ukrainian].
11. Mozgovyi V. V., Onyshchenko A. M., Lapteva N. S., Garkusha M. V., Aksenov S. Yu. Method of determination of friction resistance and cross-resistance of asphalt concrete layers of construction of road clothes using blast furnace slag in base layers: Scientific work. Ukraine, Certificate N 48068, registration date 26.02.2013 [in Ukrainian].
12. Mozgovyi V. V., Onishchenko A. M., Axenov S. Y., Garkusha M. V., Nevinglovskiy V. F., Riznichenko O. S., Methods of preparation and test results of bitumen modified with polymers using laboratory shovel mixer. *Visnik Nacional'nogo transportnogo universitetu.* Kyiv, 2012. 26. Part 1. P. 79-84. URL: http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/26_1_2013/079-084.pdf (Last accessed: 15.06.2019) [in Ukrainian].
13. Mozgovyi V. V., Onyshchenko A. M., Nevinglovskiy V. F., Garkusha M. V., Aksenov S. Yu. Use of new regulatory documents for determining the design characteristics of road building materials. *Visnyk odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury.* Odesa, 2013. 49. Part 1. P. 245-251. [in Ukrainian].
14. Standard of organization of Ukraine (SOU 45.2-00018112-020: 2009) *Budivelni materialy. Asfaltobeton dorozhnii. Metod viprobuвання na stiikist do nakopychennia zalyshkovykh deformatsii (Building materials. Road asphalt concrete. Test method for resistance to accumulation of residual strains).* Kyiv, 2009. 18 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

15. Mozgovyi V. V., Onyshchenko A. M., Riznichenko O. S., Garkusha M. V., Leshchuk O. M., Tulyenev Ye. I., Plasiy E. P. SOU 45.2-00018112-020:2009. Proekt. Standart orhanizatsii Ukrainy. Dorozhno-budivelni materialy. Metod vyprobuvannia na stiikest do nakopychennia zalyshkovykh deformatsii (SOU 45.2-00018112-020:2009. Project. Standard of Organization of Ukraine. Road building materials. Test method for resistance to accumulation of residual deformations): Literary Written Product of a Scientific and Technical Character. Ukraine, Certificate N 78942, registration date 10.05.2018 [in Ukrainian].

16. Standard of organization of Ukraine (SOU 45.2-00018112-046:2009) Asfaltobeton dorozhnii. Metodyka otsinky zcheplennia mizh asfaltobetonnyymi sharamy pry zsuvi. Kyiv, 2009. 16 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

17. Harkusha M. V. Vplyv ukriplennia gruntiv na pidvyshchennia dovhovichnosti konstruksii dorozhnogo odiahu ta zmeshennia koliieutvorennia na avtomobilnykh dorohakh Ukrainy (Influence of strengthening of soils on increasing durability of the design of road clothing and reduction of knee formation on highways of Ukraine). Proektuvannia, budivnytstvo i ekspluatatsiia nezhorstkykh dorozhnikh odiahiv: materialy mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii, yaka prysviachena 80-richchiu KhNADU ta dorozhno-budivelnogo fakultetu (Designing, construction and operation of non-rigid road clothing: Materials of the international scientific and technical conference devoted to the 80th anniversary of the KHNAHU and the road-building faculty). Kharkiv, 2010. p. 84-87. [in Ukrainian].

18. Onyshchenko A. M., Harkusha M. V., Aksonov S. Yu., Bilan O. O. Analiz rezultativ vyprobuvannia dorozhnogo odiahu riznykh typiv na kiltsevomu stendi z asfaltobetonnyymi sharamy (Analysis of the results of testing various types of road clothing on a ring stand with asphalt concrete layers). Materialy mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii «Suchasni tekhnolohii budivnytstva ta ekspluatatsii avtomobilnykh dorih» (Materials of the international scientific and technical conference «Modern technologies of construction and operation of highways»). Kharkiv, 2013. P. 154-159. [in Ukrainian].

19. Technical rules (P-G.1-218-113:2009) Tekhnichni pravyla remontu ta utrymannia avtomobilnykh dorih zahalnoho korystuvannia Ukrainy (Technical rules for repair and improvement of automobile roads of Ukraine). Kyiv, 2010. 168 p. [in Ukrainian].

Mykola Garkusha, <https://orcid.org/0000-0002-5388-0561>

Artur Onyshchenko, D.Sc., Professor, <https://orcid.org/0000-0002-1040-4530>

National Transport University, Kiev, Ukraine

IMPROVING THE METHOD OF EVALUATION OF THE STABILITY OF NON-RIGID PAVEMENT AGAINST RUTTING

Abstract

Introduction. The experience of road operations of recent years shows that one of the most common defects in asphalt pavement under the impact of traffic loads and high summer temperatures is rutting which leads to decrease of its life time and, respectively, the road pavement design as the whole. The need to improve the method of evaluation of stability of non-rigid pavement against the rutting is determined.

Problem statement. Taking into account that non-rigid pavement is in complicated operational conditions (it is confirmed by intensive growth of defects, such as rutting) due to increase of traffic loads and high summer temperatures, it is needed to increase the stability of non-rigid pavement against rutting.

Purpose is to improve the method of assessing the stability of the non-rigid asphalt pavement against rutting under the impact of vertical loads of vehicles at high summer temperatures.

Methods of research are analytical and experimental using the provisions of the theory of elastic plasticity and thermal elasticity and experimental methods of studying the rutting formation in non-rigid asphalt pavement; numerical simulation; mathematical statistics.

Results. On the basis of the performed analysis, the working conditions of non-rigid pavements were considered, as well as the existing theoretical and experimental methods of forecasting the rutting formation was analyzed.

Analytical dependency is achieved and method of evaluation the stability of non-rigid pavement against rutting under the impact of vertical vehicle loads is improved that allow considering the complex impact of major factors, namely: thermo viscous elastic properties of asphalt, soil stabilization, asphalt temperature, vertical pressure on pavement of vehicle tires, intention of vertical pressure, time of load impact.

The calculated thermoreological characteristics of asphalt concrete and reinforced soils, the adhesion strength between asphalt and the foundation during shearing were experimentally researched. Field, laboratory and bench tests of the impact of various factors on the formation of residual strains in the form of rut were carried out, as well as the regularities of impact of influence factors on the intensity of the rutting formation in non-rigid asphalt pavement.

Conclusion. During work, the method of evaluation of the stability of the non-rigid pavement against the rutting was improved and the complex impact of the main factors was considered, namely: thermo viscous elastic properties of asphalt concrete, vertical pressure of vehicles on the pavement and the time of its impact on the structure; the intensity of vertical loadings. The results of research were used in the development of regulations for the design, construction, reconstruction, repair and operation of asphalt pavements on highways of Ukraine.

Key words: highway, asphalt concrete, bitumen, pavement, rutting, loading, stability, temperature, thermo viscous elastic.