

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



КУШНІР ОЛЕКСАНДР ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 625.85

**ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО
ПОКРИТТЯ НА ПІДХОДАХ ДО АВТОДОРОЖНИХ МОСТІВ**

05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному транспортному університеті Міністерства освіти і науки України, м. Київ.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Мозговий Володимир Васильович,
Національний транспортний університет,
завідувач кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Батракова Анжеліка Геннадіївна,
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет, проректор з науково-педагогічної роботи;

кандидат технічних наук, доцент
Ільченко Володимир Васильович,
Національний університет «Полтавська політехніка імені
Юрія Кондратюка», доцент кафедри автомобільних доріг,
геодезії, землеустрою та сільських будівель.

Захист відбудеться «14» травня 2021 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої
вченої ради Д 26.059.02 у Національному транспортному університеті за адресою:
01010, Україна, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, ауд. 333.

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

Автореферат розіслано «14» квітня 2021 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



О.Ю. Усиченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Успішна експлуатація таких стратегічно важливих об'єктів як мостові переходи залежить від стану покриття дорожнього полотна, як на самих мостах, так і на підходах до них. Відомо, що на підходах до мостів є найбільш поширеними нежорсткі дорожні одяги з асфальтобетонним покриттям.

Існуюча практика експлуатації асфальтобетонного покриття на підходах до автодорожніх мостів свідчить, що інженерні рішення, які традиційно застосовуються, не забезпечують необхідної довговічності покриття. Найбільш поширеними дефектами, що стають першопричиною зменшення довговічності всього дорожнього одягу є тріщини, що порушують суцільність покриття, зменшують його розподільчу здатність та є місцем концентрації напружень. З їх появою інтенсивно розвиваються такі дефекти як ямковість, вибоїни, просадки, колія. Все це суттєво погіршує експлуатаційний стан, впливає на комфортність та безпеку руху транспортних засобів, призводить до непередбачених значних матеріальних та енергетичних витрат у результаті частого виконання ремонтних робіт, що значно погіршують транспортне сполучення, є причиною заторів та суттєвого зменшення пропускної здатності мостових переходів.

Таким чином, актуальність роботи обумовлена необхідністю вирішення важливої науково-практичної задачі – підвищення довговічності асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу на підходах до автодорожніх мостів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Наукові результати роботи одержані в процесі виконання науково-дослідних і проектно-конструкторських робіт Державного агентства автомобільних доріг України «Укравтодор», в рамках виконання господарсько-договірних науково-дослідних робіт: «Провести дослідження, удосконалити методику визначення зчеплення між асфальтобетонними шарами нежорсткого дорожнього одягу та експериментальний зразок приладу для його визначення», (номер державної реєстрації 0119U101525); «Провести моніторинг дослідних ділянок автомобільних доріг, побудованих за наукоємними технологіями та з використанням нових матеріалів» (номер державної реєстрації 0108U004029); «Розробити методику визначення ділянок автомобільних доріг, що значно знижують несучу здатність в розрахунковий період» (номер державної реєстрації 0108U004929); «Провести моніторинг дослідних ділянок автомобільних доріг, побудованих за наукоємними технологіями та з використанням нових матеріалів» (номер державної реєстрації 0109U006228); «Розробити доповнення та зміни до ДСТУ Б В.2.7-119-2003 «Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний» з врахуванням зауважень виробників, накопиченого досвіду використання ДСТУ та сучасного стану виробництва» (номер державної реєстрації 0109U004461); «Створити і заповнити електронну аналітичну базу для збору та зберігання даних моніторингу нових технологій та матеріалів» (номер державної реєстрації 0111U007308) «Провести дослідження та розробити методику випробування захисних та відновлюючих складів для асфальтобетонних покриттів (технологія просочення асфальтобетону)» (номер державної реєстрації 0112U004899); «Провести дослідження та розробити пропозиції щодо адаптації вимог EN 12697-30 та EN 12697-35 у національних стандартах на випробування дорожніх асфальтобетонів» (номер державної реєстрації 0114U003578); «Розробити зміну до ДСТУ Б В.2.7-127:2006. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебенево-мастикові» (номер державної реєстрації 0112U004355); «Дослідити сучасні дорожньо-будівельні матеріали для влаштування асфальтобетонних покриттів та розробити рекомендації з ефективного їх використання в конструкціях дорожнього одягу» (номер державної реєстрації 0112U004900).

Мета і задачі досліджень. Підвищення довговічності асфальтобетонного покриття конструкцій нежорсткого дорожнього одягу на підходах до автодорожніх мостів з урахуванням особливостей його роботи в характерних зонах.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- провести аналіз існуючих досліджень щодо довговічності асфальтобетонного покриття на підходах до автодорожніх мостів;
- розробити розрахункові схеми асфальтобетонного покриття на підходах до мостів з урахуванням умов його роботи;
- розробити математичні моделі для опису граничного стану асфальтобетонного покриття з урахуванням умов його роботи на підходах до автодорожніх мостів;
- здійснити проектування складу безавтоклавного пінобетону з підвищеними механічними та теплофізичними властивостями на підходах до автодорожніх мостів з метою забезпечення морозостікості дорожнього одягу в пойменій частині;
- встановити розрахункові термореологічні і термомеханічні характеристики дорожньо-будівельних матеріалів;
- провести дослідження впливу різних факторів на довговічність дорожнього покриття на підходах до автодорожніх мостів;
- розробити методику розрахунку на довговічність дорожнього покриття на підходах до автодорожніх мостів та удосконалити принципи раціонального конструювання дорожнього одягу.

Об’єкт дослідження – процес тріщиноутворення в асфальтобетонному покритті конструкції нежорсткого дорожнього одягу.

Предмет дослідження – довговічність асфальтобетонного покриття в конструкціях нежорсткого дорожнього одягу на підходах до автодорожніх мостів.

Методи дослідження – аналітичні з використанням положень теорій теплопровідності, пружності, термов’язкопружності та кінетичної теорії міцності твердих тіл, а також експериментальні з використанням стандартних та спеціальних методів випробування дорожньо-будівельних матеріалів та конструкцій дорожніх одягів.

Наукова новизна отриманих результатів:

- вперше розроблено класифікацію умов роботи асфальтобетонного покриття на підходах до автодорожніх мостів;
- вперше розроблено математичні моделі для опису граничного стану асфальтобетонного покриття з урахуванням умов його роботи на підходах до автодорожніх мостів;
- отримав подальший розвиток метод проектування складу безавтоклавного пінобетону заданих механічних та теплофізичних властивостей на підходах до автодорожніх мостів.

Практичне значення одержаних результатів:

- розроблено методику прогнозування терміну служби до порушення монолітності асфальтобетонного покриття на підходах до автодорожніх мостів;
- удосконалено методику вимірювання прогинів на поверхні асфальтобетонного покриття;
- отримало подальший розвиток застосування принципів раціонального конструювання асфальтобетонних шарів покриття з урахуванням особливостей роботи асфальтобетонного покриття на підходах до автодорожніх мостів.

Особистий внесок здобувача. Отримані автором результати теоретичних та експериментальних досліджень, які виносяться на захист, відображені в публікаціях, що оприлюднені у фахових виданнях та виданнях іноземних держав. У публікаціях [2-5] автором розглядаються особливості роботи асфальтобетонних шарів нежорсткого дорожнього одягу в зоні сполучення мосту і насипу на прикладі розгляду найбільш

типових конструктивних рішень. В статтях [4, 5] розглянуто просторову скінченно-елементну модель, яка дозволяє визначати напружено-деформований стан кожного елемента конструкції при різному розташуванні транспортного навантаження по відношенню до розташування перехідної плити. Проведено кількісно-якісний аналіз деформацій, переміщень і напружень в асфальтобетонних шарах конструкції нежорсткого дорожнього одягу, який виявив певні обставини, що можуть впливати на передчасне утворення в них тріщин. Це пов'язано з різкою зміною параметрів напружено-деформованого стану над перехідною плитою по відношенню до їх зміни в асфальтобетонних шарах поза межами перехідної плити і обумовлене явищем «квазиклавішного ефекту», що пояснює утворення відповідних дефектів і призводить до зменшення довговічності конструкцій нежорсткого дорожнього одягу.

Автором сформульовано основні чинники, які впливають на напружено-деформований стан нежорсткого дорожнього одягу; вивчено вплив термореологічних процесів на міцність і довговічність асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу [1-18]; обґрунтовано критерії оцінювання довговічності асфальтобетонних шарів покриття нежорсткого дорожнього одягу на підходах до автодорожніх мостів [2-6].

За результатами досліджень [4] було розроблено методику розрахунку асфальтобетонних покриттів підвищеної довговічності на опір від розтягування при вигині, методику розрахунку асфальтобетонних шарів покриття нежорсткого дорожнього одягу на підходах до автодорожніх мостів.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференціях семінарах та вебінарах: «Полімери та гума. Матеріали для улаштування і ремонту автомобільних доріг. Геополімерні та геосинтетичні будівельні матеріали», 10 лютого 2005 р., Київ, Україна; «Міжнародний Форум з будівництва та експлуатації автомобільних доріг і мостів «АВТОДОРЕКСПО», 2012-2020 рр., Київ, Україна; «Актуальні питання проектування автомобільних доріг загального користування», 2012, Харків Україна; «Форумі європейських національних дорожніх дослідницьких лабораторій FEHRL. В межах проекту «INCRIS», ДП «ДерждорНДІ», 23-25 січня 2013 р., м. Київ, Україна; «Покращення конструктивних, технологічних та експлуатаційних показників автомобільних доріг і штучних споруд на них в дослідженнях студентів і молодих науковців», 17-18 травня 2014 р., м. Харків, Україна; «Сучасні матеріали та технології при новому будівництві, реконструкції та ремонтах автомобільних доріг загального користування», 26 травня 2016 р., м. Київ, Україна; «Особливості проектування автомобільних доріг загального користування: проблеми та задачі», 17-18 травня 2018 р., м. Харків, Україна; «Модифікація бітумів та асфальтобетонів – ефективний напрямок підвищення довговічності автомобільних доріг» 13 вересня 2018 р., м. Київ, Україна; «Актуальні питання проектування автомобільних доріг загального користування», 12-13.05.2019 р., м. Запоріжжя, Україна; науково-практичного семінару "Актуальні проблеми ремонтів та утримання мостів", 11-12 вересня 2019 р., м. Одеса; «Зимове утримання. Матеріали і технології для нежорстких дорожніх одягів», 2020 р., м. Київ, Україна; «Сталий розвиток: Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування», 23-25 вересня 2020 р., Львів, Україна; «LXXVI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету», 2020 р., Київ, Україна.

Публікації. Основний зміст дисертаційної роботи викладено у 18 публікаціях: з них 1 стаття у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до

міжнародних наукометричних баз, 8 статей у фахових виданнях, 3 праці апробаційного характеру, 6 праць, які додатково відображають наукові результати дисертації.

Структура дисертації. Дисертація включає вступ, чотири розділи, загальні висновки, список використаних джерел зі 145 найменування та вісім додатків. Основний текст викладений на 151 сторінках. Текст ілюструється 43 рисунками і містить 14 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** наведена загальна характеристика роботи, обґрунтована актуальність дисертаційної теми, сформульована мета та задачі дослідження. Відмічена наукова новизна роботи, наведені основні наукові результати, показане практичне значення отриманих результатів та їх напрямки впровадження у виробництво.

У **першому розділі** розглянуто роботи відомих вчених стосовно довговічності асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу: О.Т. Батракова, А.Г. Батракової, В.І. Братчуна, І.П. Гамеляка, М.В. Горелишева, Л.М. Гохмана, Л.С. Губача, В.І. Гуляєва, В.К. Жданюка, В.О. Золотарьова, М.М. Дмитрієва, М.М. Іванова, О.В. Марчука, О.Ю. Мерзлікіна, В.В. Мозгового, К. Монісмита, А.М. Онищенко, Д.О. Павлюка, Б.С. Радовського, А.В. Руденського, А.О. Салля, В.М. Сіденка, Г.К. Сюньї, Б.Б. Телтаєва, їхніх учнів і послідовників.

Було з'ясовано, що основними причинами руйнування асфальтобетонного покриття є: вплив транспортних навантажень, коливання температури, тріщини і шви в нижніх шарах, відмінність теплофізичних властивостей матеріалів суміжних шарів із монолітних матеріалів, недостатня жорсткість основи.

Проведений аналіз літературних даних свідчить, що існуючий нормативний метод проектування нежорсткого дорожнього одягу передбачає розрахунок асфальтобетонних шарів на тріщиностійкість лише на втому від багаторазового прикладання розрахункового рухомого транспортного навантаження у розрахунковий весняний період, використовуючи розрахунковий апарат лінійної теорії пружності. Водночас у багатьох дослідженнях було показано, що напружено-деформований і граничний стани конструкції дорожнього одягу значною мірою залежать від термореологічних властивостей матеріалів дорожнього одягу і ґрунту земляного полотна, які відображають вплив часу дії навантаження за різних температур на міцність конструкції в цілому. На основі результатів відомих досліджень створено аналітично-розрахунковий апарат, що дозволяє виконувати розрахунки напружено-деформованого стану шарів покриття нежорсткого дорожнього одягу від дії транспорту. У ряді робіт аналізується термонапружений стан асфальтобетонних шарів покриття при коливанні температури з урахуванням термореологічних властивостей асфальтобетону. Однак, виконані дослідження до цього часу не використовували для дослідження довговічності асфальтобетонного покриття на підходах до автодорожніх мостів з урахуванням термореологічних характеристик дорожньо-будівельних матеріалів при сумісній дії температурних (викликаних коливанням температури) і горизонтальних нормальних та вертикальних дотичних (викликаних транспортним навантаженням) напружень.

Особливість експлуатації асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу на підходах до автодорожніх мостів полягає в тому, що існуючі конструктивні рішення (з перехідними плитами та інші) не забезпечують в повній мірі плавності зміни напружено-деформаційного стану дорожнього одягу покриття та асфальтобетонних шарів.

У **другому розділі** наведені теоретичні передумови дослідження довговічності асфальтобетонних шарів покриття нежорсткого дорожнього одягу на підходах до

мостів з урахуванням дії впливових факторів, викликаних транспортним навантаженням та коливанням температури у залежності від умов експлуатації на різних характерних ділянках.

В теоретичних передумовах прийнята наступна робоча гіпотеза: «Довговічність асфальтобетонного покриття на підходах до мостів визначається його стійкістю до порушення суцільності у результаті негативної спільної дії найбільш впливових факторів: транспортне вертикальне та горизонтальне навантаження, усадка покриття від зниження температури при її коливанні, транспортне вертикальне дотичне напруження». Крім того передбачено дотримуватись вимог для уникнення руйнування асфальтобетонного покриття від морозного здимання у холодний період року, а також унеможливлення негативного впливу на покриття перезволоженого ґрунту насипу у пойменій частині. Для підвищення довговічності асфальтобетонного покриття на підходах до мостів на основі результатів відомих досліджень передбачено застосування в шарах основи матеріалів, укріплених неорганічними в'язучими та в земляному полотні пісок, піщано-гравійні та піщано-щебеневі суміші, як реологічно нечутливі та малочутливі матеріали.

Класифікація умов експлуатації асфальтобетонного покриття на підходах до мостів

Ураховуючи, що за визначенням згідно з ДБН В.2.3-22 довговічність – здатність елемента або споруди в цілому зберігати протягом певного часу роботоспроможний стан при встановленій системі технічного обслуговування, прийнято, що довговічність асфальтобетонного покриття на підходах до мостів свою робочу спроможність втрачає при порушенні його суцільності за рахунок утворення тріщин від дії транспортних та кліматичних факторів і визначається рівнем напружено-деформованого стану покриття в процесі експлуатації.

Згідно загально прийнятого визначення підходи – це дорожня конструкція з насипом різної висоти, яка розташована в межах розливу високих вод. Таким чином конструкція дорожнього одягу з асфальтобетонним покриттям у межах підходу експлуатується у різних умовах водно-теплогового режиму, а також має різну конструкцію по довжині з урахуванням наявності перехідної залізобетонної плити у зоні сполучення з мостом. До особливостей умов експлуатації асфальтобетонного покриття на виділених типах ділянок підходів до мостів відносяться: підвищена інтенсивність руху транспортних засобів, змінний і різний характер руху (уповільнення, гальмування, зупинки, зрушення з місця та інше) транспортних засобів, які рухаються на підйом при в'їзді на міст та по спуску при з'їзді з мосту, що впливає на особливості напружено-деформованого стану покриття. Тому у дисертаційних дослідженнях виділені типи ділянок асфальтобетонного покриття (рис. 1.а), що відрізняються особливостями дорожньої конструкції та умовами експлуатації. У свою чергу за характером режиму транспортного навантаження вони поділені на види (рис. 1.б).

У дослідженнях режим руху транспортних навантажень поділено на 4-и види, де час дії навантаження становить: при вільному русі $t_H^B = 0,1$ с; при сповільненому русі $t_H^C = 1,0$ с; при русі з короткими зупинками $t_H^{K3} = 60,0$ с; при довготривалих зупинках $t_H^{Д3} = 600$ с. Режим навантаження для кожної ділянки встановлюється на основі інженерних вишукувань, на основі яких сумарна кількість прикладання розрахункових навантажень складається:

$$\sum N_p = N_p(t_H^B) + N_p(t_H^C) + N_p(t_H^{K3}) + N_p(t_H^{Д3}), \quad (1)$$

де $N_p(t_H^B) = \sum N_p * \delta_{i1} + \sum N_p * \delta_{i2} + \sum N_p * \delta_{i3} + \sum N_p * \delta_{i4}$;

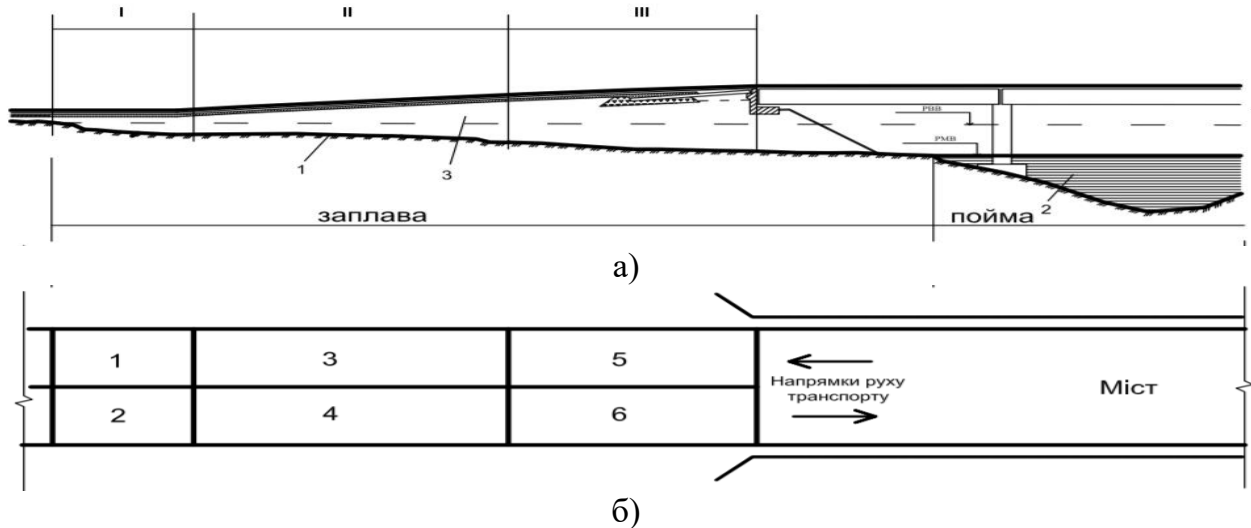
δ_{i1} – доля розрахункових навантажень за термін служби при t_H^B ;

δ_{i2} – доля розрахункових навантажень за термін служби при t_H^C ;

δ_{i3} – доля розрахункових навантажень за термін служби при t_H^{K3} ;

δ_{i4} – доля розрахункових навантажень за термін служби при t_H^{D3} ;

i – номер ділянки.



а – схема підходу до мосту з типами ділянок; б – схема розташування характерних видів ділянок 1 – ділянка з надмірним зволоженням на з'їзді з мосту; 2 – ділянка з надмірним зволоженням на в'їзді до мосту; 3 – ділянка з високим насипом на з'їзді з мосту; 4 – ділянка з високим насипом на в'їзді до мосту; 5 – ділянка в зоні роботи перехідної плити на з'їзді з мосту; 6 – ділянка в зоні роботи перехідної плити на в'їзді до мосту.

Рисунок 1 – Характерні типи і види ділянок на підходах до автодорожніх мостів

Також для кожної i -ої ділянки встановлюється доля кількості горизонтальних навантажень від $\sum N_p$ при гальмуванні (Δ_{1i}) та при зрушенні з місця (Δ_{2i}).

Вимоги до дорожньої конструкції на характерному типі ділянки I

Дослідження впливу морозостійкості конструкції дорожнього одягу на довговічність асфальтобетонного покриття в межах ділянки I з надмірним зволоженням земляного полотна за методикою ГБН В.2.3-37641918-559 свідчать про доцільність застосування в шарах основи укріплених неорганічними в'язучими матеріалів як термо-реологічно нечутливих, що одночасно мають підвищені теплоізоляційні характеристики, які сприяють унеможливленню морозного пучення (наприклад, пінобетон).

Допустимі умови роботи асфальтобетонного покриття при дії транспортного навантаження за наявності перезволоженого природного ґрунту з модулем пружності E_3 моделі трьохшарового напівпростору, представленій на рисунку 2, запропоновано забезпечити на основі методики Б.С. Радовського:

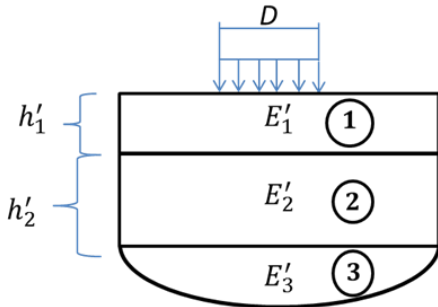
$$h_a \geq h_2, \quad (2)$$

$$\text{де } h_a = h_1 \sqrt{\frac{E_1}{E_2}};$$

E_1 - середньозважений модуль пружності шарів асфальтобетонного покриття;

E_2 - середньозважений модуль пружності матеріалів шарів основи та насипного ґрунту;

h_1, h_2 - відповідно товщина шарів покриття та основи з товщиною насипного шару ґрунту.



D - діаметр відбитку колеса; 1 - шар покриття з приведеним модулем E'_1 товщиною h'_1 ; 2 - шар основи з приведеним модулем E'_2 та товщиною h'_2 ; 3 - земляне полотно з природного перезволоженого ґрунту з модулем пружності E'_3 .

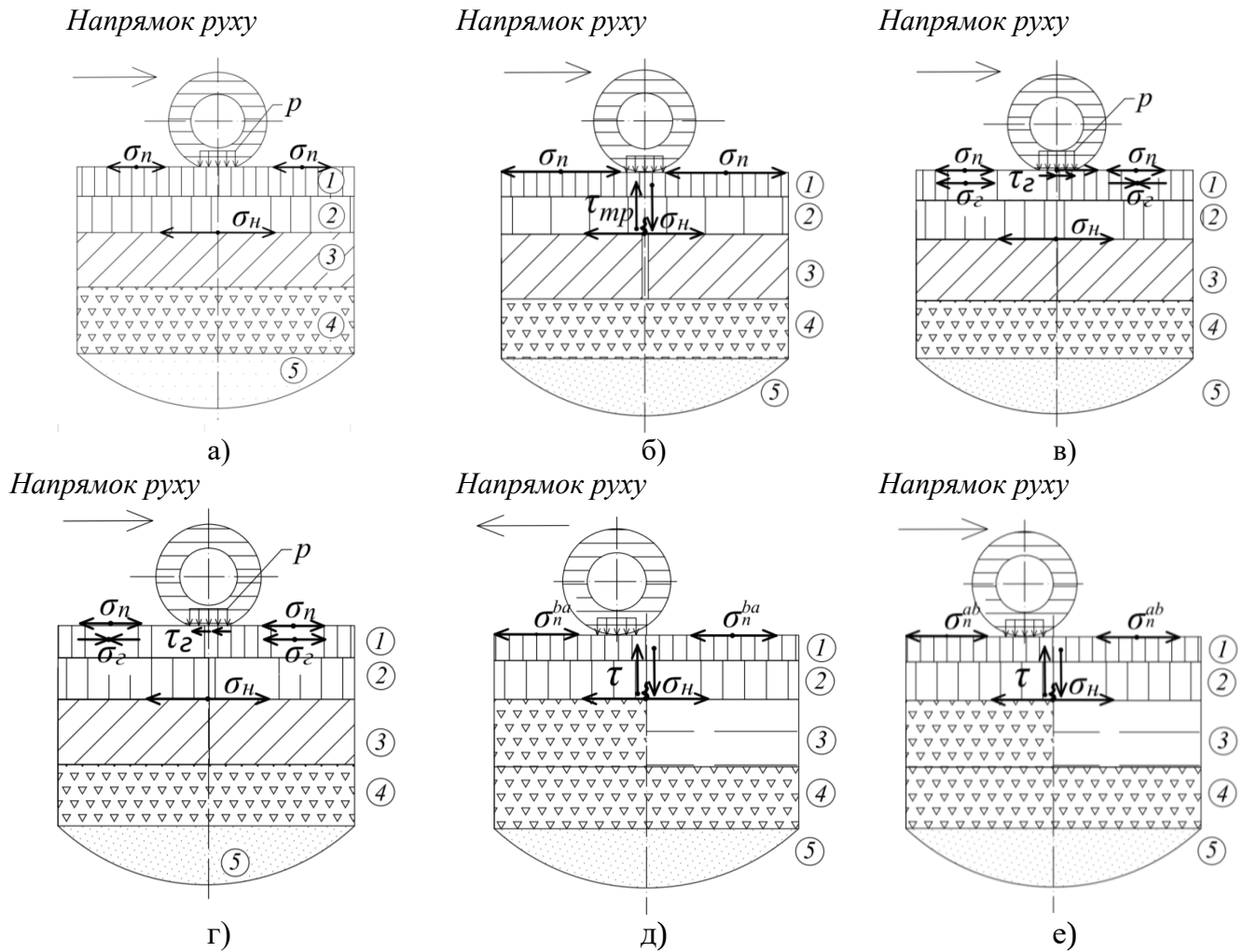
Рисунок 2 - Модель трьохшарового напівпростору

Розрахункові схеми та методика визначення напруженого деформованого стану асфальтобетонного покриття при дії транспортного навантаження та коливання температури

Конструкція дорожнього одягу на підході до мосту сприймає, головним чином, дію вертикальних навантажень від транспортних засобів, що проїжджають (рис. 3 а) на суцільній основі із монолітних матеріалів. При згині покриття від дії вертикального транспортного навантаження, що передається через пневматик з інтенсивністю p виникають горизонтальні нормальні розтягуючі напруження σ_H в нижній його фібрі, а також поверхневі розтягуючі напруження σ_L на поверхні покриття перед колесом та після нього (рис 3.а). У місцях технологічних швів при влаштуванні шарів та тріщин основи із монолітних матеріалів будуть діяти на покриття вертикальні перерізаючі дотичні напруження τ_{tp} за рахунок “квазиклавішного ефекту” (рис 3.б). Також у дослідженнях враховано перерізаючі вертикальні дотичні напруження в асфальтобетонному покритті, що виникають при проїзді транспортних засобів над вільним краєм перехідної плити $\tau_{пл}$ (рис. 3.д, 3.е). Крім того, існує вірогідність дії горизонтальних навантажень від транспорту у випадках гальмування або зрушення з місця у випадках утворення заторів. Тому, у дисертаційних дослідженнях враховували їх вплив на довговічність покриття (рис. 3.в, 3.г). У випадку гальмування (рис. 3.в) за рахунок дії дотичних напружень до поверхні покриття у напрямку руху під відбитком пневматика з інтенсивністю τ_2 додатково до горизонтальних поверхневих напружень за колесом будуть додаватися, а після колеса відніматися горизонтальні нормальні напруження σ_2 . Подібно виникають такі напруження при зрушенні транспортних засобів з місця (рис. 3. г). Крім того, в дисертаційних дослідженнях враховано, що при дії горизонтальних дотичних навантажень поряд з відбитком колеса у покритті з протилежної сторони від напрямку дії τ_2 виникають значні вертикальні перерізаючі дотичні напруження τ_2 (рис. 3.в, 3.г) Вплив коливання температури на появу у покритті горизонтальних нормальних розтягуючих напружень σ_T у поздовжньому напрямку. Для їх визначення застосовували розрахункову схему (рис. 4), що імітує неможливість температурного деформування покриття у поздовжньому напрямку при зміні температури з часом $T = f(t)$.

Для визначення горизонтальних нормальних розтягуючих напружень σ_T у дисертаційних дослідженнях застосовувались програмні продукти NASTRAN, ANSYS,

SCAD Office, ЛІРА-САПР, що дозволяють встановлювати значення цих напружень з достатньою точністю.



а – при дії вертикального навантаження на суцільній основі; б – те ж на основі з тріщинами і швами; в – при дії вертикального і горизонтального транспортного навантаження під час гальмування; г – те ж при зрушенні з місця; д – при з'їзді з перехідної плити; е - при наїзді на перехідну плиту; 1,2 - асфальтобетонні шари покриття; 3, 4 – шари основи; 5 – нижні шари конструкції дорожнього одягу та ґрунт земляного полотна

Рисунок 3 – Розрахункова схема роботи асфальтобетонного покриття на підходах до мостів

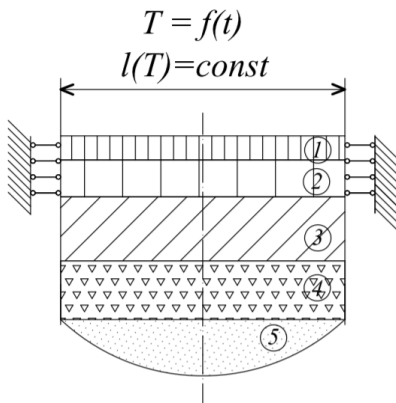


Рисунок 4 – Розрахункова схема яка імітує неможливість температурного деформування покриття у поздовжньому напрямку при зміні температури

В даному випадку горизонтальні нормальні розтягуючі напруження при заданих параметрах транспортного навантаження, що обумовлюють певний час дії навантаження t_n

є функцією від геометричних параметрів конструктивних шарів дорожнього одягу і розрахункових характеристик дорожньо-будівельних матеріалів і ґрунтів та координат точки в якій вони визначаються:

$$\sigma_x = \varphi(h_i, E_i, \mu_i, x, y, z), \quad (3)$$

де h_i - товщина i -того шару; E_i - модуль пружності i -того шару.

Вплив температури та часу дії навантаження на значення горизонтальних нормальних напружень в асфальтобетонному покритті врахували шляхом застосування спрощеного підходу квазіпружної апроксимації, коли термов'язкопружна поведінка асфальтобетонного враховується шляхом використання модуля пружності матеріалів, що відповідають заданим значенням температури T та часу дії навантаження t_n .

$$E = \varphi(T, t_n), \quad (4)$$

При дослідженні впливу коливань температури на довговічність асфальтобетонного покриття визначали амплітуди коливань температурних напружень в річному та добовому циклах зміни температури на основі термо-в'язко-пружного рішення НТУ при середньо-інтегральній по товщині швидкості охолодження покриття K :

$$\sigma_T = -\alpha HKt - \alpha K(B - H) \int_0^t \frac{d\tau}{[1 + \psi(t) - \psi(\tau)]^m}, \quad (5)$$

$$\text{де } \psi(t) = \frac{1}{pKr} e^{p(T_0 - Q + Kt)};$$

$$\psi(\tau) = \frac{1}{pKr} e^{p(T_0 - Q + K\tau)};$$

t - час;

p , r , m , B і H - параметри термо-в'язко-пружних характеристик при температурі приведення Q .

Базуючись на принципах Пальгрейна-Майнера та Бейлі і використовуючи встановлені розрахункові схеми та прийняті методики визначення напружено-деформованого стану асфальтобетонного покриття розроблено умову оцінки його довговічності до появи тріщиноутворення:

$$Y_{nom} \leq Y_{розр}, \quad (6)$$

де $Y_{пот}$ - потрібна проектна довговічність асфальтобетонного покриття до тріщиноутворення;

$$Y_{розр} = \beta \left[\sum_{g=1}^G M_g(t) \right];$$

M_g - міра втрати ресурсу довговічності за один рік експлуатації від впливових факторів g -тих факторів (σ_H , σ_P , σ_T , $\sigma_{пл}$, τ_H , τ_P);

β - коефіцієнт, що відображає вплив водоморозних чинників на довговічність асфальтобетонного покриття.

У третьому розділі наведені результати дослідження довговічності асфальтобетонного покриття на підходах до автодорожніх мостів. Вони полягали у здійсненні аналітичного аналізу відомих досліджень стосовно фактичного стану асфальтобетонного покриття на підходах до мостів, розроблення методики та виконання лабораторних експериментальних і аналітичних досліджень щодо встановлення розрахункових термо-реологічних та термо-механічних властивостей асфальтобетону для оцінки довговічності асфальтобетонного покриття, а також лабораторних досліджень фізико-механічних та теплофізичних властивостей безавтоклавного пінобетону. Також наведені результати натурних обстежень шарів асфальтобетонного покриття на підходах до мостів та числових експериментів дослідження довговічності покриття.

За отриманими результатами аналізу бази даних АСУМ розробленої в ДП «ДерждорНДІ», щодо типу сполучення 4616 вітчизняних мостів з насипом було встановлено, що: на 34 % мостів сполучення з насипом виконано без перехідних плит; на 35 % мостів сполучення виконано з перехідною плитою і поперечним опорним лежнем; на 10 % мостів влаштовано проміжні плити; на 1 % мостів влаштовано плити Г-подібного типу; на 20 % мостів конструкція перехідних плит не визначена. Тобто у 66 % випадків застосовані перехідні плити, що підтверджує актуальність дисертаційних досліджень.

Випробування асфальтобетонів виконували в лабораторії відділу асфальтобетонів ДП «ДерждорНДІ» та лабораторії кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії НТУ. У лабораторних випробуваннях використовували як стандартні методики, так і оригінальні, розроблені на кафедрі дорожньо-будівельних матеріалів і хімії НТУ. Для випробувань асфальтобетону виготовляли циліндричні зразки способом пресування, для визначення фізико-механічних властивостей (згідно із ДСТУ Б В.2.7-319:2016) і зразки-плити способом уочування на секторному пресі, для визначення розрахункових термо-реологічних характеристик. Модуль пружності, показник втоми та міцність на розтяг при згині, що використовуються у розрахунках асфальтобетонних шарів на міцність, визначались у відповідності з нормативними документами СОУ 45.2-00018112-059:2010, СОУ 45.2-00018112-058:2010 та СОУ 42.1-37641918-099:2013. Функцію релаксації, функцію температурно-часової аналогії та функцію довговічності визначали як експериментально за методикою НТУ, так і аналітично за методикою Б.С. Радовського, використовуючи номограму Ван-дер Поля для бітумів або експериментальні дані для динамічних модулів пружності бітумів або полімербітумів.

Випробування по встановленню розрахункових характеристик пінобетону (табл. 1) проводили за стандартними методиками в лабораторії кафедри «Будівельні конструкції та мости» ОДАБА м. Одеса за участі д.т.н., доцента Мартинова Володимира Івановича та в лабораторії відділу дорожньо-будівельних матеріалів ДП «ДерждорНДІ» під керівництвом к.т.н. Ковалю Петра Миколайовича і к.т.н. Фаля Андрія Миколайовича. В роботі розроблено алгоритм розрахунку складів пінобетону, що забезпечує необхідні показники по міцності і середній густині. В основу закладена інформація, отримана в результаті реалізації 3-х факторного експерименту.

Були проведені натурні дослідження асфальтобетонного покриття на підходах до мостів з встановленням параметрів режимів руху транспортних засобів, а також фіксацією дефектів та вимірювання параметрів рівності покриття і прогинів його поверхні.

Таблиця 1 - Характеристики безавтоклавного пінобетону

Марка за середньою густиною безавтоклавного пінобетону згідно з ДСТУ Б В.2.7-45	Густина, кг/м ³	Модуль пружності, МПа	Міцність на розтяг при згині, МПа	Показник втоми	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)
D-800	0.8	170	0.1	0.06	0.27
D-1000	1.0	230	0.25	0.06	0.34
D-1200	1.2	280	0.4	0.06	0.2

Встановлено, що найбільше дефектів у вигляді просядок, тріщин і вибоїн на покритті спостерігається у пойменій частині підходів на характерних ділянках (згідно схеми рисунка 1 типу I (рис. 5). На характерних ділянках типу II у переважній більшості на покритті з'являються тріщини, а на ділянках типу III тріщини і просядки (рис. 5).



а)



б)

а – поперечно тріщина над закінченням перехідної плити; б – ремонт асфальтобетонного покриття в зоні перехідної плити

Рисунок 5 - Стан покриття на підходах до автодорожніх мостів на а/д місцевого значення у Київській області

За допомогою числового аналізу було досліджено особливості напружено-деформованого стану та граничного стану асфальтобетонного покриття при дії транспортного навантаження за різних температурних умов на підході до автомобільного мосту. Для цього використовували відомі аналітичні рішення, номограми, скінченно-елементні програмні комплекси, літературні дані. Був встановлений комплекс факторів, що негативно впливає на довговічність покриття.

Здійснено числовий аналіз напружено-деформованого стану дорожнього покриття при дії транспортного навантаження за допомогою програмного комплексу ЛІРА-САПР 2020. На рисунку 6 представлено приклад встановлених горизонтальних нормальних напружень у зоні перехідної плити на підході до мосту при дії чотирьохвісного транспортного засобу.

Проведені дослідження свідчать, що при застосуванні типових рішень з перехідною плитою дорожньої конструкції підходу до мосту у зоні спряження насипу з мостовою спорудою незалежно від кута нахилу перехідної плити відбувається різке збільшення вертикального прогину поверхні покриття на 20-40 %, коли транспортне навантаження

розташовується поза перехідною плитою у порівнянні з його значенням у випадку транспортного навантаження у межах перехідної плити. Це спричиняє збільшенню розтягуючих поверхневих горизонтальних нормальних напружень σ_n (рис. 7) і призводить до зменшення довговічності покриття в 1,5-2 рази. Причому, ці напруження в покритті при наїзді на плиту виникають більші ніж при з'їзді з плити в 1,2 – 1,5 рази.

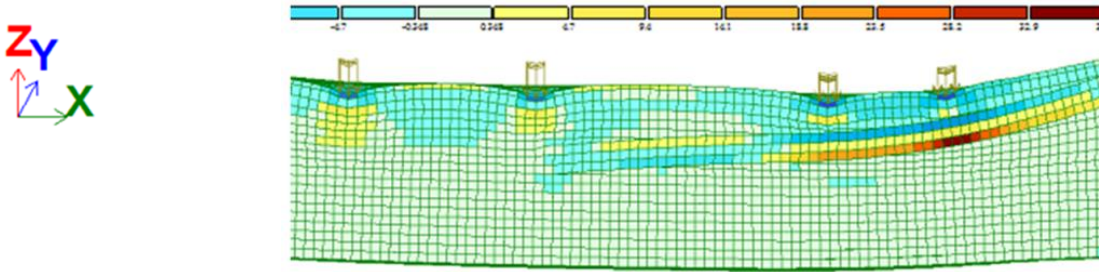


Рисунок 6 - Особливості напружено-деформованого стану та граничного стану асфальтобетонного покриття при дії транспортного навантаження на підході до автомобільного мосту

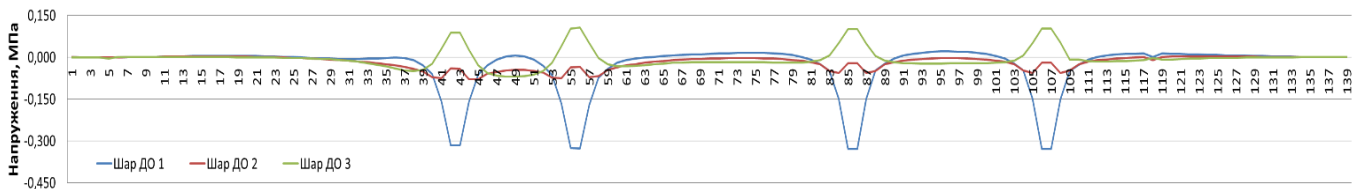
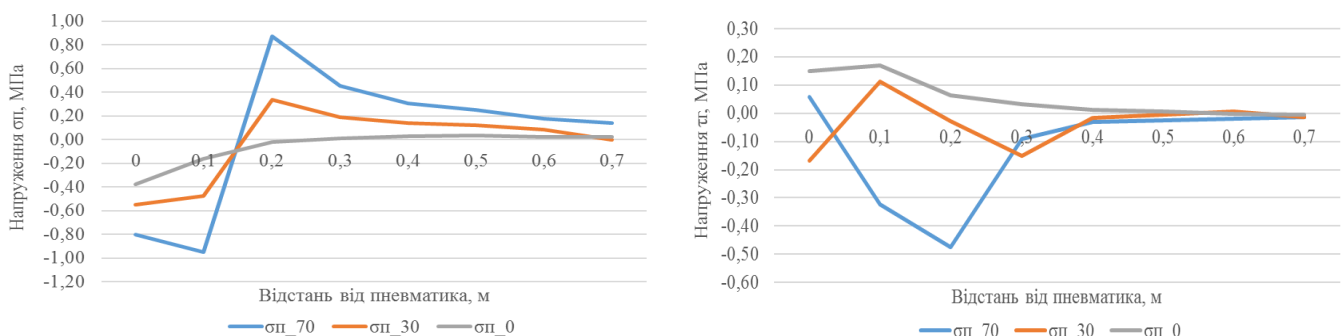


Рисунок 7 - Епюра горизонтальних нормальних поздовжніх напружень в асфальтобетонних шарах дорожнього одягу при схемі розташування осей чотирьохвісного транспортного засобу (3-я і 4-та) знаходяться на перехідній плиті (край плити відповідає координаті 60).

На основі проведеного числового аналізу встановлено, що при дії горизонтальних транспортних навантажень, зокрема гальмування (рис. 7) на покриття поблизу границі з відбитком пневматика з протилежної сторони від напрямку їх дії виникають підвищені поверхневі горизонтальні нормальні напруження σ_n та вертикальні дотичні τ_r .



а)

б)

а - горизонтальні нормальні напруження σ_n ; б - дотичні вертикальні напруження τ_r

Рисунок 8 - Зміна напружень в асфальтобетонному покритті при навантаженні 130 кН на вісь і значеннях τ_r 0%, 30 % та 70% від p для конструкції дорожнього одягу з двома шарами асфальтобетону, і двома шарами основи із ЦПС, де верхній шар укріплений цементом (M20).

Були проведені натурні дослідження шляхом обстеження вулиць і доріг населених пунктів та доріг загального користування. При цьому оцінювали стан дорожнього одягу і встановлювали види, розповсюдженість і розміри дефектів асфальтобетонного покриття. З характерних ділянок відбирали вирубку і керни, виготовляли зразки, досліджували властивості асфальтобетонного покриття. Аналіз результатів обстеження стану покриття, що експлуатується при різних режимах навантаження, дав можливість виявити фактори, що призводять до порушення суцільності покриття і підтвердити теоретичні передумови підвищення його довговічності.

У четвертому розділі наведена практична реалізація результатів дослідження.

На основі дисертаційних досліджень розроблено методику прогнозування довговічності асфальтобетонного покриття на підходах до автодорожніх мостів. Блок-схема алгоритму розрахунку на довговічність асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу на підходах до автодорожніх мостів представлено на рисунку 9.

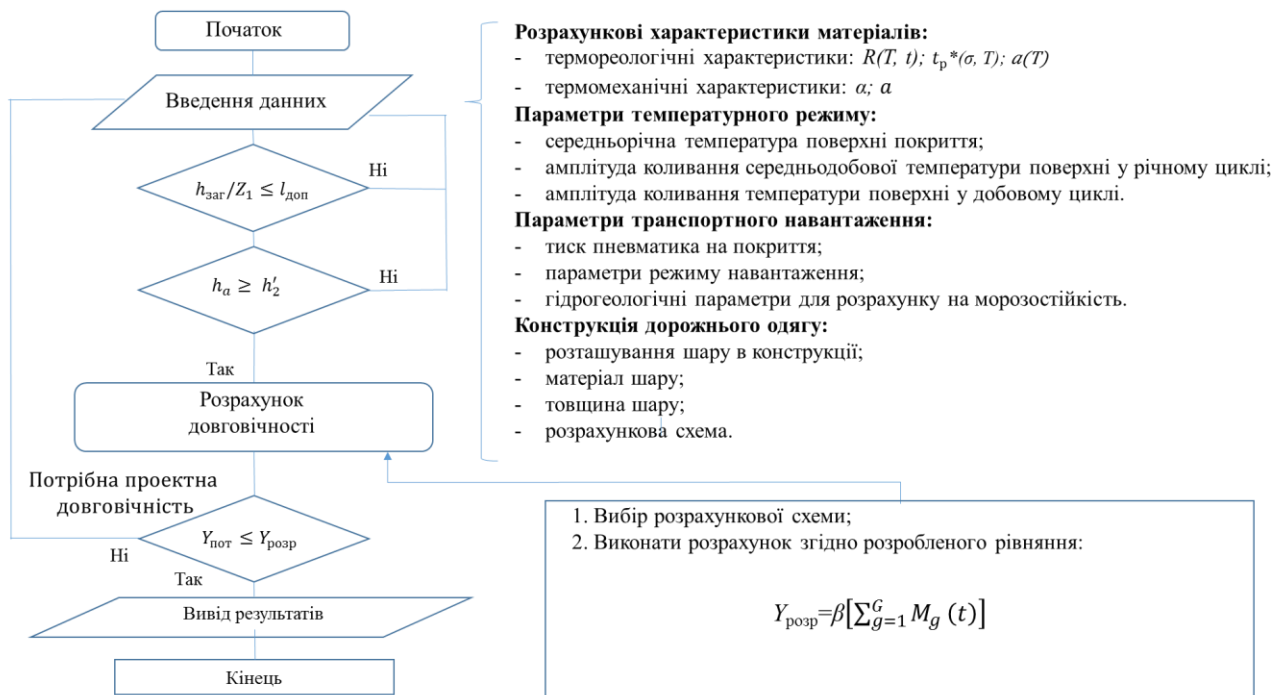


Рисунок 9 – Алгоритм розрахунку довговічності асфальтобетонного покриття на підходах до автодорожніх мостів (підправити формулу довговічності)

Для практичного впровадження за результатами досліджень удосконалена методика виконання вимірювань прогинів нежорсткого дорожнього одягу на поверхні асфальтобетонного покриття. Удосконалення полягають у врахуванні різниці температури на різній глибині покриття у добовому циклі зміни температури його поверхні. Встановлено діапазони часу у добі, коли різниця температури по глибині не перевищує 5 °С. Наприклад, для весняного періоду вимірювання прогину на асфальтобетонному покритті, допускається здійснювати з 15:00 по 24:00 годину та з 4:00 по 14:00 годину.

Результати досліджень знайшли своє впровадження під час науково-технічного супроводу та спостереження на таких об'єктах як: ділянки автомобільних доріг від залізничної станції м. Сокиряни через м. Новодністровськ до будівельного майданчика Дністровської ГАЕС, на ділянці км 18+730 – км 61+160 дороги М 01 Київ – Чернігів – Нові Яриловичі (в межах Київської області); при влаштуванні асфальтобетонного покриття при будівництві автотранспортної магістралі через р. Дніпро в м. Запоріжжі, а також на транспортних спорудах по об'єктах КП «Дирекція будівництва шляхово-транспортних

споруд м. Києва. На основі виконання таких робіт було розроблено М 218-03450778-650:2008 «Методика визначення ділянок автомобільних доріг, що значно знижують несучу здатність дорожнього одягу у розрахунковий період».

Крім того, результати дисертаційних досліджень знайшли застосування при розробленні двох нормативних документів, двох галузевих і близько двадцяти рекомендаційних і технічних документів для дорожньо-будівельної галузі України. Зроблені розрахунки економічного ефекту (сумарний ефект від зниження транспортних витрат на розрахунковий рік), які показують, що він може складати близько 200 000,00 грн. для мосту з високим насипом більше 6 м і підмостовим габаритом по ширині більше 6 м.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішена важлива науково-прикладна задача, що полягає у підвищенні довговічності асфальтобетонних шарів покриття нежорсткого дорожнього одягу на підходах до автодорожніх мостів. Отримані нові наукові результати, що дозволяють надійніше прогнозувати тріщиноутворення в асфальтобетонному покритті на підходах до мостів на основі детальнішого врахування умов його експлуатації на різних ділянках.

Основні результати полягають у наступному:

1. Встановлено, що на основі відомих досліджень роботи асфальтобетонного покриття нежорстких дорожніх одягів створено аналітичні методи для прогнозування його напружено-деформованого стану та міцності і довговічності з урахуванням термореологічних властивостей матеріалів і ґрунтів. Однак виконані дослідження до цього часу не дозволили на єдиній методологічній основі враховувати умови експлуатації асфальтобетонного покриття на підходах до мостів для оцінювання його довговічності з урахуванням режиму руху транспорту та особливостей дорожньої конструкції з перехідною плитою в зоні сполучення насипу з мостом.

2. Розроблено класифікацію умов роботи асфальтобетонного покриття на підходах до мостів з урахуванням вірогідності утворення заторів та різних умов водно-теплового режиму роботи всієї дорожньої конструкції по довжині підходів до мосту, що дає можливість детальніше виділити основні чинники з точки зору тріщиноутворення в покритті на різних ділянках.

3. Розроблено розрахункові схеми роботи асфальтобетонного покриття та методика визначення його напружено-деформованого стану при дії вертикального і горизонтального транспортного навантаження та коливання температури, що дозволяє точніше враховувати дію впливових чинників та особливості дорожньої конструкції.

4. На основі застосування принципів Пальгрейна-Майнера та Бейлі удосконалено математичну модель для опису граничного стану асфальтобетонного покриття для кожної характерної ділянки за умовами його експлуатації. Це дає можливість точніше оцінювати довговічність асфальтобетонного покриття з більш детальною диференціацією врахування дії основних чинників, що впливають на утворення тріщин в асфальтобетонному покритті:

$\sigma_H, \sigma_P, \sigma_T, \sigma_{TP}, \tau_{пл}, \tau_T, \tau_{тр}$.

5. Удосконалено метод проектування асфальтобетонного покриття на підходах до автодорожніх мостів та шляхопроводів, це дає можливість підвищити його довговічність, що сприятиме: підвищенню комфортності та безпеки руху транспортних засобів, зменшенню матеріальних та енергетичних витрат при утриманні покриття, зменшенню заторів та покращенню транспортного сполучення.

6. Встановлено, що при застосуванні типових рішень з перехідною плитою дорожньої конструкції підходу до мосту у зоні спряження насипу з мостовою спорудою

незалежно від кута нахилу перехідної плити відбувається різке збільшення вертикального прогину поверхні покриття на 20-40 %, коли транспортне навантаження розташовується поза перехідною плитою у порівнянні з його значенням у випадку транспортного навантаження у межах перехідної плити. Це спричиняє збільшенню розтягуючих поверхневих горизонтальних нормальних напружень σ_n та вертикальних дотичних τ_r , і призводить до зменшення довговічності покриття в 1,5-2 рази. Причому, ці напруження в покритті при наїзді на плиту виникають більші ніж при з'їзді з плити в 1,2 – 1,5 рази. З'ясовано, що при дії горизонтальних транспортних навантажень (гальмування або зрушення з місця) на покриття поблизу границі з відбитком пневматика з протилежної сторони від напрямку їх дії виникають підвищені (до 5 % від руйнівного значення) поверхневі горизонтальні нормальні напруження σ_n та вертикальні дотичні τ_r .

7. Запроектований склад безавтоклавного пінобетону з фізико-механічними властивостями, що дозволяють його застосування для підвищення морозостійкості в конструкції дорожнього одягу (пойменій частині) підходу до мосту. Встановлено його розрахункові механічні та теплофізичні характеристики. Його теплофізична ефективність у 2-3 рази перевищує традиційні матеріали, що застосовуються в основі дорожнього одягу.

8. Розроблено практичні заходи для впровадження в практику: методику прогнозування терміну служби до порушення монолітності асфальтобетонного покриття на підходах до автодорожніх мостів; удосконалену методику вимірювання прогинів на поверхні асфальтобетонного покриття; удосконалені принципи раціонального конструювання асфальтобетонних шарів покриття з урахуванням особливостей роботи асфальтобетонного покриття. Застосування результатів досліджень було підтверджено відповідними довідками із таких організацій: Державне агентство автомобільних доріг України «Укравтодор»; ДП «ДерждорНДІ»; ДП «УКРДІПРОДОР», ТОВ «Міжнародний проектний інститут», ТОВ «Енергетичне дорожнє будівництво» та інших. Результати досліджень знайшли своє впровадження в навчальному процесі НТУ на факультеті транспортного будівництва при читанні лекцій, проведенні практичних занять, виробничих практик та написанні дипломних проектів та магістерських робіт.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

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

1. Kushnir O.V., Hamelak I.P., Raikovsky V.F. Design of a design of road clothes for transportation of heavy and large-sized freights by roads of Ukrain. Science and Education a New Dimension. *Natural and Technical Sciences*. Budapest. Dec. 2020. VIII(30). Issue: 244, P. 53-62. <https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-244VIII30-13>

- Статті у фахових виданнях:

2. Кушнір О. В. Аналіз існуючих підходів проектування зон сполучення мостів з насипами. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Київ, 2019. Вип. 106. С. 97-104. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/106/97.pdf

3. Кушнір О. В. Забезпечення довговічності дорожнього одягу на підходах до мостів з асфальтобетонним покриттям. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Київ, 2020. Вип. 107. С. 63-70. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/107/63.pdf

4. Кушнір О. В. Солодкий С. Й. Особливості напружено-деформованого стану нежорсткого дорожнього одягу на підходах до мостових споруд в зоні перехідних плит. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Київ, 2020. Вип. 108. С. 46-58.

URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/108/46.pdf

5. Кушнір О. В., Коваль П. М., Боднар Л. П., Панібратець Л. Г. Робота асфальтобетонного покриття в зоні примикання деформаційних швів на автодорожніх мостах. *Дороги і мости*. Київ, 2015. Вип. 15. С. 87-93.

URL: <http://dorogimosti.org.ua/ua/robota-asfalytobetonnogo-pokrittya-v-zoni-primikannya-deformaciynih-shviv-na-avtodoroghni-mostah>

6. Коваль П.М., Кушнір О.В., Мартинов В.І. Методика проектування складів пінобетону з необхідними властивостями на підставі експериментально-статистичних моделей. *Дороги і мости*. Київ, 2008. Вип. 10. С. 130-136.

URL: http://dorogimosti.org.ua/files/upload/%D0%A1%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA_10.pdf

7. Мартинов В.І., Фаль А.Є., Кушнір О.В. Пінобетон для будівництва основ дорожніх одягів. *Вісник*. Одеса, 2007. Вип. №27 С. 219-224 (с. 375).

8. Мартинов В.І., Коваль П.М., Кушнір О.В. Вплив водопотреби розчинної суміші та щільності пінобетону на його міцність. *Вісник*. Одеса, 2008. Вип. №31 С. 229-237. (с. 407).

9. Коваль П.М., Кушнір О. В., Фаль А.Є. Перспективи застосування пінобетону в дорожньому і мостовому будівництві. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Київ, 2006. Вип. 73. С 148-151.

- Опубліковані праці апробаційного характеру:

10. Кушнір О.В., Коваль П.М., Фаль А.Є. Перспективи застосування пінобетону в дорожньому будівництві // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: збірн.-наук. праць. Вип. 14. Рівне. 2006. С. 64-67.

11. Кушнір О.В., Коваль П.М., Фаль А.Є., Мартинов В.І. Пінобетон для дорожнього будівництва // Компьютерное материаловедение и прогрессивные технологии. Одеса. 2008. С. 204-207 (с. 227).

12. Кушнір О.В. Забезпечення довговічності дорожнього одягу на підходах до мостів з асфальтобетонним покриттям // LXXVI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету Національного транспортного університету: тези доповідей. К.: НТУ, 2020. С.193.

- Опубліковані праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

13. Кушнір О.В., Катукова В.М., Кулак Є.М. Моніторинг нових технологій і матеріалів для ремонту і утримання автомобільних доріг // *Дороги і мости: зб. наук праць*. Київ. 2010. Вип. 12. С. 74-80.

URL: <http://dorogimosti.org.ua/ua/monitoring-novih-tehnologiy-i-materialiv-dlya-remontu-i-utrimannya-avtomobilnyh-dorig>

14. Кушнір О.В. Катукова В.М., Закерничний О.В. Інформаційні технології в системі моніторингу сучасних технологій і матеріалів // *Автомобільні дороги*. Київ. 2012. Вип. № 4 С. 25-30.

15. Кушнір О.В., Катукова В.М. Інновації в дорожньому господарстві України // *Дороги і мости: зб. наук праць*. Київ. 2014. Вип. 14 С. 21-27.

URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/dim_2014_14_5

16. Кушнір О.В., Гончаренко В.В., Рудий В.В. Сучасні умови застосування чорного щебеню в шарах нежорстких дорожніх одягів // Дороги і мости. Київ, 2014. Вип. 14. С. 5-14. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/dim_2014_14_3

17. Кушнір О.В., Гончаренко В.В., Катукова В.М., Оксень Є.І. Моніторинг ефективності застосування нових матеріалів і технологій при реконструкції автомобільних доріг // Автошляховик України: наук.-виробн. журнал. Київ. 2015. № 6. С. 20-23. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/au_2015_6_7

18. Кушнір О.В., Катукова В.М. Інновації в дорожньому господарстві України // Дороги і мости: зб. наук праць. Київ. 2015. Вип. 14 С. 21-28. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/dim_2014_14_5

АНОТАЦІЯ

Кушнір О.В. Підвищення довговічності асфальтобетонного покриття на підходах до автомобільних мостів. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.11 «Автомобільні шляхи та аеродроми». (192 – Будівництво та цивільна інженерія). – Національний транспортний університет, Київ, 2021.

У дисертаційній роботі проведено аналіз підвищення довговічності асфальтобетонного покриття на підходах до автодорожніх мостів. Виконано аналіз умов роботи асфальтобетонного покриття на підходах до мостів та розроблено розрахункові схеми. Удосконалено метод розрахунку на довговічність дорожнього покриття на підходах до мосту.

На основі розробленої розрахункової схеми роботи асфальтобетонних шарів покриття на підходах до автодорожніх мостів та аналітичних залежностей для оцінки граничного стану асфальтобетонних шарів покриття, удосконалено метод розрахунку довговічності асфальтобетонних шарів при сумісній дії температурних напружень та горизонтальних нормальних і вертикальних дотичних напружень, викликаних транспортним навантаженням, на тріщиноутворення в асфальтобетонних шарах покриття, з урахуванням термореологічних характеристик дорожньо-будівельних матеріалів.

Покращення довговічності асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу на підходах до транспортних споруд автомобільних доріг та урахування спільного впливу зміни температури та дії пневматичних коліс транспортних засобів призведе до підвищення довговічності окремих елементів штучних споруд та транспортої споруди вцілому.

Ключові слова: асфальтобетон, довговічність дорожнього покриття, критерій граничного стану покриття, методика проектування, рецептурно-технологічні параметри, термореологічні характеристики.

АННОТАЦИЯ

Кушнир А.В. Повышение долговечности асфальтобетонного покрытия на подходах к автомобильным мостам. - На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.11 «Автомобильные дороги и аэродромы». (192 - Строительство и гражданская инженерия). - Национальный транспортный университет, Киев, 2021.

В диссертационной работе проведен анализ повышенной долговечности асфальтобетонного покрытия на подходах к автодорожным мостам. Выполнен анализ условий работы асфальтобетонного покрытия на подходах к мостам и разработаны

расчетные схемы. Усовершенствован метод расчета на долговечность дорожного покрытия на подходах к мосту.

На основе разработанной расчетной схемы работы асфальтобетонных слоев покрытия на подходах к автодорожным мостам и аналитических зависимостей для оценки предельного состояния асфальтобетонных слоев покрытия, усовершенствован метод расчета долговечности асфальтобетонных слоев при совместном действии температурных напряжений, горизонтальных нормальных и вертикальных касательных напряжений, вызванных транспортной нагрузкой, на трещинообразование в асфальтобетонных слоях покрытия, с учетом термореологических характеристик дорожно-строительных материалов.

Повышение долговечности асфальтобетонного покрытия нежесткой дорожной одежды на подходах к транспортным сооружениям автомобильных дорог и учет совместного влияния изменения температуры и действия пневмоколес транспортных средств приведет к повышению долговечности отдельных элементов искусственных сооружений и транспортного сооружения в целом.

Ключевые слова: асфальтобетон, долговечность дорожное покрытие, критерий предельного состояния покрытия, методика проектирования, рецептурно-технологические параметры, термореологические характеристики.

ABSTRACT

Kushnir O.V. Increasing the durability of asphalt pavement on approaches to road bridges. - On the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of technical sciences on a specialty 05.22.11 "Highways and airfields". (192 - Construction and Civil Engineering). - National Transport University, Kyiv, 2021.

Examination and analysis of the existing bridge deck of road bridges and approaches shows that the structures of the bridge deck and the technology of its installation, which are traditionally used, do not provide the necessary durability of pavement. Cracks and other defects appear on such a coating in 2-3 years. The main reason for this is that the traditional designs of pavement, expansion joints and the accepted type of connection of the bridge with the embankment do not ensure their joint work.

Cracks and sags become a source of further destruction and lead to premature failure of both the coating and the structural elements. With the formation of cracks, the evenness of the coating gradually deteriorates, safety and comfort of movement decrease, transport costs and repair costs increase.

Crack repair and shrinkage removal is a complex, time-consuming and expensive process that is accompanied by significant material and energy costs. Moreover, the performed repair measures do not always achieve the desired result.

At the same time, the issues of comfortable movement are becoming increasingly important. Therefore, the junctions of transport structures with embankments of approaches should be designed in such a way as to ensure high consumer properties.

These defects are usually associated with the lack of a smooth transition from the design of the embankment approaches to a more rigid structure of the girder structures.

Currently, this problem is solved by installing transitional reinforced concrete slabs and expansion joints. Despite this, there are water leaks along the cabinet walls of the

supports, wet the ends of the beams, causing corrosion processes in concrete and reinforcement. These problems occur both on long-distance roads and in modern cities.

In the dissertation work the analysis of increase of durability of an asphalt concrete covering on approaches to road bridges is carried out. The analysis of working conditions of asphalt concrete pavement on approaches to bridges is carried out and calculation schemes are developed. The method of calculating the durability of the road surface on the approaches to the bridge has been improved.

Based on the developed calculation scheme of asphalt concrete layers on the approaches to road bridges and analytical dependences to assess the limit state of asphalt layers, improved the method of calculating the durability of asphalt layers with the combined action of temperature stresses and horizontal normal and vertical loads. in asphalt concrete layers of a covering, taking into account thermoreological characteristics of road-building materials.

The paper confirms the fact that if we compare the stress-strain state of non-rigid pavement of two schemes of transition slabs (at an angle -semi-recessed and horizontal), the scheme with a semi-recessed transition slab provides a smoother transition from the embankment approach to a more rigid girder structure bridge. At the same time, they discovered the most dangerous area in the area where the bridge and the embankment were connected - "the end of the transition slab - the beginning of the embankment". This article is devoted to the study of this area.

Regardless of the angle of the transition plate, there is a sharp increase in the vertical deflection of the pavement surface by 20-40% when the transport load is located outside the transition plate compared to its value in the case of transport load within the transition plate.

In the lower layers of the base under the asphalt concrete layers, the vertical normal stresses are 20-40% higher when the 3rd axis of the four-axle tire is above the transition plate compared to the location of the load when the 3rd axis is outside the plate. And such a significant abrupt increase in tensile stresses in asphalt layers outside the slab will reduce the durability by the criterion of tensile strength in bending by 1.5-2 times.

The proposed method of designing foam concrete compositions with the required properties on the basis of experimental and statistical models makes it possible to design using a computer the most economical composition of foam concrete of the required average density and strength.

According to theoretical and experimental studies, it can be concluded that autoclaved foam concrete reinforced with polypropylene fibers has a less fragile nature of destruction, a large supercritical stage of work, which allows the material to work effectively after the formation of cracks. This nature of work is well suited for use in the construction of highways.

The performed researches confirm the possibility of using autoclaved foam concrete for laying the bases of pavements.

Based on the developed calculation scheme of asphalt-concrete coating layers and analytical dependences for estimating the limit state of asphalt-concrete coating layers, the method of calculating the durability of asphalt-concrete layers under the combined action of temperature stresses and horizontal normal and vertical tangential stresses caused by transport loads is improved. taking into account the thermoreological characteristics of road construction materials.

Improving the durability of asphalt pavement of non-rigid pavement on approaches to road transport structures and taking into account the joint impact of temperature changes and the action of pneumatic wheels of vehicles will increase the durability of individual elements of artificial dispute and the transport structure as a whole.

Key words: asphalt concrete, durability of a road covering, criterion of a limiting condition of a covering, a design technique, compounding and technological parameters, thermoreological characteristics.