

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

КОСТІН ДМИТРО ЮРІЙОВИЧ



УДК 625.7/8

**ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ДО НАКОПИЧЕННЯ ПЛАСТИЧНИХ
ДЕФОРМАЦІЙ ЩЕБЕНЕВО-МАСТИКОВИХ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ
ПОКРИТТІВ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ**

05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Жданюк Валерій Кузьмович,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, завідувач кафедри будівництва та експлуатації автомобільних доріг, м. Харків

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Гамеляк Ігор Павлович,
Національний транспортний університет, завідувач кафедри аеропортів, м. Київ

кандидат технічних наук, доцент
Даценко Володимир Михайлович,
ТОВ «Контроль дорожнього будівництва», технічний керівник, м. Київ

Захист дисертації відбудеться «11» травня 2021 р. о 14⁰⁰ на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.059.01 при Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті за адресою: 61002, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25, конференц-зал.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного автомобільно-дорожнього університету за адресою: 61002, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Автореферат розісланий «10» квітня 2021 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
кандидат технічних наук, доцент



Р.В. Смолянук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Значне зростання в останні десятиліття частки великовагових вантажівок у транспортному потоці та інтенсивності їх руху викликають пластичне деформування асфальтобетонних шарів дорожнього одягу влітку за високих експлуатаційних температур. Наслідком пластичного деформування асфальтобетонних шарів дорожнього одягу є утворення колій, напливів, хвилястості, які спостерігаються на поверхні шару покриття. Результати обстежень стану автомобільних доріг вказують на те, що найбільш враженими пластичними деформаціями є ділянки перехідно-швидкісних смуг на крутих підйомах, ділянки перед світлофорами та з уповільненим рухом багатотоннажних вантажівок.

Вітчизняний та закордонний досвід показує, що використання для будівництва нежорстких дорожніх одягів асфальтобетонних сумішей з високим вмістом зерен щебеню на бітумі високої теплостійкості підвищує опір асфальтобетонних шарів накопиченню пластичних деформацій.

Яскравим представником асфальтових бетонів з високим вмістом зерен щебеню є щебенево-мастикові асфальтобетони (ЩМА). Шарам покриття дорожнього одягу з таких асфальтобетонів властива більша зсувостійкість, тривала водостійкість і морозостійкість, порівняно з традиційними щільними дрібнозернистими асфальтобетонами. В Україні вимоги до властивостей щебенево-мастикових асфальтобетонів нормовані ДСТУ Б В.2.7-127:2015 «Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні та асфальтобетон щебенево-мастикові. Технічні умови».

Попри все на сьогодні недостатньо вивченою залишається стійкість щебенево-мастикових асфальтобетонів різних гранулометричних видів до накопичення залишкових пластичних деформацій у вигляді колії та вплив на неї різних зовнішніх та внутрішніх чинників. Відсутність значень модулів пружності, а також границі міцності за згину, як розрахункових характеристик ЩМА, не дозволяє здійснювати розрахунок конструкцій дорожніх одягів з щебенево-мастиковим асфальтобетонним шаром покриття. Зазначені обставини вимагають проведення комплексних досліджень властивостей ЩМА різних видів, приготовлених на бітумах різної марочної в'язкості.

Зазначені вище чинники суттєво впливають на довговічність щебенево-мастикових асфальтобетонних покриттів дорожніх одягів та безпеку руху і свідчать про актуальність дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась згідно основних положень «Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року» (розпорядження Кабінету міністрів України від 30.05.2018 р. № 430-р), «Державної цільової економічної програми розвитку автомобільних доріг загального користування державного значення на 2018-2022 роки» (постанова Кабінету міністрів України від 21.03.2018 р. № 382), а також згідно планів науково-дослідних і проектно-конструкторських робіт Державного агентства автомобільних доріг України та

тематики виконання науково-дослідних робіт Харківського національного автомобільно-дорожнього університету під час виконання наступних тем: № 35-13-08 (державний реєстраційний № 0108U007432) «За результатами досліджень надати пропозиції до розробки відомчого нормативного документу щодо оцінки стійкості асфальтобетонних покриттів до утворення колії», № 110/35-84-09 (державний реєстраційний № 0112U004739) «Розробити зміну №2 до ВБН В.2.3-218-186-2004 «Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу» стосовно розрахункових характеристик ЦМА», № 130/35-89-09 (державний реєстраційний № 0110U006019) «Дослідити вплив великовагових автотранспортних засобів на дорожні конструкції та розробити рекомендації щодо їх збереження від руйнувань», № 76/35-12-10 (державний реєстраційний № 0110U006019) «Провести наукові дослідження колієстійкості асфальтобетонів різних типів і видів та розробити рекомендації щодо їх оптимального використання при будівництві асфальтобетонних покриттів», № 35-24-10 (державний реєстраційний № 0110U005851) «Науково-технічний супровід виконання робіт з поточного ремонту об'їзної автомобільної дороги навколо м. Харкова, № 28/35-42-11 (державний реєстраційний № 0111U003851) «Розробити рекомендації щодо підвищення довговічності асфальтобетонних сумішей з врахуванням впливу вмісту та форми зерен щебеню в складі асфальтобетонів на їх колієстійкість», № 35-52-11 (державний реєстраційний № 0111U009020) «Науково-технічний супровід виконання робіт з поточного ремонту автомобільної дороги державного значення М-07 «Київ-Ковель-Ягодин» в межах Волинської області», №35-45-11 (державний реєстраційний № 0111U003850) «Взяти участь у розробці Зміни № 1 до ДСТУ Б В.2.7-127:2006 «Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебенево-мастикові» стосовно якості щебеню», № 35-60-15 (державний реєстраційний № 0106U006068) «Провести дослідження та розробити нормативний документ щодо влаштування шарів дорожніх одягів з використанням щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей», № 35-13-17 (державний реєстраційний № 0117U003616) «Переглянути ДСТУ Б В.2.7-127:2015 «Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні та асфальтобетон щебенево-мастикові. Технічні умови».

Мета роботи і задачі дослідження. Мета роботи полягає у підвищенні довговічності покриттів дорожніх одягів влаштованих з щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей за критеріями міцності та стійкості до утворення колії. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Виконати аналіз: умов роботи нежорстких дорожніх одягів автомобільних доріг в процесі експлуатації; сучасних уявлень про вплив складників на структуру та властивості щебенево-мастикових асфальтобетонів; технологічних способів підвищення властивостей щебенево-мастикових асфальтобетонів.

2. Теоретично обґрунтувати та експериментально підтвердити роль мінерального кістяка щебенево-мастикових асфальтобетонів та органічного в'язучого у забезпеченні стійкості до накопичення пластичних деформацій.

3. Дослідити закономірності процесів колієутворення в щебенево-мастикових асфальтобетонах різних гранулометричних видів за умов прикладання

циклічних багаторазових навантажень за різних температур та рівнях навантаження на колесо.

4. Дослідити вплив марочної в'язкості дорожніх бітумів, а також модифікуючих полімерних добавок до бітумів, на властивості щебенево-мастикових асфальтобетонів, їхні розрахункові характеристики за різних температур та особливості колієутворення.

5. Розробити рекомендації щодо раціонального використання асфальтобетонних сумішей різних типів і видів під час будівництва колієстійких шарів дорожніх одягів, виконати дослідно-виробничу перевірку та впровадження результатів досліджень.

Об'єкт дослідження – процеси накопичення пластичних деформацій в щебенево-мастикових асфальтобетонних шарах дорожніх одягів.

Предмет дослідження – закономірності впливу складників та модифікуючих добавок до бітумів на властивості, розрахункові характеристики та колієстійкість щебенево-мастикових асфальтобетонів.

Методи дослідження: у роботі використані стандартні методи експериментальних досліджень фізичних і механічних властивостей мінеральних матеріалів, бітумів та бетонів на основі органічних в'язучих. Для визначення розрахункових характеристик щебенево-мастикових асфальтобетонів використано метод експериментального визначення деформаційних і міцнісних властивостей. Для дослідження закономірностей стійкості до утворення колії щебенево-мастикових асфальтобетонів застосовували прилад-коліємір, який був створений на кафедрі будівництва та експлуатації автомобільних доріг ХНАДУ. Результати експериментальних досліджень обробляли статистичними методами з використанням ПК.

Наукова новизна одержаних результатів:

– дістали подальшого розвитку теоретичні і експериментальні дослідження закономірностей накопичення пластичних деформацій в щебенево-мастикових асфальтобетонах, нормованих ДСТУ Б В.2.7-127:2015 «Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебенево-мастикові. Технічні умови» для будівництва покриттів дорожніх одягів;

– вперше комплексно досліджено вплив виду гранулометрії мінеральної частини, марочної в'язкості бітумів, полімерних модифікуючих добавок до бітуму та безпосередньо в суміш на фізико-механічні властивості та стійкість щебенево-мастикових асфальтобетонів до накопичення пластичних деформацій за різних температур та рівнів навантаження. Встановлено, що збільшення максимального розміру зерен щебеню та його вмісту у складі ЩМА, а також концентрації полімерних модифікуючих добавок, призводить до зростання колієстійкості;

– вперше встановлені залежності розрахункових характеристик щебенево-мастикових асфальтобетонів від марочної в'язкості бітумів та гранулометрії мінеральної частини за різних температур, використання яких дозволяє виконувати розрахунки конструкцій нежорстких дорожніх одягів автомобільних доріг.

Практичне значення одержаних результатів:

– результати досліджень були використані при розробленні стандартів ДСТУ Б В.2.7-127:2015 «Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебенево-мастикові. Технічні умови», ДСТУ-Н Б В.2.7-40:2016 «Настанова з влаштування покриття дорожнього одягу з використанням щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей», СОУ 45.2-00018112-039:2009 «Способи оцінки стійкості асфальтобетонних покриттів до утворення колії. Методи випробувань», а також рекомендацій Р В.2.7-02071168-799:2012 «Рекомендації щодо підвищення довговічності асфальтобетонних покриттів дорожніх одягів за критерієм колієстійкості», Р В.2.7-02071168/03450778-808:2012 «Рекомендації щодо раціонального використання асфальтобетонних сумішей різних типів і видів при будівництві колієстійких шарів дорожніх одягів автомобільних доріг загального користування», що увійшли у фонд нормативних документів Державного агентства автомобільних доріг України (Укравтодор);

– виконано впровадження результатів досліджень у виробничих умовах під час ремонтів дорожніх одягів на автомобільних дорогах, М-03 «Київ-Харків-Довжанський», Р-46 «Харків – Охтирка», Н-26 «Чугуїв – Мілове» у Харківській області та М-07 «Київ-Ковель-Ягодин» у Волинській області.

– результати дисертаційного дослідження впроваджені у навчальний процес за спеціальністю «192 Будівництво та цивільна інженерія» у Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті в лекційних курсах за дисциплінами «Технологія будівництва автомобільних доріг», «Інноваційні технології будівництва автомобільних доріг» та дипломному проектуванні.

Особистий внесок здобувача. Наведені у дисертаційному дослідженні результати отримані особисто здобувачем або безпосередньою за його участю. В опублікованих працях належать здобувачу: експериментальні порівняльні дослідження впливу на властивості та стійкість до утворення колії гранулометричного складу мінеральної частини ЦМА; визначення впливу марочної в'язкості бітуму на властивості та закономірності колієутворення в щебенево-мастикових асфальтобетонах при різних температурах та рівнях навантаження; дослідження впливу модифікованих бітумних в'язучих на властивості та стійкість до колієутворення ЦМА; визначення розрахункових характеристик ЦМА різних видів приготовлених на основі бітумів різної в'язкості та модифікованих бітумах.

Обґрунтованість та достовірність отриманих в роботі результатів: підтверджується достатнім обсягом експериментальних досліджень, що отримані з використанням сучасного лабораторного обладнання; апробацією результатів роботи та виробничим впровадженням.

Апробація роботи. Основні результати досліджень доповідались та обговорювались на: міжнародній науково-технічній конференції, яка присвячена 80-річчю ХНАДУ та дорожньо-будівельного факультету «Проектування, будівництво і експлуатація нежорстких дорожніх одягів» (Харків, 2010 р.); міжнародній науково-практичній конференції за участю молодих вчених «Еколого-правові і економічні аспекти екологічної безпеки регіонів» (Харків,

2011 р.); міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні технології будівництва й експлуатації автомобільних доріг» (Харків, 2013 р.); міжнародній науково-технічній конференції студентів, аспірантів і молодих вчених. – (Волгоград, 2013 р.); X та XI міжнародній науково-технічній інтернет-конференції «Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве» (Харків, 2011 р., 2014 р.); всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасні технології будівництва й експлуатації автомобільних доріг» (Харків, 2016 р.) та щорічних науково-методичних конференціях викладачів та наукових співробітників ХНАДУ (2009-2020 р.р.).

Публікації. Результати наукових досліджень за темою дисертаційної роботи опубліковані в 16 друкованих працях, із них: 7 у періодичних фахових виданнях, що входять до переліку МОН України (включені до міжнародної наукометричної бази Scholar Google); 1 стаття у виданні, що включене до наукометричної бази SCOPUS; 8 у збірниках праць за матеріалами наукових конференцій.

Структура дисертації. Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, загальних висновків, бібліографії з 135 найменувань і 4 додатків. Загальний обсяг роботи складає 176 сторінок, в тому числі 152 сторінок основного тексту, 61 рисунок, 43 таблиці.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, її зв'язок з науковими програмами, сформульовано мету і задачі дисертаційного дослідження, наведено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, особистий внесок здобувача, дані про апробацію та публікації результатів досліджень.

У першому розділі викладено аналіз існуючих даних щодо чинників які сприяють виникненню пластичних деформацій в асфальтобетонних шарах дорожніх одягів та способи уповільнення їх розвитку.

Значному внеску у розвиток технологій влаштування асфальтобетонних шарів дорожніх одягів підвищеної довговічності сприяли наукові праці багатьох вітчизняних та закордонних дослідників, таких як І.М. Борщ, В.І. Братчун, В.А. Веренько, М.І. Волков, О.О. Воловик, І.П. Гамеляк, Л.Б. Гезенцевей, В.М. Гоглідзе, М.В. Горєлишев, Л.М. Гохман, С.К. Головка, В.М. Даценко, В.К. Жданюк, В.О. Золотарьов, М.М. Іванов, І.В. Корольов, М.М. Короткевич, В.В. Мозговий, А.М. Онищенко, М.Ф. Почапський, Б.С. Радовський, А.В. Руденський, І.О. Риб'єв, В.Я. Савенко, В.М. Смірнов, Г.К. Сюньї, С.А. Чугуєнко, А. Еппс, Г. Зіхнер, Р. Коллінз, С. Монісміт, Д. Сибільски, А. Хілмер та ін.

Огляд літературних джерел показує, що інтенсивність накопичення пластичних деформацій в асфальтобетонних шарах дорожніх одягів залежить від структури асфальтобетонів. На структурні особливості асфальтобетонів впливають властивості бітумного в'язучого та зернового складу мінеральної частини, які приймають для приготування асфальтобетонних сумішей.

Дослідженнями встановлено, що роль щебеню, як складника мінеральної частини асфальтобетону, може бути різною у формуванні його структури залежно від його вмісту.

Багатьма дослідженнями встановлено, що щебінь в мінеральній частині асфальтобетону є одним з головних структуроутворюючих складників. В асфальтобетоні роль щебеню полягає у формуванні просторового каркасу, який здатний чинити опір зсувним зусиллям і накопиченню пластичних деформацій.

Коли ж зерна щебеню не мають взаємних контактів, властивості асфальтобетону визначаються властивостями асфальтового розчину, який є недостатньо стійким до накопичення пластичних деформацій у вигляді колії. Встановлено, що зменшення вмісту зерен щебеню у складі дрібнозернистих асфальтобетонів викликає зменшення їхньої колієстійкості.

Численними дослідженнями встановлено, що одночасно з позитивним впливом щебеневого каркасу, який забезпечує внутрішнє тертя асфальтобетону, необхідно враховувати роль бітумного в'язучого у формуванні структури стійкої до колієутворення, оскільки збільшення його вмісту може призвести до зниження внутрішнього тертя та міцності завдяки зростанню товщини плівок на поверхні мінеральних зерен. В багатьох роботах відмічається, що бітумне в'язуче є складником асфальтобетону відповідальним як за міцність, тривалу водостійкість, морозостійкість, так і стійкість до колієутворення. Змінюючи властивості бітумного в'язучого можливо регулювати властивості асфальтобетону.

Аналіз результатів існуючих досліджень показує, що найбільш поширеним способом покращення властивостей бітуму є його модифікація полімерами різних класів. Найбільше вживаними є термопласти, термоеластоласти та латекси. Характерною ознакою впливу полімерів на властивості бітуму є зростання його теплостійкості, когезійної міцності, еластичності у випадку використання термоеластопластів.

Узагальнення результатів аналізу літературних джерел свідчить про наявність двох основних напрямків підвищення стійкості асфальтобетонних шарів дорожнього одягу до накопичення пластичних деформацій – забезпечення формування каркасної структури зернами щебеню мінеральної частини та підвищення когезійної міцності модифікацією бітумного в'язучого.

Аналіз закордонних літературних джерел вказує на те, що в багатьох країнах для влаштування покриттів нежорстких дорожніх одягів перевагу надають щебенево-мастиковим асфальтобетонним сумішам. Завдяки використанню ЦМАС, забезпечується підвищена стійкість покриттів до утворення пластичних деформацій, шорсткість, тривала водостійкість та морозостійкість, порівняно з покриттями, що побудовані з традиційних щільних дрібнозернистих асфальтобетонів.

В Україні майже відсутні результати комплексного дослідження щодо впливу структурних особливостей щебенево-мастикових асфальтобетонів, зернові склади яких нормовані ДСТУ Б В.2.7-127:2015 «Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебенево-мастикові. Технічні умови», а також різних зовнішніх факторів на їхні розрахункові характеристики та стійкість до

накопичення пластичних деформацій в шарах дорожніх одягів автомобільних доріг. Відсутність вказаних досліджень ускладнює вибір щебенево-мастикових асфальтобетонів на етапі проектування конструкцій дорожніх одягів, а також унеможливорює виконання порівняльних розрахунків конструкцій дорожніх одягів з шарами ЩМА на етапі варіантного проектування автомобільних доріг.

У другому розділі наведені теоретичні передумови досліджень.

Під час розроблення програми експериментальних досліджень виходили з робочої гіпотези, яка в узагальненому вигляді полягає в тому, що одночасного підвищення колієстійкості та міцності щебенево-мастикових асфальтобетонів в шарах дорожніх одягів автомобільних доріг, можливо досягти шляхом збільшення внутрішнього тертя мінерального каркасу та теплостійкості бітумного в'язучого, прийнятого для приготування ЩМАС.

Здатність асфальтобетону протидіяти зсувним напруженням визначається рівнем розвитку просторового каркасу з мінеральних зерен та реологічними властивостями бітумного в'язучого. Основна роль мінерального каркасу полягає в забезпеченні внутрішнього тертя. Бітумне в'язуче, в залежності від величини його когезійної міцності, більше позначається на показнику зчеплення. Такий підхід лежить в основі описування закономірностей зсуву в асфальтобетоні рівнянням тертя Кулона. В процесі розвитку критеріїв міцності дорожніх одягів нежорсткого типу професор М.М. Іванов переглянув теорію зсувостійкості асфальтобетонів за підвищених температур та розділив показник зчеплення в рівнянні Кулона на дві складові:

$$\tau = P \operatorname{tg} \varphi + C_1 + C_2, \quad (1)$$

де τ – міцність асфальтобетону при статичному зсуві, МПа;

P – нормальний тиск, МПа;

φ – кут внутрішнього тертя;

C_1 – структурне зчеплення, що не відновлюється зовсім або відновлюється поступово, МПа;

C_2 – миттєве зчеплення що відновлюється, МПа.

Професор М.М. Іванов вважав, що структурне зчеплення C_1 , залежить від особливостей деформаційних процесів у бітумному в'язучому, що міститься в асфальтобетоні. Окрім того ним виокремлено зчеплення що миттєво відновлюється C_2 , яке обумовлене зачепленням мінеральних зерен. При цьому передбачається, що ця складова зчеплення не залежить від швидкості прикладання навантаження, вмісту бітумного в'язучого та температури. Зі збільшенням крупності та гострокутності мінеральних зерен, покращенням їх упаковки та ущільнення, зчеплення в асфальтобетоні C_2 повинно збільшуватися. Внутрішнє тертя в асфальтобетоні φ є більшим при наявності в ньому мінеральних зерен одного розміру. Введення бітумного в'язучого у склад мінеральної частини асфальтобетону зменшує внутрішнє тертя φ , а збільшення крупності зерен в мінеральній частині збільшує φ .

Якщо кут внутрішнього тертя в асфальтобетоні залежить від вмісту, форми та розміру мінеральних зерен, що утворюють просторовий каркас, то його можна визначити для асфальтобетонів різної гранулометрії за формулою:

$$\operatorname{tg} \varphi = \sum_{i=n}^1 \operatorname{tg} \varphi_i / \gamma, \quad (2)$$

де φ – кут внутрішнього тертя мінерального остова асфальтобетону;
 φ_i – кут внутрішнього тертя i -ї фракції в складі мінерального остова асфальтобетону;

γ – вміст i -ї фракції в складі мінерального остова асфальтобетону, %;

n – кількість фракцій в складі мінерального остова асфальтобетону.

Крім того зчеплення C_2 можна визначити аналогічно за формулою:

$$C_2 = \sum_{i=n}^1 C_i / \gamma, \quad (3)$$

де C_2 – зчеплення мінерального остова асфальтобетону, МПа;

C_i – зчеплення i -ї фракції в складі мінерального остова асфальтобетону, МПа.

У зв'язку з відсутністю експериментальних даних, щодо впливу гранулометричних складів мінеральної частини щебенево-мастикових асфальтобетонів на тангенс кута внутрішнього тертя та показник зчеплення C_2 , припускаємо, що вони змінюються за залежностями зображеними на рис. 1 та 2.

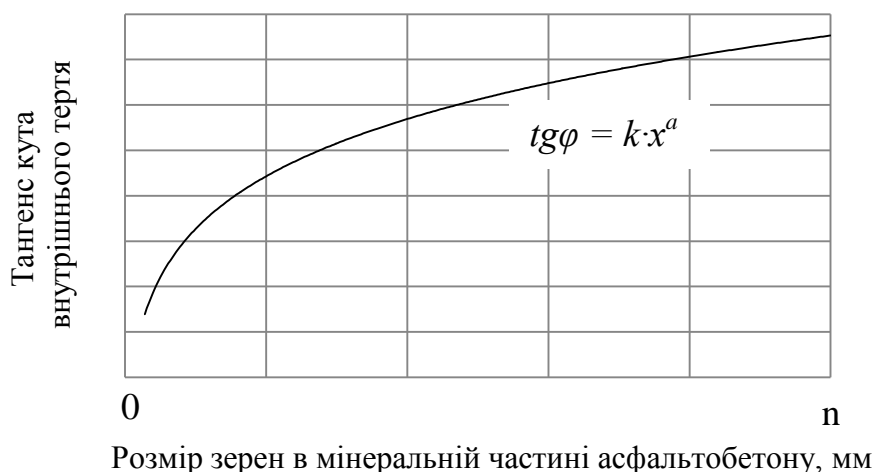


Рисунок 1 – Залежність тангенса кута внутрішнього тертя від розміру зерен в мінеральній частині щебенево-мастикового асфальтобетону

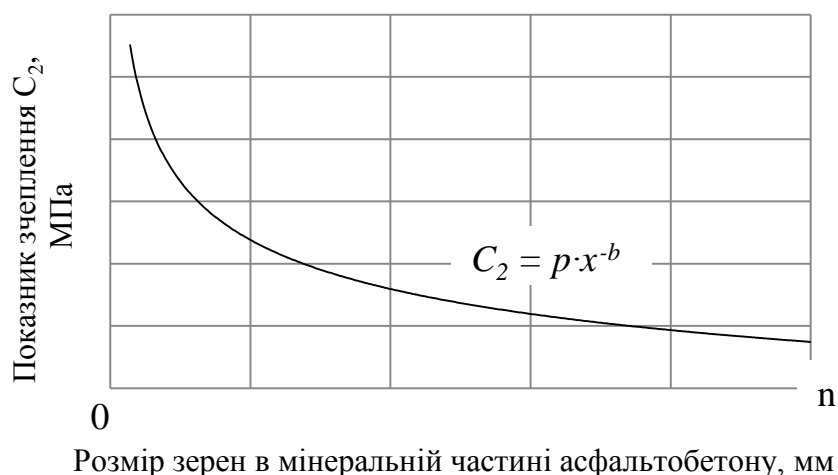


Рисунок 2 – Залежність показника зчеплення C_2 від розміру зерен в мінеральній частині щебенево-мастикового асфальтобетону

Очевидно, що показник зчеплення C_1 залежить від реологічних властивостей бітумного в'язучого, що входить до складу асфальтобетону, проте також необхідно враховувати вклад складу асфальтов'язучого та асфальтового розчину які утворюються в процесі приготування асфальтобетонної суміші під час об'єднання бітуму, мінерального порошку та піщаного складника. В щебенево-мастикових асфальтобетонах асфальтовим розчином є так звана «мастикова частина» що складається не тільки з бітуму, мінерального порошку та піщаного складника, але і з додаткового складника – структуруючої добавки (целюлозного або іншого за походженням волокна). Тому досить складно описати вплив всіх цих складників асфальтового розчину на показник зчеплення C_1 ЩМА, окрім того цей показник є термочутливим і за підвищених температур суттєво зменшується.

Виходячи з вищевикладеного перетворимо рівняння (1) в рівняння (4) та (5).

$$\tau = P \cdot \sum_{i=n}^1 \frac{\text{tg} \varphi_i}{\gamma} + C_1 + \sum_{i=n}^1 \frac{C_i}{\gamma}, \quad (4)$$

$$\tau = P \cdot \sum_{i=n}^1 \frac{k \cdot x_i^a}{\gamma} + C_1 + \sum_{i=n}^1 \frac{p \cdot x_i^{-b}}{\gamma}, \quad (5)$$

де x_i – окрема фракція кам'яного матеріалу, який використовується у складі мінеральної частини асфальтобетонної суміші;

а, b, k, p – константи, які відповідають умовам зображеним на рис. 1 та 2.

Якщо припустити, що за певних умов показник C_1 є константою, з огляду на рівняння (5), для збільшення здатності асфальтобетонного покриття протидіяти зсувним напруженням, у складі мінеральної частини асфальтобетону необхідно забезпечити якомога більшу кількість крупних зерен. Це пов'язано з тим, що мінеральній частині з більшими за розміром зернами кам'яному матеріалу

властиві більші значення кута внутрішнього тертя, хоча при цьому показник зчеплення C_2 характеризується меншими значеннями та є менше впливовим на зсувостійкість, виходячи з рівняння (5). Це свідчить про те, що ЦМА, які мають у складі мінеральної частини зерна щебеню з більшим розміром та більшу їх кількість, мають більшу колієстійкість.

Одночасного додаткового підвищення розрахункових характеристик за показниками міцності щебенево-мастикових асфальтобетонних шарів дорожнього одягу та їхньої колієстійкості можливо досягти шляхом підвищення теплостійкості і, відповідно, когезійної міцності бітумного в'язучого, що використовується для приготування ЦМАС.

Викладене вище дозволяє стверджувати, що шляхом одночасного збільшення внутрішнього тертя між зернами в мінеральній частині щебенево-мастикового асфальтобетону та надання бітумному в'язучому підвищеної теплостійкості є можливість створення такої структури матеріалу, яка буде забезпечувати асфальтобетонним шарам покриття і основи дорожнього одягу підвищені механічні властивості за високих експлуатаційних температур.

У третьому розділі наведена характеристика прийнятих матеріалів і методів досліджень, що використовувались у роботі.

Для вирішення поставлених задач були використані стандартні методи та прилади щодо визначення фізико-механічних властивостей асфальтобетонів та бітумних в'язучих. Для дослідження закономірностей накопичення пластичних деформацій у вигляді колії в щебенево-мастикових асфальтобетонах різних гранулометричних видів використовували створений на кафедрі будівництва та експлуатації автомобільних доріг ХНАДУ прилад-коліємір.

Для приготування ЦМАС використовували гранітний щебінь, гранітний відсів подрібнення, вапняковий мінеральний порошок та бітуми нафтові дорожні марок БНД 40/60, БНД 60/90 та БНД 90/130. У якості модифікаторів бітумів використовували полімер типу SBS марки «Kraton D1101 CM», водний катіонний латекс марки «Butonal NS 198» та природний бітум «Gilsonite». Як добавку, що вводили безпосередньо у асфальтобетонну суміш під час її приготування, використовували природних бітумів «Trinidad Epure Z 0/8».

У четвертому розділі наведені результати експериментальних досліджень залежностей розрахункових характеристик щебенево-мастикових асфальтобетонів від гранулометрії мінеральної частини, закономірності впливу різних чинників на їхні значення та стійкість до накопичення пластичних деформацій у вигляді колії.

За результатами експериментальних досліджень визначено залежності розрахункових характеристик щебенево-мастикових асфальтобетонів (таблиця 1) різних гранулометричних видів від марочної в'язкості бітумів, використаних для їхнього приготування. Експериментально показано зростання значень модуля пружності та границі міцності за згину щебенево-мастикових асфальтобетонів на основі модифікованих полімерами бітумів, порівняно з вихідними, які є характеристиками, що необхідні для розрахунку конструкцій нежорстких дорожніх одягів. Встановлено, що зі зменшенням максимального розміру зерен щебеню у складі щебенево-мастикового асфальтобетону та збільшенням марочної

в'язкості бітуму, використаного для приготування суміші, значення розрахункових модулів пружності та границі міцності за згину зростають.

Таблиця 1 – Результати дослідження розрахункових характеристик щебенево-мастикових асфальтобетонів різних видів на основі бітумів різних марок

Вид ЩМА	Марка бітуму	Розрахункові значення короточасного модуля пружності E , МПа, за температури, °С					R_{32} , МПа
		0	+10	+20	+30	+40	
ЩМА-5	БНД 40/60	5000	3600	2200	1250	600	7,3
	БНД 60/90	4500	3300	2100	1100	550	6,6
	БНД 90/130	4050	2970	1890	990	495	5,9
ЩМА-10	БНД 40/60	4100	3000	1900	1100	510	4,6
	БНД 60/90	3900	2800	1800	1000	500	4,2
	БНД 90/130	3500	2520	1620	900	450	3,8
ЩМА-15	БНД 40/60	3800	2700	1700	950	470	4,2
	БНД 60/90	3600	2600	1600	900	460	3,9
	БНД 90/130	3240	2340	1440	810	415	3,5
ЩМА-20	БНД 40/60	3500	2500	1600	800	400	3,2
	БНД 60/90	3300	2400	1500	750	390	2,9
	БНД 90/130	2970	2160	1350	675	350	2,6
ЩМА-5	БНД 60/90+3%	5200	3900	2700	1700	850	7,5
	Kraton D1101/Butonal NS198	5200	3900	2700	1700	850	7,5
ЩМА-10	БНД 60/90+3%	4500	3500	2300	1500	750	5,6
	Kraton D1101/Butonal NS198	4500	3500	2300	1500	750	5,6
ЩМА-15	БНД 60/90+3%	4100	3100	2000	1250	700	4,3
	Kraton D1101/Butonal NS198	4100	3100	2000	1250	700	4,3
ЩМА-20	БНД 60/90+3%	3700	2700	1800	1100	600	3,4
	Kraton D1101/Butonal NS198	3700	2700	1800	1100	600	3,4

Дослідженнями колієстійкості щебенево-мастикових асфальтобетонів підтверджено закономірне зростання величини залишкових пластичних деформацій при збільшенні кількості проходів колеса по одному сліду, величини тиску колеса, температури випробування, а також марочної в'язкості бітуму у їхньому складі, як і у випадку звичайних щільних асфальтобетонів. Експериментально встановлено, що за температури 50 °С всім видам щебенево-мастикових асфальтобетонів властива більш висока стійкість до колієутворення (після 30000 проходів колеса глибина колії коливається в межах від 2,75 мм до 3,75 мм), порівняно з гарячим щільним дрібнозернистим асфальтобетоном типу А (після 30000 проходів колеса глибина колії становить 5,5 мм).

Отримані результати експериментальних досліджень колієстійкості ЩМА різних гранулометричних видів за більш високих температур дозволили встановити (рис. 3), що менший опір колієутворенню в експлуатаційному діапазоні високих літніх температур властивий щебенево-мастиковим асфальтобетонам з меншим максимальним розміром зерен щебеню. Показано, що більш інтенсивне наростання глибини колії у випадку підвищення температури асфальтобетонного покриття від 50 °С до 65 °С властиве щебенево-мастиковим

асфальтобетонам з меншим розміром зерен щебеню. При цьому експериментально показано, що за більш високої величини тиску колеса транспортного засобу на поверхню шару щебенево-мастикового асфальтобетонного покриття дорожньої конструкції наростання глибини колії зі збільшенням температури покриття зростає більш інтенсивно (рис. 4).

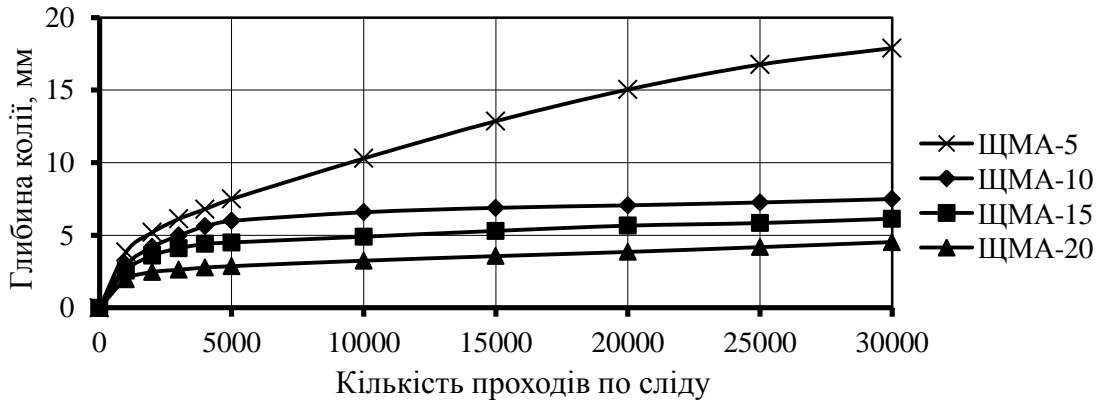


Рисунок 3 – Інтенсивність накопичення залишкових пластичних деформацій у вигляді колії в ЩМА різних видів на бітумі БНД 60/90 за температури 60 °С

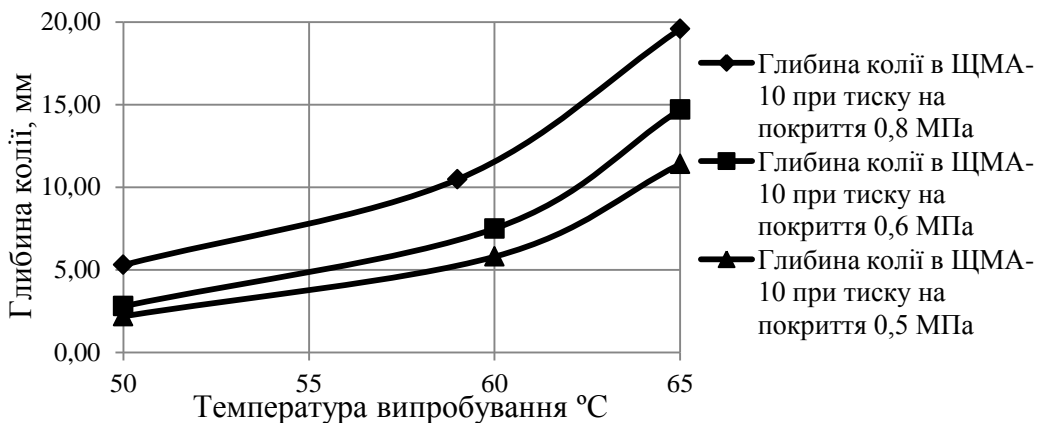


Рисунок 4 – Залежність глибини колії в ЩМА-10 від температури покриття при різних рівнях навантаження

Встановлено, що використання для приготування щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей бітумів, модифікованих полімерами класу термоеластопластів, більше позначається на підвищенні колієстійкості щебенево-мастикових асфальтобетонів з меншим розміром щебеню. Показано (рис. 5), що 3 % полімеру «Kraton D1101 CM» у складі вихідного бітуму зменшує глибину колії в ЩМА-10 у 4,74 рази, а в ЩМА-20 у 3,71 рази. Присутність 3 % (у перерахунку на масу сухої речовини) катіонного латексу «Butonal NS 198» у складі вихідного бітуму теж зменшує глибину колії, як і у випадку термоеластопласту «Kraton D1101 CM», в ЩМА-10 у 3,02 рази, а в ЩМА-20 у 2,42 рази (рис. 6).

Експериментально доведено, що використання природних бітумів для модифікації бітумів та щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей безпосередньо у асфальтозмішувачі на етапі їхнього приготування, викликає зростання показників міцності та колієстійкості, порівняно з ЩМАС, приготовлених на вихідному бітумі.

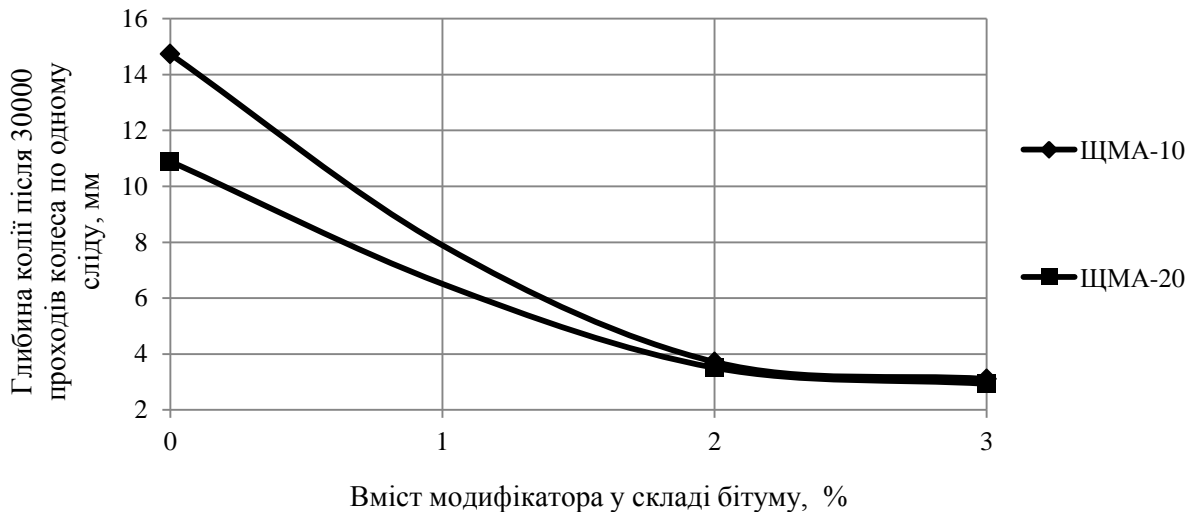


Рисунок 5 – Залежність глибини колії в ЩМА на бітумі БНД 60/90 від вмісту полімеру «Kraton D1101 CM» за температури 65 °C

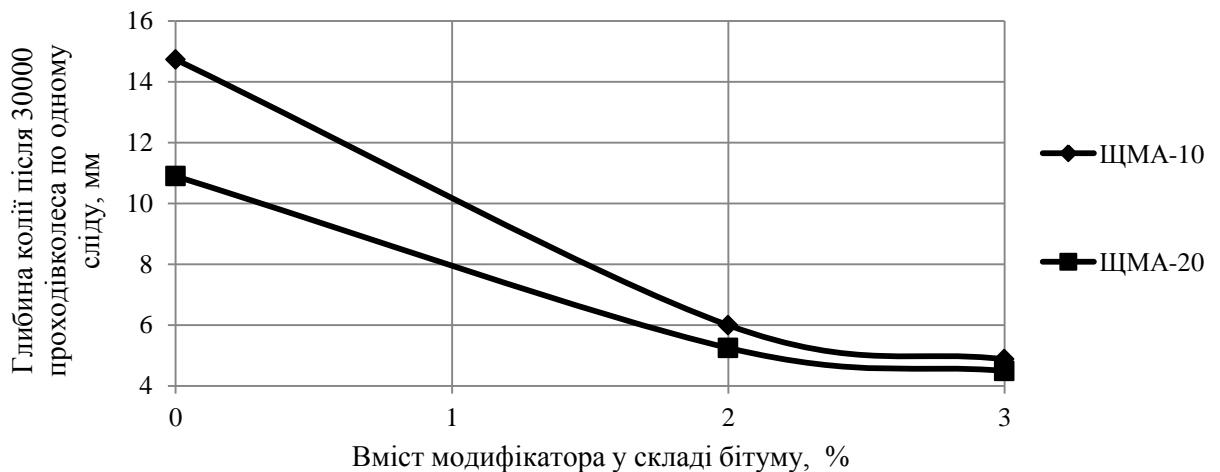


Рисунок 6 – Залежність глибини колії в ЩМА на бітумі БНД 60/90 від вмісту латексу «Butonal NS 198» за температури 65 °C

Порівняльними дослідженнями колієстійкості щебенево-мастикових асфальтобетонів різних гранулометричних видів показали, що збільшення у складі мінеральної частини максимального розміру зерен щебеню з 10 мм до 40 мм викликає зменшення глибини колії у 1,8 рази (рис. 7).

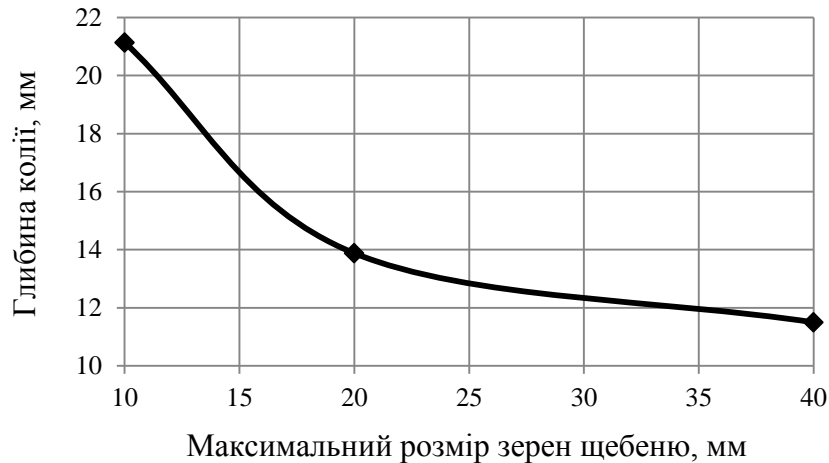


Рисунок 7 – Залежність глибини колії від максимального розміру щебеню в складі ЩМА після 30000 проходів колеса за температури 65 °С на зразках товщиною 10 см

Порівняльний аналіз результатів експериментальних досліджень вказує на те, що щебенево-мастиковим асфальтобетонам властиві менші значення модулів пружності та границі міцності за згину, як розрахункових характеристик, порівняно з традиційними гарячими щільними асфальтобетонами. При цьому щебенево-мастиковим асфальтобетонам притаманна більша колієстійкість в шарах покриття дорожніх одягів.

У п'ятому розділі наведені рекомендації стосовно раціонального використання асфальтобетонних сумішей різних типів і видів під час будівництва колієстійких шарів дорожніх одягів та викладені дані щодо практичного впровадження результатів роботи.

Розроблені рекомендації використовувались під час виконання робіт з влаштування верхніх колієстійких щебенево-мастикових асфальтобетонних шарів покриття дорожнього одягу під час поточного ремонту ділянок автомобільних доріг М-03 «Київ-Харків-Довжанський», М-07 «Київ-Ковель-Ягодин», Р-46 «Харків – Охтирка», Н-26 «Чугуїв – Мілове».

Результати дисертаційного дослідження були використані при розробленні ДСТУ Б В.2.7-127:2015 «Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебенево-мастикові. Технічні умови», ДСТУ-Н Б В.2.7-40:2016 «Настанова з влаштування покриття дорожнього одягу з використанням щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей», СОУ 45.2-00018112-039:2009 «Способи оцінки стійкості асфальтобетонних покриттів до утворення колії. Методи випробувань», а також рекомендацій Р В.2.7-02071168-799:2012 «Рекомендації щодо підвищення довговічності асфальтобетонних покриттів дорожніх одягів за критерієм колієстійкості», Р В.2.7-02071168/03450778-808:2012 «Рекомендації щодо раціонального використання асфальтобетонних сумішей різних типів і видів при будівництві колієстійких шарів дорожніх одягів автомобільних доріг загального користування», які поповнили фонд нормативних документів Державного агентства автомобільних доріг України (Укравтодор).

Результати дисертаційної роботи впроваджені в Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті у навчальному процесі в лекційних курсах «Технологія будівництва автомобільних доріг» і «Інноваційні технології будівництва автомобільних доріг» та на етапі підготовки дипломних робіт студентами, які проходять навчання за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

ВИСНОВКИ

1. Теоретичними і експериментальними дослідженнями підтверджена можливість створення структури, яка забезпечує одночасно високі показники розрахункових характеристик та стійкість до накопичення пластичних деформацій у вигляді колії щебенево-мастикових асфальтобетонних покриттів. Показано, що зерновий склад мінеральної частини, крупність та кількість зерен щебеню, марка бітумного в'язучого, величина навантаги на колесо, кількість проходів колеса та температура покриття відносяться до основних чинників, які впливають на стійкість щебенево-мастикових асфальтобетонів до утворення колії.

2. Визначено залежності розрахункових характеристик щебенево-мастикових асфальтобетонів різних гранулометричних видів від марочної в'язкості бітумів, використаних для їхнього приготування. Експериментально підтверджено зростання значень модуля пружності та границі міцності за згину щебенево-мастикових асфальтобетонів на основі модифікованих полімерами бітумів, які є розрахунковими характеристиками, що необхідні для розрахунку конструкцій нежорстких дорожніх одягів. Встановлено, що зі зменшенням максимального розміру зерен щебеню у складі щебенево-мастикового асфальтобетону та збільшенням марочної в'язкості бітуму, використаного для приготування суміші, значення розрахункових модулів пружності та границі міцності за згину зростають.

3. Експериментально встановлено, що більш інтенсивне наростання глибини колії за підвищення температури асфальтобетонного покриття від 50 °С до 65 °С властиве щебенево-мастиковим асфальтобетонам з меншим розміром зерен щебеню. Отримані результати експериментальних досліджень свідчать про більший опір колієутворенню в експлуатаційному діапазоні температур щебенево-мастикових асфальтобетонів з більшим максимальним розміром зерен щебеню, порівняно з ЩМА з мінімальним розміром зерен щебеню. Порівняльні дослідження колієстійкості щебенево-мастикових асфальтобетонів різних гранулометричних видів показали, що збільшення у складі мінеральної частини розміру зерен щебеню з 10 мм до 40 мм викликає зменшення глибини колії у 1,8 рази.

4. Експериментально встановлено, що більш інтенсивному наростанню глибини колії зі збільшенням температури покриття додатково сприяє зростання величини тиску колеса транспортного засобу на поверхню шару щебенево-мастикового асфальтобетонного покриття дорожньої конструкції. Визначено, що використання для приготування щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей

бітумів, модифікованих полімерами класу термоеластопластів, більше позначається на підвищенні колієстійкості щебенево-мастикових асфальтобетонів з меншим розміром щебеню. Показано, що модифікацією ЩМАС природними бітумами «Trinidad Epuré Z 0/8» та «Gilsonite» досягається підвищення колієстійкості ЩМА від 65 % до 83 %.

5. Результати досліджень впроваджені у виробничих умовах при поточному ремонті ділянок автомобільних доріг М-07 «Київ-Ковель-Ягодин», М-03 «Київ-Харків-Довжанський», Р-46 «Харків – Охтирка», Н-26 «Чугуїв – Мілове» в межах Харківської та Волинської областей, а також у навчальний процес Харківського національного автомобільно-дорожнього університету 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Результати дисертаційних досліджень використані під час розроблення двох державних стандартів – ДСТУ Б В.2.7-127:2015 «Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебенево-мастикові. Технічні умови», ДСТУ-Н Б В.2.7-40:2016 «Настанова з влаштування покриття дорожнього одягу з використанням щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей», а також одного галузевого стандарту та двох рекомендацій – СОУ 45.2-00018112-039:2009 «Способи оцінки стійкості асфальтобетонних покриттів до утворення колії. Методи випробувань», а також рекомендацій Р В.2.7-02071168-799:2012 «Рекомендації щодо підвищення довговічності асфальтобетонних покриттів дорожніх одягів за критерієм колієстійкості», Р В.2.7-02071168/03450778-808:2012 «Рекомендації щодо раціонального використання асфальтобетонних сумішей різних типів і видів при будівництві колієстійких шарів дорожніх одягів автомобільних доріг загального користування», що використовуються проектними та дорожньо-будівельними організаціями під час проектування, будівництва, реконструкції та ремонтів дорожніх одягів автомобільних доріг.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

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

1. Zhdaniuk V., Volovyk O., Kostin D., Lisovin S. An investigation of the effect of thermoplastic additives in asphalt concrete mixtures on the properties of different types of asphalt concrete. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. №2/6 (110). P. 61-70. DOI:1015587/1729-4061.2021.227806

Статті у фахових виданнях:

2. Жданюк В.К., Гнатенко Р.Г., Костін Д.Ю. Впровадження технології влаштування покриттів із щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей на модифікованих бітумах *Автошляховик України*. 2009. №2. С.28-31.

3. Жданюк В.К., Чугуєнко С.А., Воловик О.О., Костін Д.Ю. Підвищення колієстійкості асфальтобетонних покриттів нежорстких дорожніх одягів. *Автошляховик України*. 2010. №5. С. 29-32.

4. Жданюк В.К., Костін Д.Ю., Воловик О.О. Результати порівняльних досліджень властивостей асфальтобетонів з добавкою “TRINIDAD EPURÉ Z0/8”. *Автошляховик України*. 2011. №5. С.38-43.

5. Жданюк В.К., Костін Д.Ю., Воловик О.О. Дослідження колієстійкості щебенево-мастикових асфальтобетонів при різних температурах. *Автошляховик України*. 2012. №2. С.25-29.

6. Жданюк В.К., Костін Д.Ю., Арінушкіна О.О. Властивості щебенево-мастикових асфальтобетонів на модифікованих бітумах *Автошляховик України*. 2012. №6. С. 23-27.

7. Жданюк В.К. Костін Д.Ю. Вплив модифікації бітумів на властивості та колієстійкість щебенево-мастикових асфальтобетонів. *Науково-технічний збірник, «Автомобільні дороги та дорожнє будівництво»*. 2017. №100. С. 57-67.

8. Жданюк В.К. Костін Д.Ю. Дослідження довговічності щебенево-мастикових асфальтобетонів різних видів за критерієм морозостійкості. *Збірник наукових праць, «Дороги і мости»*. 2017. №17. С.61-66. DOI:10.36100/dorogimosti2017.17.061

Опубліковані праці апробаційного характеру:

9. Жданюк В.К., Костін Д.Ю., Воловик О.О. Колієстійкість щебенево-мастикових асфальтобетонів різних видів. *Проектування, будівництво і експлуатація нежорстких дорожніх одягів: Матеріали міжнародної науково-технічної конференції, яка присвячена 80-річчю ХНАДУ та дорожньо-будівельного факультету*. Харків. 2010. С.98-102.

10. Жданюк В.К., Костін Д.Ю. Дослідження розрахункових характеристик щебенево-мастикових асфальтобетонів. *Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції за участю молодих вчених «Еколого-правові і економічні аспекти екологічної безпеки регіонів»*. Харків. 2011. С.196-200.

11. Жданюк В.К., Циркунова К.В., Воловик О.О., Костін Д.Ю. Щодо факторів, які впливають на колієутворення в асфальтобетонних шарах дорожніх одягів. *Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве: Материалы X международной научно-технической интернет-конференции*. Харьков. 2011. С.154-156.

12. Жданюк В.К., Макарчев О.А., Костин Д.Ю., Воловик А.А. Исследование свойств щебеночно-мастичного асфальтобетона на модифицированных битумах. *Современные компьютерно-инновационные технологии проектирования, строительства, эксплуатации автомобильных дорог и аэродромов: Материалы международной научно-практической конференции с участием студентов и молодых ученых*. Харьков. 2012. С.124-129.

13. Жданюк В.К. Костин Д.Ю. Исследование колееустойчивости щебеночно-мастичных асфальтобетонов при разных температурах. *Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе: Материалы международной научно-практической конференции*. Пермь. 2013. Том 3. С. 197-203.

14. Жданюк В.К., Костин Д.Ю., Воловик А.А., Аринушкіна Е.А. Исследование влияния модифицированных битумов на свойства щебеночно-мастичных асфальтобетонов. *Молодежь и научно-технический прогресс в*

дорожной отрасли юга России. *Материалы VII Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых*. Волгоград. 2013. С.119-124.

15. Жданюк В.К., Костін Д.Ю., Макарчев О.О Дослідження впливу термопласти на властивості щебенево-мастикового асфальтобетону. *Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве: Материалы XI международной научно-технической интернет-конференции*. Харьков. 2014. С.11-15.

16. Жданюк В.К. Костін Д.Ю. Дослідження властивостей щебенево-мастикових асфальтобетонів виду ЦМА-40 на основі бітумів різних марок. *Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні технології будівництва й експлуатації автомобільних доріг»*. Харків. 2016. С. 132-135.

АНОТАЦІЯ

Костін Д.Ю. Підвищення стійкості до накопичення пластичних деформацій щебенево-мастикових асфальтобетонних покриттів дорожніх одягів. – 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). – Харківський національний автомобільно-дорожній університет Міністерства освіти і науки України, Харків, 2021 р.

У дисертаційній роботі вирішена важлива науково-практична задача, що полягає у підвищенні довговічності покриттів дорожніх одягів влаштованих з щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей за критеріями міцності та стійкості до утворення колії.

В роботі теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено, що просторовий мінеральний кістяк в щебенево-мастикових асфальтобетонах відіграє провідну роль в забезпеченні їхньої стійкості до накопичення пластичних деформацій.

Наведені результати дослідження впливу марочної в'язкості дорожніх бітумів, а також модифікуючих полімерних добавок до бітумів, на властивості щебенево-мастикових асфальтобетонів, їхні розрахункові характеристики за різних температур.

За результатами порівняльних досліджень колієстійкості щебенево-мастикових асфальтобетонів різних гранулометричних видів в умовах прикладання багатократних циклічних навантажень за різних температур та рівнях навантаження на колесо встановлено, що зі збільшенням розміру зерен щебеню та їх вмісту у складі мінеральної частини глибина колії зменшується. Показано, що щебенево-мастиковим асфальтобетонам на бітумах більшої марочної в'язкості властиві більші колієстійкість та значення розрахункових характеристик.

Ключові слова: щебенево-мастиковий асфальтобетон, бітум, щебінь, фізико-механічні властивості, колієстійкість, розрахункові характеристики, полімерні добавки.

АННОТАЦІЯ

Костин Д.Ю. Повышение устойчивости к накоплению пластических деформаций щебеночно-мастичных асфальтобетонных покрытий дорожных одежд. – *Рукопись*.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук за специальностью 05.22.11 – автомобильные дороги и аэродромы. – Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет Министерства образования и науки Украины, Харьков, 2021 р.

В диссертационной работе решена важная научно-практическая задача, которая состоит в повышении долговечности покрытий дорожных одежд устроенных из щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей по критериям прочности и устойчивости к образованию колеи.

В работе теоретически обосновано и экспериментально подтверждено, что пространственный щебеночный каркас в щебеночно-мастичных асфальтобетонах играет ведущую роль в обеспечении их устойчивости к накоплению пластических деформаций.

Приведены результаты исследования влияния марочной вязкости дорожных битумов, а также модифицирующих полимерных добавок к битумам, на свойства щебеночно-мастичных асфальтобетонов, их расчетные характеристики при разных температурах.

По результатам сравнительных исследований колееустойчивости щебеночно-мастичных асфальтобетонов различных гранулометрических видов в условиях приложения многократных циклических нагрузок при разных температурах и уровнях нагрузки на колесо установлено, что с увеличением размера зерен щебня и их содержания в составе минеральной части глубина колеи уменьшается. Показано, что щебеночно-мастичным асфальтобетонам на основе битумов бóльшей марочной вязкости свойственны бóльшие колееустойчивость и значения расчетных характеристик.

Ключевые слова: щебеночно-мастичный асфальтобетон, битум, щебень, физико-механические свойства, колееустойчивость, расчетные характеристики, полимерные добавки.

ABSTRACT

Kostin D. Increasing of the resistance to the plastic deformations accumulation of stone mastic asphalt pavements. – On the rights of the manuscript.

Thesis for a Candidate of Technical Sciences degree by speciality 05.22.11 – Motor Roads and Airfields (192 – Construction and Civil Engineering). – Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, 2021.

The thesis covers an important scientific and practical problem which lies in the increase of the durability of the road pavements made of stone mastic asphalt mixtures on the criteria of strength and rutting formation resistance.

The paper theoretically substantiates and experimentally confirms that the spatial mineral skeleton in stone mastic asphalt concretes plays a key role in providing of their resistance to the accumulation of plastic deformations.

The results of experimental researches of grade viscosity influence of road bitumens on physical and mechanical properties of stone mastic asphalt concretes of various granulometric types are presented. It is shown that with the decrease of the maximum grain size of crushed stone in the mineral part of stone mastic asphalt concrete mixtures and the increase of the grade viscosity of bitumen used for their preparation the strength indexes of stone mastic asphalt concrete increase. It is established that higher values of the coefficient of internal friction are peculiar to stone mastic asphalt concretes with a larger grain size of crushed stone.

It is shown that the addition of polymer additives to bitumens and natural bitumens directly into the asphalt mixer during the preparation of stone mastic mixture reduces the draindown of binder from the surface of mineral grains and increases the strength of stone mastic asphalt concrete of all granulometric types.

According to the results of comparative studies of rutting resistance of stone mastic asphalt concretes of different granulometrical types in the conditions of repeated cyclic loadings at different temperatures and wheel load levels it is established that with increasing of the crushed stone grain size and their content in the mineral part the rut depth decreases. It is experimentally established that among fine-graded stone mastic asphalt concretes the rutting resistance decreases most intensively with increasing of the maximum grain size of crushed stone from 5 mm to 10 mm (rut depth at 60 °C in SMA-10 based on BND 60/90 bitumen decreases by 2,4 cm in comparison with SMA-5).

The thesis presents the results of comparative experimental studies of resistance to rutting formation of fine-graded and coarse-graded stone mastic asphalt concretes. It has been shown that stone mastic asphalt concretes based on bitumens of higher grade viscosity have higher rutting resistance.

It is shown that at a temperature of 50 °C all types of stone mastic asphalt concretes are characterized by a sufficiently high resistance to the accumulation of plastic deformations in the form of rut (after 30000 passes of the wheel rut depth varies from 2,75 mm to 3,75 mm). It is established that with the increase of asphalt concrete pavement temperature above 50 °C the stone mastic asphalt concretes of different granulometric types differ more significantly from each other by the criterion of rutting resistance. It has been experimentally established that a more intensive increase of rut

depth with the increase of asphalt pavement temperature from 50 °C to 65 °C is proper to stone mastic asphalt concretes with smaller crushed stone grain size. The obtained results of experimental researches testify to bigger resistance to rutting formation in the operational range of temperatures of stone mastic asphalt concretes with the bigger maximum size of grains of crushed stone in comparison with SMA with the minimum size of grains of crushed stone. Comparative studies of rutting resistance of stone mastic asphalt concretes of different granulometric types showed that the increase in the composition of the mineral part of the maximum grain size of crushed stone from 10 mm to 40 mm causes a decrease of rut depth by 1,8 times.

It was experimentally established that more intense increase of the rut depth with increasing of pavement temperature is further facilitated by the increase of the vehicle wheel pressure on the surface of the layer of stone mastic asphalt pavement.

It is established that the use of bitumen modified by polymers of the thermoelastoplast class for the preparation of stone mastic asphalt concrete mixtures has a greater effect on the increasing of the rutting resistance of stone mastic asphalt concrete with a smaller crushed stone size.

It is experimentally proved that the usage of natural bitumens for modification of bitumens and stone mastic asphalt mixtures directly in the asphalt mixer at the stage of their preparation causes an increase of strength and rutting resistance in comparison with SMAM prepared on the initial bitumen.

The dependences of the design characteristics of stone mastic asphalt concrete of different granulometric types on the grade viscosity of bitumens used for their preparation are determined. The growth of the values of the modulus of elasticity and bending tensile strength of stone mastic asphalt concretes based on the polymer-modified bitumens, which are the design characteristics required for the calculation of non-rigid pavement structures, has been experimentally confirmed. It is established that with the decrease of the maximum grain size of crushed stone in the composition of stone mastic asphalt concrete and the increase of the grade viscosity of bitumen used for preparation of the mixture the values of calculated modulus of elasticity and bending tensile strength increase.

The research and production check of the research results in the road-building organizations during the construction of pavement layers of the increased durability by criterion of rutting stability is carried out. The results of the research are implemented in production conditions during road maintenance on highways in Kharkiv, Volyn and Ivano-Frankivsk regions by arrangement resistant to accumulation of plastic deformations of stone mastic asphalt concrete pavement layers. The results of the thesis research were implemented during the development of three standards and two industry recommendations.

Key words: stone mastic asphalt concrete, bitumen, crushed stone, physical and mechanical properties, rutting resistance, design characteristics, polymer additives