

Національний транспортний університет
Міністерства освіти і науки України

Національний транспортний університет
Міністерства освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ОНИЩЕНКО АРТУР МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 625.7/.8

ДИСЕРТАЦІЯ

**НАУКОВІ ОСНОВИ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО
ПОКРИТТЯ ДО УТВОРЕННЯ КОЛІЇ НА АВТОДОРОЖНІХ МОСТАХ
ДОДАТКИ**

05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми
Архітектура та будівництво

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших
авторів мають посилання на відповідне джерело
_____ А. М. Онищенко

Науковий консультант –
Мозговий Володимир Васильович
доктор технічних наук,
професор

Ідентичність усіх примірників дисертації
Засвідчую
Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 26.059.02
_____ В. І. Каськів

Київ – 2017

ЗМІСТ

ДОДАТОК А	Зарубіжний досвід попередження утворення колій на асфальтобетонному покритті	3
ДОДАТОК Б	Методи обробки і результати експериментів.....	24
ДОДАТОК В	Приклади розрахунку асфальтобетонного покриття на автодорожніх мостах.....	94
ДОДАТОК Г	Методика визначення коефіцієнта відновлення загальної глибини колії в асфальтобетонному покритті на автодорожніх мостах.....	117
ДОДАТОК Д	Економічна ефективність застосування дисертаційних досліджень.....	124
ДОДАТОК Е	Оцінка достовірності результатів теоретичних положень.....	137
ДОДАТОК Ж	Довідки впровадження	152
ДОДАТОК И	Список публікацій здобувача за темою дисертації.....	205

ДОДАТОК А

Зарубіжний досвід попередження утворення колій на асфальтобетонному покритті

А.1 Зарубіжний досвід попередження утворення колій на автомобільних дорогах і автодорожніх мостах

На даний час широке розповсюдження для запобігання колієутворення на асфальтобетонних покриттях як у нас, так і за кордоном знайшло при будівництві та ремонтах застосування асфальтобетонів підвищеної зсуво- і зносостійкості, зокрема, щебенево-мастиковий асфальтобетон (ЩМА) [93-95]. Вони широко застосовуються в більшості країн Європи, а останнім часом і в Україні. Суміші типу ЩМА відрізняються використанням міцного зносостійкого фракціонованого щебеню, підвищеного вмісту асфальтов'язучої речовини (бітум + мінеральний порошок) та армуючі добавки (целюлозних, полімерних або скляних волокон).

Зарубіжний досвід застосування щебенево-мастичного асфальтобетону (ЩМА) починаючи на початку 80-х років коли в 1984 щебенево-мастиковий асфальтобетон був включений в німецькі норми ZTV bit StB-84 в якості стандартного будівельного матеріалу. Необхідно зауважити, що перший досвід застосування цього матеріалу був проведений в Німеччині 33 роки тому, коли покриття з тих часів ще не називалось ЩМА і був влаштований на великопрогоновому вантовому мосту в Дюссельдорфі. В даний час на цьому покритті при належному утриманні колії не спостерігається [90]. До теперішнього часу щебенево-мастиковий асфальтобетон широко застосовують в таких європейських країнах, як Німеччина, Фінляндія та в інших країнах світу. Застосовується ЩМА досить давно, що дає можливість говорити про те, що цей матеріал відповідає транспортно-експлуатаційним вимогам, що пред'являються до дорожніх покриттів. Багато фахівців відзначають, що щебенево-мастиковий асфальтобетон особливо придатний для влаштування покриття при спеціальних навантаженнях, що характерно для мостів: важкий транспорт, що рухається один

за одним; повільно їде важкий транспорт; часті гальмування-прискорення; особливо високі температури протягом тривалого періоду або різкі скачки температур; інтенсивне сонячне опромінення.

Важлива перевага щебенево-мастичного асфальтобетону (на далі ЩМА) полягає в тому, що він в якості замикаючого шару може укладатися нерівномірною товщиною (наприклад, для заповнення колії), без зниження несучої здатності каркаса асфальтобетонної суміші. У Німеччині для тонких шарів з укладанням гарячим способом особливо добре зарекомендував себе ЩМА з фракцією щебеню 0-5 і 0-8 мм [96].

Перспектива застосування ЩМА в тонких шарах покриття, що влаштовуються гарячим способом на мостах є великою. Передумовами до їх використання наряду з попередженням колійності є наступні показники стану покриття: - високий знос (у тому числі з утворенням колії); сітки тріщин; знижена шорсткості покриття; висока шумостійкість [97].

У Німеччині та Франції запропоновано розрізняти область застосування гарячих асфальтобетонних та щебенево-мастикових сумішей залежно від фракції щебеню. Так, наприклад, у Франції гарячий асфальтобетон з фракцією щебеню 0/5мм рекомендується тільки для доріг низьких категорій. Однак ЩМА і литі асфальтобетони (гусасфальт), приготовані на такий же фракції щебеню рекомендовані і для важкого та інтенсивного руху навіть при товщині шару від 1,5 до 2,0 см для всіх категорій доріг, але за умови наявності міцної і якісної основи. На мостах такою основою можна вважати плиту настилу, отже, застосування цих матеріалів в даному випадку дуже перспективно, хоча товщину шару за кордоном зазвичай приймають значно більшу (до 50 мм) [98]. При цьому в Західній Європі перевагу віддають литому асфальтобетону так званому «Гусасфальт», часто навіть двошаровому із загальною товщиною до 70 мм. У разі розвиненої колійності зазвичай рекомендується фрезерування покриття, після чого виконують укладання шару асфальтобетонного покриття будь-якого типу гарячим способом у два етапи. У разі використання литого асфальтобетону для

підвищення його зчіпних якостей рекомендується проводити втоплювання щебеню фракції 2/5 або 5/8 мм.

Нормами Німеччини ZTV STB-94 для ЩМА зі щебенем фракції 0/8 і 0/5 мм нормується також співвідношення дробленого і натурального піску. Так, наприклад, якщо необхідно спроектувати ЩМА для заповнення колії на особливо вантажонапружених ділянках дороги, то рекомендується застосовувати подрібнений пісок або використовувати суміш пісків із співвідношенням дробленого піску до природного в рівних обсягах [99].

В якості в'язучого найчастіше в Німеччині застосовується досить в'язкий дорожній бітум, а в разі великих транспортних навантажень використовують модифікований полімером в'язучі, які мають підвищену в'язкість і відповідно більш широкий робочий температурний інтервал.

Особливо у Німеччині себе зарекомендував ЩМА з целюлозними волокнами, як наприклад, TECHNOCEL 1004 або целюлозного грануляту TOPCEL. У загальній складності на німецькому ринку частка целюлозних волокон цих марок при використанні як стабілізуючих добавок становить понад 90-95% [100]. Із загальноприйнятими правилами укладання і ущільнення асфальтної суміші велику роль відіграють деякі особливості ЩМА, особливо актуальні при укладанні покриттів на мостах: мінімальна температура суміші в асфальтоукладальника повинна бути доста-точно високою; ущільнення повинно проводитися в більш короткі терміни; при укладанні необхідно використовувати максимальну попереднє ущільнення укладальника; на кожну укладальна смугу необхідні як мінімум 2 катка; ущільнення на мостах може проводитися статично важкими триколісними або тандемними катками. Вібраційне ущільнення на мостах не допускається.

Використання ЩМА в якості замикаючого шару відповідає найвищим вимогам з транспортних та температурних навантажень. В якості стабілізуючої добавки в ЩМА використовуються майже виключно целюлозні волокна або гранули. Дія целюлозних волокон ґрунтується на утворені трьохрозмірних волоконних каркасів в мастиці і мономолекулярному поверхневому зчепленні

в'язучого на волокні. Ця подвійна функція робить можливим поглинання в'язучого, з одного боку, і гарантує наявність чистого в'язучого, з іншого боку, що гарантує довговічність покриття. Головна перевага ЩМА полягає в можливості влаштовувати захисні шари з шорсткою поверхнею при мінімальній (0-3%) залишковій пористості ущільненого покриття, що неможливо досягти при використанні інших типів сумішей. Суміші ЩМА також дозволяють підвищити рівність покриття за рахунок зниження припуску на ущільнення шару катками. Захисні шари з ЩМА характеризуються: високим коефіцієнтом зчеплення з колесом автомобіля, що підвищує безпеку руху, особливо у вологу погоду; високими показниками зсувостійкості і зносостійкості; водонепроникністю, водоморозостійкістю і втомною стійкістю; більш високою деформативністю при розтягуванні; підвищеною стійкістю до старінню як на стадії будівництва, так і при експлуатації.

Переходячи до досвіду Франції слід згадати роботи на національній дорозі RN-10 (Франція) з особливо важкими умовами експлуатації. Так, інтенсивність руху в 1995 році досягала на чотирьох смуговій дорозі 15000 одиниць на смугу на добу при 10% важких автомобілів у складі руху. Виникнення і швидке прогресування колійності змусило застосувати на цій та інших дорогах спосіб укладання металевих гнучких решіток Metalflex розміром 1,2x3,67 м з шестикутними отворами (довжина 18 см, висота стінки 3 см). Ґрати вкладалися за спеціальною технологією з попередніми фрезуванням шару асфальтобетонного покриття на глибину 20 см. На сітки укладався новий шар суміші підвищеної зсувостійкості. Спостереження протягом 4-х років показали високу ефективність цього способу боротьби проти пластичних деформацій поверхні покриття, у тому числі і колієутворення. Асфальтобетонна суміш безперервної гранулометрії 0/10мм виготовлялась на бітумі марки 35/50 і укладалася в покриття укладальником Vogele з укочуванням гладковальцевого катка Bomag BW 144 за 5 проходів по одному сліду [101].

В області модифікованих асфальтобетонів широко відомий досвід використання модифікаторів типу СБС (SBS), менш відомий досвід застосування

з цією метою поліетилену, хоча широко визнана його ефективність в області боротьби з колієутворення.

Істотний досвід використання у Франції поліетилену в асфальтобетонних сумішах, які стійкі до колієутворення. Дослідження із застосування поліетилену в лабораторії Screg були розпочаті під керівництвом Ж.П. Сефрасс, П.Бензев і Х. Тессон в 1981 році. Були отримані суміші з високими міцністними і деформаційними властивостями. На початку ці суміші мали найменування Compotene, а в 1984 році були перейменовані в Compomodule P. по високому модулю і стали першим варіантом стандарту NF P 98-140, прийнятому в жовтні 1992 р. [102]. Є різні способи введення поліетилену в бітумні в'язучі та асфальтобетонні суміші. Асфальтобетони з поліетиленом володіють високим модулем пружності, високою колієстійкістю. Значний накопичений досвід дозволяє здійснити деяке узагальнення поведінки різних сумішей, модифікованих поліетиленом. Ці суміші мають виключно високу колієстійкість, а також високий модуль пружності і втомну довговічність. Основне застосування знайшло при новому будівництві та реконструкції доріг і мостів з дуже великою інтенсивністю руху. Оцінка в цілому поведінки різних типів модифікованих поліетиленом асфальтобетонних сумішей в кліматичних умовах Західної Європи хороша. Покращення асфальтобетонних сумішей за рахунок введення в них поліолефінів також є об'єктом робіт багатьох досліджень. Їх мета - досягнення кращих експлуатаційних якостей і економічних переваг. Всі ці хімічні речовини вводяться в асфальтобетонну суміш двома різними способами (у бітумне в'язке чи безпосередньо в асфальтобетонну суміш), кожен з яких має свої переваги і недоліки.

Введення поліетилену безпосередньо в асфальтобетонну суміш під час її приготування в змішувач переважніше з технологічної точки зору. Диспергування при контакті з гарячим наповнювачем, плавиться і налипає на мінеральний матеріал. Вприскуєме бітумне в'язуче, яке покриває поверхню частинок поліетилену і злегка реагує з ними. У результаті виходить міцне склеювання частинок бітуму та поліетилену між собою. Реакція відбувається тим швидше і

активніше, чим нижче «щільність» або молекулярна маса поліетилену [102]. Усі суміші з перерахованими добавками мають високий опір пластичним деформаціям і з цього погляду цікаві для отримання сумішей стійких до зсувних зусиль.

Постійне збільшення потреби в сумішах з високим опором пластичної деформації, супроводжується впровадженням в практику застосування поліетилену у верхніх шарах дорожніх покриттів. Як і у випадку з високоміцними асфальтобетонними сумішами ЕМЕ, розробка високоміцного асфальтобетону ВВМЕ спричинила розробку і прийняття відповідного стандарту - NF P 98-141.

В даний час є друга версія норми NF P 98-140, прийнята в 1999 р. і вважається основною для високоміцних асфальтобетонних сумішей ЕМЕ марки Comprimodule P. Проблема використання асфальтобетону, модифікованого поліетиленом, у верхніх шарах дорожнього покриття більш складна через необхідність обліку температурного градієнта - більш сильного влітку і більш слабкого взимку. Високоміцний асфальтобетон ВВМЕ марки Comprimodule PR з бітумом 35/50 має прекрасні експлуатаційні характеристики включаючи стійкість до колієутворення [103].

Там же були досліджені асфальтобетонні суміші, стійкі до колієутворення типу ВВАО і ВВЛАQ. Використовуючи багаторічні дослідження, які виконувалися в лабораторних умовах, можна зробити висновок про гарну колієстійкість цих сумішей [104]. У Франції за допомогою аналітичного методу розрахунку було знайдено рішення, що дозволило розробити несучий асфальтовий шар, конструкція якого мала комбінацію підвищеного опору залишкової деформації, опор втомі, що отримало назву ЕМЕ (Enrobe avec Module E'leve) - тонке захисне покриття .

Були вивчені на колієутворення три типи модифікованих ЕМЕ з мінеральним наповнювачем з твердого вапняку: ЕМЕ з поліетиленом; ЕМЕ з важким бітумом; ЕМЕ з твердим бітумом.

Результати, наведені на рисунку А.1 свідчать про переваги сумішей, модифікованих поліетиленом, щодо стійкості колії в порівнянні з стандартними асфальтобетонами [105, 106].

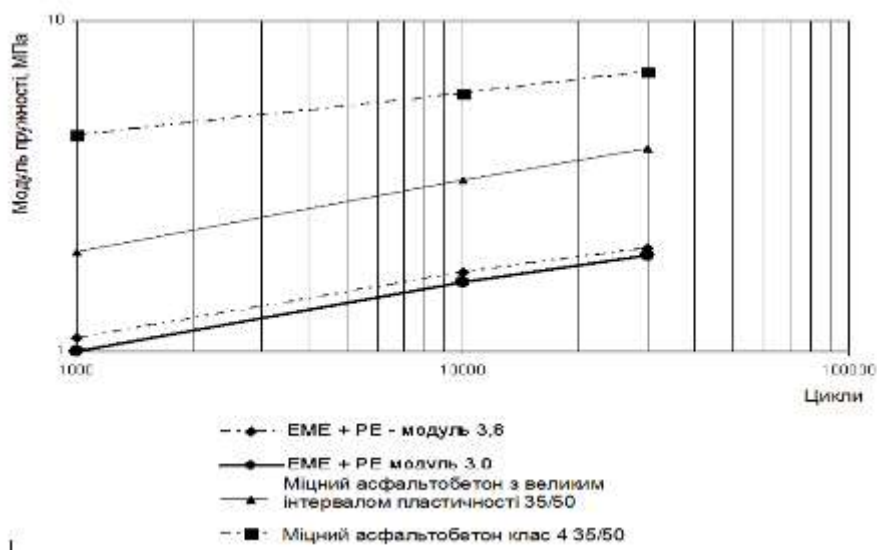


Рисунок А.1 – Порівняння різних типів сумішей за показником колієстійкості [84]

В даний час пошук практичних рішень проблеми колієутворення здійснюють дорожні адміністрації багатьох країн. При цьому за останні двадцять років обсяг таких робіт істотно виріс. Проводяться як лабораторні, так і польові експерименти з метою вибору оптимальних рішень.

Існуюча до 2000 року в Данії практика боротьби з колієутворення раніше обмежувалася застосуванням багатощобенових асфальтобетонних сумішей, недоліком яких є невисока погодо стійкість. У зв'язку з цим інтерес представляє експеримент, проведений данськими дослідниками на 10 дослідних ділянках з різною інтенсивністю руху від 4000 (300 важких) авт./добу до 20000 (1400 важких) авт./добу і з різними конструкціями дорожнього одягу проведений експеримент щодо вибору оптимального типу асфальтобетонної суміші з поліпшеними експлуатаційними властивостями. При цьому відбиралися зразки з покриттів з випробуваннями на стійкість до колієутворення за методом FAS 468-97 (динамічна повзучість) і погодостійкість за Британським стандартом

DD 213:1993. Отримані результати порівнювалися з результатами вимірювань колій на дорогах, що дозволило встановити нормативи стійкості до колієутворення для доріг з різною інтенсивністю руху [81].

Певний інтерес представляє досвід Швейцарського Федерального інституту технології, де проектування нежорстких дорожніх одягів ґрунтується на результатах ASSHTO, що дозволяє проектувати склади сумішей з урахуванням високої колієстійкості. Програма дослідження для розробки стандарту на високоміцні суміші включала два етапи: лабораторне вивчення та проектування складу з оцінкою механічних властивостей асфальтобетонних сумішей і потім випробування в натуральну величину з метою оцінити їх реакцію і поведінку випробувальних ділянок під дією різних навантажень і температурних умов.

У статті [107], представленої на конгрес 3rd Eurasphalt & Eurobitume у Відні в 2004 р., описуються результати досліджень колієстійкості.

У цьому експерименті випробовували стандартний для Швейцарії склад асфальтобетонної суміші типу HMT 22s. Два високоміцних матеріали відповідають сумішам EME1 і EME2 французьких стандартів. Вони мають високу колієстійкість і високу циклічну втому відповідно. На початку робіт була зроблена оцінка стійкості до колієутворення з використанням випробування на колієутворення за методом LCPC. Дослідження зразків, виготовлені в лабораторії, і зразки, відібрані безпосередньо з випробувальних ділянок. На другій стадії, випробувальні ділянки були піддавались тривалим і повторюваним навантаженням при високій температурі (50 °C на глибині 3 см). Три випробувальні ділянки для досліджень в натуральну величину були виконані на обладнанні Halle-fosse у Федеральному технологічному інституті в Лозанні, Швейцарії [108]. Стійкість до колієутворення оцінювалася в лабораторії за методом LCPC. Оцінка стійкості до колієутворення виражалася у відношенні глибини колії після 30000 проїздів колеса-імітатора при температурі 60 °C до загальної товщині плити до випробування. Згідно з цими результатами, стійкості сумішей до колієутворення при випробуваннях будь-якого з трьох видів зразків виглядає наступним чином: EME1 > HMT22s > EME2.

Випробування в натуральну величину методом прискореного навантаження (FC ALT) виконувалися на обладнанні в лабораторії LAVOC для отримання порівняльної оцінки колієутворення на різних випробувальних ділянках. Випробувальні ділянки піддавались дуже важким навантаженням і кліматичним впливам. Навантаження створювалося рухомою віссю вагою 11,5 т, яка забезпечена двома одинарними колесами (5,75 т на кожне колесо) і тиском повітря в шинах 8 бар [108]. Температура при випробуваннях, виміряна на глибині 3 см (лінія розділу між шаром зносу і нижнім шаром покриття) становила 50 °C. Для порівняння між собою характеристик ділянок з сумішшю EME і еталонною НМТ22s, одне колесо рухалося по ділянці з еталонною НМТ, а інше по ділянці з EME1 або EME2 fosse. Результати експерименту підтверджують чудову якість суміші EME1, склад який був спеціально спроектований з високою колієстійкістю.

Головним результатом досліджень стало підтвердження високої колієстійкості сумішей, розроблених на французьких стандартах для асфальтобетонних сумішей типу EME. Ця властивість була оцінена за допомогою лабораторних випробувань (LCPC), а також випробувань у натуральну величину прискореним навантаженням, виконаним при 50 °C.

Вплив конструкції шин і внутрішнього тиску в них на утворення пластичних деформацій в асфальтобетонних покриттях досліджувався в Голландії. Згідно з розрахунками BYSAR і Moebus-berechnungen результати вийшли вражаючі, особливо у випадку шин типу Super Single Tyres.

Головною причиною утворення колії на європейських дорогах є великі осьові навантаження, високий внутрішній тиск в шинах, часте застосування Super Single Tyres або загальні навантаження. У той же час в Європі є певна кількість асфальтобетонних покриттів, які добре зарекомендували себе в умовах особливо великих навантажень.

Певний інтерес з погляду колієстійкості представляє досвід застосування в Німеччині модифікованих бітумів [109].

Розвиток економіки та відкриття в Європі кордонів обумовлюють зростання навантажень на дороги і мости, що призводить до зменшення використання звичайних дорожніх бітумів. У практиці, для виготовлення асфальтобетону, все частіше використовують бітуми, модифіковані різними полімерами. У Німеччині полімербітумні в'язучи (PmB) в дорожньому будівництві застосовуються з 1973 року. Є також в'язучі матеріали, що містять комбінацію еластомерів і пластомерів. Частка PmB в загальній кількості застосованого асфальтобетону на 2002 рік відповідає 14% (300 000 т.), що втричі більше, ніж було в 1990 році [81].

Згідно DIN 12597 бітумами, модифікованими полімерами являються бітуми, реологічні властивості яких модифіковані застосуванням одного або декількох органічних полімерів. При застосуванні бітумів модифікованих полімерами, можна використовувати жорсткі бітуми, не побоюючись тріщиноутворення при низьких температурах. Цей ефект може бути легко представлений порівнянням пластичності дорожніх і модифікованих полімерами бітумів (відмінність у температурі розм'якшення по КіШ і температурі крихкості по Fraass). Температура розм'якшення відноситься до літніх температур, а температура крихкості до зимових. Відповідна добавка полімеру покращує повзучість в загальних випадках. Перевага модифікованих бітумів в порівнянні з класичними дорожніми бітумами полягає в тому, що вони мають високу: тепло- і зсувостійкість; адгезію до мінерального остову; когезію (внутрішнє зчеплення); втому; морозостійкість.

У Німеччині для модифікації бітумів застосовують блок сополімери (blockcopolimere), наприклад, Styrol-Butadien-Styrol (SBS), з групи еластомерів, або Enhylen-Vinyl-Acetate (EVA), з групи пластомерів. Еластомери впливають на еластичність бітуму і підвищують в'язкість. пластомери, через їх температуру плавлення, впливають на в'язкість бітуму, підвищуючи її. Важливим критерієм при застосуванні полімербітумного в'язучого (PMB) є його стійкість при зберіганні. Згідно TL PmB, видання 2001 року, до модифікованих полімерами бітуми відносяться бітуми, що утворюють з полімерами гомогенну, готову до використання масу. В якості полімерів можуть застосовуються стійкі до зберігання

в гарячому стані, сумісні з бітумом еластomers або термопласти, а також суміші з них.

Номенклатурний ряд модифікованих полімерами бітумів в залежності від їх в'язкості розподіляється по маркам РmВ 25, 45, 65, 130 і 40/100-65. При цьому починаючи з середини 80-х років застосовуються високомодифіковані полімерами бітуми, насамперед РmВ 40/100-65А [110]. В'язкі бітуми надають асфальтобетонам специфічні механічні властивості в плані боротьби з колієстійкістю. Добавки цих полімерів помітно покращують колієстійкість асфальтобетону, про що свідчать дані, наведені в роботі [110]. Аналіз результатів лабораторних циклічних випробувань на колійність [110], показує, що глибина колії у асфальтобетонів на модифікованих бітумах (EVA1, EVA2, SBS) менша в 3-10 разів в порівнянні з традиційним бітумом (В 80/100).

З європейської точки зору, такі асфальтобетонні покриття придатні сприймати дію коліс великовагових транспортних засобів. Важливим аспектом подальшого розвитку є нові, які вимагають перевірки теоретичних вишукувань, функціональні розробки та фундаментальні методи випробувань [44].

А.2 Існуючі критерії та методи оцінки колієстійкості асфальтобетонного покриття

Існуючі критерії та методи оцінки колієстійкості асфальтобетонного покриття наведено в таблиці А.1.

Таблиця А.1 – Критерії та методи оцінки колієстійкості асфальтобетонного покриття

Критерії та методи	Порядковий номер формули	Посилання / Примітка
1	2	3
$\gamma(t) = B_0 \tau(t)^n \cdot \left(\int_0^t \tau(t)^{\partial e} dt \right)^\lambda + B_1 \cdot \left(1 - \frac{\lambda(t)}{\lambda_{\max}} \right)^\psi \cdot \int_0^t \frac{t(\xi)}{(t-\xi)} d\xi$ де $\gamma(t)$ – деформації зсуву; $\tau(t)$ – задані напруження зсуву; $B_0, B_1, \lambda, \psi, \partial e$ – коефіцієнти	(A.1)	[47]
$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_r} = \beta_{r1} a_1 T^{a_2 \beta_{r2}} N^{a_3 \beta_{r3}},$ де ε_p – пластична (залишкова) деформація асфальтобетону при N кількості прикладених навантажень; ε_r – пружня деформація; N – число прикладених навантажень; T – температура, °F; β_{ri}, a_i – калібровочні коефіцієнти, які відображають вплив складу суміші, величини навантаження колеса на покриття, перехід від лабораторних випробувань до натурних	(A.2)	[189]

Продовження таблиці А.1

1	2	3
$\varepsilon_r = \frac{1}{ E^* } \cdot (\sigma_z - \mu \cdot \sigma_x - \mu \cdot \sigma_y),$ де E^* - динамічний модуль пружності, МПа; $\sigma_z, \sigma_x, \sigma_y$ - вертикальна, радіальна та тангенційна складові нормальних напружень, МПа; μ - коефіцієнт Пуассона	(A.3)	[189]
$l_k = \sum_{i=1}^n \varepsilon_p^i \times h^i,$ де l_k - глибина колії, мм; h^i - товщина підшару мм; n - кількість підшарів	(A.4)	[189]
$\varepsilon_p = \varepsilon_r \left[(1,781 \times 10^{-4}) (N)^{0,4262} (T)^{2,028} \right]$	(A.5)	[191]
$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_r} = 10^{-3,15552} T^{1,734} N^{0,39937}$	(A.6)	[192]
$\ln(l_k) = a_0 + a_1 \cdot K_\varepsilon + a_2 \cdot P_o + a_3 \cdot K_\varepsilon^2 + a_4 \cdot P_o^2 + a_5 \cdot P_{200} +$ $+ a_6 \cdot f_o + a_7 \cdot \ln(N) + a_8 \cdot T,$ де K_ε - кількість в'язучого в асфальтобетоні, %; P_o - залишкова пористість асфальтобетону, %; P_{200} - кількість мінерального порошку, %; f_o - кількість фракції вище 2,36 мм, %; $a_0 \dots a_8$ - константи регресії	(A.7)	[193]

Продовження таблиці А.1

1	2	3
$\varepsilon_p = a \cdot \exp(b\tau) \varepsilon_r^c n^c$ ε_p – пластична (залишкова) деформація зсуву при постійній висоті зразка 50 мм; τ – зсувне напруження; ε_r – пружні деформації при зсуві; n – число прикладень навантажень; a, b, c – коефіцієнти залежності, що відображають властивості матеріалу	(A.8)	[193]
$\Delta h_1 = C_m \cdot h_1 \cdot \frac{z \cdot \sigma_0}{S_{mix}}, \text{ мм}$ де: Δh_1 – пластична деформація у асфальтобетонному шарі; h_1 – проектна товщина шару асфальтобетонну, мм; z – коефіцієнт пропорційності між середнім напруженням в шарі і напруженням в зоні контакту, назначається по відповідній таблиці; σ_0 – контактний тиск між шиною колеса і покриттям, H/M^2; S_{mix} – величина жорсткості асфальтобетону (суміші), отримують попередньо по графіку, як функцію жорсткості бітуму(отримана по номограмам Ван дер Поля), яка залежить від в'язкості бітуму часу дії навантаження та відповідної температури	(A.9)	[197]
$l_k = l_{1000} \left(\frac{N}{1000} \right)^b$ де l_{1000} – глибина колії після 1000 проходів колеса, мм; b – константа	(A.10)	[198]
$\log(l_k) = b \log(N) + c$ де $c = \lg(l_{1000}) - 3b$	(A.11)	[198]

Продовження таблиці А.1

1	2	3
$l_{\kappa} = l_{100} + A \cdot \sqrt{N} / (B + \sqrt{N}),$	(A.12)	[199-201]
$l_{\kappa} = l_{100} + (1 - \frac{N^{-B}}{100}),$	(A.13)	
$l_{\kappa} = f_c \cdot l_{200} \cdot N^a,$	(A.14)	
де l_{100}, l_{200} – глибина колії після 100 та 200 проходів колеса, відповідно, мм; A, B, a – параметри рівняння регресії; f_c – коефіцієнт пропорційності, який визначається дослідним шляхом		
$l_{\kappa} = a + b(N)^{0,5}$ де a, b – константи залежності, які визначаються експериментально.	(A.15)	[202]
$l_{\kappa} = C \cdot h \cdot \left(\frac{\sigma}{S_{mix}} \right)$ де C – коректуючий фактор; h – товщина асфальтобетонного шару, мм; σ – напруження, яке виникає в асфальтобетонному шарі, МПа; S_{mix} – модуль деформації асфальтобетону, МПа	(A.16)	[203]
$S_b = \frac{3 \cdot \eta}{N \cdot t}$ де S_b – модуль деформації бітуму, МПа; η – в'язкість бітуму, Па·с; t – час прикладення одного навантаження, с	(A.17)	[203]
$\varepsilon_p = a \cdot t^b$	(A.18)	[204]
$\varepsilon_p = a \cdot N^b$	(A.19)	[205]

Продовження таблиці А.1

1	2	3
$l_k = h \cdot \left(\frac{z \cdot \sigma}{\sigma_{\text{лаб}}} \right)^{1,61} \cdot \varepsilon_p$ де σ – напруження, яке виникає в асфальтобетонному шарі, МПа; $\sigma_{\text{лаб}}$ – напруження, яке прикладають під час лабораторного випробування, МПа; z – параметр залежності, який відображає зворотне (пружне) деформування	(A.20)	[205]
$\varepsilon_p = \varepsilon \cdot \mu \cdot N^{-a}$	(A.21)	[206]
$\varepsilon_p = a \cdot N^{1-m}$	(A.23)	[207]
$\lg \varepsilon_p = \lg \varepsilon_p(1) + S \cdot \lg N$	(A.24)	[208]
$\lg \frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_r} = \lg c + 0,4262 \cdot \lg N$	(A.25)	[209]
$\varepsilon_p = (A + m \cdot N) \cdot (1 - \exp(-B \cdot N))$	(A.26)	[210]
$\varepsilon_p = A \cdot N^B - A_1 \cdot (\exp(-B_1 \cdot N) - 1)$	(A.27)	[211]
$\varepsilon_p = A \cdot N^B + (m \cdot N + A_1) \cdot (1 - \exp(-B_1 \cdot N))$ де ε – максимальна деформація від імпульсного навантаження колеса, який діє впродовж 0,1 с, після 200 циклів; ε_r – пружна деформація; $\varepsilon_p(1)$ – пластична деформація від першого прикладення навантаження; $a, b, m, S, A, B, A_1, B_1$ – константи залежності, які відображають властивості матеріалу; μ – параметр пластичної деформації у вигляді константи, як відношення пластичної деформації до пружної (пластична деформація від першого навантаження)	(A.28)	[212]

Продовження таблиці А.1

1	2	3
$\varepsilon_p = a_1 + b_1 \cdot \lg N$ де ε_p – накоплена пластична деформація; N – кількість прикладених навантажень (кількість проходів колеса); a_1, b_1 – константи залежності; $\varepsilon_{pn} = \frac{b_1}{N}, (N>1)$ ε_{pn} – пластична деформація за n раз прикладення навантаження	(A.29)	[159]
$\varepsilon_p = \varepsilon_0 \cdot e^{-\left(\frac{p}{N}\right)^\beta}$	(A.30)	[213]
$\varepsilon_{pn} = \varepsilon_0 \cdot \beta \cdot p^\beta \cdot \frac{N^\beta \cdot \sqrt{A}}{N^{(\beta+1)}}$	(A.31)	
$A = 1/e^{p^\beta}$ де ε_p – накоплена пластична деформація; ε_{pn} – пластична деформація за n раз прикладення навантаження; ε_r – пружна деформація; $\varepsilon_0, \beta, p, A$ – константи залежності.	(A.32)	
$\varepsilon_p = \frac{\sigma_0 \cdot a \cdot z}{V \cdot G \cdot t} \left[1 - \frac{z}{\sqrt{(z^2 + a^2)}} \right]$ де σ_0 – напруження, яке виникає в асфальтобетонному шарі, МПа; a – радіус контакту колеса з поверхнею покриття; z – товщина шару дорожнього покриття; G – модуль пружності при зсуві; V, t – кругова частота та час прикладення навантаження	(A.33)	[214]

Продовження таблиці А.1

1	2	3
$l_k = k \cdot \sum (R_t \cdot T_1 \cdot T_2 \cdot P_d)$ де k – поправочний коефіцієнт; R_t – параметр колієутворення покриття, мм/год; T_1 – час прикладення навантаження від колеса на поверхню покриття, с; T_2 – кількість коліс, яка пройшла по одному сліду в продовж доби при максимальній температурі покриття; P_d – період в продовж якого діє прийнята температура, дні	(A.34)	[215]
$\varepsilon_p = k_1 \cdot \left(\frac{N}{1000}\right)^k + k_2 \left(\exp\left(\frac{k_3 \cdot N}{1000}\right) - 1\right)$ де k, k_1, k_2, k_3 – параметри, які характеризують рівень напруженого стану	(A.35)	[216]
$\varepsilon_p = (\varepsilon_{m1} + \varepsilon_{en1}) \cdot (1 + \kappa_1 \cdot (\ln 100)) \cdot (1 + \kappa_2 \cdot (\ln \frac{N}{100}))$	(A.36)	[217]

А.3 Приклад рівнів невідповідності

Рівні невідповідності структурного фактору за різновидом асфальтобетонної суміші. Висока невідповідність: застосування холодної асфальтобетонної суміші, високопористого асфальтобетону типу Д, застосування щільного асфальтобетону з залишковою пористістю, що менше вимог нормативних документів (ЩМА та традиційного щільного асфальтобетону), застосування бітумного в'язучого з в'язкістю нижче рекомендованої нормативними документами (ЩМА, литий асфальтобетон та традиційного щільного асфальтобетону), не відповідність асфальтобетону за показником колії.

Середня невідповідність: застосування теплих асфальтобетонних сумішей, невідповідність за вимогами нормативних документів за гранулометричним складом та фізико-механічними показниками, невідповідність кількості бітумного в'язучого в складі асфальтобетону, необґрунтоване використання кількості полімерів для модифікації бітуму, що визводить до невідповідності вимог.

Мала невідповідність: асфальтобетони, які відповідають другій марці відповідно нормативним документам, щебенево-мастиковий асфальтобетон має в складі мастикову частину, яка має підвищену кількість бітумного в'язучого, і при високих технологічних температурах дія гравітації при зберіганні в накопичувачах та вібрації під час транспортування призводить до її стікання з поверхні щебеню, невідповідність кількості стабілізуючої добавки у ЩМАС; не врахування температури та інтенсивності руху транспортних засобів, а також крупності щебеню при проектуванні зернових складів і застосуванні асфальтобетонів на конкретних об'єктах (місце розташування шару зверху, знизу), мала невідповідність за фізико-механічними показниками вимогам нормативних документів до 10 %.

Аналогічно будуть невідповідності для конструктивних, технологічних, кліматичних, транспортних. експлуатаційних факторів відповідно (рис. 2.1).

А.3 Варіанти комбінацій основних причин з утворення колії на асфальтобетонному покритті представлено

Таблиця А.2 – Варіанти комбінацій утворення колії на асфальтобетонному покритті

№ п/п	Шифр комбінацій	Вид колії	№ п/п	Шифр комбінацій	Вид колії
1	2	3	4	5	6
асфальтобетонне покриття одношарове			асфальтобетонне покриття двошарове		
1	1.1	Колія зносу	16	1.1	Колія зносу першого шару
2	1.2	Колія доущільнення	17	1.2	Колія доущільнення першого шару
3	1.3	Колія конструктивна	18	1.3	Колія конструктивна першого шару
4	1.4	Колія структурна	19	1.4	Колія конструктивна першого шару
5	1.1 +1.2	Колія зносу та доущільнення	20	1.1 +1.2	Колія зносу та доущільнення
6	1.1+1.3	Колія зносу та конструктивна	21	1.1+1.3	Колія зносу та конструктивна
7	1.1+1.4	Колія зносу та структурна	22	1.1+1.4	Колія зносу та структурна
8	1.2+1.3	Колія доущільнення та конструктивна	23	1.2+1.3	Колія доущільнення та конструктивна
9	1.2+1.4	Колія доущільнення та структурна	24	1.2+1.4	Колія доущільнення та структурна
10	1.3+1.4	Колія конструктивна та структурна	25	1.3+1.4	Колія конструктивна та структурна
11	1.1+1.2+1.3	Колія зносу, доущільнення та конструктивна	26	1.1+1.2+1.3	Колія зносу, доущільнення та конструктивна
12	1.1+1.3+1.4	Колія зносу, конструктивна та структурна	27	1.1+1.3+1.4	Колія зносу, конструктивна та структурна
13	1.2+1.3+1.4	Колія доущільнення, конструктивна та структурна	28	1.2+1.3+1.4	Колія доущільнення, конструктивна та структурна
14	1.4+1.1+1.2	Колія структурна, зносу та доущільнення	29	1.4+1.1+1.2	Колія структурна, зносу та доущільнення
15	1.1+1.2+1.3+1.4	Колія зносу, доущільнення, конструктивна та структурна	30	1.1+1.2+1.3+ 1.4	Колія зносу, доущільнення, конструктивна та структурна

Продовження таблиці А.2

№ п/п	Шифр комбінацій	Вид колії	№ п/п	Шифр комбінацій	Вид колії
1	2	3	4	5	6
асфальтобетонне покриття двошарове			асфальтобетонне покриття двошарове		
18	2.1	Колія доущільнення другого шару	36	1.1+1.2+2.2	-//-
19	2.2	Колія конструктивна другого шару	37	1.1+1.3+2.2	-//-
20	2.3	Колія структурна другого шару	38	1.1+1.4+2.2	-//-
21	2.1+2.2	Колія доущільнення та конструктивна другого шару	39	1.2+1.3+2.2	-//-
22	2.1+2.3	Колія доущільнення та структурна другого шару	40	1.2+1.4+2.2	-//-
23	2.1+2.2+2.3	Колія доущільнення, конструктивна та структурна другого шару	41	1.1+1.2+1.3+ 2.2	-//-
24	2.2+2.3	Колія конструктивна та структурна другого шару	42	1.1+1.3+2.3	-//-
25	1.1+1.2+2.1	-//-	43	1.1+1.4+2.3	-//-
26	1.1+1.3+2.1	-//-	44	1.2+1.3+2.3	-//-
27	1.1+1.4+2.1	-//-	45	1.2+1.4+2.3	-//-
28	1.2+1.3+2.1	-//-	46	1.1+1.2+1.3+ 2.3	-//-
29	1.2+1.4+2.1	-//-	47	1.4+1.1+1.2+2.3	-//-
30	1.1+1.2+1.3+2. 1	-//-	48	1.2+1.3+1.4+2.1+ 2.2+2.3	-//-
32	1.1+1.3+1.4+2. 1	-//-	49	1.2+1.3+1.4+2.1+ 2.2	-//-
33	1.2+1.3+1.4+2. 1	-//-	50	1.1+1.2+1.3+ 1.4	-//-
34	1.4+1.1+1.2+2. 1	-//-	51	1.1+1.2+1.3+1.4+ 2.2+2.3	-//-
35	1.1+1.2+1.3+1. 4+2.1	-//-	52	1.1+1.2+1.3+1.4+ 2.1+2.2+2.3	-//-

ДОДАТОК Б

Методи обробки і результати експериментів

Б.1 Інформація про матеріали, використані в експериментальних дослідженнях

Експериментальні дослідження проводили на асфальтобетонах різної гранулометрії, а саме: традиційні асфальтобетони (стандартні) піщані та дрібнозернисті асфальтобетони, які відповідають вимогам згідно ДСТУ Б В.2.7-119 та СОУ 45.2-00018112-057; щебенево-мастиковий асфальтобетон згідно ДСТУ Б В.2.7-127; асфальтобетон литий згідно ТУ У В.2.7-23.9-37566239-001. Досліджувані асфальтобетони на основі бітуму нафтового дорожнього в'язкого БНД 60/90, а також бітуму дорожнього, модифікованого полімерами (далі - БМП) стирол-бутадієн-стрирол (SBS), стирол-бутадієн-радикал (SBR), етилен-гліцидил-акрилат (EVA) (температура приготування 170 – 190 °C). Час приготування бітуму модифікованого полімерами (далі – БМП) становив від 3, 6 та 9 годин.

При приготуванні бітуму модифікованого полімерами типу SBS (Kraton D1101 у кількості 1 %, 3 %, 5 %), EVA (Elvaloy 4170 у кількості 1 %, 1,5 %, 2 %) та SBR (Butonal NS 198 у кількості 2 %, 4 %, 6 %) встановлювали спочатку раціональну кількість полімеру для досягнення його найкращих властивостей. Також випробуванням піддавалось комплексне полімер-бітумне в'язуче КПБВ «Полігум», яке розроблено автором для компанії «Петро-Хим Технології». Отримано результати досліджень (Рис. Б.1) і обґрунтовано оптимальний час завершення модифікації бітуму полімером (5% - SBS) у лабораторії компанії «Петро-Хим Технології» за методом, який наведено в розділі 6 (пункту 6.1.1)

Результати фізико – механічних властивостей бітуму модифікованого різною кількістю полімеру, що приготовлений при різному часі модифікації (3, 6 та 9 годин) за температури 175 °C наведені в табл. Б.1 - Б.3.

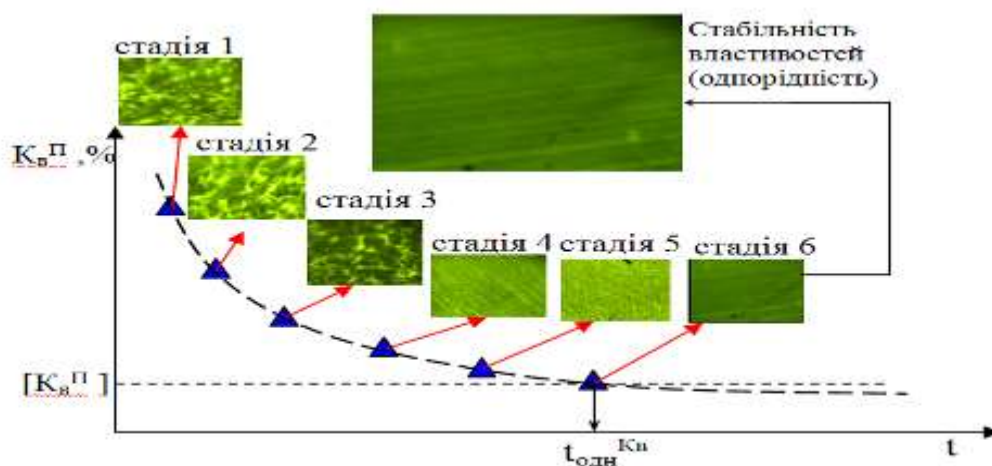


Рисунок Б.1 – Залежність коефіцієнта варіації penetрації $K_{вП}(t)$ мікроструктури бітуму (БНД 60/90) при модифікації полімером (SBS) 5% Kraton D1101 в залежності від часу змішування $t_{зм}$ (флуоресцентний мікроскоп, збільшення в 125 разів)

Результати визначення penetрації бітуму модифікованого різною кількістю полімеру Kraton D1101, Butonal NS 198, Elvaloy 4170 та КПБВ «Полігум» отримано при 3, 6 та 9 годинах його модифікації показали (табл. Б.1), показали що суттєва зміна в'язкості бітуму відбувається саме в перші три години його модифікації. Так, через три години модифікації бітуму значення його penetрації (25 °C) полімером Kraton D1101 при модифікації 1 % полімеру зменшилося на 29 %, при 3 % полімеру – на 38 %, а при 5 % – на 45 %. При модифікації полімером Butonal NS 198 при 2 % полімеру значення показника penetрації зменшилося на 15 %, при 4 % полімеру – на 25 %, а при 6 % – на 28 %. При модифікації полімером Elvaloy 4170 при 1 % полімеру значення penetрації зменшилося на 17 %, при 1,5 % полімеру – на 20 %, а при 2 % – на 25,5 %. При випробуванні КПБВ «Полігум» значення penetрації зменшилось на 31 %.

Аналізуючи результати випробувань БМП за температурою розм'якшення згідно (табл. Б.1), при різній кількості полімеру Kraton D1101, Butonal NS 198, Elvaloy 4170 та КПБВ «Полігум» після 3, 6 та 9 годин його модифікації, можна зробити висновок, що вагоме збільшення даного показника відбувається після перших трьох годин модифікації в'язучого полімерами, а саме: при модифікації

1 % полімеру Kraton D1101 температура розм'якшення збільшилася на 17 %, при 3 % полімеру – на 37 %, а при 5 % – на 54 %. При модифікації 2 % полімеру Butonal NS 198 температура розм'якшення збільшилася – на 13 %, при 4 % полімеру – на 22 %, а при 6 % – на 41 %. При введенні 1 % полімеру Elvaloy 4170 температура розм'якшення збільшилася на 17 %, при 1,5 % полімеру – на 24 %, а при 2 % – на 37 %. При модифікації КПБВ «Полігум» значення показника температура розм'якшення збільшилася на 63 %.

Таблиця Б.1 – Фізико-механічні властивості вихідного бітуму та бітуму модифікованого полімером

Найменування, склад та час модифікації	Показники властивостей при 3 годинах модифікації			
	П ₂₅ , 0,1 мм	Т _p , °С	Д ₂₅ , см	Е ₂₅ , %
1	2	3	4	5
БНД 60/90	86	46	>100	25
КПБВ «Полігум»	60	75	65	95
БНД 60/90 + 1% Kraton D1101	61	54	>80	36
БНД 60/90 + 3% Kraton D1101	53	63	66	82,5
БНД 60/90 + 5% Kraton D1101	48	71	58	90
БНД 60/90 + 2% Butonal NS 198	73	52	>90	61
БНД 60/90 + 4% Butonal NS 198	65	56	66	75
БНД 60/90 + 6% Butonal NS 198	62	65	62,5	82,5
БНД 60/90 + 1% Elvaloy 4170	71	54	>95	55
БНД 60/90 + 1,5% Elvaloy 4170	69	57	69	79
БНД 60/90 + 2% Elvaloy 4170	64	63	51,5	83,5

Що стосується результатів визначення показників еластичності бітуму модифікованого різною кількістю полімеру Kraton D1101, Butonal NS 198, Elvaloy 4170 та КПБВ «Полігум», при 3, 6 та 9 годинах його модифікації показали (табл. Б.1), що суттєва зміна цих показників також відбувається в перші три

години модифікації бітуму полімерами: показник еластичності при 1 % полімеру Kraton D1101 збільшився в 1,44 рази, при 3 % полімеру – в 3,3 рази, а при 5 % – в 3,6 рази. При модифікації 2 % полімеру Butonal NS 198 показник еластичності збільшився в 2,45 рази, при 4 % полімеру – в 3 рази, а при 6 % – в 3,3 рази. При модифікації 1 % полімеру Elvaloy 4170 показник еластичності збільшився в 2,2 рази, при 1,5 % полімеру – в 3,16 рази, а при 2 % – в 3,34 рази. При випробуванні КПБВ «Полігум» значення показника еластичності збільшилось в 3,8 рази. Через шість години модифікації бітуму значення його пенетрації (25 °C) при модифікації 1 % полімеру Kraton D1101 зменшилося на 33 %, при 3 % полімеру – на 43 %, а при 5 % – на 47 %. При модифікації 2 % полімеру Butonal NS 198 значення пенетрації зменшилося на 18 %, при 4 % полімеру – на 31 %, а при 6 % – на 37 %.

При модифікації 1 % полімеру *Elvaloy 4170* значення пернетрації зменшилося на 20 %, при 1,5 % полімеру – на 24,5 %, а при 2 % – на 28 %. При модифікації КПБВ «Полігум» значення показника пенетрації зменшилось на 33 %. Після шести годин модифікації в'язучого полімерами результати випробувань БМП за показником температури розм'якшення (табл. Б.2), при різній кількості полімеру Kraton D1101, Butonal NS 198, Elvaloy 4170 та КПБВ «Полігум», наступні: при модифікації 1 % полімеру Kraton D1101 температура розм'якшення збільшилася на 21 %, при 3 % полімеру – на 43 %, а при 5 % – на 59 %. При модифікації 2 % полімеру Butonal NS 198 температура розм'якшення збільшилася на 18 %, при 4 % полімеру – на 24 %, а при 6 % – 45 %. При модифікації 1 % полімеру Elvaloy 4170 температура розм'якшення збільшилася на 22 %, при 1,5 % полімеру – на 27 %, а при 2 % – 41 %. При модифікації КПБВ «Полігум» значення показника температури розм'якшеності збільшилося на 71 %. Результати визначення показників еластичності бітуму модифікованого різною кількістю полімеру Kraton D1101, Butonal NS 198, Elvaloy 4170 та КПБВ «Полігум», приготовленого при шести годинах його модифікації показали (табл. Б.2), наступне: при модифікації 1 % полімеру Kraton D1101 показник еластичності збільшився в 1,6 рази, при 3 % полімеру – в 3,36 рази, а

при 5 % – в 3,68 рази. При модифікації 2 % полімеру Butonal NS 198 показник еластичності збільшився в 2,56 рази, при 4 % полімеру – в 3,08 рази, а при 6 % – в 3,32 рази. При модифікації 1 % полімеру Elvaloy 4170 показник еластичності збільшився в 2,28 рази, при 1,5 % полімеру – в 3,21 рази, а при 2 % – в 3,40 рази. При модифікації КПБВ «Полігум» значення показника еластичності збільшилось в 3,88 рази.

Таблиця Б.2 – Фізико-механічні властивості вихідного бітуму та бітуму модифікованого полімером

Найменування, склад та час модифікації	Показники властивостей при 6 годинах модифікації			
	П ₂₅ , 0,1 мм	Т _р , °С	Д ₂₅ , см	Е ₂₅ , %
1	2	3	4	5
БНД 60/90	86	46	>100	25
КПБВ «Полігум»	58	79	60	97
БНД 60/90 + 1% Kraton D1101	57	55,5	>80	40
БНД 60/90 + 3% Kraton D1101	49	66	63	84
БНД 60/90 + 5% Kraton D1101	45	73,5	55	92
БНД 60/90 + 2% Butonal NS 198	71	54,5	>80	64
БНД 60/90 + 4% Butonal NS 198	59	56	62	77
БНД 60/90 + 6% Butonal NS 198	54	66,5	58	83
БНД 60/90 + 1% Elvaloy 4170	69	56	>90	57
БНД 60/90 + 1,5% Elvaloy 4170	65	58,5	65	80,5
БНД 60/90 + 2% Elvaloy 4170	62	65	47	85

По завершенню дев'яти годин модифікації, спостерігаємо наступну зміну властивостей бітуму модифікованого полімерами: значення показника пенетрації (25 °С) при модифікації 1 % полімеру Kraton D1101 зменшилося на 36 %, при 3 % полімеру – на 45,5 %, а при 5 % – на 51,5 %.

При модифікації 2 % полімеру Butonal NS 198 значення пернетрації зменшилося на 21 %, при 4 % полімеру – на 36 %, а при 6 % – на 41 %. При модифікації 1 % полімеру Elvaloy 4170 значення пернетрації зменшилося на 24,5 %, при 1,5 % полімеру – на 27%, а при 2 % – на 31,5 %. При модифікації КПБВ «Полігум» значення показника пенетрації зменшилось на 36 %.

Після дев'яти годин модифікації в'яжучого полімерами результати випробувань БМП за температурою розм'якшення (табл. Б.3), при різній кількості полімеру Kraton D1101, Butonal NS 198, Elvaloy 4170 та КПБВ «Полігум», наступні: при модифікації 1 % полімеру Kraton D1101 температура розм'якшення збільшилася на 22,8 %, при 3 % полімеру – на 47 %, а при 5 % – на 63 %. При модифікації 2 % полімеру Butonal NS 198 температура розм'якшення збільшилася на 19,5 %, при 4 % полімеру – на 25 %, а при 6 % – 47,8 %. При модифікації 1 % полімеру Elvaloy 4170 при температура розм'якшення збільшилася на 25 %, при 1,5 % полімеру – на 28 %, а при 2 % – 44,5 %. При модифікації КПБВ «Полігум» значення показника температури розм'якшення збільшився на 76 %.

Результати визначення показників еластичності бітуму модифікованого різною кількістю полімеру Kraton D1101, Butonal NS 198, Elvaloy 4170 та КПБВ «Полігум», приготовленого після дев'яти годин його модифікації (табл. Б.3), показали наступне: при модифікації 1 % полімеру Kraton D1101 показник еластичності збільшився в 1,6 рази, при 3 % полімеру – в 3,38 рази, а при 5 % – в 3,72 рази. При модифікації 2 % полімеру Butonal NS 198 показник еластичності збільшився в 2,58 рази, при 4 % полімеру – в 3,12 рази, а при 6 % – в 3,38 рази. При модифікації 1 % полімеру Elvaloy 4170 при показник еластичності збільшився в 2,30 рази, при 1,5 % полімеру – в 3,24 рази, а при 2 % – в 3,42 рази. При модифікації КПБВ «Полігум» значення показника еластичності збільшилось в 3,92 рази.

Аналіз отриманих результатів показав наступне, що БМП (табл. Б.3), який приготовлений з використанням полімерів типу SBS (Kraton D1101), SBR (Butonal NS 198), EVA (Elvaloy 4170) та комплексного полімер бітумного в'яжучого КПБВ «Полігум» свідчить про те, що оптимальна кількість

полімеру, яка вводиться в бітум при його модифікації полімером Kraton D1101 становить 3 – 5 %, Butonal NS 198 становить 2 – 4%, полімеру Elvaloy 4170 становить 1 – 2%, а КПБВ «Полігум» від 4 – 6 % полімеру типу SBS та хімічних компонентів, а оптимальний час приготування від 3 до 6 годин.

Таблиця Б.3 – Фізико-механічні властивості вихідного бітуму та бітуму модифікованого полімером

Найменування, склад та час модифікації	Показники властивостей при 9 годинах модифікації			
	П ₂₅ , 0,1 мм	Т _p , °C	Д ₂₅ , см	Е ₂₅ , %
1	2	3	4	5
БНД 60/90	86	46	>100	25
КПБВ «Полігум»	55	81	55	98
БНД 60/90 + 1% Kraton D1101	55	56,5	>80	40
БНД 60/90 + 3% Kraton D1101	47	68	61	84,5
БНД 60/90 + 5% Kraton D1101	42,5	75	52,5	93
БНД 60/90 + 2% Butonal NS 198	68	55	>80	64,5
БНД 60/90 + 4% Butonal NS 198	55	57,5	60	78
БНД 60/90 + 6% Butonal NS 198	51	68	55	84,5
БНД 60/90 + 1% Elvaloy 4170	65	57,5	>90	57,5
БНД 60/90 + 1,5% Elvaloy 4170	63	59	63	81
БНД 60/90 + 2% Elvaloy 4170	59	66,5	44	85,5

Опис досліджуваних асфальтобетонів та бітумних в'язучих наведено в таблиці Б.4, Б.5, а зернові склади та фізико - механічні властивості в таблиці Б.6.

Таблиця Б.4 – Узагальнюючи опис різновидів асфальтобетонів та бітумних в'язучих

Різновид асфальтобетону								
Шифр а/б	Литий асфальтобетон	Шифр а/б	Щебенево-мастиковий асфальтобетон	Шифр а/б	Дрібнозернистий асфальтобетон з максимальною крупністю зерен 10 мм			Піщаний асфальтобетон
1	2	3	4	5	6			7
1-ЛА-10	Литий а/б Гусасфальт-10	2-ЩМА-10	Щебенево-мастиковий асфальтобетон ЩМА-10 (БНД 60/90 – 6,5%)	3-А-10 4-Б-10 5-В-10 6-Г	Дрібнозернистий а/б типу А-10 АСГ.Др.Щ. А-10 НП.І. (БНД 60/90 – 5,5%)	Дрібнозернистий а/б типу Б-10 АСГ.Др.Щ. Б-10 НП.І. (БНД 60/90 – 5,9%)	Дрібнозернистий а/б типу В-10 АСГ.Др.Щ. В-10 НП.І. (БНД 60/90 – 6,1%)	Піщаний а/б типу Г АСГ.Пщ.Щ. Г НП.І. (БНД 60/90 – 7,0%)
1.1-ЛА-10-2В	Литий а/б ЛА-10 (БНД 60/90 – 2 % Butonal NS 198 – 8,3 %)	2.1-ЩМА-10-2В	ЩМА-10 (БНД 60/90 – 2 % Butonal NS 198 – 6,7 %)	3.1-А-10-2В 4.1-Б-10-2В 5.1-В-10-2В 6.1-Г-2В	АСГ.Др.Щ. А-10 НП.І. А-10 (БНД 60/90 – 2 % Butonal NS 198 – 5,9 %)	АСГ.Др.Щ. Б-10 НП.І. Б-10 (БНД 60/90 – 2 % Butonal NS 198 – 6,2 %)	АСГ.Др.Щ. В-10 НП.І. В-10 (БНД 60/90 – 2 % Butonal NS 198 – 6,5 %)	АСГ.Пщ.Щ. Г НП.І. Г (БНД 60/90 – 2 % Butonal NS 198 – 8,0 %)
1.2-ЛА-10-4В	Литий а/б ЛА-10 (БНД 60/90 – 4 % Butonal NS 198 – 8,3 %)	2.2-ЩМА-10-6В	ЩМА-10 (БНД 60/90 – 4 % Butonal NS 198 – 6,7 %)	3.2-А-10-4В 4.2-Б-10-4В 5.2-В-10-2В 6.2-Г-4В	АСГ.Др.Щ. А-10 НП.І. А-10 (БНД 60/90 – 4 % Butonal NS 198 – 5,9 %)	АСГ.Др.Щ. Б-10 НП.І. Б-10 (БНД 60/90 – 4 % Butonal NS 198 – 6,2%)	АСГ.Др.Щ. В-10 НП.І. В-10 (БНД 60/90 – 4 % Butonal NS 198 – 6,5 %)	АСГ.Пщ.Щ. Г НП.І. Г (БНД 60/90 – 4 % Butonal NS 198 – 8,0 %)
1.3-ЛА-10-6В	Литий а/б ЛА-10 (БНД 60/90 – 6 % Butonal NS 198 – 8,3 %)	2.3-ЩМА-10-6В	ЩМА-10 (БНД 60/90 – 6 % Butonal NS 198 – 6,7 %)	3.3-А-10-6В 4.3-Б-10-6В 5.3-В-10-6В 6.3-Г-6В	АСГ.Др.Щ. А-10 НП.І. А-10 (БНД 60/90 – 6 % Butonal NS 198 – 5,9 %)	АСГ.Др.Щ. Б-10 НП.І. Б-10 (БНД 60/90 – 6 % Butonal NS 198 – 6,2 %)	АСГ.Др.Щ. В-10 НП.І. В-10 (БНД 60/90 – 6 % Butonal NS 198 – 6,5 %)	АСГ.Пщ.Щ. Г НП.І. Г (БНД 60/90 – 6 % Butonal NS 198 – 8,0 %)

Продовження таблиці Б.4

1	2	3	4	5	6			7
1.4-ЛА-10-1К	Литий а/б ЛА-10 (БНД 60/90 – 1 % Kraton D1101 – 8,2 %)	2.4- ЩМА- 10-1К	ЩМА-10 (БНД 60/90 – 1 % Kraton D1101 – 6,6 %)	3.4-А-10-1К 4.4-Б-10-1К 5.4-В-10-1К 6.4-Г-1К	АСГ.Др.Щ. А-10 НП.І. А-10 (БНД 60/90 – 1 % Kraton D1101 – 5,7 %)	АСГ.Др.Щ. Б-10 НП.І. Б-10 (БНД 60/90 – 1 % Kraton D1101 – 6,0 %)	АСГ.Др.Щ. В-10 НП.І. В-10 (БНД 60/90 – 1 % Kraton D1101 – 6,3 %)	АСГ.Пщ.Щ. Г НП.І. Г (БНД 60/90 – 1 % Kraton D1101 – 7,5 %)
1.5-ЛА-10-3К	Литий а/б ЛА-10 (БНД 60/90 – 3 % Kraton D1101 – 8,2 %)	2.5- ЩМА- 10-3К	ЩМА-10 (БНД 60/90 – 3 % Kraton D1101 – 6,6%)	3.5-А-10-3К 4.5-Б-10-3К 5.5-В-10-3К 6.5-Г-3К	АСГ.Др.Щ. А-10 НП.І. А-10 (БНД 60/90 – 3 % Kraton D1101 – 5,7 %)	АСГ.Др.Щ. Б-10 НП.І. Б-10 (БНД 60/90 – 3 % Kraton D1101 – 6,0 %)	АСГ.Др.Щ. В-10 НП.І. В-10 (БНД 60/90 – 3 % Kraton D1101 – 6,3 %)	АСГ.Пщ.Щ. Г НП.І. Г (БНД 60/90 – 3 % Kraton D1101 – 7,5 %)
1.6-ЛА-10-5К	Литий а/б ЛА-10 (БНД 60/90 – 5 % Kraton D1101 – 8,2 %)	2.6- ЩМА- 10-5К	ЩМА-10 (БНД 60/90 – 5% Kraton D1101 – 6,6 %)	3.6-А-10-5К 4.6-Б-10-5К 5.6-В-10-5К 6.6-Г-5К	АСГ.Др.Щ. А-10 НП.І. А-10 (БНД 60/90 – 5 % Kraton D1101 – 5,7 %)	АСГ.Др.Щ. Б-10 НП.І. Б-10 (БНД 60/90 – 5 % Kraton D1101 – 6,0 %)	АСГ.Др.Щ. В-10 НП.І. В-10 (БНД 60/90 – 5 % Kraton D1101 – 6,3 %)	АСГ.Пщ.Щ. Г НП.І. Г (БНД 60/90 – 5 % Kraton D1101 – 7,5 %)
1.7-ЛА-10-1Е	Литий а/б ЛА-10 (БНД 60/90 – 1,0 % Elvaloy 4170 – 8,1 %)	2.7- ЩМА- 10-1Е	ЩМА-10 (БНД 60/90 – 1,0 % Elvaloy 4170 – 6,1 %)	3.7-А-10-1Е 4.7-Б-10-1Е 5.7-В-10-1Е 6.7-Г-1Е	АСГ.Др.Щ. А-10 НП.І. А-10 (БНД 60/90 – 1,0 % Elvaloy 4170 – 5,9 %)	АСГ.Др.Щ. Б-10 НП.І. Б-10 (БНД 60/90 – 1,0 % Elvaloy 4170 – 6,1%)	АСГ.Др.Щ. В-10 НП.І. В-10 (БНД 60/90 – 1,0 % Elvaloy 4170 – 6,5 %)	АСГ.Пщ.Щ. Г НП.І. Г (БНД 60/90 – 1,0 % Elvaloy 4170 – 8,0 %)
1.8-ЛА-10-1,5Е	Литий а/б ЛА-10 (БНД 60/90 – 1,5 % Elvaloy 4170 – 8,1 %)	2.8- ЩМА- 10-1,5Е	ЩМА-10 (БНД 60/90 – 1,5 % Elvaloy 4170 – 6,1 %)	3.8-А-10-1,5Е 4.8-Б-10-1,5Е 5.8-В-10-1,5Е 6.8-Г-1,5Е	АСГ.Др.Щ. А-10 НП.І. А-10 (БНД 60/90 – 1,5 % Elvaloy 4170 – 5,9 %)	АСГ.Др.Щ. Б-10 НП.І. Б-10 (БНД 60/90 – 1,5 % Elvaloy 4170 – 6,1 %)	АСГ.Др.Щ. В-10 НП.І. В-10 (БНД 60/90 – 1,5 % Elvaloy 4170 – 6,5 %)	АСГ.Пщ.Щ. Г НП.І. Г (БНД 60/90 – 1,5 % Elvaloy 4170 – 8,0 %)

Продовження таблиці Б.4

1.9-ЛА-10-2Е	Литий а/б ЛА-10 (БНД 60/90 – 2,0 % Elvaloy 4170 – 8,1 %)	2.9- ЩМА- 10-2Е	ЩМА-10 (БНД 60/90 – 2,0 % Elvaloy 4170 – 6,1 %)	3.9-А-10-2Е 4.9-Б-10-2Е 5.9-В-10-2Е 6.9-Г-2Е	АСГ.Др.Щ. А-10 НП.І. А-10 (БНД 60/90 – 2,0 % Elvaloy 4170 – 5,9 %)	АСГ.Др.Щ. Б-10 НП.І. Б-10 (БНД 60/90 – 2,0 % Elvaloy 4170 – 6,1 %)	АСГ.Др.Щ. В-10 НП.І. В-10 (БНД 60/90 – 2,0 % Elvaloy 4170 – 6,5 %)	АСГ.Пщ.Щ. Г НП.І. Г (БНД 60/90 – 2,0 % Elvaloy 4170 – 8,0 %)
1.10- ЛА-10-П	Литий а/б ЛА-10 (Полігум – 8,1 %)	2.10- ЩМА- 10-П	ЩМА-10 (Полігум – 6,4 %)	3.10-А-10-П 4.10-Б-10-П 5.10-В-10-П 6.10-Г-П	АСГ.Др.Щ. А-10 НП.І. А-10 (БНД 60/90 – Полігум – 5,4 %)	АСГ.Др.Щ. Б-10 НП.І. Б-10 (БНД 60/90 – Полігум – 5,8 %)	АСГ.Др.Щ. В-10 НП.І. В-10 (БНД 60/90 – Полігум – 6,2 %)	АСГ.Пщ.Щ. Г НП.І. Г (БНД 60/90 – Полігум – 7,0 %)

Таблиця Б.5 – Узагальнюючи опис різновидів асфальтобетонів та бітумних в'язучих

Різнovid асфальтобетону								
Шифр а/б	Литий асфальтобетон	Шифр а/б	Щебенево-мастиковий асфальтобетон		Шифр а/б	Дрібнозернистий асфальтобетон з максимальною крупністю зерен 20 мм		
1	2	3	4		5	6		
7-ЛА-15	Литий а/б Гусасфальт-15	8-ЩМА-15 9-ЩМА-20	Щебенево- мастиковий асфальтобетон ЩМА-15 (БНД 60/90 – 6,5%)	Щебенево- мастиковий асфальтобетон ЩМА-20 (БНД 60/90 – 6,0%)	10-А-20 11-Б-20 12-В-20	Дрібнозернисти й а/б типу А- 20 АСГ.Др.Щ. А-20 НП.І. (БНД 60/90 – 5,4%)	Дрібнозерни стий а/б типу Б-20 АСГ.Др.Щ. Б-20 НП.І. (БНД 60/90 – 5,8%)	Дрібнозерни стий а/б типу В-20 АСГ.Др.Щ. В-20 НП.І. (БНД 60/90 – 6,0%)
7.1-ЛА- 15-2В	Литий а/б ЛА-15 (БНД 60/90 – 2 % Butonal NS 198 – 8,2 %)	8.1-ЩМА- 15-2В 9.1-ЩМА- 20-2В	ЩМА-15 (БНД 60/90 – 2 % Butonal NS 198 – 6,6 %)	ЩМА-20 (БНД 60/90 – 2 % Butonal NS 198 – 6,2 %)	10.1-А-20-2В 11.1-Б-20-2В 12.1-В-20-2В	АСГ.Др.Щ. А-20 НП.І. А-20 (БНД 60/90 – 2 % Butonal NS 198 – 5,7 %)	АСГ.Др.Щ. Б-20 НП.І. Б-20 (БНД 60/90 – 2 % Butonal NS 198 – 6,3%)	АСГ.Др.Щ. В-20 НП.І. В-20 (БНД 60/90 – 2 % Butonal NS 198 – 6,4 %)

Продовження таблиці Б.5

7.2-ЛА-15-4В	Литий а/б ЛА-15 (БНД 60/90 – 4 % Butonal NS 198 – 8,2 %)	8.2-ЩМА-15-4В 9.2-ЩМА-20-4В	ЩМА-15 (БНД 60/90 – 4 % Butonal NS 198 – 6,6 %)	ЩМА-20 (БНД 60/90 – 4 % Butonal NS 198 – 6,2 %)	10.2-А-20-4В 11.2-Б-20-4В 12.2-В-20-4В	АСГ.Др.Щ. А-20 НП.І. А-20 (БНД 60/90 – 4 % Butonal NS 198 – 5,7 %)	АСГ.Др.Щ. Б-20 НП.І. Б-20 (БНД 60/90 – 4 % Butonal NS 198 – 6,3%)	АСГ.Др.Щ. В-20 НП.І. В-20 (БНД 60/90 – 4 % Butonal NS 198 – 6,4 %)
7.3-ЛА-15-6В	Литий а/б ЛА-15 (БНД 60/90 – 6 % Butonal NS 198 – 8,2 %)	8.3-ЩМА-15-6В 9.3-ЩМА-20-6В	ЩМА-15 (БНД 60/90 – 6 % Butonal NS 198 – 6,6 %)	ЩМА-20 (БНД 60/90 – 6 % Butonal NS 198 – 6,2 %)	10.3-А-20-6В 11.3-Б-20-6В 12.3-В-20-6В	АСГ.Др.Щ. А-20 НП.І. А-20 (БНД 60/90 – 6 % Butonal NS 198 – 5,7 %)	АСГ.Др.Щ. Б-20 НП.І. Б-20 (БНД 60/90 – 6 % Butonal NS 198 – 6,3%)	АСГ.Др.Щ. В-20 НП.І. В-20 (БНД 60/90 – 6 % Butonal NS 198 – 6,4 %)
7.4-ЛА-15-1К	Литий а/б ЛА-15 (БНД 60/90 – 1 % Kraton D1101 – 8,1 %)	8.4-ЩМА-15-1К 9.4-ЩМА-20-1К	ЩМА-15 (БНД 60/90 – 1 % Kraton D1101 – 6,4 %)	ЩМА-20 (БНД 60/90 – 1 % Kraton D1101 – 6,1 %)	10.4-А-20-1К 11.4-Б-20-1К 12.4-В-20-1К	АСГ.Др.Щ. А-20 НП.І. А-20 (БНД 60/90 – Kraton D1101 – 5,5 %)	АСГ.Др.Щ. Б-20 НП.І. Б-20 (БНД 60/90 – 1 % Kraton D1101 – 6,0 %)	АСГ.Др.Щ. В-20 НП.І. В-20 (БНД 60/90 – 1 % Kraton D1101 – 6,2 %)
7.5-ЛА-15-3К	Литий а/б ЛА-15 (БНД 60/90 – 3 % Kraton D1101 – 8,1 %)	8.5-ЩМА-10-3К 9.5-ЩМА-20-3К	ЩМА-15 (БНД 60/90 – 3 % Kraton D1101 – 6,4%)	ЩМА-20 (БНД 60/90 – 3 % Kraton D1101 – 6,1%)	10.5-А-20-3К 11.5-Б-20-3К 12.5-В-20-3К	АСГ.Др.Щ. А-20 НП.І. А-20 (БНД 60/90 – 3 % Kraton D1101 – 5,5%)	АСГ.Др.Щ. Б-20 НП.І. Б-20 (БНД 60/90 – 3 % Kraton D1101 – 6,0 %)	АСГ.Др.Щ. В-20 НП.І. В-20 (БНД 60/90 – 3 % Kraton D1101 – 6,2 %)
7.6-ЛА-15-5К	Литий а/б ЛА-15 (БНД 60/90 – 5 % Kraton D1101 – 8,1 %)	8.6-ЩМА-15-5К 9.6-ЩМА-20-5К	ЩМА-15 (БНД 60/90 – 5% Kraton D1101 – 6,4 %)	ЩМА-20 (БНД 60/90 – 5% Kraton D1101 – 6,1 %)	10.6-А-20-5К 11.6-Б-20-5К 12.6-В-20-5К	АСГ.Др.Щ. А-20 НП.І. А-20 (БНД 60/90 – 5 % Kraton D1101 – 5,5 %)	АСГ.Др.Щ. Б-20 НП.І. Б-20 (БНД 60/90 – 5 % Kraton D1101 – 6,0 %)	АСГ.Др.Щ. В-20 НП.І. В-20 (БНД 60/90 – 5 % Kraton D1101 – 6,2 %)

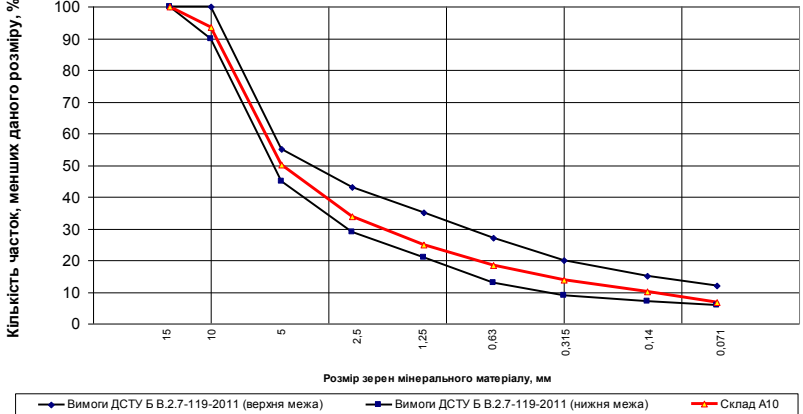
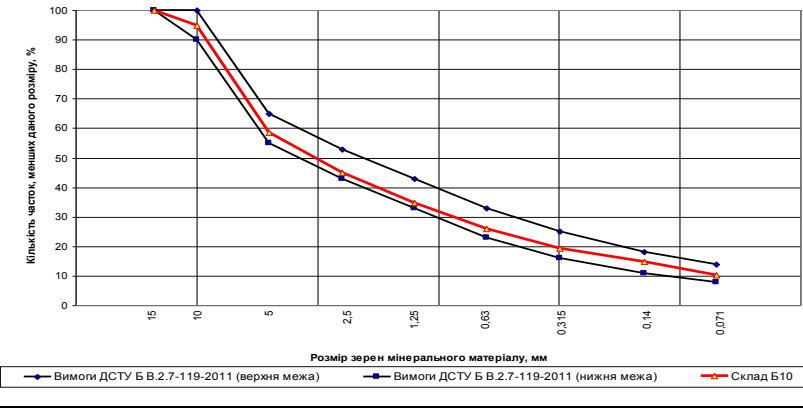
Продовження таблиці Б.5

7.7-ЛА-15-1Е	Литий а/б ЛА-15 (БНД 60/90 – 1,0 % Elvaloy 4170 – 8,0 %)	8.7-ЩМА-15-1Е 9.7-ЩМА-20-1Е	ЩМА-15 (БНД 60/90 – 1,0 % Elvaloy 4170 – 6,5 %)	ЩМА-20 (БНД 60/90 – 1,0 % Elvaloy 4170 – 6,1 %)	10.7-А-20-1Е 11.7-Б-20-1Е 12.7-В-20-1Е	АСГ.Др.Щ. А-20 НП.І. А-20 (БНД 60/90 – 1,0 % Elvaloy 4170 – 5,6 %)	АСГ.Др.Щ. Б-20 НП.І. Б-20 (БНД 60/90 – 1,0 % Elvaloy 4170 – 6,2%)	АСГ.Др.Щ. В-20 НП.І. В-20 (БНД 60/90 – 1,0 % Elvaloy 4170 – 6,3 %)
7.8-ЛА-15-1,5Е	Литий а/б ЛА-15 (БНД 60/90 – 1,5 % Elvaloy 4170 – 8,0 %)	8.8-ЩМА-15-1,5Е 9.8-ЩМА-20-1,5Е	ЩМА-15 (БНД 60/90 – 1,5 % Elvaloy 4170 – 6,5 %)	ЩМА-20 (БНД 60/90 – 1,5 % Elvaloy 4170 – 6,1 %)	10.8-А-20-1,5Е 11.8-Б-20-1,5Е 12.8-В-20-1,5Е	АСГ.Др.Щ. А-20 НП.І. А-20 (БНД 60/90 – 1,5 % Elvaloy 4170 – 5,6 %)	АСГ.Др.Щ. Б-20 НП.І. Б-20 (БНД 60/90 – 1,5 % Elvaloy 4170 – 6,2 %)	АСГ.Др.Щ. В-20 НП.І. В-20 (БНД 60/90 – 1,5 % Elvaloy 4170 – 6,3%)
7.9-ЛА-15-2Е	Литий а/б ЛА-15 (БНД 60/90 – 2,0 % Elvaloy 4170 – 8,0 %)	8.9-ЩМА-15-2Е 9.9-ЩМА-20-2Е	ЩМА-15 (БНД 60/90 – 2,0 % Elvaloy 4170 – 6,5 %)	ЩМА-20 (БНД 60/90 – 2,0 % Elvaloy 4170 – 6,1 %)	10.9-А-20-2Е 11.9-Б-20-2Е 12.9-В-20-2Е	АСГ.Др.Щ. А-20 НП.І. А-20 (БНД 60/90 – 2,0 % Elvaloy 4170 – 5,6 %)	АСГ.Др.Щ. Б-20 НП.І. Б-20 (БНД 60/90 – 2,0 % Elvaloy 4170 – 6,2 %)	АСГ.Др.Щ. В-20 НП.І. В-20 (БНД 60/90 – 2,0 % Elvaloy 4170 – 6,3 %)
7.10-ЛА-15-П	Литий а/б ЛА-15 (БНД 60/90 – Полігум – 8,0 %)	8.10-ЩМА-15-П 9.10-ЩМА-20-П	ЩМА-15 (БНД 60/90 – Полігум – 6,3 %)	ЩМА-20 (БНД 60/90 – Полігум – 5,9 %)	10.10-А-20-П 11.10-Б-20-П 12.10-В-20-П	АСГ.Др.Щ. А-20 НП.І. А-20 (БНД 60/90 – Полігум – 5,3 %)	АСГ.Др.Щ. Б-20 НП.І. Б-20 (БНД 60/90 – Полігум – 5,7 %)	АСГ.Др.Щ. В-20 НП.І. В-20 (БНД 60/90 – Полігум – 6,1 %)

Таблиця Б.6 – Зернові склади та фізико-механічні властивості досліджуваних асфальтобетонів

Шифр асфальтобетону	Зерновий склад асфальтобетону, %						Межа міцності на стиск, МПа				Коеф. довг. вод. К _{дов.вд.}	Водо-наси-чення %
	Щ 10-20	Щ 10-15	Щ 5-10	Відсів	Пісок	МП	Бітумне в'язуче	R ₂₀ , МПа	R _{20ВОД} , МПа	R ₅₀ , МПа		
1-ЛА-10	-	-	26,8	17,7	19,8	27,5	-	-	-	-	-	-
1.1-ЛА-10-2В							8,3	2,33	2,28	0,81	0,98	0,25
1.2-ЛА-10-4В							8,3	2,49	2,47	0,88	0,99	0,22
1.3-ЛА-10-6В							8,3	2,85	2,82	0,94	0,99	0,19
1.4-ЛА-10-1К							8,2	2,48	2,43	0,79	0,98	0,24
1.5-ЛА-10-3К							8,2	2,69	2,66	0,95	0,99	0,17
1.6-ЛА-10-5К							8,2	3,21	3,18	1,12	0,99	0,14
1.7-ЛА-10-1Е							8,1	2,37	2,32	0,84	0,98	0,23
1.8-ЛА-10-1,5Е							8,1	2,53	2,50	0,91	0,99	0,17
1.9-ЛА-10-2Е							8,1	2,79	2,76	0,99	0,99	0,16
1.10-ЛА-10-П							8,1	3,67	3,67	1,17	1,0	0,13
2-ЩМА-10	-	-	63,0	24,0	-	13,0	6,5	4,29	4,32	1,24	0,94	3,71
2.1-ЩМА-10-2В							6,7	4,83	4,69	1,49	0,97	3,21
2.2-ЩМА-10-4В							6,7	5,07	5,01	1,81	0,97	2,61
2.3-ЩМА-10-6В							6,7	5,51	5,43	1,89	0,98	2,19
2.4-ЩМА-10-1К							6,6	4,98	4,82	1,87	0,96	3,13
2.5-ЩМА-10-3К							6,6	5,31	5,18	2,29	0,97	2,47
2.6-ЩМА-10-5К							6,6	5,64	5,59	2,55	0,98	2,15
2.7-ЩМА-10-1Е							6,7	4,92	4,62	1,68	0,92	2,98
2.8-ЩМА-10-1,5Е							6,7	5,27	5,07	2,22	0,95	2,36
2.9-ЩМА-10-2Е							6,7	5,43	5,27	2,43	0,96	1,80
2.10-ЩМА-10-П							6,4	5,91	5,86	2,94	0,98	2,09

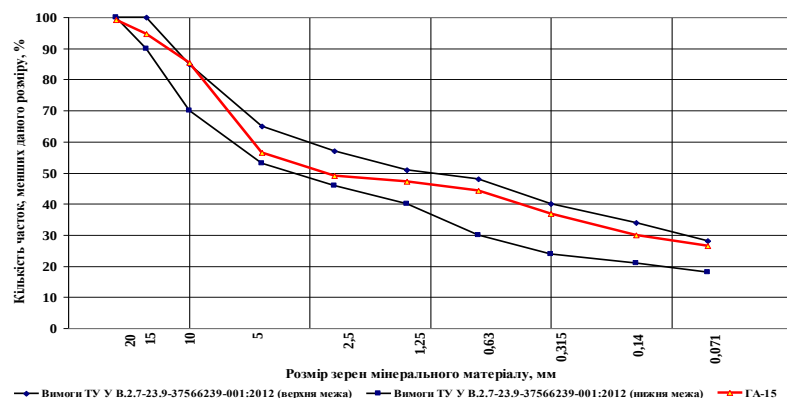
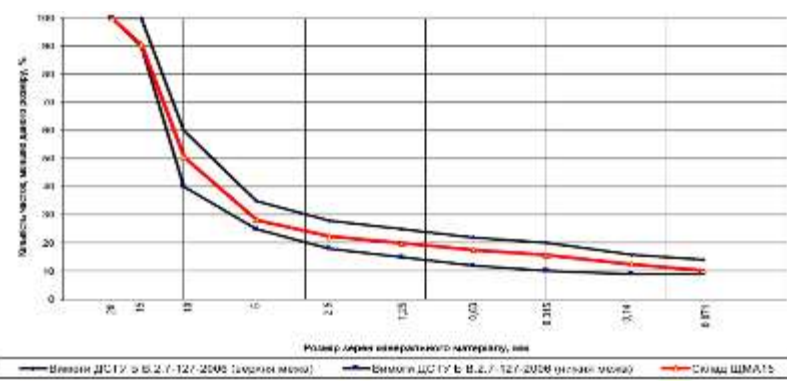
Продовження таблиці Б.6

Шифр асфальтобетону	Зерновий склад асфальтобетону, %						Бітумне в'язуче	Межа міцності на стиск, МПа			Коеф. довг. вод. К _{дов.вд.}	Водо-наси-чення %
	Щ 10-20	Щ 10-15	Щ 5-10	Відсів	Пісок	МП		R ₂₀ , МПа	R _{20вод.} , МПа	R ₅₀ , МПа		
3-А-10	-	-	54,0	40,0	-	6,0	5,5	4,59	4,45	1,43	0,93	3,17
3.1-А-10-2В							5,9	5,09	4,88	1,71	0,96	2,81
3.2-А-10-4В							5,9	5,25	5,09	2,08	0,96	2,47
3.3-А-10-6В							5,9	5,61	5,43	2,17	0,96	2,00
3.4-А-10-1К							5,7	5,31	5,14	1,96	0,97	2,71
3.5-А-10-3К							5,7	5,56	5,41	2,35	0,97	2,30
3.6-А-10-5К							5,7	5,83	5,71	2,54	0,97	1,92
3.7-А-10-1Е							5,9	5,14	4,89	1,82	0,96	2,66
3.8-А-10-1,5Е							5,9	5,41	5,20	2,30	0,96	2,31
3.9-А-10-2Е							5,9	5,63	5,43	2,46	0,96	1,95
3.10-А-10-П							5,4	6,11	6,02	2,80	0,98	1,79
4-Б-10	-	-	36,0	55,0	-	9,0	5,9	4,88	4,58	1,61	0,92	2,62
4.1-Б-10-2В							6,2	5,34	5,07	1,92	0,95	2,41
4.2-Б-10-4В							6,2	5,43	5,16	2,34	0,95	2,32
4.3-Б-10-6В							6,2	5,71	5,42	2,45	0,95	1,80
4.4-Б-10-1К							6,0	5,63	5,46	2,05	0,97	2,28
4.5-Б-10-3К							6,0	5,81	5,64	2,41	0,97	2,13
4.6-Б-10-5К							6,0	6,01	5,83	2,52	0,97	1,69
4.7-Б-10-1Е							6,1	5,36	5,15	1,96	0,96	2,33
4.8-Б-10-1,5Е							6,1	5,54	5,32	2,37	0,96	2,25
4.9-Б-10-2Е							6,1	5,82	5,59	2,48	0,96	1,75
4.10-Б-10-П							5,8	6,31	6,18	2,65	0,98	1,49

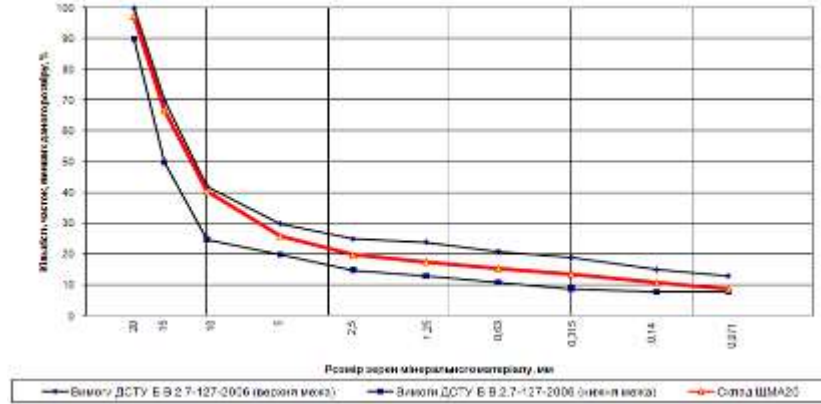
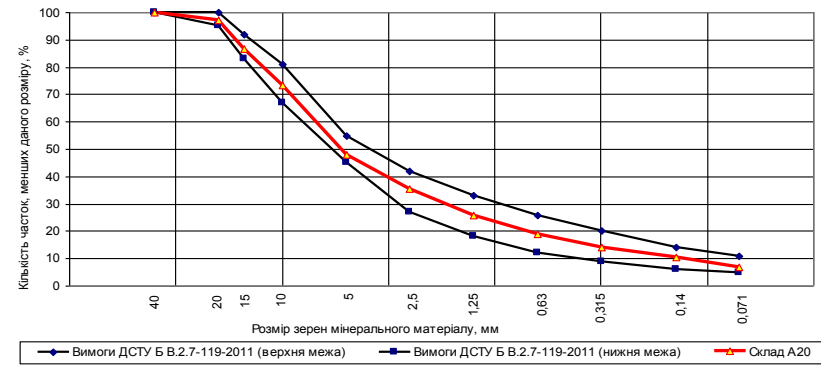
Продовження таблиці Б.6

Шифр асфальтобетону	Зерновий склад асфальтобетону, %						Бітумне в'язуче	Межа міцності на стиск, МПа			Коеф. довг. вод. К _{дов.вд.}	Водо-наси-чення %
	Щ 10-20	Щ 10-15	Щ 5-10	Відсів	Пісок	МП		R ₂₀ , МПа	R ₂₀ ВОД, МПа	R ₅₀ , МПа		
5-B-10	-	-	27,0	64,0	-	9,0	6,1	4,96	4,64	1,64	0,94	2,36
5.1-B-10-2B	Кількість часток, менших даного розміру, % Розмір зерен мінерального матеріалу, мм — Вимоги ДСТУ Б В.2.7-119-2011 (верхня межа) — Вимоги ДСТУ Б В.2.7-119-2011 (нижня межа) — Склад В10						6,5	5,43	5,25	1,95	0,97	2,17
5.2-B-10-4B							6,5	5,52	5,34	2,38	0,97	2,09
5.3-B-10-6B							6,5	5,81	5,61	2,49	0,97	1,62
5.4-B-10-1K							6,3	5,73	5,65	2,08	0,99	2,05
5.5-B-10-3K							6,3	5,91	5,83	2,45	0,99	1,92
5.6-B-10-5K							6,3	6,11	6,03	2,56	0,99	1,52
5.7-B-10-1E							6,5	5,45	5,32	1,99	0,98	2,10
5.8-B-10-1,5E							6,5	5,63	5,50	2,41	0,98	2,03
5.9-B-10-2E							6,5	5,92	5,78	2,52	0,98	1,58
5.10-B-10-Π							6,2	6,42	6,40	2,70	1,00	1,34
6-Г	-	-	-	90,0	-	10,0	7,0	5,51	5,10	1,80	0,93	2,05
6.1-Г-2B	Кількість часток, менших даного розміру, % Розмір зерен мінерального матеріалу, мм — Вимоги ДСТУ Б В.2.7-119-2011 (верхня межа) — Вимоги ДСТУ Б В.2.7-119-2011 (нижня межа) — Склад В10						8,0	6,03	5,77	2,14	0,96	1,89
6.2-Г-4B							8,0	6,13	5,86	2,61	0,96	1,82
6.3-Г-6B							8,0	6,45	6,17	2,73	0,96	1,41
6.4-Г-1K							7,5	6,36	6,21	2,28	0,98	1,79
6.5-Г-3K							7,5	6,56	6,41	2,68	0,98	1,67
6.6-Г-5K							7,5	6,78	6,63	2,81	0,98	1,32
6.7-Г-1E							8,0	6,05	5,85	2,18	0,97	1,83
6.8-Г-1,5E							8,0	6,25	6,05	2,64	0,97	1,76
6.9-Г-2E							8,0	6,57	6,35	2,76	0,97	1,37
6.10-Г-Π							7,0	7,12	7,03	3,02	0,99	1,06

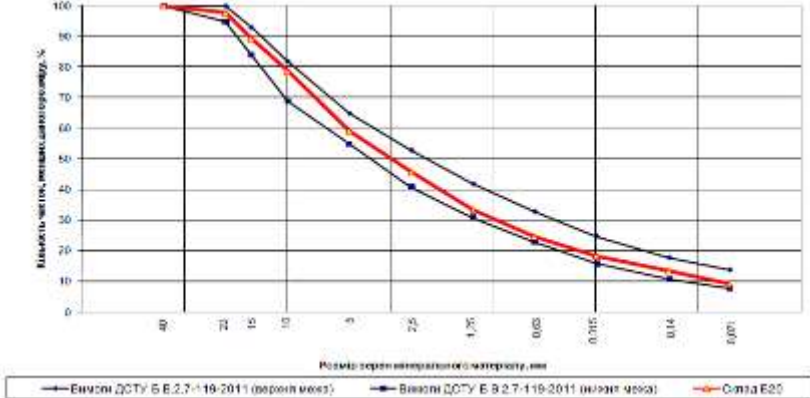
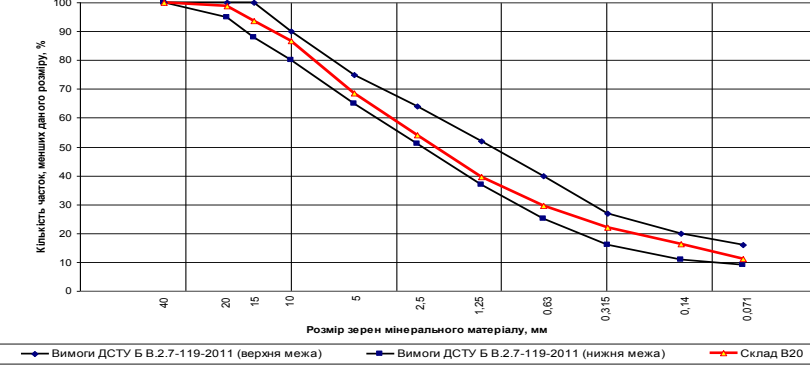
Продовження таблиці Б.6

Шифр асфальтобетону	Зерновий склад асфальтобетону, %						Межа міцності на стиск, МПа				Коеф. довг. вод. К _{дов.вд}	Водо-наси-чення %
	Щ 10-20	Щ 10-15	Щ 5-10	Відсів	Пісок	МП	Бітумне в'яжуче	R ₂₀ , МПа	R _{20вод} , МПа	R ₅₀ , МПа		
7-ЛА-15	8,7	-	24,9	15,5	16,5	26,9	-	-	-	-	-	-
7.1-ЛА-15-2В							8,2	2,70	2,67	0,92	0,99	0,27
7.2-ЛА-15-4В							8,2	2,89	2,86	0,99	0,99	0,24
7.3-ЛА-15-6В							8,2	3,31	3,28	1,06	0,99	0,15
7.4-ЛА-15-1К							8,1	2,88	2,82	0,89	0,98	0,26
7.5-ЛА-15-3К							8,1	3,12	3,09	1,07	0,99	0,21
7.6-ЛА-15-5К							8,1	3,72	3,68	1,27	0,99	0,13
7.7-ЛА-15-1Е							8,0	2,75	2,72	0,95	0,99	0,25
7.8-ЛА-15-1,5Е							8,0	2,93	2,90	1,03	0,99	0,21
7.9-ЛА-15-2Е							8,0	3,24	3,21	1,12	0,99	0,19
7.10-ЛА-15-П							8,0	4,26	4,26	1,32	1,0	0,12
8-ЩМА-15	-	51,0	19,0	17,0	-	13,0	6,5	3,98	3,94	1,17	0,95	3,58
8.1-ЩМА-15-2В							6,6	4,65	4,53	1,42	0,95	3,14
8.2-ЩМА-15-4В							6,6	4,87	4,77	1,74	0,96	2,38
8.3-ЩМА-15-6В							6,6	5,34	5,21	1,85	0,97	2,12
8.4-ЩМА-15-1К							6,4	4,86	4,77	1,76	0,95	3,3
8.5-ЩМА-10-3К							6,4	4,93	4,81	2,21	0,96	2,76
8.6-ЩМА-15-5К							6,4	5,37	5,33	2,43	0,97	2,25
8.7-ЩМА-15-1Е							6,5	4,77	4,58	1,59	0,91	3,01
8.8-ЩМА-15-1,5Е							6,5	4,90	4,62	2,07	0,94	2,41
8.9-ЩМА-15-2Е							6,5	5,29	5,18	2,35	0,95	1,99
8.10-ЩМА-15-П							6,3	5,78	5,71	2,52	0,97	2,18

Продовження таблиці Б.6

Шифр асфальтобетону	Зерновий склад асфальтобетону, %						Межа міцності на стиск, МПа				Коеф. довг. вод. К _{дов.вд.}	Водо-наси-чення %
	Щ 10-20	Щ 10-15	Щ 5-10	Відсів	Пісок	МП	Бітумне в'язуче	R ₂₀ , МПа	R _{20Вод} , МПа	R ₅₀ , МПа		
9-ЩМА-20	55,0	-	18,0	16,0	-	11,0	6,0	3,87	3,75	1,11	0,93	3,47
9.1-ЩМА-20-2В							6,2	4,45	4,37	1,39	0,96	3,03
9.2-ЩМА-20-4В							6,2	4,71	4,63	1,65	0,97	2,11
9.3-ЩМА-20-6В							6,2	5,09	4,95	1,84	0,98	1,99
9.4-ЩМА-20-1К							6,1	4,51	4,37	1,52	0,94	3,41
9.5-ЩМА-20-3К							6,1	4,73	4,59	1,84	0,95	2,76
9.6-ЩМА-20-5К							6,1	5,17	5,06	2,11	0,97	2,11
9.7-ЩМА-20-1Е							6,1	4,47	4,25	1,46	0,94	3,17
9.8-ЩМА-20-1,5Е							6,1	4,80	4,66	1,90	0,95	2,55
9.9-ЩМА-20-2Е							6,1	5,16	5,06	2,03	0,96	2,07
9.10-ЩМА-20-П							5,9	5,45	5,41	2,21	0,98	2,04
10-A-20	27,0	-	25,0	42,0	-	6,0	5,4	4,33	4,10	1,37	0,94	3,12
10.1-A-20-2В							5,7	4,87	4,70	1,66	0,96	2,72
10.2-A-20-4В							5,7	5,06	4,90	1,92	0,96	2,15
10.3-A-20-6В							5,7	5,38	5,17	2,06	0,96	1,98
10.4-A-20-1К							5,5	5,01	4,83	1,79	0,97	2,86
10.5-A-20-3К							5,5	5,19	5,01	2,08	0,97	2,42
10.6-A-20-5К							5,5	5,57	5,40	2,25	0,97	1,97
10.7-A-20-1Е							5,6	4,94	4,69	1,71	0,95	2,77
10.8-A-20-1,5Е							5,6	5,17	4,96	2,07	0,95	2,35
10.9-A-20-2Е							5,6	5,47	5,28	2,18	0,95	2,02
10.10-A-20-П							5,3	5,09	5,79	2,37	0,98	1,84

Продовження таблиці Б.6

Шифр асфальтобетону	Зерновий склад асфальтобетону, %						Межа міцності на стиск, МПа				Коеф. довг. вод. $K_{\text{дов.вд.}}$	Водо-наси-чення %
	Щ 10-20	Щ 10-15	Щ 5-10	Відсів	Пісок	МП	Бітумне в'яжуче	R ₂₀ , МПа	R _{20ВОД} , МПа	R ₅₀ , МПа		
11-Б-20	22,0	-	16,0	54,0	-	8,0	5,8	4,78	4,45	1,52	0,94	2,76
11.1-Б-20-2В							6,3	5,29	5,03	1,82	0,95	2,41
11.2-Б-20-4В							6,3	5,41	5,16	2,19	0,95	2,18
11.3-Б-20-6В							6,3	5,67	5,39	2,27	0,95	1,91
11.4-Б-20-1К							6,0	5,51	5,29	2,05	0,96	2,30
11.5-Б-20-3К							6,0	5,65	5,42	2,28	0,96	2,08
11.6-Б-20-5К							6,0	5,97	5,73	2,39	0,96	1,82
11.7-Б-20-1Е							6,2	5,40	5,13	1,96	0,95	2,37
11.8-Б-20-1,5Е							6,2	5,54	5,26	2,23	0,95	2,14
11.9-Б-20-2Е							6,2	5,78	5,49	2,32	0,95	1,96
11.10-Б-20-П							5,7	6,35	6,16	2,52	0,97	1,63
12-Б-20	13,0	-	14,0	63,0		10,0	6,0	4,85	4,62	1,55	0,95	2,51
12.1-Б-20-2В							6,4	5,37	5,17	1,85	0,96	2,19
12.2-Б-20-4В							6,4	5,49	5,28	2,23	0,96	1,98
12.3-Б-20-6В							6,4	5,76	5,54	2,31	0,96	1,74
12.4-Б-20-1К							6,2	5,59	5,44	2,09	0,97	2,09
12.5-Б-20-3К							6,2	5,73	5,58	2,32	0,97	1,89
12.6-Б-20-5К							6,2	6,06	5,89	2,43	0,97	1,65
12.7-Б-20-1Е							6,3	5,48	5,27	2,00	0,96	2,15
12.8-Б-20-1,5Е							6,3	5,62	5,41	2,27	0,96	1,95
12.9-Б-20-2Е							6,3	5,87	5,65	2,36	0,96	1,78
12.10-Б-20-П							6,1	6,45	6,33	2,57	0,98	1,48

Результати визначення глибини вдавлювання штампу площею 5 см² для ЛА-10, ЛА-15 визначалося при температурі 40 °С після 30 хв. та 60 хв. з дією навантаження 525 Н, наведено на рисунках Б.2 – Б.3.

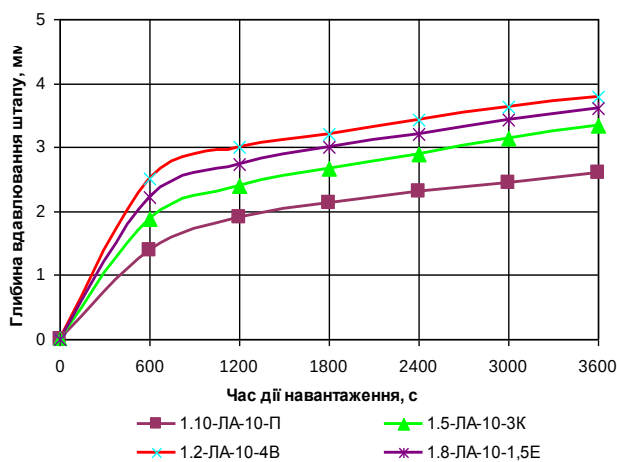


Рисунок Б.2 – Закономірності зміни глибини вдавлювання штампу литого асфальтобетону ЛА-10

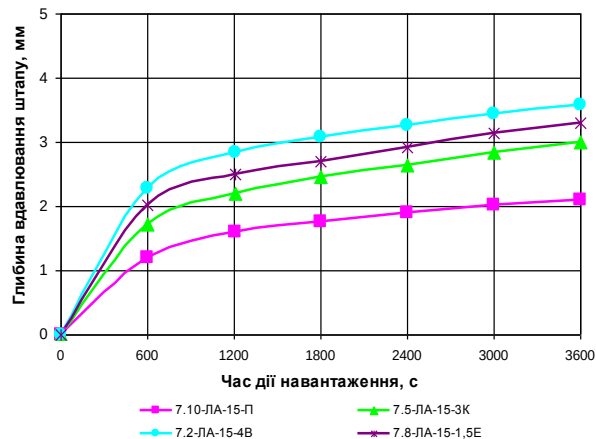


Рисунок Б.3 – Закономірності зміни глибини вдавлювання штампу литого асфальтобетону ЛА-15

Результати глибини вдавлювання штампу для ЛА-10 при температурі 40 °С після 30 хв. при дії навантаження 525 Н, показали, наступне: глибина вдавлювання штампу при 3 % полімеру Kraton D1101 в БМП збільшилася у 1,27 рази, при 1,5 % полімеру Elvaloy 4170у 1,43 рази, а при 4 % полімеру Butonal NS 198 у 1,43 рази, відповідно, у порівнянні з ЛА-10 на КПБВ «Полігум». Визначення глибини вдавлювання штампу для ЛА-15 при температурі 40 °С після 30 хв. дії навантаження 525 Н, показали, наступне: глибина вдавлювання штампу при 3 % полімеру Kraton D1101 в БМП збільшилася у 1,42 рази, при 1,5 % полімеру Elvaloy 4170у 1,54 рази, а при 4 % полімеру Butonal NS 198 у 1,77 рази, відповідно, у порівнянні з ЛА-15 на КПБВ «Полігум».

Отримані результати показали, що ЛА-15 на КПБВ «Полігум» більш стійкий до вдавлювання штампу в 1,23 рази у порівнянні з ЛА-10 на комплексному в'язучому «Полігум» та відповідають вимогам [450].

Б.2 Метод дослідження стану асфальтобетонного покриття автодорожніх мостів на автомобільній дорозі Київ-Харків-Довжанськ

Методика дослідження стану колієутворення асфальтобетонного покриття на транспортних спорудах мостового типу автомобільних доріг проводиться з метою оцінки поточного стану дорожнього одягу.

Засоби вимірювання та допоміжне обладнання. триметрова рейка і клиновий промірник згідно ДСТУ Б.В 2.3-3 (ГОСТ 30412); лінійка металева міліметрова довжиною не менше ніж 250 мм за ДСТУ ГОСТ 427; рулетка згідно ДСТУ 4179; штангенциркуль за ДСТУ ГОСТ 166; фотоапарат.

Порядок підготовки до проведення випробувань. Дані вимірів про розповсюдженість і розміри колієутворення асфальтобетонного покриття отримують шляхом натурних візуальних обстежень стану ділянок автомобільної дороги з використанням засобів лінійних вимірювань (триметрової рейки, рулеток, лінійок), у відповідності ДБН В.2.3-4, СОУ 45.2-00018112-042, М 218-02070915-251 з обов'язковою фото фіксацією (рис. Б.4).



а)



б)

а) км 46+500; б) км 283+800

Рисунок Б.4 – Приклад дослідження стану колієутворення на транспортних спорудах мостового типу автомобільної дороги М-03 Київ-Харків-Довжанський

Вимірювання рівності покриття проводять за допомогою рейки з клиновим промірником згідно ДСТУ Б.В 2.3-3 (ГОСТ 30412). Довжина рейки повинна бути (3000 ± 2) мм. Прогин рейки від власної ваги у середині прогону завдовжки 2900 мм не повинен перевищувати 0,4 мм. Ширина опорної грані рейки повинна бути (50 ± 2) мм. Відхилення опорної грані рейки від площинності не повинне перевищувати 0,2 мм; допускається замість відхилень від площинності вимірювати відхилення від прямолінійності поздовжнього профілю поверхні опорної грані рейки, які не повинні перевищувати 0,2 мм. Відхилення бокової грані рейки від прямолінійності не повинне перевищувати 10 мм на довжині рейки. На бокових гранях рейки повинні бути п'ять міток, які вказують місця вимірювань просвітів під рейкові: крок міток (500 ± 2) мм: відстань від крайніх міток до торців рейки (500 ± 2) мм. Клиновий промірник повинен мати дві плоскі грані завширшки $(50 \pm 0,5)$ мм; кут між поверхнями граней повинен бути у межах $(5^\circ 45' \pm 5')$ (відношення катетів клинового промірника 1:10). Одна з граней клинового промірника повинна мати поперечні риси: крок рисок $(10 \pm 0,1)$ мм; риси повинні мати цифрові позначення від 1 до 15. Рейка і клиновий промірник повинні бути атестовані відповідно до вимог ГОСТ 24555. Довжину ділянки вимірювань слід приймати у межах всієї транспортної споруди (100%). Поверхня ділянки вимірювань повинна бути чистою.

Порядок проведення випробувань. Обстеження стану покриття проводиться групою експертів 3-4 чол. ретельним оглядом на середині і межах характерних ділянок колієутворення для детального обстеження і запису результатів (рис. Б.4). Вимірювання рівності покриття слід проводити, прикладаючи рейку до поверхні на відстані 0,5 - 1,0 м від кожної кромки покриття або краю смуги руху. При багатосмуговій проїзній частині дороги рейку треба прикладати на відстані 0,5 – 1,0 м від межі кожної смуги руху. При кожному прикладанні рейки треба вимірювати величину п'яти просвітів під рейкою у місцях, що відповідають міткам на бокових гранях рейки. Відлік виконують виміром відстані від поверхні покриття до верхньої грані триметрової рейки з точністю до 1 мм. Результати

вимірювань записують до робочого журналу, приклад проведення вимірів наведено на рис.Б.4. Місця прикладання рейки повинні бути рівномірно розташовані по довжині ділянки вимірювань. Місця прикладання рейки та результати вимірювання повинні бути сфотографовані.

Обробка результатів випробування. Результати вимірів поперечного профілю з робочого журналу переносять до електронної бази даних, оброблюють і в подальшому використовують при побудові графіків поперечного перерізу на поверхні покриття і для аналізу колієстійкості конструкцій дорожнього одягу (табл. Б.7). Загальне число вимірювань слід прийняти за 100 % і визначити число просвітів під рейкою, яке перевищує максимально допустиму величину, встановлену ДБН В.2.3-4 та Р В.2.3-218-21476215-795, і число просвітів, менше мінімально допустимої величини, також слід знайти найбільшу величину просвіту. Вплив колії на експлуатаційні характеристики покриття диференційована за рівнями ураження покриття при яких відбувається зниження безпеки руху, підвищення небезпеки руху та небезпечної експлуатації покриття (критичний стан) (табл. Б.7). При вимірі колієутворення асфальтобетонного покриття рекомендовано фіксувати наявність інших дефектів, перелік та класифікація дефектів згідно Р В.3.1-218-21476215-798.

Таблиця Б.7 – Моніторинг стану колієутворення на транспортних спорудах мостового типу автомобільної дороги
М-03 Київ-Харків-Довжанський

№ п.п.	Місце- знаходження автодорожніх мостів, км	Кількість смуг в одному напрямку	Глибина колії, мм				Розвиток колії за рік в залежності від смуг руху, Δ, мм/рік (%)		Наявність інших дефектів	Вплив колії на експлуа-таційні характе- ристики
			Середнє значення розподілу дефекту в залежності від смуг руху							
			(обстеження 2014 р.)		(2015 р.)					
			1	2	1	2	1	2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	46+500 (с. Іванків)	2	4	2	5	3	2 (25%)	2 (50%)	-	-
2	70+200 (через р. Трубіж)	2	6	2	8	3	2 (34%)	2 (50%)	Поздовжні, поперечні тріщини, сітка тріщин, лущення покриття	Зниження безпеки руху
3	74+000 (через р. Недру)	2	4	0	5	1	1 (25%)	1 (100%)	-	-
4	103+000 (через р. Супій)	2	4	1,5	6	2	2 (50%)	0,5 (34%)	-	-
5	106+500 (залізничний шляхопровід)	2	5,5 (22)*	1,5	7	2	1,5 (27%)	0,5 (34%)	-	Зниження безпеки руху
6	133+500 (через р. Гнила Оржиця)	2	4	0	5	0	1 (25%)	0	Тріщини загальні поперечні	Зниження безпеки руху
7	159+000 (залізничний шляхопровід м. Пирятин)	2	4	0	5	0	1 (25%)	0	-	-
8	197+000 (автодорожній шляхопровід)	2	5	2	7	3	2 (40%)	1 (50%)	-	Зниження безпеки руху
9	204+965 (через р. Сулу)	1	6	-	8	-	2 (34%)	-	-	Зниження безпеки руху

Продовження таблиці Б.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10	208+500 (залізничний шляхопровід)	1	5	-	7	-	2 (40%)	-	Поздовжні, поперечні тріщини, сітка тріщин, лущення покриття	Зниження безпеки руху
11	210+500 (через р. Войниха)	1	4	-	5	-	1 (25%)	-	Поздовжні, поперечні тріщини, сітка тріщин, лущення покриття	Зниження безпеки руху
12	227+000 (залізничний шляхопровід, с. Ковтуни)	1	4	-	6	-	2 (50%)	-	Поздовжні, поперечні тріщини, сітка тріщин, лущення покриття	Зниження безпеки руху
13	239+500 (через р. Хорол)	2	2	0	3	0	1 (50%)	0	-	-
14	278+000 (через р. Псел)	2	30 (70)*	20	35	24	5 (17%)	4 (20%)	Поздовжні, поперечні тріщини, сітка тріщин, лущення покриття	Небезпечний
15	283+800	1	50	-	70	-	20 (40%)	-	Поперечні тріщини	Небезпечний
16	306+000 (через р. Говтва грузька)	1	30 (70)*	-	40	-	10 (34%)	-	Поздовжні, поперечні тріщини, сітка тріщин, лущення покриття	Небезпечний
17	316+000 (через р. Говтва Ольгова)	1	10 (20)*	-	12	-	2 (20%)	-	Поздовжні, поперечні тріщини, сітка тріщин, лущення покриття	Підвищена небезпека
18	324+100 (через р. Дідова Балка)	2	4	2	6	3	2 (50%)	1 (50%)	-	Зниження безпеки руху
19	325+800 (через р. Полузір'я)	2	2	0	3	1	1 (50%)	1 (100%)	-	-
20	338+800 (автомобільний шляхопровід м. Полтава)	1	30 (60)*	-	35	-	5 (17%)	-	Поздовжні, поперечні тріщини, сітка тріщин, лущення покриття	Небезпечний

Примітка: * - окремими місцями величина колії досягає зазначених розмірів

Б.3 Методи обробки експериментальних даних при вимірюванні глибини колії

При аналізі результатів досліджень були використані загальновідомі статистичні методи обробки експериментальних даних [510].

Перед випробуванням для зменшення розкиду виконували «вибракування» асфальтобетонних зразків-плит з виготовленої партії кожного складу на основі експериментальних даних глибини колії w_e в даній точці виміру n . Для цього кожен асфальтобетонну плиту випробовували на колійність за методикою (розділ 4) [460, 482] і показники знімали за допомогою індикатора годинникового типу, після відповідної кількості проходів колеса при заданому навантаженні (розділ 4), що наведено на рис. Б.5.

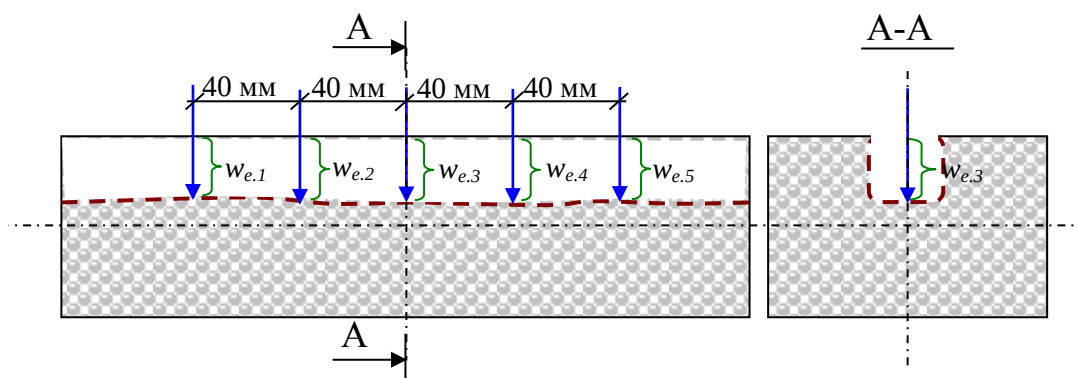


Рисунок Б.5 – Схема вимірювання глибини колії в асфальтобетонній плиті

Бракували зразки-плити на основі правила (трьох сигм), тобто вважалось, що плита не придатна для випробування якщо $w_{e,n}^{\max} \geq w_{e,n} + 3\sigma$ і $w_{e,n}^{\min} \leq w_{e,n} - 3\sigma$ (тут σ - середньоквадратичне відхилення вимірювань).

Кожне випробування починали з установлення мінімальної кількості вимірювань $n_{\min}$, яке визначали за формулою:

$$n_{\min} = \frac{K_e^2 \cdot t^2}{\Delta^2} \quad (\text{Б.1})$$

де K_e – коефіцієнт варіації, %;

Δ – показник точності, %;

t – критерій Стюдента.

Для визначення $n_{\min}$ виконували попередні дослідження з 5-15 вимірювань і визначали t , приймали значення довірчої вірогідності $P_D = 0,95$.

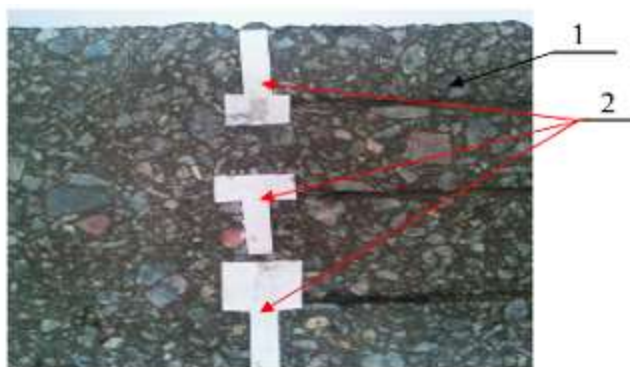
Отримані результати окремих серій вимірювань аналізували з метою усунення помилок. Для цього використовували умову $\beta_1 \geq \beta_{\max}$ і $\beta_2 \leq \beta_{\max}$, при виконанні яких виключаються відповідно максимальні $x_{\max}$ і мінімальні $x_{\min}$ результати вимірювань, згідно формули:

$$\beta_1 = \left(\frac{x_{\max} - \bar{x}}{\sigma \sqrt{\frac{n-1}{n}}} \right), \text{ та } \beta_2 = \left(\frac{\bar{x} - x_{\min}}{\sigma \sqrt{\frac{n-1}{n}}} \right) \quad (\text{Б.2})$$

Значення $\beta_{\max}$ визначали при $P_D = 0,90$. На основі установленого таким чином очищення ряду, отримані експериментальні результати характеризували середньоарифметичним значенням $\bar{x}$ і коефіцієнтом варіації K_s .

Достовірність експериментальних даних x_1 і x_2 оцінювали показником $D = (x_1 - x_2) / 3(\sigma_{01}^2 + \sigma_{02}^2)^{0,5}$. Результати співставлення $x_1 - x_2$ вважають достовірними, якщо $D \geq 1$. Відповідно (адекватність) апроксимуючих формул або теоретичних виразів експериментальних результатів перевіряли з допомогою показника адекватності Π_A , який отримували на основі критерію Фішера $\Pi_A = K_{\phi_E} / K_{\phi_T}$. Коли $\Pi_A \geq 1$, то модель являється надійною.

Точність накопичення залишкових деформацій в асфальтобетонному зразку також перевірялась за допомогою тензометричних датчиків (рис. Б.6, Б.7).



1 – торець асфальтобетонного зразку;
2 – тензометричний датчик

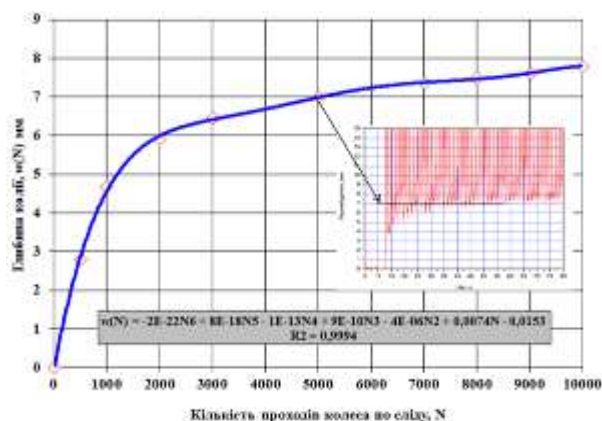


Рисунок. Б.6 – фото наклеювання тензометричного датчика на торець асфальтобетону
Рисунок. Б.7 – Залежність глибини колії від кількості проходів колеса, що визначено за тензометричними даними

За допомогою методу кінцевих елементів є можливість оцінювати вплив розмірів зразка-плити асфальтобетону на інтенсивність утворення колії в зразку від кількості проходів огуμένου колеса по сліду (рис. Б.8).

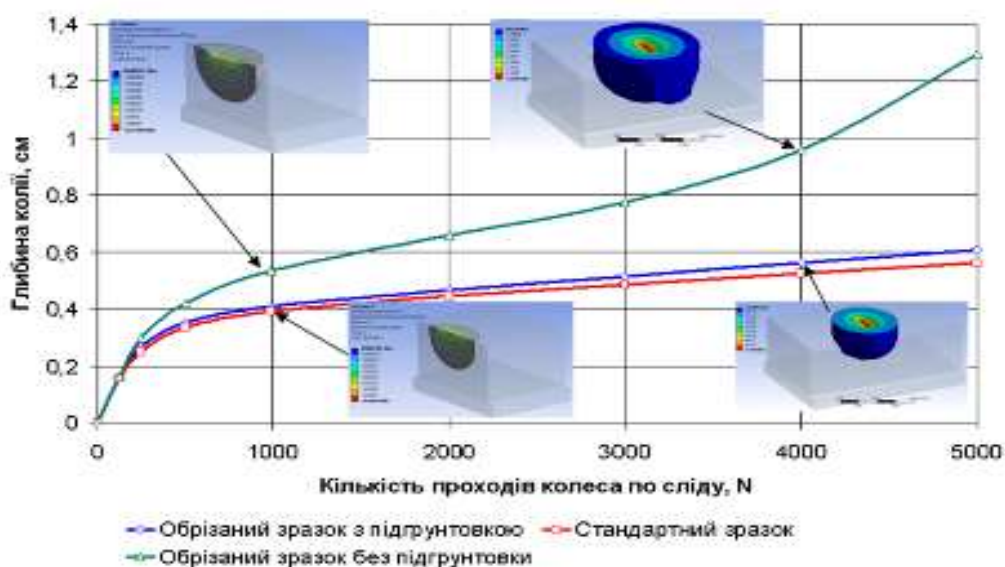


Рисунок Б.8 – Залежність глибини колії в асфальтобетонному зразку від підґрунтовки та кількості проходів огуμένου колеса по сліду

Б.4 Метод визначення параметрів функції релаксації і функції температурно-часової аналогії

На підставі експериментальних результатів визначення функції релаксації $R(t)$ необхідно встановити параметри m і r вираження (розділ 2). При цьому параметри H і B визначаються з графіка $R(t)$ відповідно $t \rightarrow 0$ і $t \rightarrow \infty$.

Для таких значень t , коли $t/r \gg 1$ вираз для $R(t)$ перетвориться до виду:

$$t = r \cdot \left[\frac{(B-H)}{R(t)-H} \right]^{1/m} \quad (\text{Б.3})$$

Таким чином, отримана степенева функція щодо аргументу $(B-H) / R(t) - H$, параметри якої можуть бути визначені методом найменших квадратів, або графічним способом. При цьому використовуються кілька діапазонів значень t , для яких визначається своя пара параметрів m і r . Остаточні вибираються такі параметри, при яких значення показника адекватності Π_A є мінімальним.

Для визначення параметра (p) функції температурно-часового зсуву (розділ 3) використовуються експериментальні дані $a_m(T)$. Параметр (p) може бути визначений або графічним способом як гострий кут нахилу прямої $\ln a_T(T) = f(T)$ до осі T за формулою:

$$p = \frac{\ln \cdot a_T(T)}{T - Q} \quad (\text{Б.4})$$

або методом найменших квадратів.

З огляду на зв'язок між функціями $a_T(T)$ і $R(t)$ у вигляді $R(t, T) = R(\zeta(t), Q)$, можна визначити параметр (p) на підставі експериментальних даних $R(t, T_1)$ і $R(t, T_2)$. При деяких температурах T_1 і T_2 і тривалості дії навантаження t для ділянки кривої $\ln R(t) = f(T)$ з постійним кутом нахилу можна отримати:

$$p = \frac{1}{m(T_1 - T_2)} \ln \frac{R(t, T_1) - H}{R(t, T_2) - H} \quad (\text{Б.5})$$

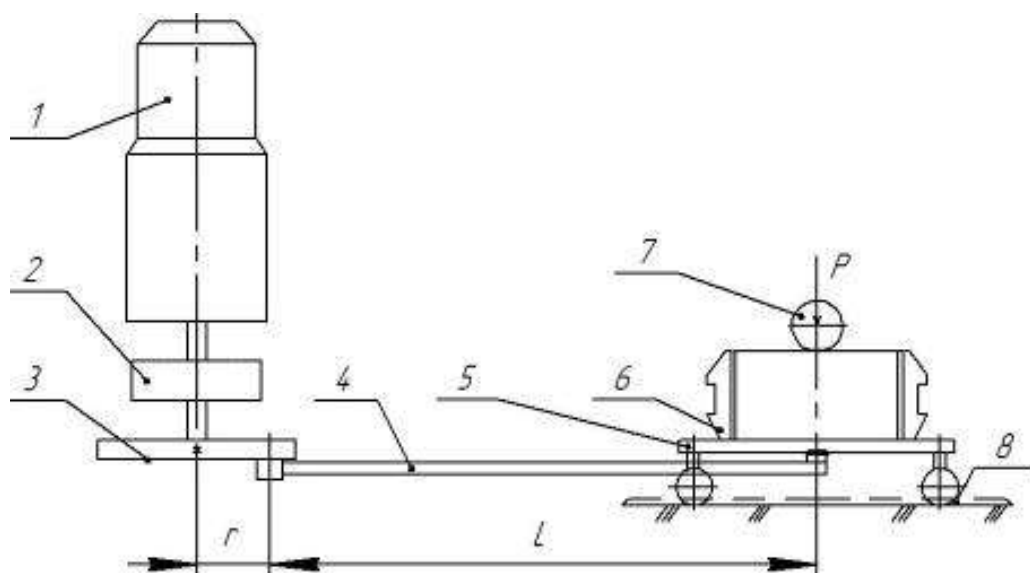
Встановлене вираз дозволяє отримувати значення функції $a_T(T)$ за відомими значеннями функції релаксації.

У разі встановлених на підставі відомих експериментальних даних значень параметрів H , B і p представляється можливим прогнозувати термо-в'язко-пружні показники властивостей $R(t)$ і $a_T(T)$ на підставі лише двох експериментальних значень $R(t, T_1)$ і $R(t, T_2)$.

Б.5 Метод визначення часу дії навантаження колеса на зразок асфальтобетону в залежності від швидкості переміщення візка секторного пресу

Суть методу полягає у встановленні часу дії навантаження колеса на асфальтобетонний зразок плити, який переміщається з різною швидкістю за допомогою рухомої форми секторного пресу. Тому задачею кінематичного аналізу КШМ для пересування візка зі зразком асфальтобетону (рис. Б.9) є встановлення законів руху кривошипа і шатуна при відомому законі руху кривошипу.

При виведенні основних закономірностей допускаємо, що обертання диску, з'єднаного з валом електродвигуна здійснюється з постійною кутовою швидкістю ($\omega = \text{const}$) не лише на протязі тривалого часу, але і одного оберту. Такі припущення цілком реальні, так як коливання кутової швидкості обертання диску, до якого кріпиться шатун, на протязі одного оберту, викликані нерівномірністю крутного моменту, при встановленому швидкісному режимі роботи електродвигуна, незначні.



1 – двигун-редуктор; 2 – муфта; 3 – маховик; 4 – шатун; 5 – візок; 6 – форма; 7 – навантажувальне колесо 8 – напрямні візка

Рисунок Б.9 – Кінематична схема секторного преса

При $\omega = \text{const}$ (ω – кутова швидкість обертання кривошипа), кут повороту кривошипа пропорційний часу, що дозволяє всі кінематичні величини виразити як функції одного аргументу – кута φ . Кривошипом в даній задачі є відстань від центру обертання диску до точки кріплення шатуна OB (рис.Б.10).

Залежність між кутом повороту кривошипа φ і часом t виражається формулою

$$\varphi = \frac{360 \cdot n}{60} t = 6nt, \text{ град} \quad (\text{Б.6})$$

де n – частота обертання кривошипа, об/хв. ($n=32$).

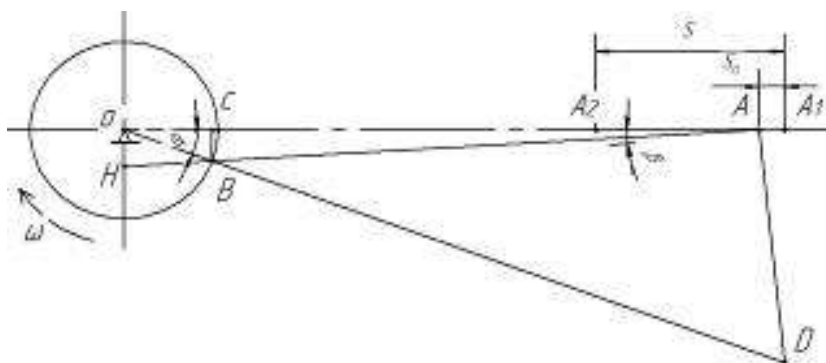


Рисунок Б.10 – Розрахункова схема переміщення візка секторного преса

З формули (Б.6) можемо визначити час, за який кривошип повернеться на заданий кут φ :

$$t = \frac{\varphi}{6 \cdot n}, \text{ с} \quad (\text{Б.7})$$

Приймемо наступні позначення (рис.Б.10): φ – кут повороту кривошипу в зазначений момент часу, відліковий від осі переміщення візка в напрямку обертання диска за часовою стрілкою. При $\varphi = 0$ візок займає положення A_1 , при $\varphi = 180^\circ$ – положення A_2 ; β – кут відхилення осі шатуна в площині його руху від осі пересування візка; відхилення в напрямку обертання кривошипу вважається додатнім, а в протилежному – від’ємним; $\omega = \pi n / 30 = 3,35 \text{ (с}^{-1}\text{)}$ – залежність між кутовою швидкістю і частотою обертання кривошипа; $r = OB = 0,1 \text{ (м)}$ – радіус кривошипа; $L = AB = 0,6 \text{ (м)}$ – довжина шатуна; $\lambda = r / L = 0,1667$ – безрозмірний параметр КІМ (відношення радіуса кривошипу до довжини шатуна); $S = 2r = A_1A_2 = 0,2 \text{ (м)}$ – повний хід візка.

При повороті кривошипа на кут φ переміщення візка від його початкового положення виражається відрізком AA_1 і дорівнює (рис.Б.10): $s_n = AA_1 = A_1O - AO = A_1O - (OC + CA)$.

Так як $A_1O = r + L$, і з прямокутних трикутників OCB і ACB маємо $OC = OB \cos \varphi = r$; $CA = AB \cos \beta = L \cos \beta$, тому:

$$\begin{aligned}
S_I &= R + L - (r \cdot \cos \varphi \cdot \cos \varphi + L \cos \beta) = r \left(1 + \frac{L}{R} - \left(\cos \varphi + \frac{L}{R} \cdot \cos \beta \right) \right) \\
&= r \left((1 - \cos \varphi) + \frac{1}{\lambda} (1 - \cos \beta) \right)
\end{aligned} \tag{Б.8}$$

З трикутників OCB і ACB маємо $r \sin \varphi = L \sin \beta$, звідки

$$\sin \beta = \frac{r}{L} \cdot \sin \varphi = \lambda \sin \varphi \tag{Б.9}$$

Звідки,

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - \lambda^2 \cdot \sin^2 \varphi} = (1 - \lambda^2 \cdot \sin^2 \varphi)^{1/2} \tag{Б.10}$$

Вираз $(1 - \lambda^2 \cdot \sin^2 \varphi)^{1/2}$ являє собою біном Ньютона, який можна розкласти в ряд:

$$\cos \beta = (1 - \lambda^2 \cdot \sin^2 \varphi)^{1/2} = 1 - \frac{1}{2} \cdot \lambda^2 \sin^2 \varphi - \frac{1}{2 \cdot 4} \lambda^4 \sin^4 \varphi - \dots \tag{Б.11}$$

Нехтуючи членами ряду вище другого порядку в зв'язку з їх малими значеннями, можна прийняти:

$$\cos \beta = 1 - \frac{1}{2} \cdot \lambda^2 \sin^2 \varphi \tag{Б.12}$$

Тому переміщення візка можна знайти:

$$S_I = r \left((1 - \cos \varphi) + \frac{\lambda}{2} \sin^2 \varphi \right), \tag{Б.13}$$

але оскільки $\sin^2 \varphi = \frac{1 - \cos 2 \cdot \varphi}{2}$, тому

$$S_I = r \left((1 - \cos \varphi) + \frac{\lambda}{4} \cdot (1 - \cos 2 \cdot \varphi) \right), \quad (\text{Б.14})$$

Вираз (Б.14) описує переміщення візка в залежності від кута повороту кривошипа φ і геометричних розмірів КШМ λ .

Переміщення візка у відповідності з рівнянням (Б.14) можна представити, як суму гармонічних переміщень першого і другого порядку

$$S_I = S_{I1} + S_{I2}, \quad (\text{Б.15})$$

Де $S_{I1} = r \cdot (1 - \cos \varphi)$ – переміщення візка першого порядку (якби шатун мав нескінченно велику довжину $l = \infty$, $\lambda = \frac{r}{\infty} = 0$), тобто при врахуванні лише першого члена біному:

$S_{I2} = \frac{r \cdot \lambda}{4} \cdot (1 - \cos 2 \cdot \varphi)$ – переміщення візка другого порядку, тобто додаткове переміщення, що залежить від кінцевої довжини шатуна і визначене другим членом розкладання.

Характер переміщення візка та його доданків в залежності від кута повороту кривошипа показаний на рис.Б.11. З графіку видно, що при повороті кривошипа на кут $\varphi = 90^\circ$ (перша частина окружності) візок проходить більше половини свого ходу.



Рисунок Б.11 – Зміна переміщення візка в залежності від кута повороту кривошипа

Так, наприклад, при $\lambda = 1/6$

$$S_I = r \cdot (1 - \cos 90^\circ) + \frac{r}{6} \cdot \frac{1}{4} \cdot (1 - \cos 2 \cdot 90^\circ) = 0,5425S \quad (\text{Б.16})$$

Звідси слід зазначити, що при повороті кривошипу із максимального положення візка A_1 першу чверть обороту ($\varphi = \pi/2$) візок проходить більший шлях ніж при повороті кривошипа на другу чверть обороту на величину $r\lambda/2$. Це викликано тим, що переміщення візка складається з двох частин, перша із яких обумовлюється переміщенням шатуна вздовж осі направляючих візка, а друга – відхиленням шатуна від осі направляючих візка. Обидва ці рухи під час першої чверті обороту кривошипа викликають переміщення візка в одному напрямку (переміщення додаються), а під час другої чверті – в різних напрямках.

Вплив відхилення шатуна від осі направляючих візка на величину переміщення візка буде тим більше, чим більше λ і r . Переміщення візка може бути визначено на ПЕОМ графічним способом, використовуючи, наприклад, програму MicrosoftExcel.

Вираз для визначення швидкості переміщення візка як функцію кута повороту кривошипа можна отримати шляхом диференціювання по часу лівої і правої частини рівняння руху кривошипно-шатунного механізму:

$$\frac{ds_i}{dt} = \frac{d}{d\varphi} \left(r \left((1 - \cos \varphi) + \frac{\lambda}{4} \cdot (1 - \cos 2\varphi) \right) \right) \frac{d\varphi}{dt} = r \cdot \left(\sin \varphi + \frac{\lambda}{2} \cdot \sin 2\varphi \right) \frac{d\varphi}{dt} \quad (\text{Б.17})$$

Але $\frac{ds_i}{dt} = v_i$ – швидкість переміщення візка, $\frac{d\varphi}{dt} = \omega$ – кутова швидкість обертання кривошипа (у відповідності з раніше прийнятими допущеннями про постійну кутову швидкість диска). Отже, маємо:

$$v_i = r \cdot \omega \cdot \left(\sin \varphi + \frac{\lambda}{2} \cdot \sin 2\varphi \right) \quad (\text{Б.18})$$

Складові швидкості візка представляють гармонічні функції кута φ , причому період гармонічних коливань як функції швидкості візка другого порядку в два рази менше періоду коливань як періодичної функції швидкості візка першого порядку.

Залежність швидкості переміщення візка та її складових від кута повороту кривошипа представлена на рис. Б.12, Б.13.

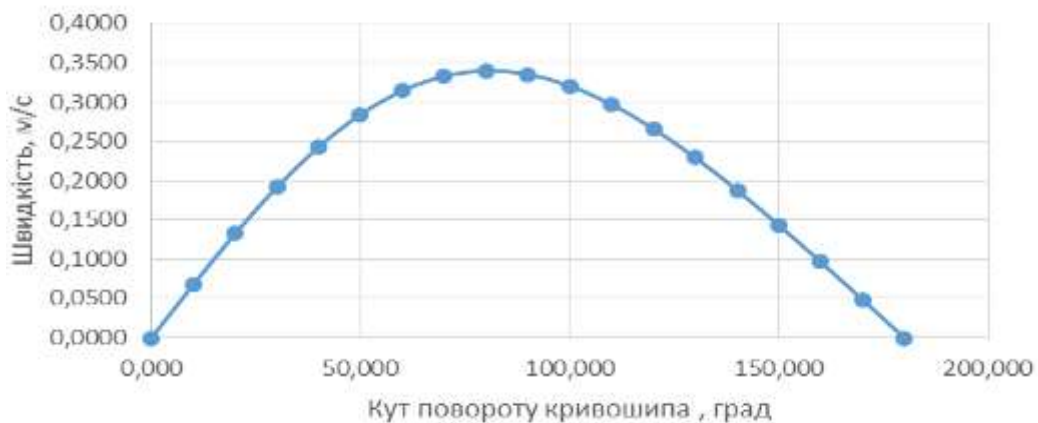


Рисунок Б.12 – Залежність швидкості переміщення візка від кута повороту кривошипа при 32 об/хв

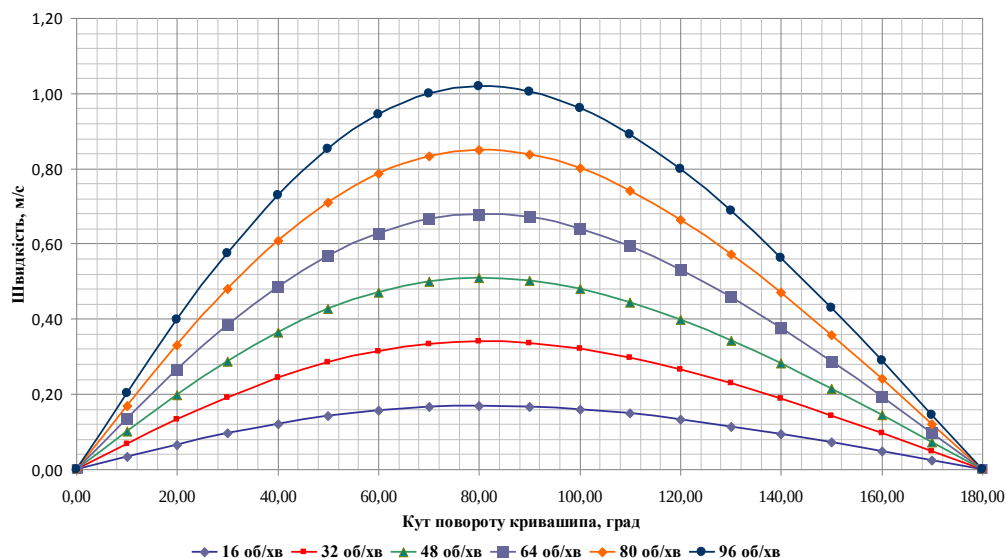


Рисунок Б.13 – Залежностей швидкостей переміщення візка в залежності від кута повороту кривошипа при різних кутових швидкостях

На рисунку Б.13 відображено як змінюється швидкість переміщення візка при різних кутових швидкостях. На основі цієї номограми можна зробити висновок, що з підвищенням кутової швидкості секторного пресу швидкість переміщення візка також збільшується.

Результати розрахунків переміщення і швидкості візка представлені в таблиці Б.8.

Таблица Б.8 – параметри переміщень і швидкості візка секторного пресу

№ п/п	φ , град	n , об/хв	n , об/с	t , с	$r=OB$, м	$L=AB$, м	ω , с ⁻¹	λ	$S=2r$, м	S_p , м	V , м/с
1	0,000	32,000	0,533	0,000	0,100	0,600	3,351	0,167	0,200	0,000	0,0000
2	10,000	32,000	0,533	0,052	0,100	0,600	3,351	0,167	0,200	0,002	0,0677
3	20,000	32,000	0,533	0,104	0,100	0,600	3,351	0,167	0,200	0,007	0,1326
4	30,000	32,000	0,533	0,156	0,100	0,600	3,351	0,167	0,200	0,015	0,1917
5	40,000	32,000	0,533	0,208	0,100	0,600	3,351	0,167	0,200	0,027	0,2429
6	50,000	32,000	0,533	0,260	0,100	0,600	3,351	0,167	0,200	0,041	0,2842
7	60,000	32,000	0,533	0,313	0,100	0,600	3,351	0,167	0,200	0,056	0,3144
8	70,000	32,000	0,533	0,365	0,100	0,600	3,351	0,167	0,200	0,073	0,3328
9	80,000	32,000	0,533	0,417	0,100	0,600	3,351	0,167	0,200	0,091	0,3396

Продовження таблиці Б.8

10	90,000	32,000	0,533	0,469	0,100	0,600	3,351	0,167	0,200	0,108	0,3351
11	100,000	32,000	0,533	0,521	0,100	0,600	3,351	0,167	0,200	0,125	0,3205
12	110,000	32,000	0,533	0,573	0,100	0,600	3,351	0,167	0,200	0,142	0,2969
13	120,000	32,000	0,533	0,625	0,100	0,600	3,351	0,167	0,200	0,156	0,2660
14	130,000	32,000	0,533	0,677	0,100	0,600	3,351	0,167	0,200	0,169	0,2292
15	140,000	32,000	0,533	0,729	0,100	0,600	3,351	0,167	0,200	0,180	0,1879
16	150,000	32,000	0,533	0,781	0,100	0,600	3,351	0,167	0,200	0,189	0,1434
17	160,000	32,000	0,533	0,833	0,100	0,600	3,351	0,167	0,200	0,195	0,0967
18	170,000	32,000	0,533	0,885	0,100	0,600	3,351	0,167	0,200	0,199	0,0486
19	180,000	32,000	0,533	0,938	0,100	0,600	3,351	0,167	0,200	0,200	0,0000

В таблиці наведені розрахунки швидкості візка лише при одному значенні кутової швидкості (32 об/хв). За допомогою програми Microsoft Office Excel є можливість порахувати швидкість переміщення візка при різних величинах n , об/хв. (рис. Б.14).

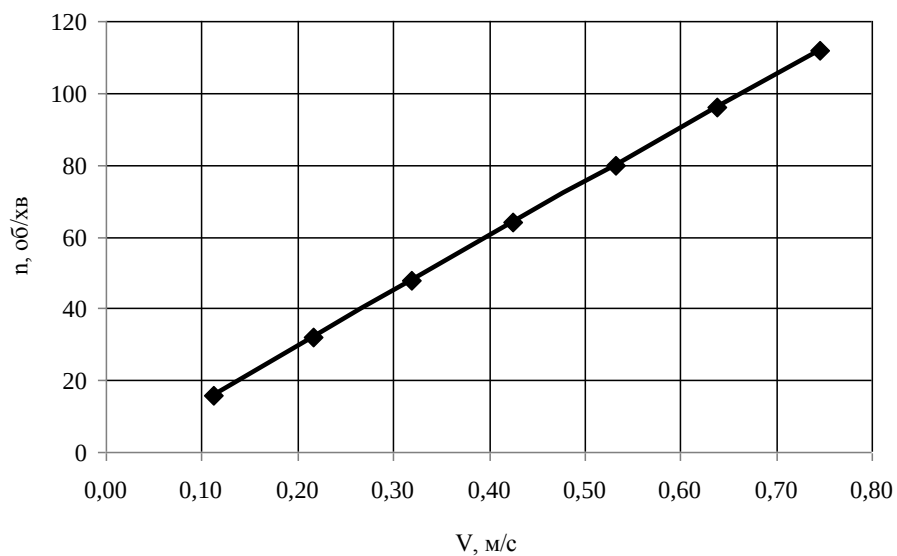


Рисунок Б.14 – Залежність швидкості переміщення візка від кількості обертів за хвилину

Із виразу (Б.18) та його графічного зображення на рис.Б.14, можна визначити, що найбільше значення швидкості візка першого порядку $v_{n1max} = r\omega$ відповідає куту $\varphi=90^\circ$, тобто швидкість візка дорівнює обертовій швидкості осі, а шатун при цьому куті має тільки поступальне переміщення

вздовж осі направляючих візка. Однак ця швидкість не є максимальною, а найбільше значення швидкості візка v_{nmax} відповідає куту $\varphi_{v_{nmax}} < 90^\circ$. При $\varphi = 0^\circ$ (A_1) та $\varphi = 180^\circ$ (A_2) швидкість візка дорівнює нулю, так як на цих точках змінюється напрямлення руху візка.

Значення $v_{n \max}$ і $\varphi_{v \max}$ виходить з виразу при дослідженні його на максимум:

$$\frac{dv_I}{dt} = r \cdot \omega^2 \cos \varphi_{v_I \max} + 2 \frac{\lambda \cdot r \cdot \omega^2}{2} \cos 2\varphi_{v_I \max} = r \cdot \omega (\cos \varphi_{v_I \max} + \lambda \cos 2\varphi_{v_I \max}) = 0 \quad (Б.19)$$

Так як $\cos 2\varphi_{v_I \max} = 2\cos^2 \varphi_{v_I \max} - 1$, тому

$$\cos 2\varphi_{v_I \max} + \lambda \cdot (2\cos^2 \varphi_{v_I \max} - 1) = 0, \quad (Б.20)$$

Звідси

$$\cos 2\varphi_{v_I \max} = -1 \frac{1}{4\lambda} + \sqrt{\left(\frac{1}{4\lambda}\right)^2 + \frac{1}{2}}. \quad (Б.21)$$

Підставляючи значення $\varphi_{v_I \max}$ в формулу (Б.9), отримаємо найбільше значення швидкості візка $v_{n \max}$. Часто приймають, що швидкість $v_{n \max}$ відповідає положенню КШМ, при якому шатун і кривошип перпендикулярні один до одного, тобто коли $\varphi + \beta = 90^\circ$.

Величина перевищення максимальної швидкості візка над кільцевою швидкістю осі шатунної шийки кривошипа пропорційна значенню λ

$$\frac{v_{I \max}}{v_{I_1 \max}} = \frac{r\omega \cdot \left(\sin \varphi_{v_I \max} + \frac{\lambda}{2} \sin 2\varphi_{v_I \max} \right)}{r\omega} = \sin \varphi_{v_I \max} + \frac{\lambda}{2} \sin 2\varphi_{v_I \max}. \quad (Б.22)$$

Швидкість візка також можна визначити графічним способом безпосередньо по схемі КШМ. Вона пропорційна відрізу, що відсікається поздовжньою віссю шатуна на діаметрі круга кривошипа, перпендикулярному осі направляючих візка (рис. Б.10).

Якщо D – миттєвий центр обертання шатуна, то

$$\frac{v_I}{v_A} = \frac{v_I}{r \cdot \omega} = \frac{A_1 \cdot D \cdot \omega_D}{D \cdot B \cdot \omega_D} = \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\sin(90^\circ - \beta)} \quad (\text{Б.23})$$

$$\text{Звідки } v_I = r \cdot \omega \cdot \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta}.$$

Із подібності трикутників A_1DB та OBH

$$\frac{OH}{OB} = \frac{A_1 \cdot D}{D \cdot B} = \frac{v_I}{r \cdot \omega} \quad \text{чи} \quad v_I = r \cdot \omega \frac{OH}{OB} \quad (\text{Б.24})$$

Таким чином, швидкість шатуна пропорційна відрізу OH , відсіченому поздовжньою віссю шатуна на діаметрі, перпендикулярному осі направляючих візка.

Виходячи з [491], тривалість дії навантаження від площі контакту колеса транспортного засобу, що рухається зі швидкістю V_n , можна визначити за залежністю:

$$t_H = \frac{a}{V_n}, \text{ с}^{-1} \quad (\text{Б.23})$$

де a – середнє значення діаметру відбитку контакту колеса, м;

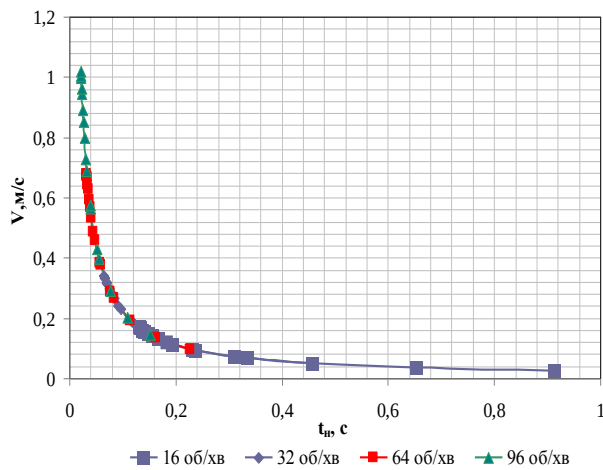
V_n – середня швидкість з якою рухається транспортний засіб, м/с.

Результати розрахунку тривалості дії навантаження на асфальтобетон представлені в таблиці Б.9.

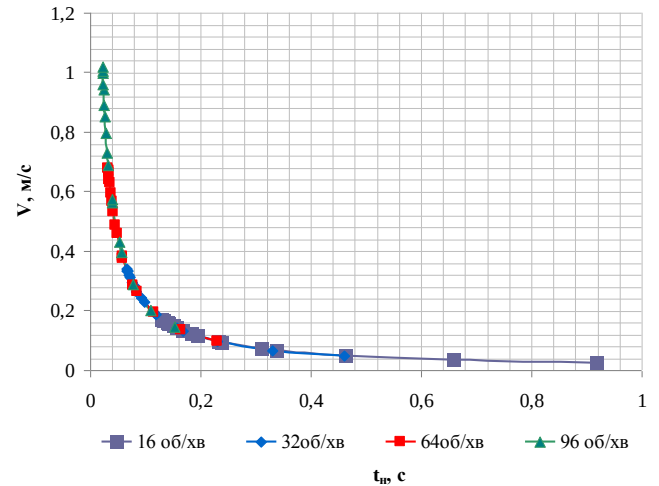
Таблиця Б.9 – Результати часу дії навантаження в залежності від різного навантаження та виду колеса

№ п/п	Навантаження, Н	$V_{\text{сер}},$ м/с	Діаметр відбитку колеса, мм	Діаметр відбитку колеса, м	Середній час дії навантаження t_n , с
Металеве колесо					
1	400	0,2128	20,8	0,0208	0,097748
2	500	0,2128	23,3	0,0233	0,109492
3	600	0,2128	22,65	0,02265	0,106438
4	700	0,2128	22,15	0,02215	0,104088
5	800	0,2128	25,9	0,0259	0,121711
6	900	0,2128	23,75	0,02375	0,111607
7	1000	0,2128	25,55	0,02555	0,120066
8	1100	0,2128	26,3	0,0263	0,12359
9	1200	0,2128	28	0,028	0,131579
10	1300	0,2128	28,3	0,0283	0,132989
Огумлене колесо					
11	400	0,2128	22,92	0,02292	0,107707
12	500	0,2128	22,25	0,02225	0,104558
13	600	0,2128	23,63	0,02363	0,111043
14	700	0,2128	22,33	0,02233	0,104934
15	800	0,2128	25,14	0,02514	0,118139
16	900	0,2128	17,09	0,01709	0,08031
17	1000	0,2128	27,04	0,02704	0,127068
18	1100	0,2128	30,17	0,03017	0,141776
19	1200	0,2128	32,16	0,03216	0,151128
20	1300	0,2128	33,68	0,03368	0,158271
21	1400	0,2128	35,8	0,0358	0,168233
Примітка: наведені дані відповідають кутовій швидкості кривошипа 32 об/хв.					

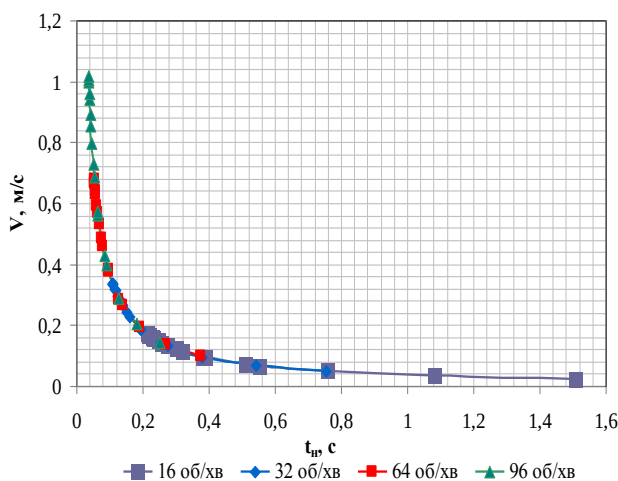
За допомогою програми Microsoft Office Excel дізнавшись швидкості переміщення візка (V , м/с) та часу дії навантаження (t_n , с) при різних кутових швидкостях (об/хв) графічно можна зобразити залежності часу дії навантаження колеса від швидкості переміщення візка при різних значеннях кутової швидкості секторного пресу (рис. Б.15 – Б.17).



Рисунки Б.15 – Залежність часу дії навантаження металевого колеса від швидкості переміщення візка при різних кількості обертів за хвилину (кутовій швидкості)



Рисунки Б.16 – Залежність часу дії навантаження огуμένου колеса від швидкості переміщення візка при різних кількості обертів за хвилину (кутовій швидкості)



Рисунки Б.17 – Залежність часу дії навантаження пневмоколонеса від швидкості переміщення візка при різних кількості обертів за хвилину (кутовій швидкості)

На рис. Б.15 – Б.17 навантаження, що діє на зразок асфальтобетону становить 700 Н. З наведених номограм (рис. Б.15 – Б.17) можна зробити висновок, що зі збільшенням швидкості переміщення візка зменшується час дії навантаження.

Б.6 Статичні методи планування експериментальних досліджень

Плани другого порядку квадратичних моделей, близькі до D – оптимальних типу B_n , знайшли найбільш широке використання, порівняно з ортогональними та рототабельними планами Бокса. Вони відрізняються від інших планів другого порядку меншою кількістю дослідів та можливістю отримання оцінки коефіцієнтів регресії з мінімальними дисперсіями.

Отже, для побудови математичної моделі (рівняння регресії) визначення глибини колії асфальтобетонного покриття скористаємося повним факторним планом і планом типу B_n для квадратичних моделей.

При побудові плану повнофакторного експерименту для отримання математичних моделей, з варіюванням змінних факторів на двох рівнях, число необхідних експериментів рівне 2^k , де k - кількість факторів. У разі переходу до планів типу B_n для квадратичних моделей, кількість експериментів визначається як $2^k + 2k$.

Таким чином, при визначенні глибини колії асфальтобетонного покриття у даному дослідженні мінімальна кількість чисельних дослідів повинна складати $2^4 = 16$ для ядра плану. У разі необхідності до плану додаються 8 зіркових точок. Матриця планування чисельних експериментів для побудови математичних моделей оцінки глибини колії асфальтобетонного покриття приведена у (розділі 4).

Побудова на емпіричному рівні [518] математичної моделі типу (1), що описує залежність глибини колії асфальтобетонного покриття від дії факторів, які впливають на колієутворення у відповідності з матрицею планування (див. табл. 2), дозволить знайти величини глибини колії у характерних точках і вирішити задачу оптимізації процесу колієутворення.

Способом визначення коефіцієнтів математичної моделі є метод найменших квадратів (МНК), застосування якого обґрунтовано у [519].

Це значить, що вид моделі визначається наперед, оскільки структура „шуканої” емпіричної функції достеменно невідома. Підбір класу або типу

функцій здійснюється на основі апіорної інформації [520]. Вибір типу ММ на початку дослідження базується на гіпотезі про лінійний вплив факторів x_i на величину функції відгуку, що вивчається. Математичні моделі, отримані за даними експериментів є емпіричними (статистичними).

Оскільки статистичні математичні моделі призначені не для опису механізму явища ущільнення ґрунту, а для визначення поведінки системи, при виборі виду функції будемо виходити з принципу простоти [520]. Останньому найкраще відповідають поліноміальні моделі порядку m , які для k -змінних факторів записуються, як

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i x_i + \sum_{i=1}^k \sum_{i=1+1}^k a_{in} x_i x_n + \sum_{i=1}^k \sum_{i=1+1}^k \sum_{i=n+1}^k a_{inj} x_i x_n x_j + \dots + a_{12\dots k} x_1 x_2 \dots x_k + \zeta \quad (\text{Б.24})$$

де $a_0, a_i, a_{in}, a_{inj}$ – коефіцієнти значущості поліноміальної моделі

У математичну модель введений доданок ζ , який відображає вплив випадкових факторів на результати розрахунку коефіцієнтів значущості моделі. Величина ζ це похибка моделі або залишок. Ця величина випадкова її математичне очікування дорівнює нулю, а дисперсія $S_y^2 \neq 0$.

У результаті оцінки результатів за такою моделлю має бути реалізований принцип відповідності або принцип адекватності моделі [520]. У разі неадекватності залежності (Б.24), розглядається можливість побудови квадратичної моделі:

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i x_i + \sum_{i=1}^k a_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{i=i+1}^k a_{in} x_i x_n + \zeta \quad (\text{Б.25})$$

Перевірка закону розподілу експериментальних значень в кожній серії повторних дослідів проводилась шляхом порівняння відношень дисперсій кожного планового досліду до сумарної дисперсії експерименту з табличним

значенням Кохрена [494], при перевищенні значення якого експерименти, результати яких відповідають неоднорідним дисперсіям, повторювались заново, а в іншому випадку гіпотеза про однорідність дисперсій приймалася.

Перевірка дисперсій по критерію Кохрена полягає у наступному. Серед визначених оцінок дисперсій знайдено максимальну та визначено відношення найбільшої оцінки дисперсій до суми всіх оцінок дисперсій:

$$G = \frac{S_{\max}^2}{\sum_{i=1}^N S_i^2}. \quad (\text{Б.26})$$

де $S_{\max}^2$ – найбільша оцінка дисперсій експериментів;

$\sum_{i=1}^N S_i^2$ – сума оцінок дисперсій всіх дослідів.

Числа ступенів вільності визначалися як $f_1 = n - 1$ та $f_2 = N$, де n – кількість дублів в одній точці експерименту; N – кількість точок плану експериментів.

Величина табличного критерію Кохрена $G_{\text{кр}}$ знаходиться на основі спеціальних таблиць [494], при рівні значимості $\alpha = 0,05$ та порівнюється величиною G .

Виконання умови $G \leq G_{\text{кр}}$ дозволяє вважати дисперсії однорідними.

Оцінка коефіцієнтів значущості a_0 , a_i , a_{in} , a_{inj} при змінних факторах в рівняннях (Б.24 або Б.25) виконується на основі даних повного факторного експерименту у послідовності [494]:

$$B = Y\Phi^{-1}, \quad (\text{Б.27})$$

де $B = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \dots \\ a_k \end{bmatrix}$ – вектор-стовпець, що містить коефіцієнти регресії;

$\Phi = F^T F$ – інформаційна матриця Фішера;

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_N \end{bmatrix} \text{ – вектор-стовпець, що містить результати експериментів за матрицею}$$

планування (табл. 2.);

$$F = \begin{bmatrix} 1 & x_{1,1} & \dots & x_{1,k} \\ 1 & x_{2,1} & \dots & x_{2,k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_{N,1} & \dots & x_{N,k} \end{bmatrix} \text{ – матриця плану або регресійна матриця, що}$$

містить значення факторів $x_{i,j}$ (де i – номер дослідів за матрицею планування, j – номер фактора);

k – кількість факторів;

N – кількість дослідів за матрицею планування.

Після обчислення коефіцієнтів регресії, виконується статистична перевірка значущості цих коефіцієнтів і перевірка адекватності отриманих моделей. Статистичний аналіз точності коефіцієнтів значущості має своєю метою виключити з емпіричної формули фактори або їхні взаємодії, що несуттєво впливають на функцію відгуку. Значущість коефіцієнтів перевіряється за допомогою довірчого інтервалу [494, 495]:

$$|a_i| < \Delta = S_\sigma \cdot \sqrt{c_{ii}} \cdot t_{\alpha,t}, \quad (\text{Б.28})$$

де S_σ – середньоквадратична похибка функції відгуку;

c_{ii} – діагональний елемент матриці $([X^T] \cdot [X])^{-1}$;

$t_{\alpha,t}$ – критерій Стюдента при заданому рівні значущості α і числі ступенів вільності f дисперсії S_σ^2 . Рівень значущості α при визначенні довірчих інтервалів

для коефіцієнтів математичних моделей у даній роботі згідно рекомендаціям [497] прийнято 0,95.

Для визначення дисперсії відтворюваності значень глибини колії, яка необхідна для оцінки однорідності результатів планових факторних експериментів, скористаємося формулою:

$$S_{\text{відтв}}^2 = \frac{1}{f_3} \sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^N (\sigma_i - \bar{\sigma}_i)^2 \quad (\text{Б.29})$$

де f_3 – ступінь вільності дисперсії відтворюваності експерименту,
 $f_3 = N(n - 1)$;

σ_i – глибини колії в i -й точці плану експерименту;

$\bar{\sigma}_i$ – математичне очікування в i -й точці плану експерименту.

Адекватність математичних моделей перевіряють на підставі критерію Фішера (F - критерій) [498]. У разі, коли гіпотеза про адекватність моделі підтверджується, то відношення $S_{\text{ад}}^2 / S_{\text{відтв}}^2$ менше критичного значення F - критерію, який визначається по стовпцях залежно від вибраного рівня значущості α , числа ступенів вільності f , дисперсії функції відгуку y_i та числа ступенів вільності дисперсії адекватності:

$$f_{\text{ад}} = N - k, \quad (\text{Б.30})$$

де k – кількість значущих коефіцієнтів рівняння регресії;

Незмщеною оцінкою дисперсії адекватності $S_{\text{ад}}^2$ є:

$$S_{\text{ад}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (\sigma_i - \bar{\sigma}_i)^2}{(N - k)}. \quad (\text{Б.31})$$

де $\hat{\sigma}_3$ – значення глибини колії отриманого в i -й точці плану експериментів.

Число ступенів вільності дисперсії відтворюваності $f_{\text{відтв}}$ визначається числом ступенів вільності дисперсії відтворюваності глибини колії.

Перевірку одержаної математичної моделі (3.10) визначення глибини колії, на однорідність дисперсій (за критерієм Кохрена), значущості коефіцієнтів регресії (за критерієм Стюдента), адекватності отриманого рівняння (за критерієм Фішера), виконано на основі викладеної методики.

Б.7 Дані експериментальних досліджень термо - в'язко - пружних властивостей асфальтобетону

Типові криві функції релаксації асфальтобетону типу Г (рис. Б.17 – Б.27) та ЩМА - 10 (рис. Б.28 – Д.38).

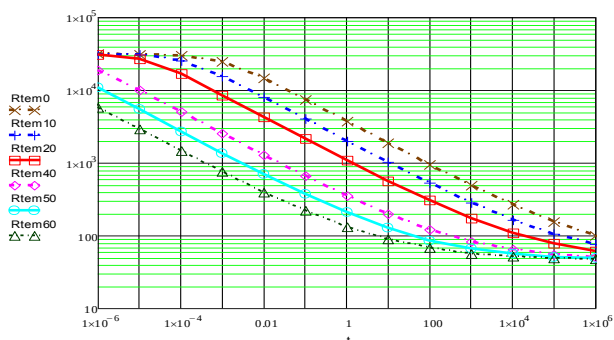


Рисунок Б. 17 – Криві функції релаксації асфальтобетону тип Г (6-Г); □-експериментальні точки при 20 °С; ×-теж при 0 °С; точки отримані методом температурно – часової аналогії

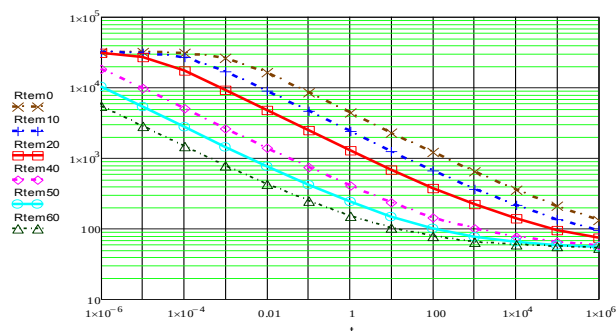


Рисунок Б. 18 – Криві функції релаксації асфальтобетону тип Г (6.1-Г-2В); □-експериментальні точки при 20 °С; ×-теж при 0 °С; точки отримані методом температурно – часової аналогії

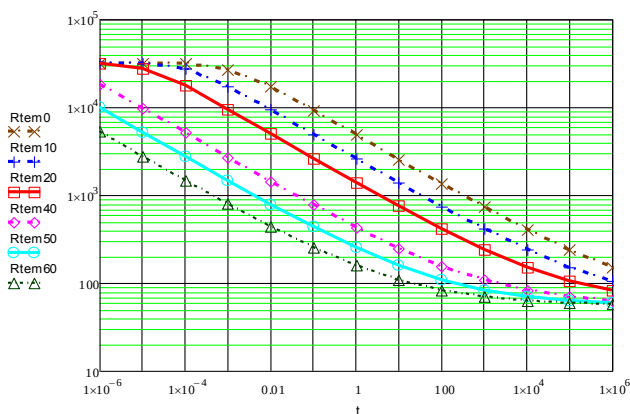


Рисунок Б. 19 – Криві функції релаксації асфальтобетону тип Г (6.2-Г-4В); $\square$ -експериментальні точки при 20 °С; $\times$ -теж при 0 °С; точки отримані методом температурно – часової аналогії

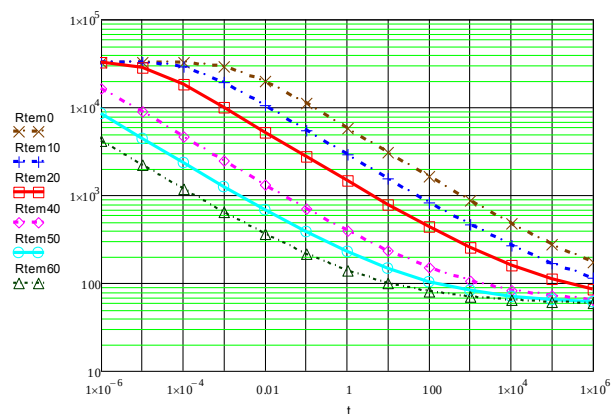


Рисунок Б. 20 – Криві функції релаксації асфальтобетону тип Г (6.3-Г-6В); $\square$ -експериментальні точки при 20 °С; $\times$ -теж при 0 °С; точки отримані методом температурно – часової аналогії

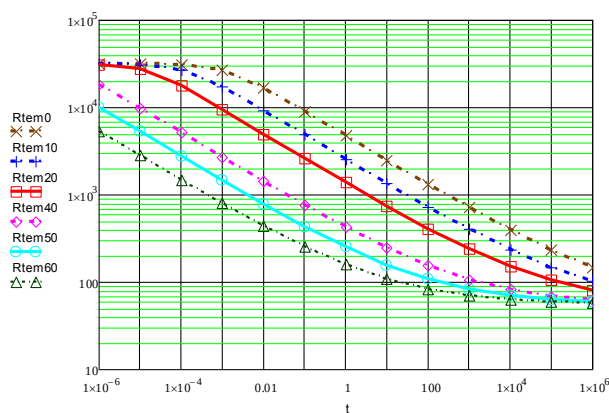


Рисунок Б. 21 – Криві функції релаксації асфальтобетону тип Г (6.4-Г-1К); $\square$ -експериментальні точки при 20 °С; $\times$ -теж при 0 °С; точки отримані методом температурно – часової аналогії

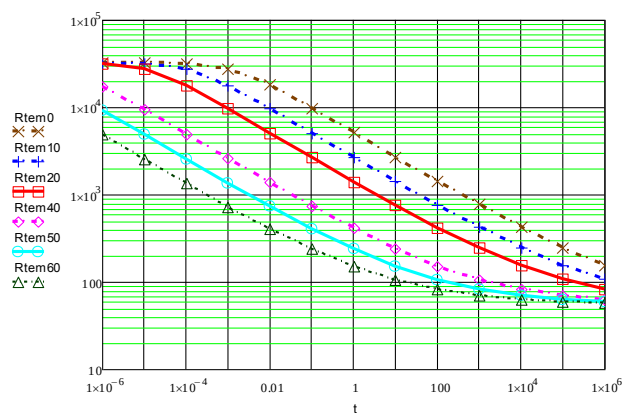


Рисунок Б. 22 – Криві функції релаксації асфальтобетону тип Г (6.5-Г-3К); $\square$ -експериментальні точки при 20 °С; $\times$ -теж при 0 °С; точки отримані методом температурно – часової аналогії

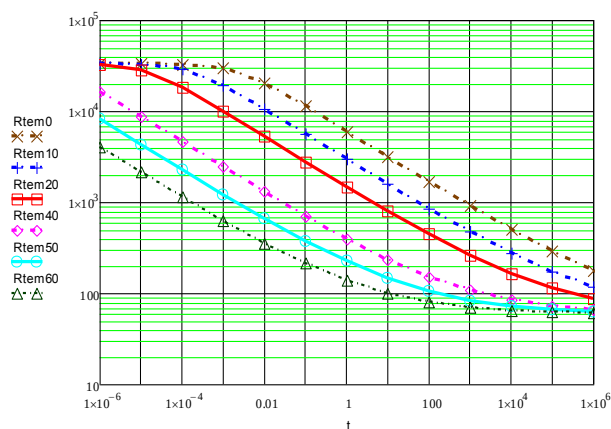


Рисунок Б. 23 – Криві функції релаксації асфальтобетону тип Г (6.6-Г-5K); $\square$ -експериментальні точки при 20 °C; $\times$ -теж при 0 °C; точки отримані методом температурно – часової аналогії

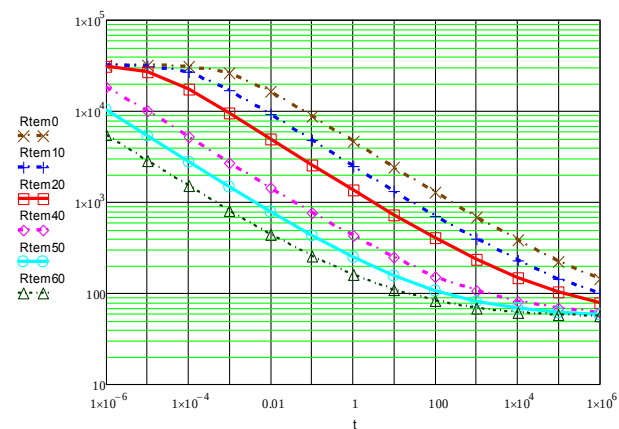


Рисунок Б. 24 – Криві функції релаксації асфальтобетону тип Г (6.7-Г-1E); $\square$ -експериментальні точки при 20 °C; $\times$ -теж при 0 °C; точки отримані методом температурно – часової аналогії

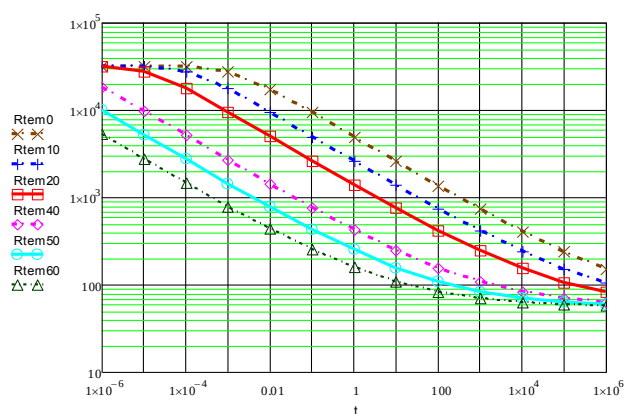


Рисунок Б. 25 – Криві функції релаксації асфальтобетону тип Г (6.8-Г-1,5E); $\square$ -експериментальні точки при 20 °C; $\times$ -теж при 0 °C; точки отримані методом температурно – часової аналогії

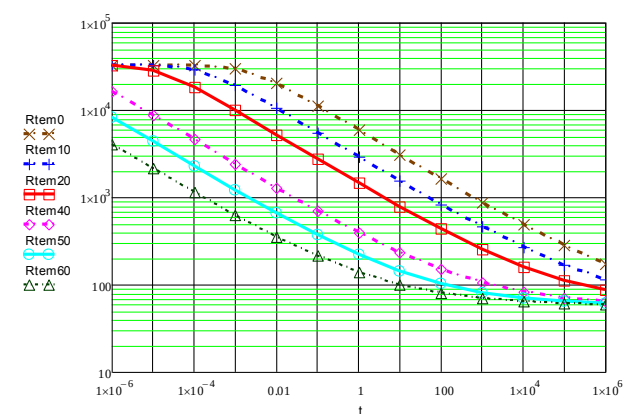


Рисунок Б. 26 – Криві функції релаксації асфальтобетону тип Г (6.9-Г-2E); $\square$ -експериментальні точки при 20 °C; $\times$ -теж при 0 °C; точки отримані методом температурно – часової аналогії

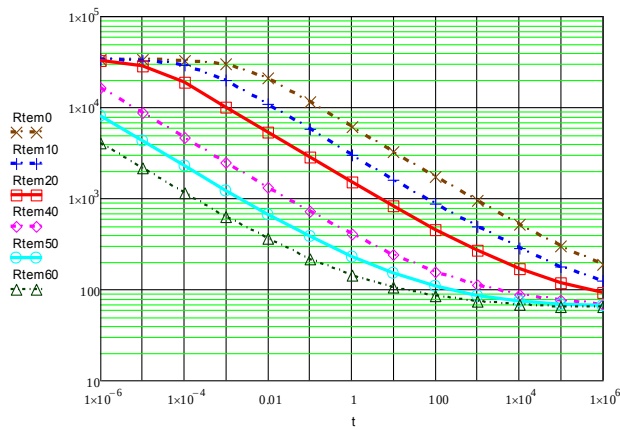


Рисунок Б. 27 – Криві функції релаксації асфальтобетону тип Г(6.10-Г-П); $\square$ -експериментальні точки при 20 °С; $\times$ -теж при 0 °С; точки отримані методом температурно – часової аналогії

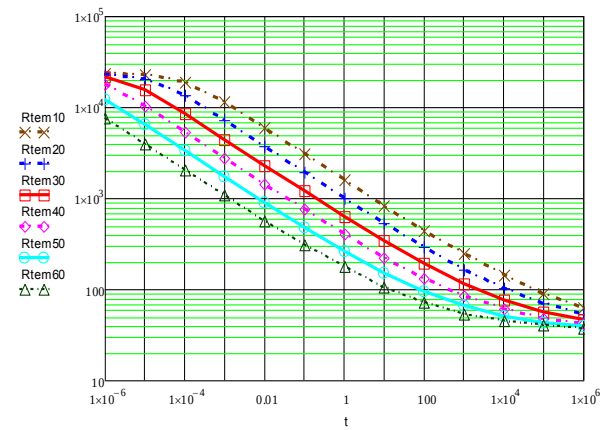


Рисунок Б. 28 – Криві функції релаксації щебенево-мастикового асфальтобетону ЩМА - 10 (2-ЩМА-10); $\square$ -експериментальні точки при 20 °С; $\times$ -теж при 0 °С; точки отримані методом температурно – часової аналогії

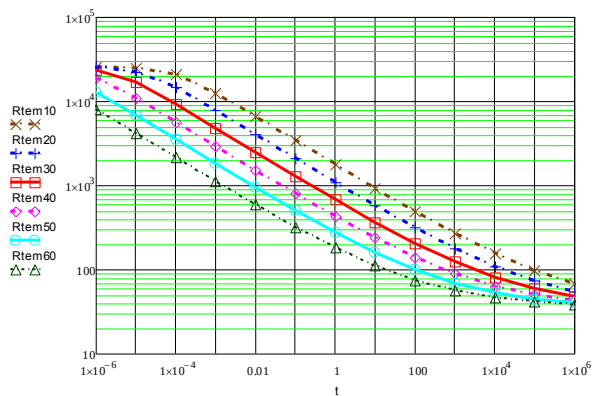


Рисунок Б. 29 – Криві функції релаксації щебенево-мастикового асфальтобетону ЩМА - 10 (2.1-ЩМА-10-2В); $\square$ -експериментальні точки при 20 °С; $\times$ -теж при 0 °С; точки отримані методом температурно – часової аналогії

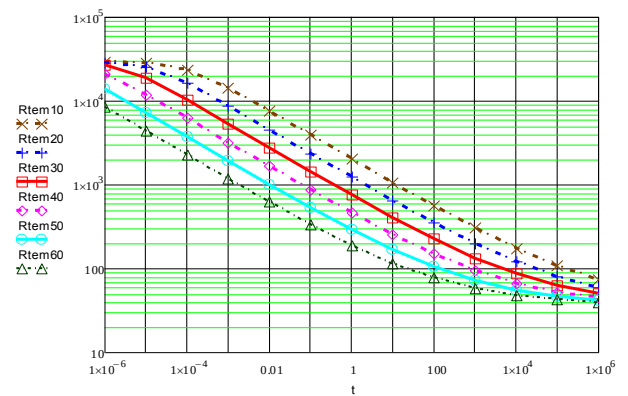


Рисунок Б. 30 – Криві функції релаксації щебенево-мастикового асфальтобетону ЩМА - 10 (2.2-ЩМА-10-4В); $\square$ -експериментальні точки при 20 °С; $\times$ -теж при 0 °С; точки отримані методом температурно – часової аналогії

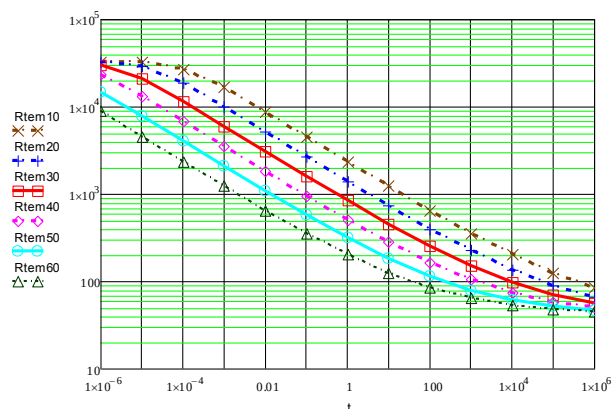


Рисунок Б. 31 – Криві функції релаксації щебеневово-мастикового асфальтобетону ЩМА - 10 (2.3-ЩМА-10-6В); $\square$ -експериментальні точки при 20 °С; $\times$ -теж при 0 °С; точки отримані методом температурно – часової аналогії

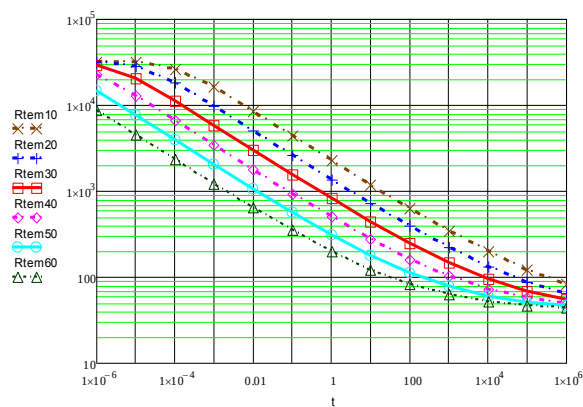


Рисунок Б. 32 – Криві функції релаксації щебеневово-мастикового асфальтобетону ЩМА – 10 (2.4-ЩМА-10-1К); $\square$ -експериментальні точки при 20 °С; $\times$ -теж при 0 °С; точки отримані методом температурно – часової аналогії

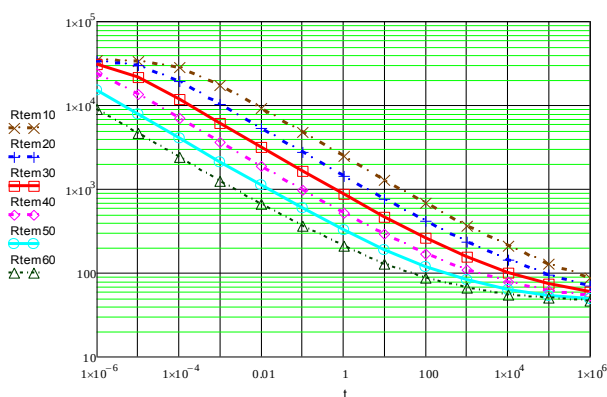


Рисунок Б. 33 – Криві функції релаксації щебеневово-мастикового асфальтобетону ЩМА - 10 (2.5-ЩМА-10-3К); $\square$ -експериментальні точки при 20 °С; $\times$ -теж при 0 °С; точки отримані методом температурно – часової аналогії

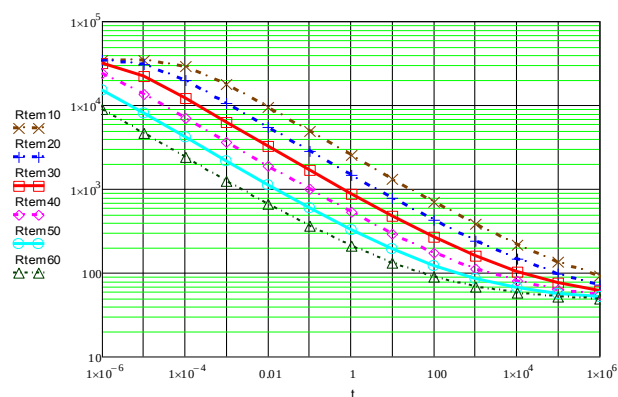


Рисунок Б. 34 – Криві функції релаксації щебеневово-мастикового асфальтобетону ЩМА - 10 (2.6-ЩМА-10-5К); $\square$ -експериментальні точки при 20 °С; $\times$ -теж при 0 °С; точки отримані методом температурно – часової аналогії

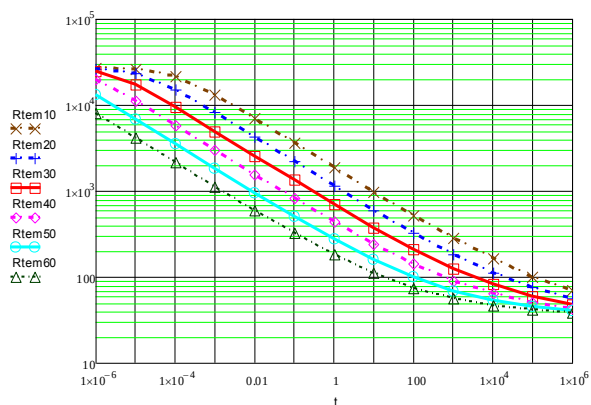


Рисунок Б. 35 – Криві функції релаксації щебенево-мастикового асфальтобетону ЩМА - 10 (2.7-ЩМА-10-1Е); $\square$ -експериментальні точки при 20 °С; $\times$ -теж при 0 °С; точки отримані методом температурно – часової аналогії

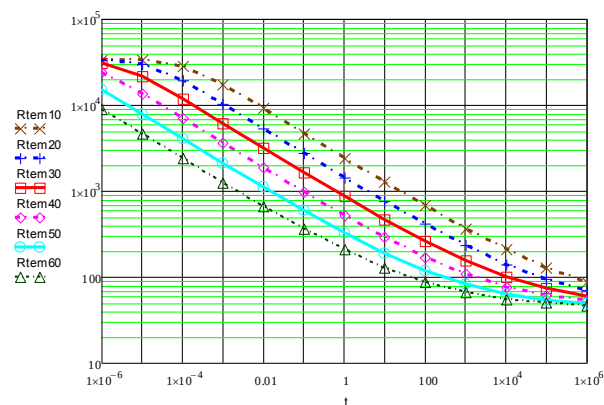


Рисунок Б. 36 – Криві функції релаксації щебенево-мастикового асфальтобетону ЩМА - 10 (2.8-ЩМА-10-1,5Е); $\square$ -експериментальні точки при 20 °С; $\times$ -теж при 0 °С; точки отримані методом температурно – часової аналогії

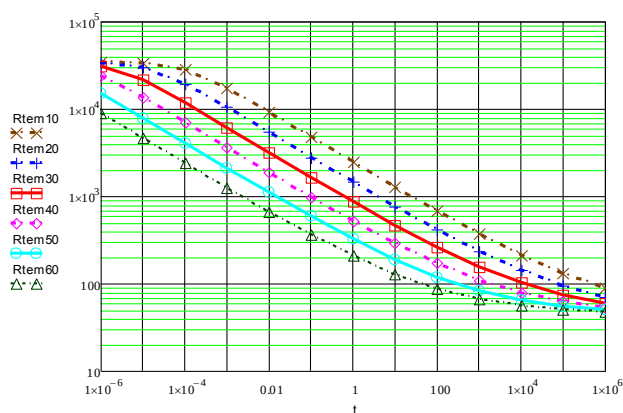


Рисунок Б. 37 – Криві функції релаксації щебенево-мастикового асфальтобетону ЩМА - 10 (2.9-ЩМА-10-2Е); $\square$ -експериментальні точки при 20 °С; $\times$ -теж при 0 °С; точки отримані методом температурно – часової аналогії

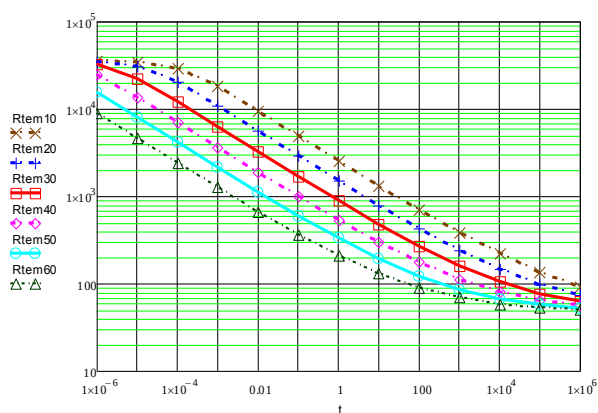


Рисунок Б. 38 – Криві функції релаксації щебенево-мастикового асфальтобетону ЩМА - 10 (2.10-ЩМА-10-П); $\square$ -експериментальні точки при 20 °С; $\times$ -теж при 0 °С; точки отримані методом температурно – часової аналогії

Типові криві функції повзучості асфальтобетону типу Г (рис. Б.39 – Б.42) та ЦМА -10 (рис. Б.43 – Д.46).

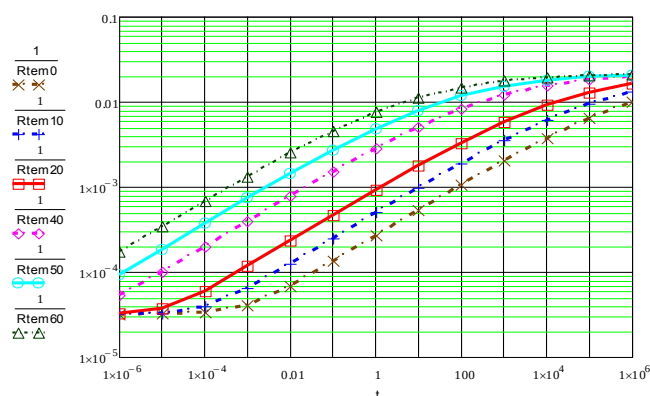


Рисунок Б. 39 – Криві функції повзучості асфальтобетону тип Г (6-Г); □-експериментальні точки при 20 °С; ×-теж при 0 °С; точки отримані методом температурно – часової аналогії

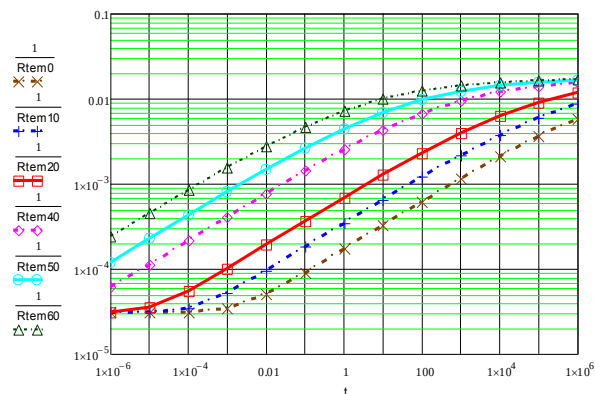


Рисунок Б. 40 – Криві функції повзучості асфальтобетону тип Г (6.3-Г-6В); □-експериментальні точки при 20 °С; ×-теж при 0 °С; точки отримані методом температурно – часової аналогії

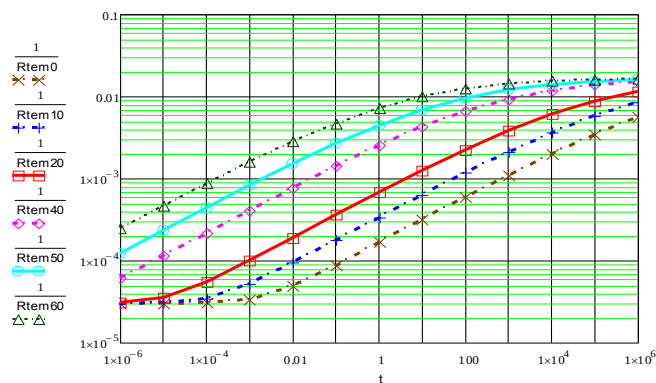


Рисунок Б. 41 – Криві функції повзучості асфальтобетону тип Г (6.6-Г-5К); □-експериментальні точки при 20 °С; ×-теж при 0 °С; точки отримані методом температурно – часової аналогії

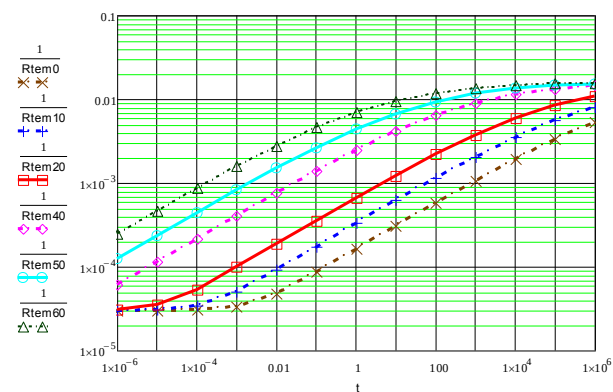


Рисунок Б. 42 – Криві функції повзучості асфальтобетону тип Г(6.10-Г-П); □-експериментальні точки при 20 °С; ×-теж при 0 °С; точки отримані методом температурно – часової аналогії

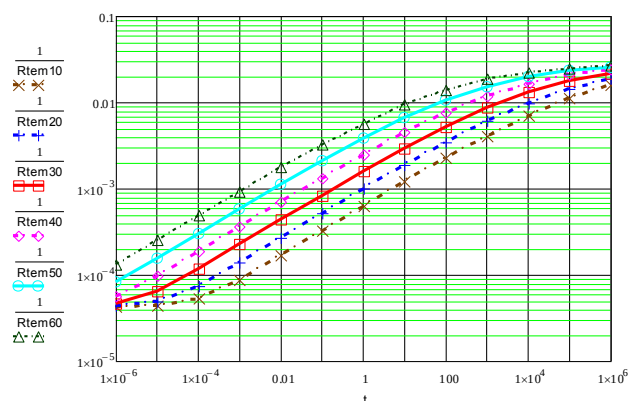


Рисунок Б. 43 – Криві функції повзучості щебенево-мастикового асфальтобетону ЩМА - 10 (2-ЩМА-10); $\square$ -експериментальні точки при 20 °С; точки отримані методом температурно – часової аналогії

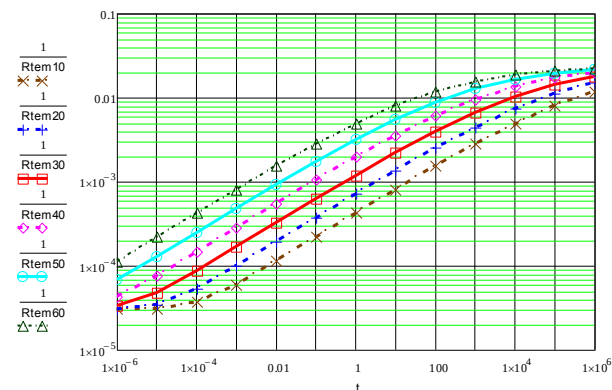


Рисунок Б. 44 – Криві функції повзучості щебенево-мастикового асфальтобетону ЩМА - 10 (2.3-ЩМА-10-6В); $\square$ -експериментальні точки при 20 °С; точки отримані методом температурно – часової аналогії

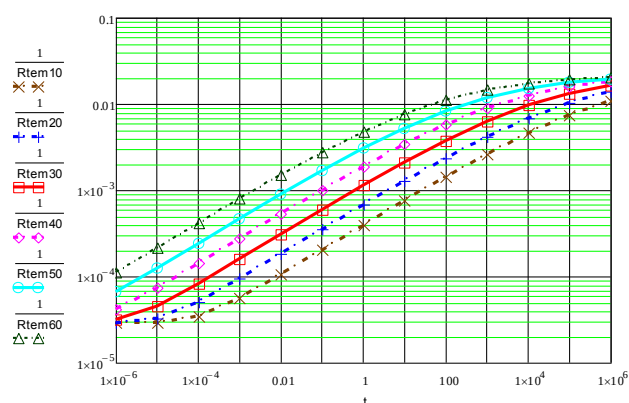


Рисунок Б. 45 – Криві функції повзучості щебенево-мастикового асфальтобетону ЩМА - 10 (2.6-ЩМА-10-5К); $\square$ -експериментальні точки при 20 °С; точки отримані методом температурно – часової аналогії

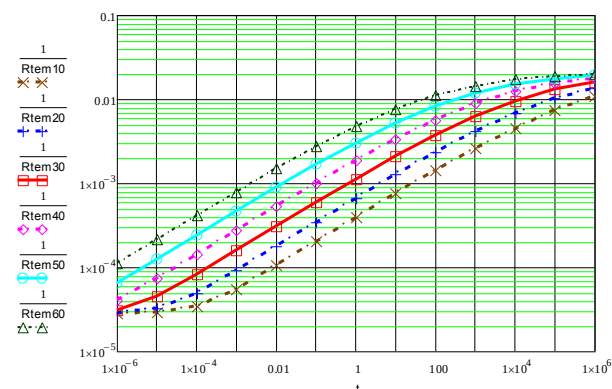


Рисунок Б. 46 – Криві функції повзучості щебенево-мастикового асфальтобетону ЩМА - 10 (2.10-ЩМА-10-П); $\square$ -експериментальні точки при 20 °С; точки отримані методом температурно – часової аналогії

Експериментально встановлений коефіцієнт температурно-часового зміщення та температурної чутливості наведено в табл. Б.10, Б.11.

Таблиця Б. 10 – Експериментально встановлено коефіцієнти температурно-часового зміщення $\alpha_T(T)$ і температурної чутливості p при $Q=20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Шифр складу	$\ln \alpha_T(T)$ при (в $^{\circ}\text{C}$)		p , град $^{-1}$
	10	0	
тип Г (6-Г)	4,222	8,451	0,422
тип Г (6.1-Г-2В)	3,691	7,368	0,368
тип Г(6.2-Г-4В)	2,821	5,641	0,284
2-ЩМА-10	3,779	7,576	0,378
2.1-ЩМА-10-2В	3,145	6,286	0,315
2.2-ЩМА-10-4В	2,536	5,066	0,253

Таблиця Б. 11 – Результати визначення відносного відхилення між значеннями прямої і оберненої функції повзучості

Шифр складу	T , $^{\circ}\text{C}$	Значення δ (в %) при значеннях t (в с)				Середні значення δ (в %)
		1	10	100	1000	
1	2	3	4	5	6	7
тип Г (6-Г)	20	8,52	8,37	9,78	8,74	8,8
	0	6,74	6,66	5,71	5,70	6,2
тип Г (6.1-Г-2В)	20	8,19	8,68	8,28	8,14	8,3
	0	5,97	5,77	5,40	6,66	5,9
тип Г(6.2-Г-4В)	20	7,29	8,61	7,95	7,48	7,84
	0	4,65	5,63	5,36	6,89	5,6
2-ЩМА-10	20	7,99	8,24	7,89	10,48	8,65
	0	5,39	6,35	5,54	6,79	6,0
2.1-ЩМА-10-2В	20	8,08	6,87	7,86	10,09	8,2
	0	5,29	4,99	6,89	5,9	5,7
2.2-ЩМА-10-4В	20	7,41	6,83	7,06	7,96	7,3
	0	4,97	5,12	5,13	6,13	5,33

Залежність коефіцієнта температурно-часової аналогії в залежності від виду асфальтобетону та кількості полімерного модифікатора наведено на рис. Б.47 – Б.49.

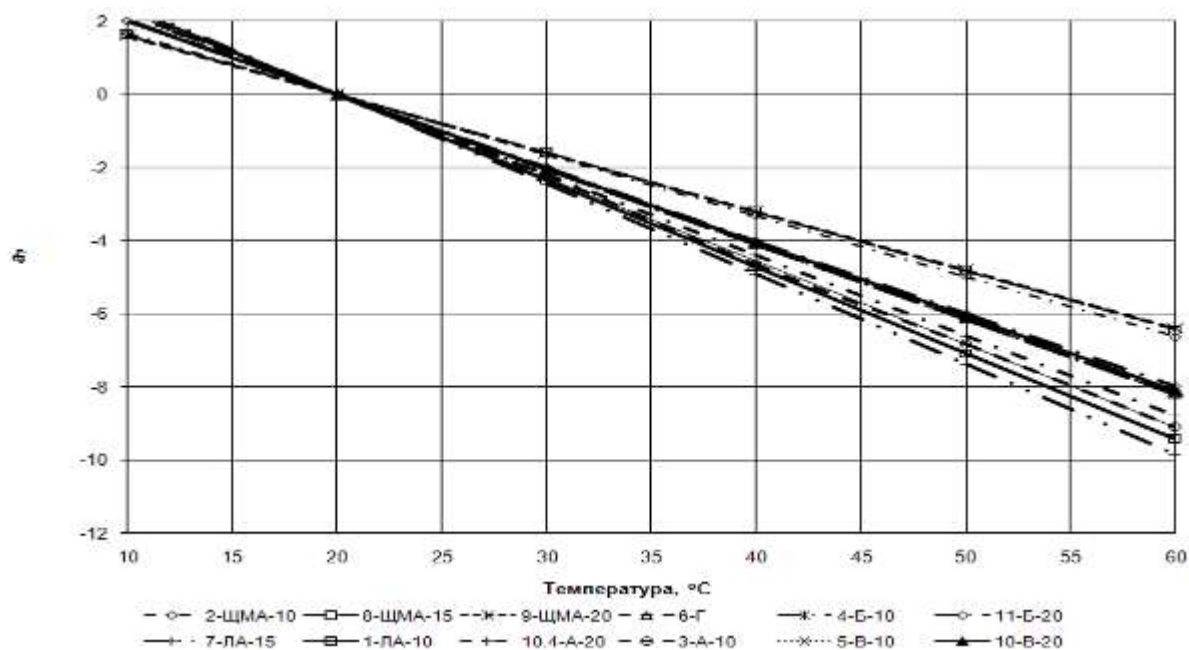


Рисунок Б.47 – Залежність коефіцієнта температурно-часової аналогії в залежності від виду асфальтобетону

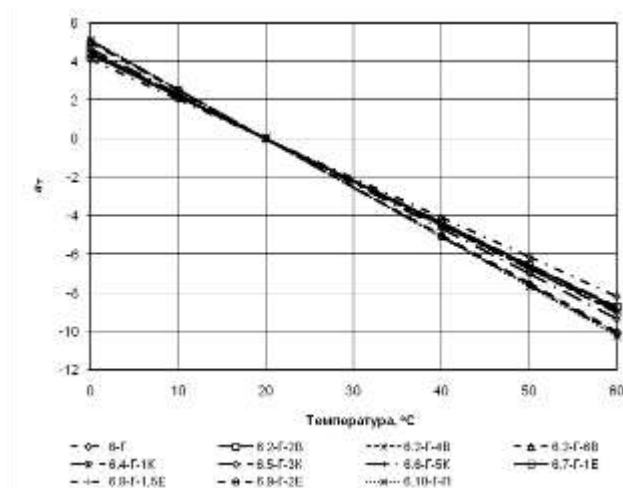


Рисунок Б.48 – Залежність коефіцієнта температурно-часової аналогії в залежності від кількості полімерного модифікатора в асфальтобетоні типу Г

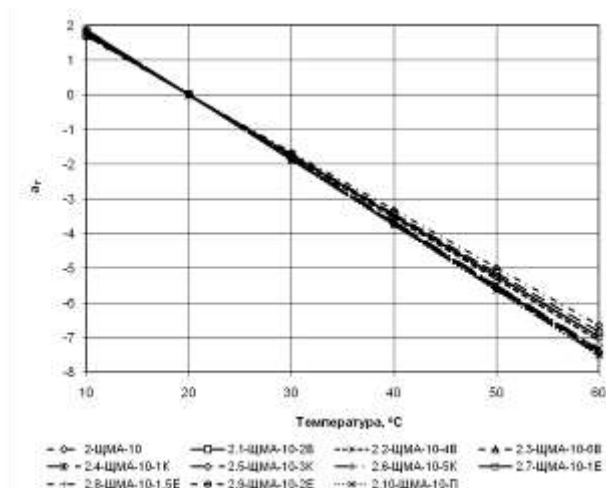


Рисунок Б.49 – Залежність коефіцієнта температурно-часової аналогії в залежності від кількості полімерного модифікатора в ЩМА-10 асфальтобетоні

Параметри функції релаксації для типу Б-20 та ЩМА-20 наведено в табл. Б.12, Б.13.

Таблиця Б.12 – Параметри функції релаксації типу Б-20

Шифр асфальтобетону	Параметри функції α_T		Параметри функції релаксації			
	Q, °C	p , град $^{-1}$	E_{mt} , МПа	$E_{\partial z}$, МПа	η , с	λ
1	2	3	4	5	6	7
9-ЩМА-20	20	0,160	22 800	32	$1,54 \times 10^{-5}$	0,310
9.1-ЩМА-20-2В	20	0,165	24 790	33	$1,54 \times 10^{-5}$	0,310
9.2-ЩМА-20-4В	20	0,169	27 970	34	$1,54 \times 10^{-5}$	0,310
9.3-ЩМА-20-6В	20	0,175	31 965	39	$1,54 \times 10^{-5}$	0,310
9.4-ЩМА-20-1К	20	0,167	25 940	33	$1,54 \times 10^{-5}$	0,310
9.5-ЩМА-20-3К	20	0,169	27 820	34	$1,54 \times 10^{-5}$	0,310
9.6-ЩМА-20-5К	20	0,178	32 630	42	$1,54 \times 10^{-5}$	0,310
9.7-ЩМА-20-1Е	20	0,167	25 340	34	$1,54 \times 10^{-5}$	0,310
9.8-ЩМА-20-1,5Е	20	0,176	31 995	39	$1,54 \times 10^{-5}$	0,310
9.9-ЩМА-20-2Е	20	0,177	32 210	40	$1,54 \times 10^{-5}$	0,310
9.10-ЩМА-20-П	20	0,179	33 335	43	$1,54 \times 10^{-5}$	0,310

Таблиця Б.13 – Параметри функції релаксації ЩМА-20

Шифр асфальтобетону	Параметри функції α_T		Параметри функції релаксації			
	Q, °C	p , град $^{-1}$	E_{mt} , МПа	$E_{\partial z}$, МПа	η , с	λ
1	2	3	4	5	6	7
11-Б-20	20	0,200	30 000	42	$1,38 \times 10^{-5}$	0,310
11.1-Б-20-2В	20	0,210	30 580	50	$1,33 \times 10^{-5}$	0,300
11.2-Б-20-4В	20	0,230	31 200	52	$1,33 \times 10^{-5}$	0,289
11.3-Б-20-6В	20	0,235	31 730	53	$1,33 \times 10^{-5}$	0,287
11.4-Б-20-1К	20	0,216	31 150	52	$1,33 \times 10^{-5}$	0,290
11.5-Б-20-3К	20	0,236	31 770	53	$1,33 \times 10^{-5}$	0,287
11.6-Б-20-5К	20	0,239	32 440	54	$1,33 \times 10^{-5}$	0,285
11.7-Б-20-1Е	20	0,215	31 020	51	$1,33 \times 10^{-5}$	0,295
11.8-Б-20-1,5Е	20	0,233	31 560	55	$1,33 \times 10^{-5}$	0,286
11.9-Б-20-2Е	20	0,238	32 140	54	$1,33 \times 10^{-5}$	0,287
11.10-Б-20-П	20	0,243	33 030	58	$1,33 \times 10^{-5}$	0,282

Таблиця Б.14 – Результати апроксимації функції релаксації для різних складів асфальтобетону при $T=20^{\circ}\text{C}$

Log t, c	4-Б-10			4.1-Б-10-2В			4.2-Б-10-4В		
	$R(t)^E, \text{МПа}$	$R(t)^O, \text{МПа}$	$\delta, \%$	$R(t)^E, \text{МПа}$	$R(t)^O, \text{МПа}$	$\delta, \%$	$R(t)^E, \text{МПа}$	$R(t)^O, \text{МПа}$	$\delta, \%$
-7	31000	31004	0,00	31154	31154	0,00	31526	31526	0,00
-6	30365	30362	0,08	30541	30541	0,00	30926	30926	0,01
-5	26358	26358	0,02	26658	26658	0,00	27098	27097	-0,04
-4	16400	16402	0,11	16900	16900	0,01	17425	17425	-0,11
-3	8412	8412	-0,01	8897	8897	0,01	9354	9354	-0,09
-2	4186	4186	0,01	4553	4553	-0,03	4886	4886	0,06
-1	2087	2087	-0,01	2334	2334	0,01	2556	2556	0,01
0	1052	1052	0,00	1209	1209	0,01	1349	1349	0,01
1	541	541	-0,02	637	638	0,04	724	724	0,00
2	289	289	0,01	348	348	-0,09	400	400	0,00
3	164	164	-0,01	201	201	-0,01	233	233	0,00
4	103	103	0,00	127	127	0,01	146	146	-0,01
5	73	73	0,00	89	89	0,01	102	102	0,01
6	58	58	0,00	70	70	0,00	78	78	0,00

Таблиця Б.15 – Результати апроксимації функції релаксації для різних складів асфальтобетону при $T=20^{\circ}\text{C}$

Log t, c	4.3-Б-10-6В			4.4-Б-10-1К			4.5-Б-10-3К		
	$R(t)^E, \text{ІІä}$	$R(t)^O, \text{ІІä}$	$\delta, \%$	$R(t)^E, \text{ІІä}$	$R(t)^O, \text{ІІä}$	$\delta, \%$	$R(t)^E, \text{ІІä}$	$R(t)^O, \text{ІІä}$	$\delta, \%$
-7	32734	32734	0,00	31432	31432	0,00	32510	32510	0,00
-6	32111	32112	0,04	30814	30814	-0,04	31897	31897	0,00
-5	28165	28165	0,02	26928	26928	0,00	27963	27963	-0,02
-4	18164	18164	0,02	17125	17125	0,01	18000	18000	-0,10
-3	9795	9795	0,01	9055	9055	0,01	6989	6989	-0,09
-2	5138	5138	-0,01	4655	4656	-0,07	5072	5072	0,06
-1	2699	2699	-0,01	2398	2398	0,01	2659	2659	0,01
0	1430	1430	0,00	1247	1247	-0,01	1407	1408	0,07
1	770	770	-0,04	661	661	0,04	756	756	0,01
2	426	426	0,01	362	362	-0,09	419	419	0,00
3	248	248	-0,01	210	210	-0,01	244	244	-0,01
4	155	155	0,00	133	133	0,01	153	153	0,00
5	107	107	0,00	93	93	-0,01	106	106	0,03
6	82	82	0,00	73	73	0,00	82	82	0,00

Таблиця Б.16 – Результати апроксимації функції релаксації для різних складів асфальтобетону при $T=20^{\circ}\text{C}$

Log t, c	4.6-Б-10-5К			4.7-Б-10-1Е			4.8-Б-10-1,5Е		
	$R(t)^E, \text{МПа}$	$R(t)^O, \text{МПа}$	$\delta, \%$	$R(t)^E, \text{МПа}$	$R(t)^O, \text{МПа}$	$\delta, \%$	$R(t)^E, \text{МПа}$	$R(t)^O, \text{МПа}$	$\delta, \%$
-7	33125	33125	0,00	31274	31274	0,00	32200	32200	0,00
-6	32500	32500	0,04	30665	30665	-0,01	31587	31587	0,00
-5	28547	28547	0,08	26789	26789	0,00	27653	27653	0,00
-4	18497	18497	0,02	17032	17032	0,01	17721	17721	-0,02
-3	10041	10041	0,01	9008	9008	0,01	9476	9476	-0,09
-2	5305	5305	-0,01	4631	4634	0,12	4927	4928	0,09
-1	2807	2807	-0,01	2385	2385	0,01	2566	2566	0,01
0	1498	1498	0,00	1240	1240	-0,01	1349	1349	0,07
1	812	813	-0,04	657	656	-0,06	721	721	-0,01
2	453	453	-0,01	360	360	-0,02	398	398	0,00
3	265	265	-0,01	209	209	-0,01	231	231	-0,01
4	167	167	0,00	131	131	0,01	146	146	0,00
5	115	115	0,02	92	92	0,00	101	101	0,01
6	88	88	0,00	72	72	0,00	79	79	0,00

Таблиця Б.17 – Результати апроксимації функції релаксації для різних складів асфальтобетону при $T=20^{\circ}\text{C}$

Log t, c	4.9-Б-10-2Е			4.10-Б-10-П			11-Б-20		
	$R(t)^E, \text{МПа}$	$R(t)^O, \text{МПа}$	$\delta, \%$	$R(t)^E, \text{МПа}$	$R(t)^O, \text{МПа}$	$\delta, \%$	$R(t)^E, \text{МПа}$	$R(t)^O, \text{МПа}$	$\delta, \%$
-7	32897	32897	0,00	33442	33442	0,00	30000	30000	0,00
-6	32274	32275	-7,01	32814	32814	0,00	29365	29366	0,00
-5	28321	28321	2,02	28832	28832	6,00	35342	35342	6,00
-4	18295	18295	2,01	18714	18714	0,01	15623	15623	0,01
-3	9887	9887	7,01	10186	10186	5,00	7949	7949	5,00
-2	5199	5199	0,01	5392	5392	4,01	3930	3930	4,01
-1	2739	2739	-9,01	2860	2860	0,01	1947	1948	0,01
0	1455	1455	2,00	1530	1531	7,06	974	974	7,06
1	786	786	-2,04	831	830	-0,11	498	498	-0,11
2	437	437	-4,01	465	465	-3,01	265	265	-3,01
3	255	255	-8,20	273	273	-3,01	151	151	-3,01
4	161	161	7,00	172	172	0,01	95	95	0,01
5	111	112	0,06	119	119	0,00	68	68	0,00
6	86	86	0,00	91	91	0,00	54	54	0,00

Таблиця Б.18 – Результати апроксимації функції релаксації для різних складів асфальтобетону при $T=20^{\circ}\text{C}$

Log t, c	11.1-Б-20-2В			11.2-Б-20-4В			11.3-Б-20-6В		
	$R(t)^E, \text{ІІä}$	$R(t)^O, \text{ІІä}$	$\delta, \%$	$R(t)^E, \text{ІІä}$	$R(t)^O, \text{ІІä}$	$\delta, \%$	$R(t)^E, \text{ІІä}$	$R(t)^O, \text{ІІä}$	$\delta, \%$
-7	30587	30587	0,00	31200	31200	0,00	31731	31731	0,00
-6	29921	29921	0,00	30552	30553	0,00	31085	31085	12,00
-5	25854	25854	6,00	26541	26541	6,00	27023	27023	0,00
-4	16112	16111	0,01	16827	16827	0,01	17184	17184	4,04
-3	8371	8371	5,00	8956	8956	5,00	9187	9186	0,07
-2	4235	4235	4,01	4645	4645	4,01	4786	4786	0,01
-1	2148	2148	0,01	2414	2414	6,01	2498	2498	0,08
0	1102	1102	7,06	1266	1266	7,06	1316	1316	7,02
1	577	577	0,11	676	676	11,11	705	705	0,01
2	314	314	3,01	372	372	3,01	389	389	8,02
3	182	182	3,01	216	216	3,01	226	226	0,08
4	116	116	0,01	136	136	0,01	142	142	0,01
5	83	83	0,00	95	95	5,00	99	99	6,00
6	66	66	0,00	74	74	0,00	76	76	0,00

Таблиця Б.19 – Результати апроксимації функції релаксації для різних складів асфальтобетону при $T=20^{\circ}\text{C}$

Log t, c	11.4-Б-20-1К			11.5-Б-20-3К			11.6-Б-20-5К		
	$R(t)^E, \text{МПа}$	$R(t)^O, \text{МПа}$	$\delta, \%$	$R(t)^E, \text{МПа}$	$R(t)^O, \text{МПа}$	$\delta, \%$	$R(t)^E, \text{МПа}$	$R(t)^O, \text{МПа}$	$\delta, \%$
-7	31154	31154	0,00	31774	31774	0,00	32447	32447	0,00
-6	30500	30502	5,08	31125	31125	5,00	31784	31784	5,15
-5	26485	26485	0,01	27065	27065	0,01	27664	27664	0,00
-4	16769	16769	8,04	17200	17203	6,00	17645	17645	8,04
-3	8903	8903	0,01	9198	9198	9,01	9473	9473	9,16
-2	4607	4607	0,01	4792	4792	5,20	4957	4957	8,15
-1	2389	2389	0,01	2501	2501	0,01	2599	2598	0,07
0	1251	1251	7,00	1317	1316	7,00	1374	1374	5,36
1	666	666	0,01	705	705	0,01	738	738	0,01
2	367	367	3,00	390	390	3,00	409	409	0,02
3	213	213	0,01	227	227	7,44	238	238	0,02
4	134	134	2,00	142	142	2,00	149	149	0,01
5	94	94	0,00	99	99	3,12	103	103	4,52
6	73	73	0,00	76	76	0,00	79	79	0,00

Таблиця Б.20 – Результати апроксимації функції релаксації для різних складів асфальтобетону при $T=20^{\circ}\text{C}$

Log t, c	11.7-Б-20-1Е			11.8-Б-20-1,5Е			11.9-Б-20-2Е		
	$R(t)^E, \text{МПа}$	$R(t)^O, \text{МПа}$	$\delta, \%$	$R(t)^E, \text{МПа}$	$R(t)^O, \text{МПа}$	$\delta, \%$	$R(t)^E, \text{МПа}$	$R(t)^O, \text{МПа}$	$\delta, \%$
-7	31025	31025	0,00	31562	31562	0,00	32145	32145	0,00
-6	30368	30368	12,01	30914	30914	0,02	31487	31487	0,01
-5	26300	26300	10,01	26895	26895	0,00	27372	27372	7,00
-4	16514	16516	9,08	17132	17132	8,04	17400	17400	0,03
-3	8676	8676	0,01	9178	9178	5,25	9306	9306	4,01
-2	4439	4439	8,01	4793	4794	0,01	4848	4848	4,00
-1	2277	2277	9,01	2508	2508	0,01	2531	2531	2,23
0	1179	1179	14,00	1325	1325	7,02	1333	1333	5,01
1	623	623	0,01	712	712	4,01	714	714	9,01
2	341	341	3,00	395	395	6,01	395	395	4,12
3	198	198	8,02	231	231	2,13	230	230	12,30
4	125	125	12,00	146	146	0,01	144	144	6,30
5	88	88	7,42	102	102	7,45	100	100	7,74
6	70	70	0,00	79	79	6,00	78	78	0,00

Б.8 Система модель підвищення стійкості асфальтобетонного покриття до утворення колії на залізобетонних автодорожніх мостах

Наводиться визначення і обґрунтування системної моделі з підвищення стійкості асфальтобетонного покриття до утворення колії. Дана модель базується на розробках професора Гамеляка І.П. [311, 377] та інших дослідників таких як Берталанфі Л.І., Канарчук В.Є., Левковець П.Р., Левківський О.П. [317], Тимченко А.А., Чумаченко Н.Т., Понтрягін А.С.

Загальна схема системного підходу до вивчення утворення колії на асфальтобетонному покритті. Одними із важливих ознак системності моделі є здатність адекватно відтворювати повний комплекс процесів, які описує модель, бажано на кількісному формалізованому рівні, а також забезпечувати надійний (або впевнений) прогноз дії цих процесів в майбутньому.

Інший момент, який повинен характеризувати модель з точки зору її системності, це врахування не тільки числа процесів і феноменів, які вона описує, а також і її ієрархію. Тобто системна модель повинна оперувати певними комбінації процесів і факторів, які призводять до утворення колії на асфальтобетонному покритті автодорожніх мостів.

Як правило, вся множина методів, технологій, систем і підсистем моделі розрізняється для окремих проміжків часу, що значно спрощує вирішення локальних та прикладних задач. Її вішення спеціалізованим математичними апаратом забезпечує вибір найкращого (оптимального) набору характеристик для безпечної експлуатації дорожньої конструкції.

Формальне вираження системного аналізу організаційної структури моделі утворення колії на асфальтобетонному покритті автодорожніх мостів наступний вигляд [311, 377].

$$\begin{aligned} &U_c \rightarrow U_{jk} \rightarrow F_{jk} \rightarrow Z_{jk} \rightarrow S_{jk} \rightarrow R_{jk} \rightarrow \Sigma_{jk} \rightarrow P_{jk} \\ &j = 1, 2, \dots, J; k = 1, 2, \dots, K \end{aligned} \quad (\text{Б.32})$$

де Π_c – система цілей – забезпечення оптимальних експлуатаційних властивостей дорожньої конструкції щодо процесів колієутворення;

Π_{jk} – множина локальних цілей (часткові цілі Π_c);

F_{jk} – множина функцій, які необхідно реалізувати для досягнення Π_{jk} ;

Z_{jk} – множина задач, які необхідно поставити і вирішити для реалізації F_{jk} ;

S_{jk} – множина методів вирішення Z_{jk} ;

R_{jk} – множина технологій (способів) вирішення Z_{jk} ;

Σ_{jk} – множина систем (підсистем), що реалізує Z_{jk} ;

P_{jk} – результати функціонування систем (підсистем) Σ_{jk} .

Запис виразу (Б.32) не в ієрархічному вигляді, а у функціональному приводить до:

$$\begin{aligned} \Pi_c &= \Pi_{jk}(F_{jk}) \\ j &= 1, 2, \dots, J; k = 1, 2, \dots, K \end{aligned} \quad (\text{Б.33})$$

де Π_{jk} – локальні цілі, які забезпечують економічну доцільність експлуатації асфальтобетонного покриття на мостах;

Множина функцій має запис:

$$\begin{aligned} F_{jk} &= F_{jk}(F_{1k} + F_{2k} + \dots + F_{jk}) \\ j &= 1, 2, \dots, J; k = 1, 2, \dots, K \end{aligned} \quad (\text{Б.34})$$

де F_{jk} – математичні моделі вдосконалення окремих процесів, що впливають на експлуатаційні властивості асфальтобетонного покриття автодорожніх мостів

Оптимізація множини задач реалізується наступним чином:

$$\begin{aligned} F_{jk} &= f(Z_{jk}) \\ j &= 1, 2, \dots, J; k = 1, 2, \dots, K \end{aligned} \quad (\text{Б.35})$$

Локальна структура множин задач z_{jk} формується окремо для кожного рівня з врахуванням його специфіки, тому локальні цільові рівні c_{jk} можна перезаписати з врахуванням [311, 377]:

$$C_{jk} \rightarrow Z_{jk} \{z_{jk} : z_{jk} \in Z_{jk}; j = 1, 2, \dots, J; k = 1, 2, \dots, K\} \quad (B.36)$$

Із (B.36) випливає, що логічна структура задач, які входять у склад системної моделі забезпечення оптимальних властивостей асфальтобетону щодо стійкості покриття до утворення колії будується поетапно, з врахуванням локальних цілей c_{jk} та кінцевих результатів p_{jk} діяльності Σ_{jk} . Та Алгоритми оптимізації елементів системної моделі для досягнення цільового рівня - забезпечення мінімального рівня утворення колії в асфальтобетонному покритті, реалізуються через операцію мінімізації (μ -оператор) множин функцій F_{jk} : структурні M_{jk} , конструктивно-технологічні L_{jk} транспортно-експлуатаційні D_{jk} та кліматичних T_{jk} (табл. Б.21):

$$S_c = \min(\Sigma M_{jk} + \Sigma D_{jk} + \Sigma L_{jk} + \Sigma T_{jk}) \quad (B.37)$$

Відповідно до рівняння (2.93, 2.94) встановлюються граничні умови. Коректність результатів оптимізації системної моделі полягає в правильності формалізації вхідних ознак, максимальне охоплення всіх ознак і взаємозв'язків між елементами системної моделі, відшукування і присвоєння вагових функцій цих взаємозв'язків та інше.

Структурна (ієрархічна) схема системної моделі утворення колії в асфальтобетонному покритті на автодорожніх мостах з врахуванням умов оптимізації елементів систем, що представлена в табл. Б.22.

Таблиця Б.21 – Показники, що впливають на системні властивості моделі колієутворення в асфальтобетонному покритті на автодорожніх мостах

Системні цільові (локальні) рівні Π_{jk}	Множина функцій F_{jk} , які забезпечують необхідний рівень Π_{jk}	Показники які характеризують $P(\Sigma_{jk})$	
		система	підсистема
1	2	3	4
утворення колії	структурні	Функція релаксація, функція деформації Невідповідність за: класом суміші; видом крупності мінеральних зерен; групою по залишковій пористості; вмістом щебеню та видом гранулометрії; маркою асфальтобетону та за різновидом асфальтобетонної суміші.	Клас суміші; вид крупності мінеральних зерен; група залишкової; пористості; вміст щебеню та вид гранулометрії; марка асфальтобетону та за різновид асфальтобетонної суміші. Марка в'язучого, рівня однорідності бітуму, модифікованого полімером
	конструктивно-технологічні	тип асфальтобетону, товщина покриття, зв'язок між шарами та гідроізоляцією, модуль пружності, коефіцієнт бокового деформування, коефіцієнт тертя, Показник стікання, Коефіцієнт ущільнення	кількість підгрунтовки, вид гідроізоляційного матеріалу

Продовження таблиці Б.21

1	2	3	4
утворення колії	транспортно-експлуатаційні	радіус колеса пневматика	Не санкціоноване навантаження та температура
		пластична постійна	
		постійна пневматика	
		швидкість руху, Час дії навантаження (динамічний та статичний)	
		тиск	
		ширина колеса пневматика	
	кліматична	функція тертя	Знос покриття від дії пневматичних коліс
		приріст температури за рахунок тертя шин автомобілів в смузі накату	Вага транспортного засобу
			інтенсивність руху транспортних засобів
		температура покриття, приріст температури за рахунок сонячного опромінення, конвекційний приріст температури сонячного опромінення приріст температури від теплопередачі повітрям	Висока, середня та низька температура

Таблиця Б.22 – Системна модель утворення колії в асфальтобетонному покритті на автодорожніх мостах з врахуванням умов оптимізації елементів систем

Множини функцій і задач		Системна модель колієутворення
		↓
Цільова	Π_c	системні властивості асфальтобетонного покриття щодо стійкості колії
	Π_{jk}	мінімізація величини утворення колії
		↓
Матмодель	F_{jk}	прогноз утворення колії на заданий термін експлуатації в асфальтобетонному покритті автодорожніх мостів
		↓
Задачі	Z_{jk}	темپ зростання глибини колії в заданих вихідних параметрах, у тому числі і змінних температурних полях
		↓
Методи	S_{jk}	множина методів вирішення Z_{jk}
		↓
Технології / Методики	R_{jk}	множина технологій (способів) вирішення Z_{jk} ;
		↓
Системи (підсистеми)	Σ_{jk}	множина систем (підсистем), що реалізує Z_{jk}
		↓
Результати функціонування систем (підсистем) Σ_{jk}	P_{jk}	$S_c = \min(\Sigma M_{jk} + \Sigma D_{jk} + \Sigma L_{jk} + \Sigma T_{jk})$

ДОДАТОК В

Приклади розрахунку асфальтобетонного покриття на автодорожніх мостах

В.1 Моделювання зміни температури в асфальтобетонному покритті на автодорожніх мостах України

Визначено добові температурні перепади на поверхні асфальтобетонного покриття для кожного з районів України, згідно з районуванням території України за умовами роботи асфальтобетонів згідно ДБН В.2.3-4.

В.1.1 Приклад моделювання зміни температури в асфальтобетонному покритті на автодорожньому мості за кліматичними умовами роботи асфальтобетонного покриття в район А-4

Місто Кропивницький, район А-4. Конструкція дорожнього одягу: ЩМА 15, БМПА 60/90-53, $h=10$ см; прошарок з бітумної мастики техноніколь; прольотна будова з типових балок 3.503-14; середньомісячна максимальна температура повітря $t_{\text{пов}}^{\text{сп. max}} = +26,95$ °С; середньомісячна мінімальна температура повітря $t_{\text{пов}}^{\text{сп. min}} = +19,23$ °С; середньомісячна температура повітря $t_{\text{см}} = +24,09$ °С; інтенсивність транспортних засобів до 50000 авт./доб; температуру покриття в полосі накату за рахунок тертя пневматичних коліс $t_{\text{м.ш}} = +2$ °С.

Максимальна температура покриття вдень:

$$t_{\text{покp}}^{\text{max}} = t_{\text{пов}}^{\text{max}} + \frac{\rho \times I_{\text{сп. доб}}}{a_m} \times K_1 \times K_2 \times K_{\text{п}}, \quad (\text{B.1})$$

$$t_{\text{покp}}^{\text{max}} = 26,95 + \frac{0,87 \times 5595}{16} \times 0,97 \times 0,117 \times 0,8 = 54,57 \approx 55 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

де $t_{\text{пов}}^{\text{max}}$ – максимальна середньомісячна температура повітря, °С;

ρ – коефіцієнт поглинання;

$I_{cp.дод}$ – середньодобова інтенсивність сонячного випромінювання, ккал/м²·год·°C;

a_m – коефіцієнт теплопередачі (для цементобетону 20 ккал/м²×год×град, для асфальтобетону 16 ккал/м²×год×град), ккал/м²×год×град;

K_1 – коефіцієнт, що враховує послаблення сонячного випромінювання у будь-яку годину доб;

K_2 – коефіцієнт переходу від середньодобової інтенсивності сонячного випромінювання до інтенсивності на 12 годину;

K_n – коефіцієнт запилення (зниження інтенсивності сонячного випромінювання за рахунок пилоутворення $K_n=0,7 - 0,9$).

Температура покриття вночі:

$$t_{\text{покp}}^{\text{min}} = t_{\text{пов}}^{\text{cp.min}} + t_{\text{п.н}}^{\text{max}} \quad (\text{B.2})$$

$$t_{\text{покp}}^{\text{min}} = 19,23 + 3,86 = 23,09 \text{ } ^\circ\text{C}$$

де: $t_{\text{пов}}^{\text{cp.min}}$ – середньомісячна мінімальна температура повітря °C;

$t_{\text{п.н}}^{\text{max}}$ – максимальне відхилення температури на поверхні покриття вночі від середньої температури повітря, °C.

$$t_{\text{i.i.}}^{\text{max}} = \frac{t_{\text{п.н}}^{\text{max}} - t_{\text{п.н}}^{\text{min}}}{2} \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{B.3})$$

$$t_{\text{i.i.}}^{\text{max}} = \frac{26,95 - 19,23}{2} = 3,86$$

Температура нижньої поверхні прольотної будови:

$$T_{\text{прол}}^{\text{низ}} = 1,2 \times T_{\text{нов}} + 3,2 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{B.4})$$

$$T_{\text{прол}}^{\text{низ}} = 1,2 \times 26,95 + 3,2 = 35,54 \approx 36 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Температура на поверхні прольотної будови вдень на $2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ - $3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ більше ніж внизу прольотної будови.

Температура в середині асфальтобетонного шару:

$$t_{\text{аб}}^{\text{h}} = \left(t_{\text{см}} + t_{\text{п.д.}}^{\text{max}} \times \exp \left(\left(-h_{\text{аб}} \times \sqrt{\frac{\omega}{2 \times a_{\text{аб}}}} \right) \times \cos \left(\omega \times \tau - h_{\text{аб}} \times \sqrt{\frac{\omega}{2 \times a_{\text{аб}}}} \right) \right) \right) + t_{\text{м.ш}} \quad (\text{B.5})$$

де $t_{\text{аб}}^{\text{h}}$ – температура на глибині h м, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{см}}$ – середньомісячна температура повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{п.д.}}^{\text{m}}$ – максимальне відхилення температури на поверхні покриття вдень від середньої температури повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{м.ш}}$ – температуру в полосі накату за рахунок тертя пневматичних коліс $^{\circ}\text{C}$;

$a_{\text{аб}}$ – коефіцієнт температуропровідності асфальтобетону, $\text{м}^2/\text{год}$;

ω – кутова частота коливання температури (по закону простого гармонійного коливання $\omega = \frac{2 \times \pi}{T_t}$), рад/год ;

τ – момент часу від початку періоду коливання, год .

$$t_{\text{аб}}^{\text{h}} = \left(23,09 + 31,48 \times \exp \left(\left(-0,1 \times \sqrt{\frac{2 \times 3,14}{2 \times 24 \times 0,0032}} \right) \times \cos \left(\frac{2 \times 3,14}{24} \times 12 - 0,1 \times \sqrt{\frac{2 \times 3,14}{2 \times 24 \times 0,0032}} \right) \right) \right) + 2 = 41,71 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\text{п.д.}}^{\text{max}} = \frac{t_{\text{пов}}^{\text{ср. max}} - t_{\text{пов}}^{\text{ср. min}}}{2} + \frac{\rho \times I_{\text{ср. доб}}}{a_{\text{м}}} \times K_1 \times K_2 \times K_n \quad (\text{B.6})$$

$$t_{\text{п.д.}}^{\text{max}} = \frac{26,95 - 19,23}{2} + \frac{0,87 \times 5595}{16} \times 0,97 \times 0,117 \times 0,8 = 31,48 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

В.1.2 Приклад моделювання зміни температури в асфальтобетонному покритті на автодорожньому мості за кліматичними умовами роботи асфальтобетонного покриття в район А-6

Вихідні дані: 1. Місто Луганськ; 2. Район України А-6; 3. Середньомісячна максимальна температура повітря $t_{\text{пов}}^{\text{ср. max}} = +27,41 \text{ }^{\circ}\text{C}$; 4. Середньомісячна мінімальна температура повітря $t_{\text{пов}}^{\text{ср. min}} = +19,67 \text{ }^{\circ}\text{C}$; 5. Середньомісячна температура повітря $t_{\text{см}} = +22,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Максимальна температура покриття вдень (В.1):

$$t_{\text{покр}}^{\text{max}} = 27,41 + \frac{0,87 \times 5618}{16} \times 0,97 \times 0,117 \times 0,8 = 55,14 \approx 55 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Температура покриття вночі (В.2):

$$t_{\text{покр}}^{\text{min}} = 19,67 + 3,87 = 23,54 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Максимальне відхилення температури на поверхні покриття вночі від середньої температури повітря (В.3):

$$t_{\text{і.і.}}^{\text{max}} = \frac{27,41 - 19,67}{2} = 3,87 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Усі райони України за умовами роботи асфальтобетону можна розділити на три групи за схожими температурними інтервалами нагріву асфальтобетонного покриття:

1 група: А1 від $+20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ до $52 \text{ }^{\circ}\text{C}$; А2 від $+20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ до $52 \text{ }^{\circ}\text{C}$; прийнято від $+20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ до $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$; А3 від $+22 \text{ }^{\circ}\text{C}$ до $53 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

2 група: А4 від + 22 °С до 55 °С; А6 від + 23 °С до 55 °С; прийнято від + 22 °С до 55 °С;

3 група: А5 від + 24 °С до 57 °С; А6 від + 22 °С до 57 °С; прийнято від + 24 °С до 60 °С.

Для визначення температури нижньої поверхні прольотної будови скористаємось залежністю для визначення температури дорожнього одягу у затінку (В.4):

Для умов м. Луганськ, район України А-6, $t_{\text{пов}}^{\text{ср.макс}} = +27,41 \text{ } ^\circ\text{C}$:

$$T_{\text{прол}}^{\text{низ}} = 1,2 \times 27,41 + 3,2 = 36,09 \approx 36 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

За даними натурних вимірів вдень температура в асфальтобетонному шарі розподіляється за законом однієї гілки параболи. Вдень температура на поверхні прольотної будови приблизно на 3 °С більше ніж внизу прольотної будови (при товщині 15 см). Для визначення температури в середині асфальтобетонного шару можна скористатись рішенням Горецького Л.І. (В.5):

$$t_{\text{а6}}^{\text{h}} = 22,8 + 31,6 \times \exp \left(\left(-0,1 \times \sqrt{\frac{2 \times 3,14}{2 \times 24 \times 0,0032}} \right) \times \cos \left(\frac{2 \times 3,14}{24} \times 12 - 0,1 \times \sqrt{\frac{2 \times 3,14}{2 \times 24 \times 0,0032}} \right) \right) = 45,8$$

де

$$t_{\text{п.д.}}^{\text{макс}} = \frac{27,41 - 19,67}{2} + \frac{0,87 \times 5618}{16} \times 0,97 \times 0,117 \times 0,8 = 31,60 \text{ } ^\circ\text{C};$$

Розрахунки зміни температури в залежності від зміни товщини в асфальтобетонному покритті на автодорожніх мостах наведено в таблиці В 1.

Таблиця В.1 – Результати розрахунків температур

1 група	Товщина асфальтобетонного шару, см				
	7	10	12	14	16
Поверхня асфальтобетонного покриття	50 °С	50 °С	50 °С	50 °С	50 °С
Середина асфальтобетонного покриття	42 °С	41 °С	40 °С	40 °С	39 °С
Низ прольотної будови	33 °С	33 °С	33 °С	33 °С	33 °С
Верх прольотної будови (низ а/б покриття)	36 °С	36 °С	36 °С	36 °С	36 °С
2 група	Товщина асфальтобетонного шару, см				
	7	10	12	14	16
Поверхня а/б покриття	55 °С	55 °С	55 °С	55 °С	55 °С
Поверхня асфальтобетонного покриття	46 °С	45 °С	44 °С	44 °С	43 °С
Низ прольотної будови	36 °С	36 °С	36 °С	36 °С	36 °С
Верх прольотної будови (низ а/б покриття)	39 °С	39 °С	39 °С	39 °С	39 °С
3 група	Товщина асфальтобетонного покриття, см				
	7	10	12	14	16
Поверхня асфальтобетонного покриття	60 °С	60 °С	60 °С	60 °С	60 °С
Середина асфальтобетонного покриття	50 °С	49 °С	48 °С	48 °С	47 °С
Низ прольотної будови	40 °С	40 °С	40 °С	40 °С	40 °С
Верх прольотної будови (низ а/б покриття)	42 °С	42 °С	42 °С	42 °С	42 °С
Примітка. Температура поверхні асфальтобетонного покриття в полосі накату необхідно збільшувати на 2-5 °С або розрахувати за методикою згідно (розділ 3).					

В.2 Розрахунок покриття на залізобетонних автодорожніх мостах за критерієм міцності зчеплення з основою при зсуві

Необхідно запроектувати асфальтобетонне покриття залізобетонного автодорожнього мосту з наступними вихідними даними: по транспортній споруді проходить автомобільна дорога державного значення, яка знаходиться у дорожньо-кліматичній зоні А-ІІ; категорія автомобільної дороги – І-а (згідно з ДБН В.2.3-4); строк експлуатації дорожнього одягу – $T_{cl} = 7$ років (згідно з ДБН В.2.3-22); за розрахункове навантаження: прийнятий автомобіль групи А₁ з розрахунковими параметрами: $p = 0,9$ МПа, $D = 34,6$ см; прийнято розрахункове

навантаження групи A_2 з розрахунковими параметрами: $p = 0,8$ МПа, $D = 34,5$ см (згідно з ДБН В.2.3-4); приведена до навантаження групи A_1 (A_2) інтенсивність руху на кінець строку служби $N_p = 4900$ один./д (згідно з ВБН В 2.3-218-186).

Попередньо призначають конструкцію асфальтобетонного покриття, яку записують у таблицю В.2.

Таблиця В.2 – Розрахункові значення конструкції асфальтобетонного покриття на автодорожньому залізобетонному мосту

Ч.ч.	Матеріал шару	h шару, см	Розрахункове значення короткочасного модуля пружності E , МПа при 46 °С
1	Щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальною крупністю зерен 20 мм (ЩМА-20) на бітумі БМПА-60/90-53	5	480
2	АСГ.Др.Щ.А.НП.І. з максимальною крупністю зерен 20 мм на бітумі БМПА-60/90-53	8	466
3	Еластичний прошарок – оклеювальна гідроізоляція Testudo	0,5	260

Визначають максимальну температуру покриття вдень за формулою (В.1):

$$t_{\text{під}}^{\text{max}} = 28 + \frac{0,87 \cdot 5480}{16} \cdot 0,9 \cdot 0,117 \cdot 0,85 = 54,7^\circ\text{C}$$

Визначають розрахункову температуру між покриттям і плитою проїзної частини за формулою (В.5):

$$t_{\text{аа}}^{\text{h}} = 28 \cdot \exp\left(\left(-0,13 \cdot \sqrt{\frac{0,26}{2 \cdot 0,002}}\right) \cdot \cos\left(0,26 \cdot 12 - 0,13 \cdot \sqrt{\frac{0,26}{2 \cdot 0,002}}\right)\right) = 46^\circ\text{C}$$

Розраховують середній модуль пружності багатошарової конструкції покриття з урахуванням еластичного прошарку з метою приведення до двошарової розрахункової моделі за формулою (В.7):

$$E_{\tilde{n}\tilde{a}\tilde{\delta}} = \sum_{i=1}^n \tilde{A}_s h_i \div \sum_{i=1}^n h_i \quad (\text{В.7})$$

$$E_{\tilde{n}\tilde{a}\tilde{\delta}} = \frac{480 \cdot 5 + 466 \cdot 8 + 260 \cdot 0,5}{5 + 8 + 0,5} = 464, \text{ МПа}$$

Визначається розрахункове значення дотичних напружень отриманих експериментально $\tau_{\text{лаб}}$ при температурі 46 °С за формулою (В.8):

$$\tau_{\tilde{e}\tilde{a}\tilde{a}} = A \cdot t_{\tilde{a}\tilde{a}}^h + B, \quad (\text{В.8})$$

$$\tau_{\tilde{e}\tilde{a}\tilde{a}} = -0,027 \times 46 + 1,84 = 0,60 \text{ МПа}$$

Призначають коефіцієнт морозостійкості гідроізоляційного матеріалу за показником міцності зчеплення при зсуві (згідно з табл. 11, $k_{mp} = 0,85$).

Визначають коефіцієнт варіації за показником міцності зчеплення при зсуві, він складає 0,26.

За співвідношенням $\frac{h}{D} = \frac{13,5}{34,5} = 0,39$ і середнім модулем пружності $E_{сер} = 464$ МПа за допомогою номограм [379] визначають дотичні напруження для доріг місцевого значення $\tau_{zc}^{0,3} = 0,27$, МПа, і для доріг державного значення $\tau_{zc}^{0,7} = 0,39$, МПа.

Визначають зсувні напруження на контакті покриття з плитою проїзної частини за формулою [379]:

$$\tau_{\text{роз}} = \tau_{\text{лаб}} \cdot k_{\text{мп}} \cdot (1 - \nu_{\tau} \cdot t) = 0,60 \cdot 0,85 \cdot (1 - 0,16 \cdot 1,71) = 0,37, \text{ МПа}$$

$$\tau_{\text{роз}} = \tau_{\text{лаб}} \cdot k_{\text{мп}} \cdot (1 - \nu_{\tau} \cdot t) = 0,60 \cdot 0,85 \cdot (1 - 0,16 \cdot 2,19) = 0,33, \text{ МПа}$$

де $\tau_{\text{лаб}}$ – експериментальні значення зсувних дотичних напружень, які виникають між покриттям, еластичним прошарком і плитою проїзної частини, МПа;

$k_{\text{мп}}$ – коефіцієнт, який враховує вплив водоморозних факторів на еластичний прошарок;

ν_{τ} – коефіцієнт варіації міцності зчеплення при зсуві;

t – коефіцієнт варіації.

Визначаємо граничне допустиме значення зсувних дотичних напружень для доріг місцевого та державного значення:

- навантаження 115 кН за формулами [379]:

$$\tau_{\text{зс}}^{n0,3} = \tau_{\text{зс}}^{0,3} \cdot p \cdot K_{\sigma} = 0,27 \cdot 0,8 \cdot 0,85 = 0,18 \text{ МПа}$$

$$\tau_{\text{зс}}^{n0,7} = \tau_{\text{зс}}^{0,7} \cdot p \cdot K_{\sigma} = 0,39 \cdot 0,8 \cdot 0,85 = 0,27 \text{ МПа}$$

- навантаження 130 кН за формулами [379]:

$$\tau_{\text{зс}}^{n0,3} = \tau_{\text{зс}}^{0,3} \cdot p \cdot K_{\sigma} = 0,27 \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 0,207 \text{ МПа}$$

$$\tau_{\text{зс}}^{n0,7} = \tau_{\text{зс}}^{0,7} \cdot p \cdot K_{\sigma} = 0,39 \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 0,298 \text{ МПа}$$

де $\tau_{\text{зс}}^{0,3}$, $\tau_{\text{зс}}^{0,7}$ – максимальні дотичні напруження, які виникають між покриттям і плитою проїзної частини для доріг місцевого та державного значення, визначають згідно з рис. 2, 3 [379];

p – питомий тиск колеса на покриття, МПа, приймають згідно з ДБН В.2.3-4 або ВБН В.2.3-218-186;

K_{δ} – коефіцієнт, що враховує особливості напруженого стану покриття під колесом автомобіля (колесо зі спареними балонами, $K_{\delta} = 0,85$, колесо з одним балоном $K_{\delta} = 1,0$).

Виконують перевірку міцності зчеплення при зсуві на контактні покриття з плитою проїзної частини для доріг місцевого та державного значення:

- навантаження 115 кН за формулами [379]:

$$K_{мц} < \frac{\tau_{роз}}{\tau_{zc}^{н0,3}} = \frac{0,37}{0,18} = 2,06, \text{ що більше, ніж } K_{мц} = 1,1;$$

$$K_{мц} < \frac{\tau_{роз}}{\tau_{zc}^{н0,7}} = \frac{0,37}{0,27} = 1,37, \text{ що більше, ніж } K_{мц} = 1,1;$$

- навантаження 130 кН за формулами [379]:

$$K_{мц} < \frac{\tau_{роз}}{\tau_{zc}^{н0,3}} = \frac{0,33}{0,207} = 1,59, \text{ що більше, ніж } K_{мц} = 1,1;$$

$$K_{мц} < \frac{\tau_{роз}}{\tau_{zc}^{н0,7}} = \frac{0,33}{0,298} = 1,1, \text{ що рівне } K_{мц} = 1,1;$$

де $K_{мц}$ – коефіцієнт запасу міцності при дії зсувних дотичних напружень;

$\tau_{роз}$ – розрахункове значення зсувних напружень на контактні покриття з плитою проїзної частини, МПа;

$\tau_{zc}^{н0,3}$, $\tau_{zc}^{н0,7}$ – граничне допустиме значення зсувних дотичних напружень відповідно для доріг місцевого та державного значення, МПа.

Умова міцності виконується із забезпечення міцності на контакті «асфальтобетон – бетонна основа».

В.3 Моделювання міцності зчеплення асфальтобетонного покриття на автодорожніх мостах з урахуванням різних параметрів

Аналіз результатів коефіцієнту запасу міцності при зсуві асфальтобетонного покриття з основою мосту з урахуванням різного коефіцієнту надійності (рис. В.1 – В.6) при розрахунковій температурі 46°C між покриттям, гідроізоляцією та залізобетонною плитою мосту. Для моделювання першого варіанту запропонована конструкція: верхній шар з щебенево-мастикового асфальтобетону ЦМА-20 на бітумі БНД 60/90, модифікованому полімером Butonal NS 198 - 4 % – 6,2 %, товщиною 5 см; другий шар асфальтобетону з АСГ.Др.Щ. А-20 НП.І. на бітумі БНД 60/90, модифікованому полімером Butonal NS 198 -4 % – 5,7 % %, товщиною 8 см; гідроізоляція оклеювальна, товщиною 0,5 см. Розрахунок виконується для автодорожніх мостів, що знаходяться на автомобільній дороги І, ІІ технічній категорії (рис. В.1, В.2).

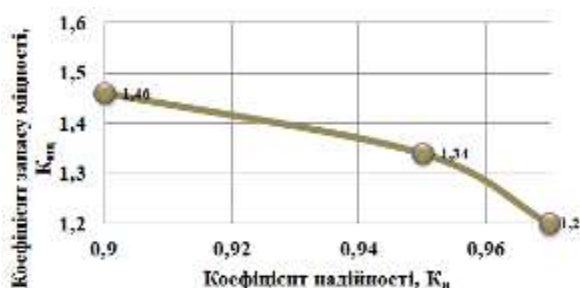


Рис. В.1 – Залежність коефіцієнта запасу міцності від коефіцієнта надійності (при розрахункових параметрах: A_1 ; $p = 0,9$ МПа; $D_n = 30,3$ см)

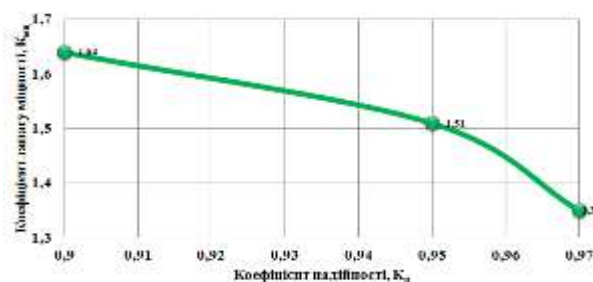


Рис. В.2 – Залежність коефіцієнта запасу міцності від коефіцієнта надійності (при розрахункових параметрах: A_2 , $p = 0,8$ МПа, $D_n = 30,3$ см)

Другий варіант запропонована конструкція: верхній шар з дрібнозернистого асфальтобетону типу А-20 АСГ.Др.Щ. А-20 НП.І. на бітумі БНД 60/90 – 5,4%,

товщиною 6 см; другий шар асфальтобетону з АСГ.Др.Щ. А-15 НП.І. на бітумі БНД 60/90 – 5,5%, товщиною 4 см; гідроізоляція оклеювальна, товщиною 0,5 см. Розрахунок виконано для автодорожніх мостів, що знаходяться на автомобільній дороги III технічній категорії (рис. В.3, В.4).

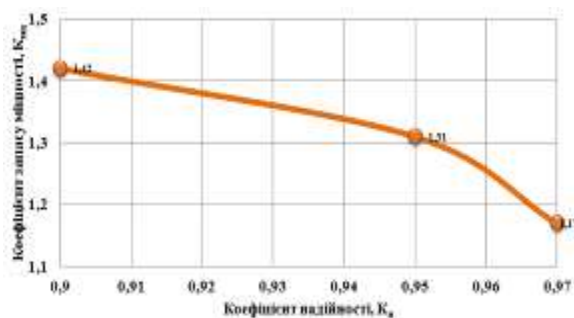


Рисунок В.3 – Залежність коефіцієнта запасу міцності від коефіцієнта надійності (при розрахункових параметрах: A_2 , при $p = 0,8$ МПа, $D_n = 30,3$ см)

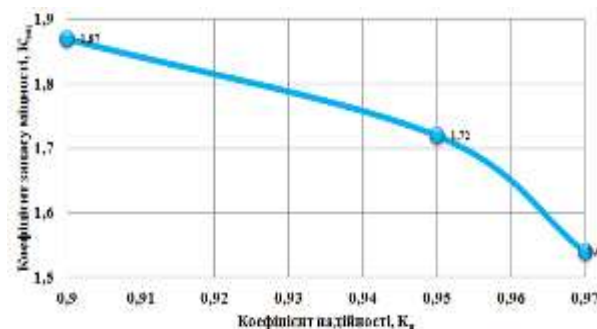


Рисунок В.4 – Залежність коефіцієнта запасу міцності від коефіцієнта надійності (при розрахункових параметрах: A_3 , при $p = 0,6$ МПа, $D_n = 32,6$ см)

Третій варіант запропонована конструкція: верхній шар з дрібнозернистого асфальтобетону типу А-20 АСГ.Др.Щ. А-20 НП.І. на бітумі БНД 60/90 – 5,4%, товщиною 6 см; другий шар асфальтобетону з АСГ.Др.Щ. А-10 НП.І. на бітумі БНД 60/90 – 5,4%, товщиною 3 см; гідроізоляція оклеювальна, товщиною 0,5 см. Розрахунок виконано для автодорожніх мостів, що знаходяться на автомобільній дороги IV-V технічній категорії (рис. В.5, В.6).

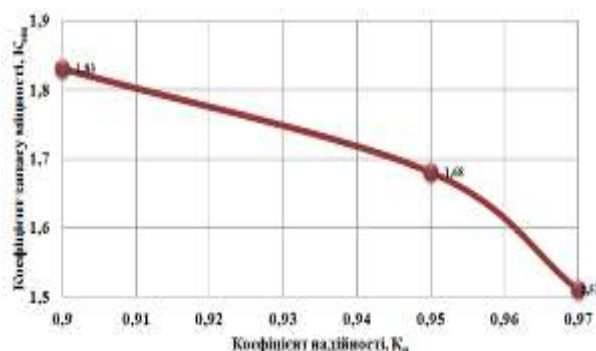


Рисунок В.5 – Залежність коефіцієнта запасу міцності від коефіцієнта надійності (при розрахункових параметрах: A_3 , при $p = 0,6$ МПа, $D_n = 32,6$ см)

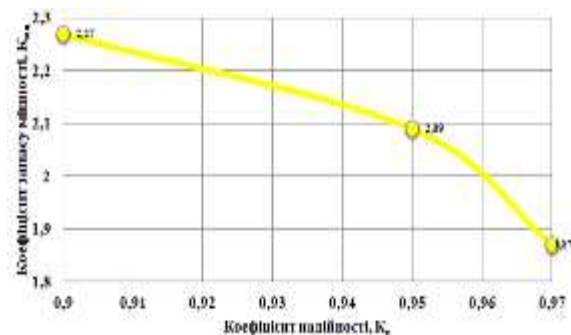


Рисунок В.6 – Залежність коефіцієнта запасу міцності від коефіцієнта надійності (при розрахункових параметрах: B , при $p = 0,5$ МПа, $D_n = 27,6$ см)

З результатів моделювання видно (рис. В.1 – В.6), що коефіцієнт запасу міцності зменшується в залежності від збільшення коефіцієнту надійності для всіх досліджуваних конструкцій. Це свідчить про необхідність оцінювати різні гідроізоляційні матеріали на міцність зчеплення з покриттям та бетонною основою мосту при зсуві.

В.4 Розрахунку глибини колії в асфальтобетонному покритті автодорожнього мосту

Необхідно визначити ймовірну глибину колії в асфальтобетонному покритті з наступними вихідними даними:

- автодорожній міст знаходиться на автомобільній дорозі М 03 Київ - Харків - Довжанський у дорожньо-кліматичній зоні У-II;
- категорія автомобільної дороги – I_6 , що проходить по мосту;
- строк експлуатації асфальтобетонного покриття - $T_{cl} = 1; 3; 7; 15$ років ;
- за розрахункове навантаження прийнятий автомобіль групи A_1 з розрахунковими параметрами: $T_{cl} = 0,8$ МПа, $D = 34,5$ см ;

- конструкція асфальтобетонного покриття наведена та її розрахункові параметри в таблиці В.3.

Таблиця В.3 – Розрахункові значення конструкції асфальтобетонного покриття на автодорожньому залізобетонному мосту для розрахунку глибини колії

№ п/п	Матеріал шару	Тов- щина шару Н, см	Параметри функції, α_T		Параметри функції релаксації			
			Q, °C	p, град ⁻¹	E _{мт} , МПа	E _{дт} , МПа	η , с	λ
1	Щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальною крупністю зерен 20 мм (ЩМА-20) на бітумі БМПА-60/90-53	5	20	0,169	27 970	34	$1,54 \times 10^{-5}$	0,310
2	АСГ.Др.Щ.А.НП.І. з максимальною крупністю зерен 20 мм на бітумі БНД-60/90	6	20	0,195	26 786	35	$1,48 \times 10^{-5}$	0,310
3	Еластичний прошарок – оклеювальна гідроізоляція Testudo	0,5	45		320			
4	Залізобетонна плита	20			45 000			

Наведено нижче розрахунок прогнозування колії в асфальтобетонному покритті, який реалізовано за допомогою програми *MathCAD*.

Розрахунок інтенсивності руху по дорозі здійснюється згідно даним (розділу 3, таблиця 3.5). В колонках 2-5 (табл. 3.5) представлені показники кількості проїздів за добу в обох напрямках транспортних засобів різних категорій N_i (табл. 3.5). З окремими категоріями і автотранспорту пов'язані коефіцієнт приведення до розрахункового навантаження S (табл. 3.5). Знаючи прогнозовану інтенсивності руху по дорозі в окремий рік експлуатації неважко отримати розрахункове навантаження на питомий рік, так і сумарну їх кількість. Тому сумарний коефіцієнт приведення розрахункового добового навантаження для

заданих років експлуатації маємо: $S_i N_i(T_{\text{сл}} = 1) = 1160$; $S_i N_i(T_{\text{сл}} = 3) = 1272$; $S_i N_i(T_{\text{сл}} = 7) = 1380$; $S_i N_i(T_{\text{сл}} = 15) = 1477$.

Розрахунок кількості колієнебезпечних днів у році $T_{\text{знд}}$ можливе у двох варіантах: наближеному і точному згідно (розділу 2, 3). Наближене значення приймається відповідно (розділу 3, табл. 3.4) - $T_{\text{знд}}^m = 135$. Визначення колієнебезпечних днів у році за точним рішенням (розділу 2, 3) потребує спочатку отримання величини середньорічної позитивної температури повітря, (розділу 3) для якої обирається відповідна кількість місяців у році зі стійкою позитивною температурою. Аналіз таблиці 4 для п'ятого дорожнього району показує, що орієнтована дата переходу у весняний період середньодобової температури повітря через 0°C відбувається 16 березня, а для осіннього періоду - 20 листопада. Таким чином, відповідно (розділу 2, 3) розв'язок набуває вигляду:

$$t_{\text{срч}}^+ = \frac{15_3 + 30_4 + 31_5 + 30_6 + 31_7 + 31_8 + 30_9 + 31_{10} + 20_{11}}{9} = \frac{249}{9} = 27,7^\circ\text{C}.$$

Спираючись на отриманий результат за (розділу 3) визначаємо величину $T_{\text{знд}}^{\text{ф}} = 140$. Коефіцієнт K_n обирається згідно категорії дороги (табл. 3.3) - $K_n = 1,49$.

Сумарну кількість прикладення навантажень $\sum N_p$ в залежності від різного року експлуатації визначається за залежністю (3.9) і маємо такі значення: інтенсивність дії навантаження даного виду режиму за один рік 84692 авт./доб; за три роки 278661 авт./доб; за сім років 705277 авт./доб; за п'ятнадцять років 1616989 авт./доб.

Отримання зведеної кількості прикладення навантажень $N_{\text{ндо}}$, яке базується на запропонованій класифікації режимів вертикального навантаження від дії транспортного засобу (табл. 2.1 та рис. 2.12), а також з урахуванням залежностей (2.21-2.25 та 3.4-3.6) за формулою (3.9):

$$N_{c\phi}(T_{cl} = 1) = \sum_{j=1}^m \sum_{\varphi=1}^{k_{\varphi}} N_{\varphi} \times t_{n\varphi} = 84692 \times 0,1 = 8469$$

$$N_{c\phi}(T_{cl} = 3) = \sum_{j=1}^m \sum_{\varphi=1}^{k_{\varphi}} N_{\varphi} \times t_{n\varphi} = 278661 \times 0,1 = 27866$$

$$N_{c\phi}(T_{cl} = 7) = \sum_{j=1}^m \sum_{\varphi=1}^{k_{\varphi}} N_{\varphi} \times t_{n\varphi} = 705277 \times 0,1 = 70528$$

$$N_{c\phi}(T_{cl} = 15) = \sum_{j=1}^m \sum_{\varphi=1}^{k_{\varphi}} N_{\varphi} \times t_{n\varphi} = 1616989 \times 0,1 = 161699$$

Визначення розрахункової температури асфальтобетонного покриття виконують відповідно до (розділ 3):

$$T^{\max} = 0,9545(T_{PB} - 0,00618\Theta_{Nlat}^2 + 0,2289\Theta_{Nlat} + 42,2) - 17,18 \quad (B.9)$$

$$T^{\max} = 0,9545(32 - 0,00618 \times 50^2 + 0,2289 \times 50 + 42,2) - 17,18 = 49,8$$

Визначення теплового потоку від тертя шини в колії здійснюється відповідно (розділу 2, 3) і отримується за залежністю:

$$q_p(t) = \frac{a\rho C_{\rho}\pi^2}{4H} S_{\delta} (T_i - T_{\theta}) \quad (B.10)$$

$$q_p(t) = \frac{0,0028 \times 2390 \times 0,18 \times 3,14^2}{4 \times 0,05} 0,25 \times (50 - 28) = 300,6$$

де ρ – щільність асфальтобетонного покриття, приймається 2390 кг/м^3 ;

C_{ρ} – питома теплоємність, приймається $0,18 \text{ ккал/кг}\cdot\text{град}$;

a – коефіцієнт температуропровідності, приймається $0,0028 \text{ м}^2/\text{год}$;

S_{ϕ} – площа фактичного контакту шини з покриттям, приймається $0,25 \text{ м}^2$;

$T_{ш}$ – температура поверхні шини, приймається $28 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

T_n – температура поверхні покриття, приймається $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Відповідно до залежності (В.10) визначаємо розрахункову температуру покриття в полосі накату від тертя пневматичної шини транспортного засобу за залежністю:

$$T_m = \frac{2 \cdot q_p(t)}{\lambda} \cdot \sqrt{\frac{a \cdot t}{\pi}} = \frac{2 \cdot 300,6}{1,0} \cdot \sqrt{\frac{0,0028 \cdot 0,1}{3,14}} = 5,67. \quad (\text{В.11})$$

З урахуванням результату (В.11) та рівняння (3.3) визначається зведена розрахункова температура асфальтобетонного покриття на автодорожньому мосту:

$$T_{nz} = T^{\max} + T_m. \quad (\text{В.12})$$

$$T_{nz} = 49,8 + 5,67 = 55,5$$

Визначення функції релаксації асфальтобетонного покриття для двох шарів виконують відповідно до таблиці В.3 та (розділу 3) при часі дії навантаження $0,1 \text{ с}$ за рівнянням:

$$\overline{\Psi}_T(t, T) = (578 \times 5 + 887 \times 6) \div (5 + 6) = 747, \quad \text{МПа}$$

Визначення глибини колії в асфальтобетонному покритті після першого проїзду транспортного засобу отримується за рівнянням:

$$h_{N+1} = \frac{1}{2} \cdot (\beta \cdot c_p \cdot R)^{\frac{1}{3}} \times \left[\frac{3 \cdot \pi}{4} \cdot \frac{\bar{\Psi}_T(t', T) \cdot a_1^4}{H_{a/\delta} \cdot R \cdot b} \cdot \left(\sqrt{\frac{c_p + \beta}{c_p}} - 1 \right) \right]^{\frac{2}{3}} \cdot [1 + \mathcal{G} \cdot (N-1)^k]^\gamma \cdot W \cdot K_k = 0,67 \text{ (мм)} \quad (\text{B.13})$$

де β – постійна пневматика, приймається 0,8 Па/м;

c_p – пластична постійна, приймається 0,018 Па/м;

R – радіус пневматичного колеса, приймається 0,22 м;

b – ширина колеса, 0,41 м;

H – загальна товщина шару приймається відповідно (табл. В.3), 0,11 м;

a – величини відстані від осевої частини контакту пневматичного колеса визначається за залежністю:

$$a = 0,01 \sqrt{\frac{2R \cdot p}{c_p \cdot y_0 \cdot v}} = 10,06 \text{ (см)} \quad (\text{B.14})$$

де p – питомий тиск, приймається 0,6 МПа;

v – усереднена швидкість руху, приймається 40 км/год.

Визначення глибини колії, після відповідної кількості проходів пневматичного колеса з урахуванням залежностей (В.2 – В.5) та (В.13) отримуємо:

для першого року

,

$$h_{N+1} = \frac{1}{2} \cdot (\beta \cdot c_p \cdot R)^{\frac{1}{3}} \times \left[\frac{3 \cdot \pi}{4} \cdot \frac{\bar{\Psi}_T(t', T) \cdot a_1^4}{H_{a/\delta} \cdot R \cdot b} \cdot \left(\sqrt{\frac{c_p + \beta}{c_p}} - 1 \right) \right]^{\frac{2}{3}} \cdot [1 + \mathcal{G} \cdot (N-1)^k]^\gamma \cdot W \cdot K_k = 6,7 \text{ мм}$$

для третього року

$$h_{N+1} = \frac{1}{2} \cdot (\beta \cdot c_p \cdot R)^{\frac{1}{3}} \times \left[\frac{3 \cdot \pi}{4} \cdot \frac{\bar{\Psi}_T(t', T) \cdot a_1^4}{H_{a/\delta} \cdot R \cdot b} \cdot \left(\sqrt{\frac{c_p + \beta}{c_p}} - 1 \right) \right]^{\frac{2}{3}} \cdot [1 + \mathcal{G} \cdot (N-1)^k]^\gamma \cdot W \cdot K_k = 10,2 \text{ мм},$$

для сьомого року

$$h_{N+1} = \frac{1}{2} \cdot (\beta \cdot c_p \cdot R)^{\frac{1}{3}} \times \left[\frac{3 \cdot \pi}{4} \cdot \frac{\overline{\Psi}_T(t', T) \cdot a_1^4}{H_{a/\delta} \cdot R \cdot b} \cdot \left(\sqrt{\frac{c_p + \beta}{c_p}} - 1 \right) \right]^{\frac{2}{3}} \cdot [1 + \vartheta \cdot (N-1)^k]^\gamma \cdot W \cdot K_k = 13,0 \text{ мм},$$

для п'ятнадцятого року

$$h_{N+1} = \frac{1}{2} \cdot (\beta \cdot c_p \cdot R)^{\frac{1}{3}} \times \left[\frac{3 \cdot \pi}{4} \cdot \frac{\overline{\Psi}_T(t', T) \cdot a_1^4}{H_{a/\delta} \cdot R \cdot b} \cdot \left(\sqrt{\frac{c_p + \beta}{c_p}} - 1 \right) \right]^{\frac{2}{3}} \cdot [1 + \vartheta \cdot (N-1)^k]^\gamma \cdot W \cdot K_k = 18 \text{ мм},$$

Визначаємо величину середньорічного зношення асфальтобетонного покриття (3.14):

для першого року

$$h_\tau(N_{c\phi}) = (A \times N_{c\phi} + B) \cdot T_p = 1,24 \text{ мм/рік}$$

для третього року

$$h_\tau(N_{c\phi}) = (A \times N_{c\phi} + B) \cdot T_p = 3,72 \text{ мм/рік}$$

для сьомого року

$$h_\tau(N_{c\phi}) = (A \times N_{c\phi} + B) \cdot T_p = 8,68 \text{ мм/рік}$$

для п'ятнадцятого року

$$h_\tau(N_{c\phi}) = (A \times N_{c\phi} + B) \cdot T_p = 18,6 \text{ мм/рік}$$

де A, B – параметри зносу асфальтобетонного покриття від дії шипованих пневматичних коліс транспортних засобів, параметри приймаються: $A=0,00009$; $B=0,143$, мм;

T_p – строк служби покриття $T_p = T_{cl}$, роки.

Перевірка умови граничного стану (3.8) за критерієм стійкості до накопичення залишкових деформацій, що утворена за розрахунковий строк служби максимальна глибина колії в асфальтобетонному покритті на автодорожніх мостах:

для першого року

$$h^{\max}(\sum N_{c\varphi}, t_{н\varphi}, T) \leq h_{ГД}, 8 < 15,$$

для третього року

$$h^{\max}(\sum N_{c\varphi}, t_{н\varphi}, T) \leq h_{ГД}, 14 < 15$$

для сьомого року

$$h^{\max}(\sum N_{c\varphi}, t_{н\varphi}, T) \leq h_{ГД}, 22 > 15$$

для п'ятнадцятого року

$$h^{\max}(\sum N_{c\varphi}, t_{н\varphi}, T) \leq h_{ГД}, 37 > 15$$

Умови граничного стану за критерієм стійкості до накопичення залишкових деформацій для першого третього року виконується, а для інших років не виконується.

Оцінювання надійності при прогнозуванні колієутворення в асфальтобетонному покритті [2, 311, 353, 377]. Тому оцінка щільності потоку відмов λ за показником $\lambda = \frac{h_{\Sigma}^i}{N_{ef} \times h_{\Sigma}^{\max}} (10^3)$:

для першого року

$$\frac{h_{\Sigma}^i}{N_{ef}(T_{cl} = 1) \cdot h_{\Sigma}^{\max}} (10^3) = \frac{9}{342732} (10^3) = 0,026$$

для третього року

$$\frac{h_{\Sigma}^i}{N_{ef}(T_{cl} = 3) \times h_{\Sigma}^{\max}} (10^3) = \frac{15}{342732} (10^3) = 0,043$$

для сьомого року

$$\frac{h_{\Sigma}^i}{N_{ef}(7) \times h_{\Sigma}^{\max}} (10^3) = \frac{24}{342732} (10^3) = 0,070$$

для п'ятнадцятого року

$$\frac{h_{\Sigma}^i}{N_{ef}(15) \times h_{\Sigma}^{\max}} (10^3) = \frac{24}{342732} (10^3) = 0,080$$

Проекція кривих деградації на відповідні роки експлуатації дають прогноз надійності

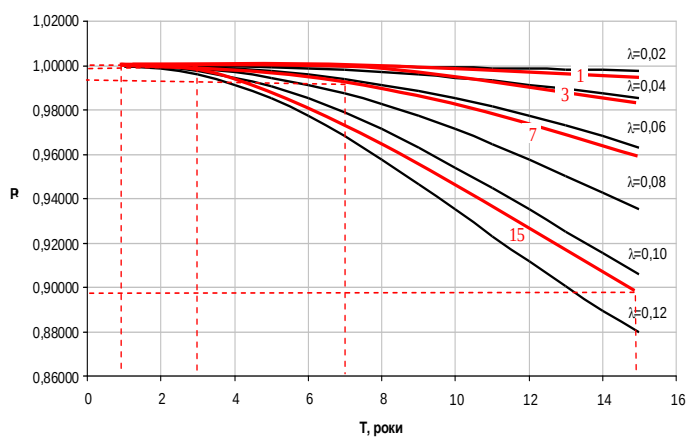


Рисунок В.7 – Прогнозована величина показника надійності P_t на заданий рік експлуатації

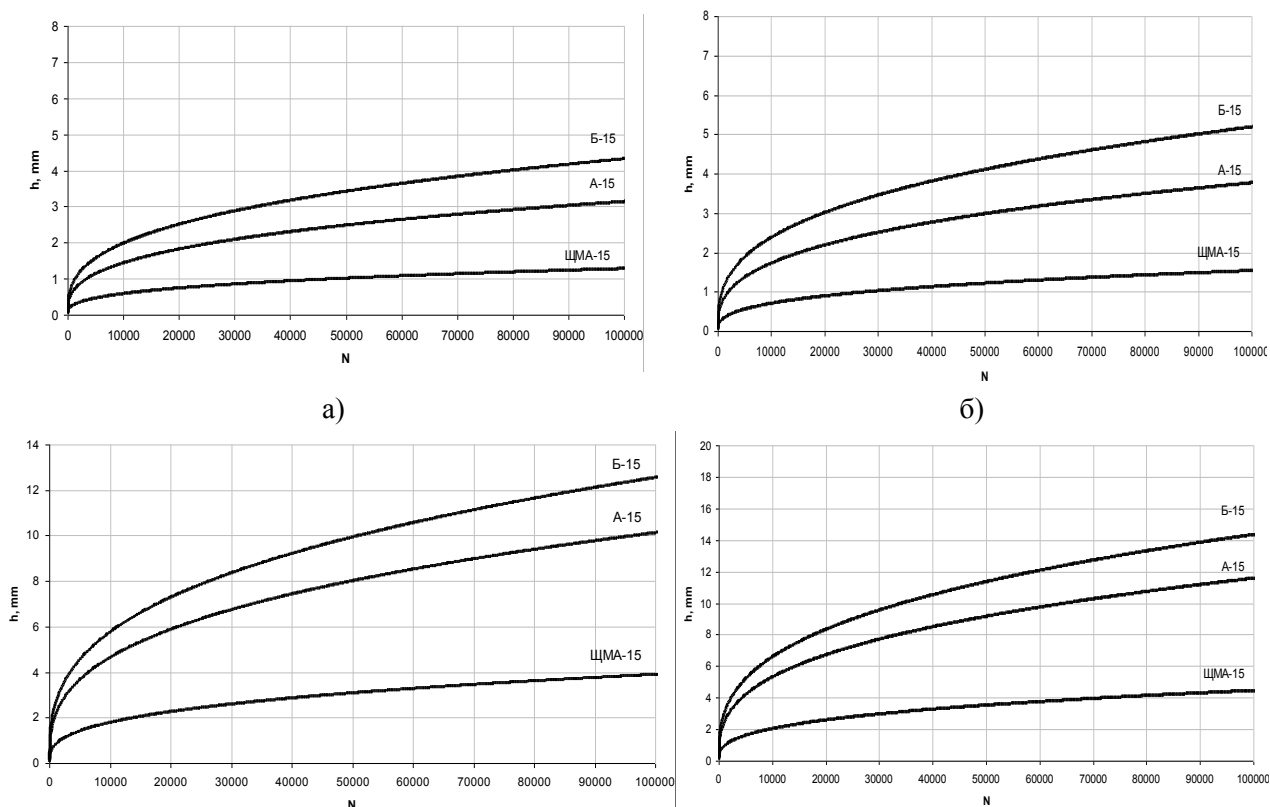
Визначаємо похибку визначення прогнозованої максимальної глибини колії в асфальтобетонному покритті автодорожнього мосту здійснюється:

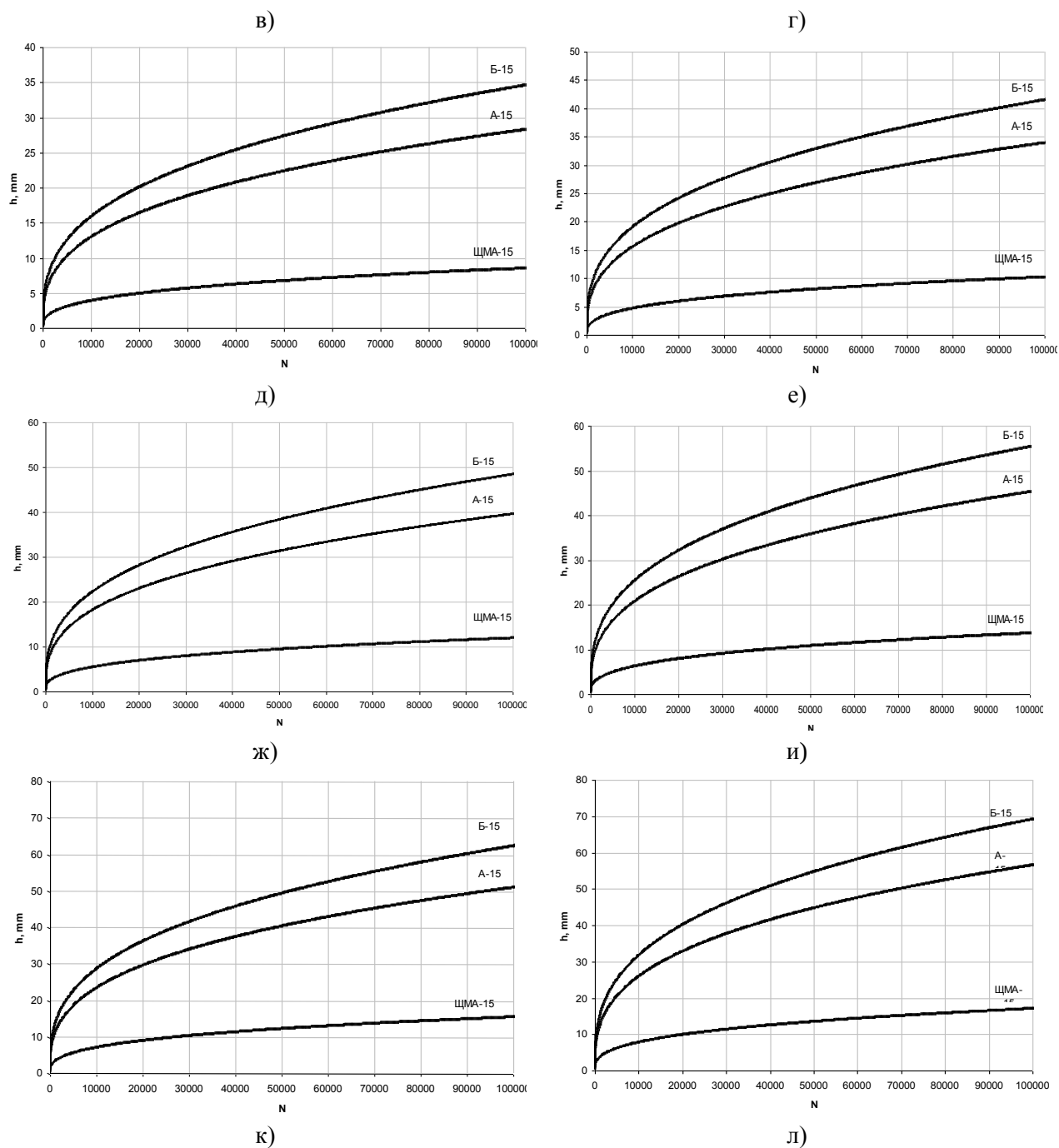
$$h^{\max}(\sum N_{c\phi}, t_{н\phi}, T) = h_{заг}(\sum N_{c\phi}, t_{н\phi}, T) \cdot (1 + t_{дй} \cdot C_v) \quad (B.15)$$

$$h_{85\%}^{\max}(m) = h^{\max}(m)_{мм} + 1,04 \times 0,36 = h^{\max}(m)_{мм} \pm 0,37 мм$$

Покриття автомобільної дороги М03 Київ – Харків - Довжанський з асфальтобетону типу ЩМА-20 через на 15 рік експлуатації буде мати прогнозовану глибину колії близько $37 \pm 0,37$ мм (разом із абразійним зношенням), що не забезпечує вимоги до припустимої глибини колії 15 мм згідно (розділу 3, табл. 3.1). Оцінка надійності складає 0,894. Дані результати підтверджуються з натурними дослідженнями.

Зміна глибини колії, залежно від кількості проходів пневматичного колеса по асфальтобетону (тип в'язучого матеріалу - БМПА 60/90-53) наведено на рис. В.8.





а) – температура – 30 °С, питомий тиск - 0,5 МПа; б) – температура – 30 °С, питомий тиск – 0,6 МПа; в) – температура – 40 °С, питомий тиск – 0,7 МПа; г) – температура – 40 °С, питомий тиск – 0,8 МПа; д) – температура – 60 °С, питомий тиск – 0,5 МПа; е) – температура – 60 °С, питомий тиск – 0,6 МПа; ж) – температура – 60 °С, питомий тиск – 0,7 МПа; и) – температура – 60 °С, питомий тиск – 0,8 МПа; к) – температура – 60 °С, питомий тиск – 0,9 МПа; л) – температура – 60 °С, питомий тиск – 1,0 МПа

Рисунок В.8 – Залежність зміна глибини колії, залежно від кількості проходів пневматичного колеса по асфальтобетону

ДОДАТОК Г

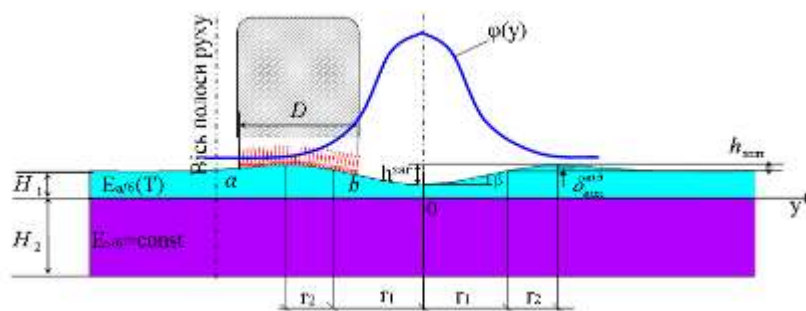
Методика визначення коефіцієнта відновлення загальної глибини колії в асфальтобетонному покритті на автодорожніх мостах

Суть методики полягає визначенні висоти (гребню) випору в асфальтобетонному покритті на автодорожніх мостах. Пропонується підхід, який полягає у оцінці в'язкопластичної складової деформацій асфальтобетону на основі пружної складової, обчисленої за допомогою методу скінчених елементів при наїзді колеса на випір з урахуванням ймовірності такого наїзду і прогнозуванні накопичених деформацій при багаторазовій дії такого навантаження. Для моделювання методом скінчених елементів необхідне визначення геометрії та параметрів профілю колії. Для оцінки висоти випорів була розроблена наступна схема, базується на порівнянні об'ємів матеріалу, заключного в випорах та загального обсягу, вижатого матеріалу в асфальтобетонному покритті [426]. Обсяг вижатого матеріалу з покриття, який утворюється від дії пневматичних коліс транспортних засобів визначається як різниця між об'ємом залишкових деформацій накопичених в асфальтобетонному покритті. Тому для визначення коефіцієнту відновлення висоти випору в асфальтобетонному покритті необхідно розробити модель (рис. Г.1), яка відтворює реальні умови дії транспортних засобів на величину висоти випору на покритті автодорожніх мостів.

Таким чином висоту випорів $h_{\text{вип}}$ визначаємо за наступною залежністю:

$$h_{\text{вип}} = \frac{h^{\max}(\sum N_{\text{сф}})}{2}, \quad (\text{Г.1})$$

де $h^{\max}(\sum N_{\text{сф}})$ – розрахункова глибина колії в асфальтобетонного покриття є функцією від інтенсивності ($N_{\text{сф}}$), яка визначається за розділом 2,



— щільність ймовірності розподілу положень центрів відбитків коліс

Рисунок Г.1 – Модель оцінки впливу дії пневматичних коліс транспортних засобів на величину висоти випору асфальтобетонного покриття

Після сумування всіх часткових складових колії за розділом 3 отримуємо загальну глибину колії $h^{\max}(\sum N_{cf})$. Необхідно підкреслити, що ця глибина є максимальною і проходить по вертикальній осі через центр дії колеса в поперечному розрізі (рис. Г.1). Для визначення вертикальних зміщень будь-якої поверхні покриття, яка розташована на відстані r від осі діючих навантажень скористаємось формулою [513]:

$$h_r = \frac{h_k}{1 + 0,67 \cdot \left(\frac{r}{R} \cdot \arctg \cdot \frac{D}{H} \right)}, \quad (\text{Г.2})$$

де h_k – вертикальне переміщення будь-якої точки покриття, розташованої на відстані r , см;

r – відстань від осі діючого навантаження, см;

R – радіус кола рівновеликого відбитку колеса, см;

D – діаметр кола рівновеликого відбитку колеса, см;

H – товщина шару покриття, см.

Для визначення тангенсу кута нахилу дотичної до кривої ($\text{tg}\beta$), яка характеризується рівнянням (Г.2) необхідно продиференціювати це рівняння по r :

$$\frac{dh_r}{dr} = \operatorname{tg} \beta \quad (\Gamma.3)$$

Горизонтальна відстань r від осі колії до точки, в якій дотична до кривої нахилена під найбільшим кутом $\beta_{\max}$ визначається з рівняння:

$$\frac{d^2 h_r}{dr^2} = 0 \quad (\Gamma.4)$$

Після підстановки в формулу (Г.3) значення r , знайденого з рівняння (Г.4), і проведення відповідних перетворень в роботі [514] отримано:

$$\operatorname{tg} \beta_{\max} \cong 1,06 \cdot \frac{h_k \cdot \operatorname{arctg} \cdot \frac{D}{H}}{D} \quad (\Gamma.5)$$

Визначивши тангенс кута нахилу дотичної до кривої ($\operatorname{tg} \beta$) знаходимо відстані r_1 та r_2 (рис. Г.1), які разом з глибиною колії слугують вихідними даними для визначення всіх точок колії в поперечному перерізі:

$$r_1 = \frac{h_{\text{ш}}}{\operatorname{tg} \beta_{\max}}, \quad (\Gamma.6)$$

де $h_{\text{ш}}$ – глибина колії утворена в покритті без включення висоти випорів;

r_1 – горизонтальна відстань від осі діючого навантаження до точки колії з початковою поверхнею покриття.

$$r_2 = \frac{h_{\text{вин}}}{\operatorname{tg} \beta_{\max}}, \quad (\Gamma.7)$$

$h_{\text{вин}}$ – середня висота випорів (лівого та правого);

r_2 – горизонтальна відстань від осі лівого чи правого випору до точки перетину колії з початковою поверхнею покриття.

Максимальна ширина, яка зайнята однією колією визначається за формулою:

$$B_{\max} = 4 \cdot r_2 + 2 \cdot r_1 \quad (\Gamma.8)$$

Функція щільності ймовірності розподілу положень центрів відбитків коліс визначається за залежністю:

$$\varphi(y) = \frac{1}{S_k \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-y^2 / 2 \cdot S_k^2} \quad (\Gamma.9)$$

де y – відстань центру відбитку правого колеса, від середнього найбільш ймовірного положення цього центру;

S_k – середньоквадратичне відхилення y .

Для визначення параметрів цього розподілу для кожного конкретного випадку необхідно проводити статистичні дослідження. У даному прикладі застосування даної методики використовуємо параметри функції розподілу $\varphi(y)$, які запропоновані Б.С. Радовським $S_k = 0,48$ [260]. В такому випадку ймовірність наїзду на випір орієнтовно дорівнює $\xi \approx 0,2$.

Коефіцієнт відновлення висоти випору пропонується визначати за залежністю:

$$k_{\text{від}} = \frac{\delta_{\text{вип}}^{\text{від}}}{h_{\text{вип}}} \quad (\Gamma.10)$$

де $\delta_{вин}^{vid}(N_p, T)$ – відновлена висота випору асфальтобетонного покриття, значення визначається за залежністю (Г.11).

Коефіцієнт відновлення ($k_{від}$) – це відношення відновленої висоти випору (гребеню) асфальтобетонного покриття від долі інтенсивності наїздів транспортних засобів до його першопочаткової висоти випору.

$$\delta_{вин}^{vid} = (h_{вин} - \delta_{пл} \cdot T_{a/б}^{1,183}) \cdot 1,22 \cdot (\sum N_{\phi} \cdot \xi)^{-0,043} \quad (Г.11)$$

де ξ – ймовірність наїзду пневматичного колеса транспортного засобу на гребінь випору, що визначається за формулою (Г.11);

$\delta_{пл}$ – пластична деформація асфальтобетону, визначається за виразом (Г.13), мм;

$$\xi = \int_a^b \varphi(y) dy \quad (Г.12)$$

$$\delta_{пл} = \delta_{пр} + 0,0001 \cdot T_{a/б}^{1,382} \quad (Г.13)$$

де $\delta_{пр}$ – пружна (переміщення) деформація асфальтобетону визначається моделюванням, за допомогою методу кінцевих елементів.

Для знаходження максимальних пружних деформацій $\delta_{пр}$ при наїзді колеса на випор було проведено моделювання методом скінчених елементів. Була побудована геометрична модель частини дорожнього полотна (залізобетонна плита товщиною 20 см з шаром асфальту 7 см) яка має колію з максимальною глибиною 5 см і випорами 1,5 см, відстань між найвищими точками випорів 60 см (рис. Г.2.). Геометрію моделі було апроксимовано сіткою тривимірних скінчених елементів (рис. Г.3). Шар асфальту має 15 елементів по глибині, залізобетонна

плита 7 елементів по глибині. Місце прикладення навантаження має згущену сітку (30*10 елементів).

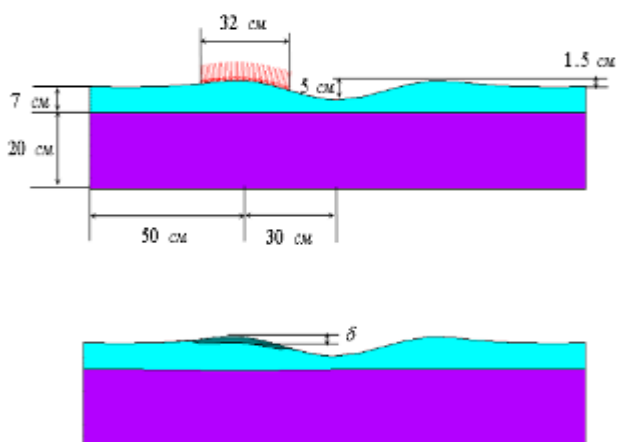


Рисунок Г.2 – Розрахункова
схема моделі

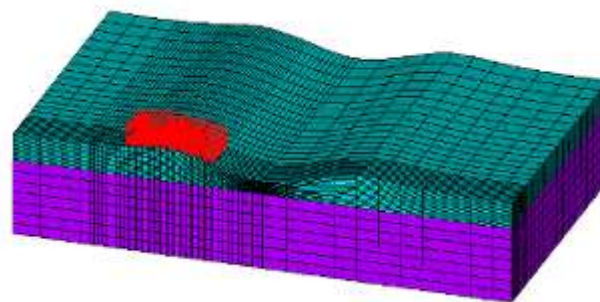


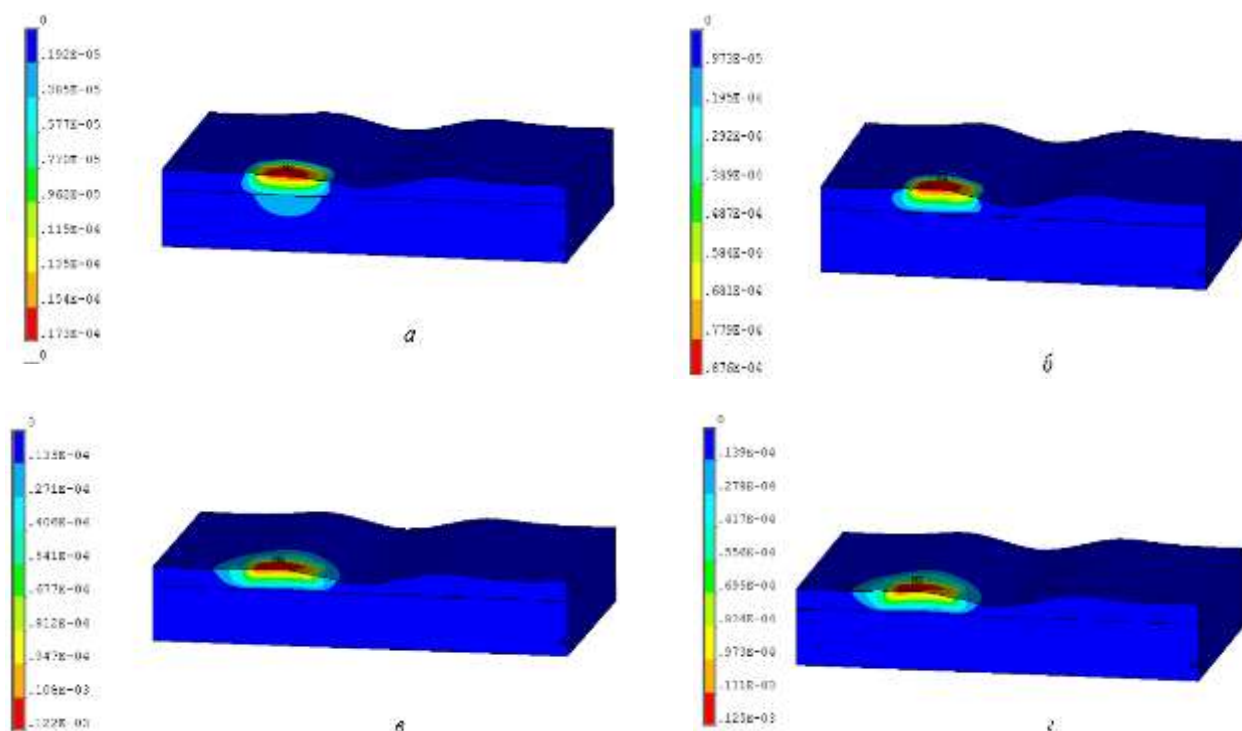
Рисунок Г.3 – Скінченоелементна
модель

На усі бокові грані моделі створено умови симетрії, нижня грань жорстко защемлена. Відбиток колеса (квадрат рівний по площі колу діаметром 32 см) розташований на вершині випору, на нього прикладений тиск 1 МПа. Прийнято механічні властивості асфальтобетону, які залежать від температури (табл. Г.1). Модуль пружності залізобетонної плити прийнятий 40000 МПа, коефіцієнт Пуассона 0,28.

Таблиця Г.1 – Модуль пружності та коефіцієнт Пуассона асфальтобетону

Назва	Товщина, h, см	Модуль пружності, МПа / коеф. Пуассона			
		+10	+40	+50	+60
Асфальтобетон щільний, дрібнозернистий тип Б, марки І на бітумі модифікованому полімером БМП 60/90-52	7	4500 / 0,3	690 / 0,35	400 / 0,41	360 / 0,43

Обчислені поля повних переміщень при різних значеннях температури (рис. Г.4).



a - $T=10^{\circ}$; *б* - $T=40^{\circ}$; *в* - $T=50^{\circ}$; *г* - $T=60^{\circ}$

Рисунок Г.4 – Поля повних переміщень при різних значеннях температури

Отримано на основі моделювання (рис. Г.4) пружні переміщення в асфальтобетонному покритті при різних значеннях температури, результати наведені в таблиці Г.2.

Таблиця Г.2 – Пружні переміщення в асфальтобетонному покритті

Пружна деформація	Температура асфальтобетону T , $^{\circ}\text{C}$			
	+10	+40	+50	+60
$\delta_{\text{пр}}$, мм	0,0173	0,0876	0,122	0,125

ДОДАТОК Д

Економічна ефективність застосування дисертаційних досліджень

Д.1 Економічна ефективність при проектуванні асфальтобетонних сумішей для влаштування покриття на автодорожніх мостах

Д.1.1 Вихідні дані при визначенні економічної ефективності при проектуванні асфальтобетонних сумішей для влаштування покриття на автодорожніх мостах

Для проектування складу асфальтобетонної суміші, гарячої дрібнозернистої щільної для влаштування верхнього шару покриття на автодорожніх мостах наступні вихідні матеріали: щебінь рядовий згідно ДСТУ Б В.2.7-75; відсів згідно ДСТУ Б В.2.7-75, ДСТУ Б В.2.7-210; мінеральний порошок згідно ДСТУ Б В.2.7-121; бітум нафтовий дорожній БНД 60/90 згідно ДСТУ 4044; бітум нафтовий дорожній в'язкий, модифікований полімерами БМП 60/90-52 згідно ДСТУ Б В.2.7-135.

В результаті оптимального проектування асфальтобетонних сумішей у відповідності діючих нормативних документів розроблено наступні склади асфальтобетонної суміші:

1. Склад: «Асфальтобетон.АСГ.Др.Щ.А.НП.І.БНД 60/90 – ДСТУ Б В.2.7-119:2011» - суміш гаряча, дрібнозерниста, асфальтобетон щільний, типу А, непереривчастої гранулометрії, марки І, бітум в'язкий БНД 60/90: ДСТУ Б В.2.7-119:2011.(базовий склад) – шифр 10-А-20.

2. Склад: «Асфальтобетон.АСГ.Др.Щ.А.НП.І. БМП 60/90-52– ДСТУ Б В.2.7-119:2011» - суміш гаряча, дрібнозерниста, асфальтобетон щільний, типу А, непереривчастої гранулометрії, марки І, бітум нафтовий дорожній в'язкий, модифікований полімерами БМП 60/90-52 (Butonal NS104 – 2%): ДСТУ Б В.2.7-119:2011 – шифр 10.1-А-20-2В.

3. Склад: «Асфальтобетон.АСГ.Др.Щ.А.НП.І. БМП 60/90-52– ДСТУ Б В.2.7-119:2011» - суміш гаряча, дрібнозерниста, асфальтобетон щільний,

типу А, непереривчастої гранулометрії, марки І, бітум нафтовий дорожній в'язкий, модифікований полімерами БМП 60/90-52 (Butonal NS104 – 4%): ДСТУ Б В.2.7-119:2011 – шифр 10.2-А-20-4В.

4. Склад: «Асфальтобетон.АСГ.Др.Щ.А.НП.І. БМП 60/90-52– ДСТУ Б В.2.7-119:2011» - суміш гаряча, дрібнозерниста, асфальтобетон щільний, типу А, непереривчастої гранулометрії, марки І, бітум нафтовий дорожній в'язкий, модифікований полімерами БМП 60/90-52 (Butonal NS104 – 6%): ДСТУ Б В.2.7-119:2011 – шифр 10.3-А-20-6В.

5. Склад: «Асфальтобетон.АСГ.Др.Щ.А.НП.І. БМП 60/90-52– ДСТУ Б В.2.7-119:2011» - суміш гаряча, дрібнозерниста, асфальтобетон щільний, типу А, непереривчастої гранулометрії, марки І, бітум нафтовий дорожній в'язкий, модифікований полімерами БМП 60/90-52 (Kraton D 1101 – 1%): ДСТУ Б В.2.7-119:2011 – шифр 10.4-А-20-1К.

6. Склад: «Асфальтобетон.АСГ.Др.Щ.А.НП.І. БМП 60/90-52– ДСТУ Б В.2.7-119:2011» - суміш гаряча, дрібнозерниста, асфальтобетон щільний, типу А, непереривчастої гранулометрії, марки І, бітум нафтовий дорожній в'язкий, модифікований полімерами БМП 60/90-52 (Kraton D 1101 – 3%): ДСТУ Б В.2.7-119:2011 – шифр 10.5-А-20-3К.

7. Склад: «Асфальтобетон.АСГ.Др.Щ.А.НП.І. БМП 60/90-52– ДСТУ Б В.2.7-119:2011» - суміш гаряча, дрібнозерниста, асфальтобетон щільний, типу А, непереривчастої гранулометрії, марки І, бітум нафтовий дорожній в'язкий, модифікований полімерами БМП 60/90-52 (Kraton D 1101 – 5%): ДСТУ Б В.2.7-119:2011 – шифр 10.6-А-20-5К.

8. Склад: «Асфальтобетон.АСГ.Др.Щ.А.НП.І. БМП 60/90-52– ДСТУ Б В.2.7-119:2011» - суміш гаряча, дрібнозерниста, асфальтобетон щільний, типу А, непереривчастої гранулометрії, марки І, бітум нафтовий дорожній в'язкий, модифікований полімерами БМП 60/90-52 (Elvaloy-AM – 1%): ДСТУ Б В.2.7-119:2011 – шифр 10.7-А-20-1Е.

9. Склад: «Асфальтобетон.АСГ.Др.Щ.А.НП.І. БМП 60/90-52– ДСТУ Б В.2.7-119:2011» - суміш гаряча, дрібнозерниста, асфальтобетон щільний,

типу А, непереривчастої гранулометрії, марки І, бітум нафтовий дорожній в'язкий, модифікований полімерами БМП 60/90-52 (Elvaloy-AM – 2%): ДСТУ Б В.2.7-119:2011 – шифр 10.9-А-20-2Е.

10. Склад: «Асфальтобетон.АСГ.Др.Щ.А.НП.І. БМП 60/90-52– ДСТУ Б В.2.7-119:2011» - суміш гаряча, дрібнозерниста, асфальтобетон щільний, типу А, непереривчастої гранулометрії, марки І, бітум нафтовий дорожній в'язкий, модифікований полімерами БМП 60/90-52 (КПБВ «Полігум»): ДСТУ Б В.2.7-119:2011 – шифр 10.10-А-20-П.

Вартість асфальтобетонних сумішей згідно таблиці Д.1.

Таблиця Д.1 – Вартість асфальтобетонної суміші

Номер складу	Вид асфальтобетонної суміші	Вага, т.	Ціна на асфальтобетонну суміш, грн. (з урахуванням ПДВ)*
1 Склад	Асфальтобетон.АСГ.Др.Щ.А.НП.І. БНД 60/90 (шифр 10-А-20)	1	1392,00
2 Склад	Асфальтобетон.АСГ.Др.Щ.А.НП.І. БМП 60/90-52 (шифр 10.1-А-20-2В)	1	1640,00
3 Склад	Асфальтобетон.АСГ.Др.Щ.А.НП.І. БМП 60/90-52 (шифр 10.2-А-20-4В)	1	1710,00
4 Склад	Асфальтобетон.АСГ.Др.Щ.А.НП.І. БМП 60/90-52 (шифр 10.3-А-20-6В)	1	1800,00
5 Склад	Асфальтобетон.АСГ.Др.Щ.А.НП.І. БМП 60/90-52 (шифр 10.4-А-20-1К)	1	1680,00
6 Склад	Асфальтобетон.АСГ.Др.Щ.А.НП.І. БМП 60/90-52 (шифр 10.5-А-20-3К)	1	1740,00
7 Склад	Асфальтобетон.АСГ.Др.Щ.А.НП.І. БМП 60/90-52 (шифр 10.6-А-20-5К)	1	1900,00
8 Склад	Асфальтобетон.АСГ.Др.Щ.А.НП.І. БМП 60/90-52 (шифр 10.7-А-20-1Е)	1	1690,00
9 Склад	Асфальтобетон.АСГ.Др.Щ.А.НП.І. БМП 60/90-52 (шифр 10.9-А-20-2Е)	1	1820,00
10 Склад	Асфальтобетон.АСГ.Др.Щ.А.НП.І. БМП 60/90-52 (шифр 10.10-А-20-П)	1	2030,00
* Дані Мінрегіонбуду за червень 2016 р. для Київської області			

Д.1.2 Визначення показника ефективності

Характеристика фізико-механічних властивостей асфальтобетону згідно табл.6.1., визначення показника ефективності наведено в табл. Д.2.

Таблиця Д.2 – Показник ефективності асфальтобетонної суміші

Показник властивостей	Склад 1	Склад 2	Склад 3	Склад 4	Склад 5
$I_1^{a/b}$	$\frac{1.37}{2.0} = 0.685$	$\frac{1.66}{2.0} = 0.83$	$\frac{1.92}{2.0} = 0.96$	$\frac{2.06}{2.0} = 1.03$	$\frac{1.79}{2.0} = 0.895$
$I_2^{a/b}$	$\frac{4.33}{4.0} = 1.083$	$\frac{4.87}{4.0} = 1.218$	$\frac{5.06}{4.0} = 1.265$	$\frac{5.38}{4.0} = 1.345$	$\frac{5.01}{4.0} = 1.252$
$I_3^{a/b}$	$\frac{2.0}{3.12} = 0.641$	$\frac{2.0}{2.72} = 0.735$	$\frac{2.0}{2.15} = 0.93$	$\frac{2.0}{1.98} = 1.01$	$\frac{2.0}{2.86} = 0.699$
$I_4^{a/b}$	$\frac{4.1}{0.9} = 4.556$	$\frac{4.7}{0.9} = 5.222$	$\frac{4.9}{0.9} = 5.444$	$\frac{5.17}{0.9} = 5.744$	$\frac{4.83}{0.9} = 5.367$
$I_5^{a/b}$	$\frac{5.0}{6.3} = 0.794$	$\frac{5.0}{5.4} = 0.926$	$\frac{5.0}{4.6} = 1.087$	$\frac{5.0}{4.2} = 1.19$	$\frac{5.0}{4.8} = 1.042$
$I_{\text{заг}}^{a/b}$	$\sqrt[5]{0.6851.0830.6414.5560.794} = 1.115$	$\sqrt[5]{0.831.2180.7355.2220.926} = 1.291$	$\sqrt[5]{0.961.2650.935.4441.087} = 1.462$	$\sqrt[5]{1.031.3451.015.7441.19} = 1.571$	$\sqrt[5]{0.8951.2520.6995.3671.042} = 1.344$
P_{En}	$0.221.115^{-0.75} = 0.203$	$0.221.291^{-0.75} = 0.182$	$0.221.462^{-0.75} = 0.165$	$0.221.571^{-0.75} = 0.157$	$0.221.344^{-0.75} = 0.176$
β	$\frac{0.203}{0.203} = 1$	$\frac{0.203}{0.182} = 1.115$	$\frac{0.203}{0.165} = 1.23$	$\frac{0.203}{0.157} = 1.293$	$\frac{0.203}{0.176} = 1.153$
Показник властивостей	Склад 6	Склад 7	Склад 8	Склад 9	Склад 10
$I_1^{a/b}$	$\frac{2.08}{2.0} = 1.04$	$\frac{2.25}{2.0} = 1.125$	$\frac{1.71}{2.0} = 0.855$	$\frac{2.18}{2.0} = 1.09$	$\frac{2.37}{2.0} = 1.185$
$I_2^{a/b}$	$\frac{5.19}{4.0} = 1.298$	$\frac{5.57}{4.0} = 1.393$	$\frac{4.94}{4.0} = 1.235$	$\frac{5.47}{4.0} = 1.367$	$\frac{5.09}{4.0} = 1.272$
$I_3^{a/b}$	$\frac{2.0}{2.42} = 0.826$	$\frac{2.0}{1.97} = 1.015$	$\frac{2.0}{2.77} = 0.722$	$\frac{2.0}{2.02} = 0.99$	$\frac{2.0}{1.84} = 1.087$
$I_4^{a/b}$	$\frac{5.01}{0.9} = 5.567$	$\frac{5.40}{0.9} = 6$	$\frac{4.69}{0.9} = 5.211$	$\frac{5.28}{0.9} = 5.867$	$\frac{5.79}{0.9} = 6.433$
$I_5^{a/b}$	$\frac{5.0}{4.1} = 1.22$	$\frac{5.0}{3.4} = 1.471$	$\frac{5.0}{5.1} = 0.98$	$\frac{5.0}{3.9} = 1.282$	$\frac{5.0}{3.1} = 1.613$
$I_{\text{заг}}^{a/b}$	$\sqrt[5]{1.041.2980.8265.5671.22} = 1.499$	$\sqrt[5]{1.1251.3931.0156.1471} = 1.696$	$\sqrt[5]{0.8551.2350.7225.2110.98} = 1.312$	$\sqrt[5]{1.091.3670.995.8671.282} = 1.618$	$\sqrt[5]{1.1851.2721.0876.4331.613} = 1.762$
P_{En}	$0.221.499^{-0.75} = 0.162$	$0.221.696^{-0.75} = 0.148$	$0.221.312^{-0.75} = 0.179$	$0.221.618^{-0.75} = 0.153$	$0.221.762^{-0.75} = 0.144$
β	$\frac{0.203}{0.162} = 1.253$	$\frac{0.203}{0.148} = 1.372$	$\frac{0.203}{0.179} = 1.134$	$\frac{0.203}{0.153} = 1.327$	$\frac{0.203}{0.144} = 1.41$

Якщо склад 1 являються базовим, тоді:

- склад 2: $1640,00/1392,00 = 1,17 > 1,115$ – умова (6.14) не виконується;
- склад 3: $1710,00/1392,00 = 1,22 < 1,230$ – умова (6.14) виконується;
- склад 4: $1800,00/1392,00 = 1,29 < 1,293$ – умова (6.14) виконується;
- склад 5: $1680,00/1392,00 = 1,20 > 1,153$ – умова (6.14) не виконується;
- склад 6: $1740,00/1392,00 = 1,25 < 1,253$ – умова (6.14) виконується;
- склад 7: $1900,00/1392,00 = 1,36 < 1,372$ – умова (6.14) виконується;
- склад 8: $1690,00/1392,00 = 1,21 > 1,134$ – умова (6.14) не виконується;
- склад 9: $1840,00/1392,00 = 1,30 < 1,327$ – умова (6.14) виконується;
- склад 10: $2030,00/1392,00 = 1,45 < 1,613$ – умова (6.14) виконується;

Таким чином, у відповідності формули 6.14 склади: № 2; №5; №8 – не являються ефективними з точки зору збільшення вартості асфальтобетонних сумішей в порівнянні з їхніми фізико-механічними властивостями.

Склади: № 3; №4; №6; №7; №9; № 10 – є ефективними з точки зору збільшення вартості асфальтобетонних сумішей в порівнянні з їхніми фізико-механічними властивостями.

Склад № 10 із застосуванням комплексного полімер-бітумного в'язучого «Полігум» у відповідності формул 6.13 та 6.14 являється найбільш ефективним з точки зору збільшення вартості асфальтобетонної суміші в порівнянні з фізико-механічними властивостями.

Д.2 Економічна ефективність влаштування асфальтобетонного покриття на залізобетонних транспортних спорудах

Економічна ефективність влаштування асфальтобетонного покриття на залізобетонних транспортних спорудах при використанні нових технологій та матеріалів, визначається переважно розрахунками порівняльної ефективності капітальних вкладень на основі порівняння витрат на виконання робіт по традиційній схемі з витратами на той же обсяг робіт з використанням

асфальтобетонного покриття із застосуванням бітумів модифікованих полімерами.

Ефективність застосовування асфальтобетонного покриття з підвищеною довговічністю, яка досягається за рахунок використання бітуму модифікованого полімерами, оцінюється шляхом співставлення при застосуванні дрібнозернистих щільних асфальтобетонів типу А та типу Б, щебенево-мастикового асфальтобетону (ЩМА) та литого асфальтобетону (ЛА), суміші яких приготуванні на основі чистого бітуму та на основі бітуму модифікованого полімерами.

Кількісним вимірником рівня ефективності капітальних вкладень служить коефіцієнт ефективності E [510, 511]:

$$E = \frac{C_P^I - C_P^{II}}{K_{II}^{II} - K_{II}^I}, \quad (Д.1)$$

де K_{II}^{II} і K_{II}^I – приведенні до останнього року будівництва одноразові витрати за варіантами відповідно при використанні: дрібнозернистого щільного асфальтобетону типу А на основі бітуму модифікованого полімерами (K_{II}^{II}) та на основі чистого бітуму (K_{II}^I); дрібнозернистого щільного асфальтобетону типу Б на основі бітуму модифікованого полімерами (K_{II}^{II}) та на основі чистого бітуму (K_{II}^I); щебенево-мастикового асфальтобетону (ЩМА) на основі бітуму модифікованого полімерами (K_{II}^{II}) та на основі чистого бітуму (K_{II}^I); литого асфальтобетону (ЛА) на основі бітуму модифікованого полімерами (K_{II}^{II}) та на основі чистого бітуму (K_{II}^I);

C_P^I і C_P^{II} – поточні витрати за тими ж варіантами за один розрахунковий рік експлуатації покриття.

Згідно [510, 511] капітальні вкладення вважаються ефективними, якщо $E > E_H$, де $E_H = 0,12$.

До складу одноразових витрат входять:

- капітальні вкладення, реалізовані до початку експлуатації покриття чи його реконструкції (капітального ремонту).

При порівнянні варіантів до складу поточних витрат включають витрати на усі види ремонту та утримання покриття на залізобетонних транспортних спорудах.

Відповідно до п. 2.8.3 [32], міжремонтний строк служби одягу (покриття) – період в роках від здачі дороги (об'єкту) в експлуатацію до першого капітального (поточного) ремонту або між суміжними капітальними (поточними) ремонтами.

Визначимо необхідні параметри для підрахунку ефективності влаштування асфальтобетонного покриття (дрібнозернистий щільний асфальтобетон типу А та типу Б; щебенево-мастиковий асфальтобетон (ЩМА); литий асфальтобетон (ЛА)) на залізобетонних транспортних спорудах із застосуванням бітуму модифікованого полімером та на основі чистого бітуму.

Для підрахунку розглянемо мережу залізобетонних транспортних споруд на автомобільних дорогах загального користування державного значення в межах України.

Таблиця Д.3 – Мережа залізобетонних та металевих транспортних споруд на автомобільних дорогах загального користування державного значення в межах України [512]

№ п/п	Вид споруди	Кількість, шт.	Протяжність, м.п.	Річна середньостатистична інтенсивність руху, авт./добу
I	Дороги державного значення			
1	Мости залізобетонні	6 091	187 220,2	5 834

Визначення параметрів для підрахунку проводимо з урахуванням даних відповідно до діючої нормативної документації, а саме:

- згідно з п. 8.1 [32], фізичний знос основних конструкцій транспортних споруд усіх систем і конструкцій (шляхопроводів, естакад та ін.) відбувається нерівномірно, що обумовлено різними умовами їх роботи під впливом експлуатаційних навантажень. Даний факт встановлює періодичність ремонтних робіт для проїзної частини транспортних споруд [32], що наведена у таблиці Д.4.

Таблиця Д.4 – Періодичність ремонтних робіт для проїзної частини залізобетонних транспортних споруд

№ п/п	Ремонтні роботи	Періодичність, років
1	Ремонт нерівностей, вибоїн, тріщин у покритті	1
2	Нова поверхнева обробка	2
3	Заміна асфальтобетонного покриття на залізобетонних транспортних спорудах	7

Примітка:

- за умовний кілометр прийнятий один кілометр асфальтобетонного покриття шириною 7,5 м, на якому необхідно виконати поточний дрібний ремонт та експлуатаційне утримання;
- розрахункові норми фінансових витрат на один умовний кілометр автомобільних доріг загального користування складені станом на 01.01.2015 року і підлягають перегляду при використанні нових технологій та матеріалів, а також можуть корегуватися на індекс інфляції щорічно [512].

Таблиця Д.5 – Розрахункові обсяги робіт, їх періодичність на протязі року (або постійні (П)) та вартість робіт з поточного дрібного ремонту та експлуатаційного утримання одного приведенного до умовного кілометра мережі автомобільних доріг загального користування державного значення [512]

№ п/п	Найменування робіт	Одиниця виміру	Періодичність (разів на рік)	Обсяг робіт на рік	Вартість одиниці виміру*, грн. з ПДВ	Загальна вартість, грн. з ПДВ
1	Ліквідація вибоїн, тріщин, осідань, колій з застосуванням асфальтобетонних сумішей, бітумних емульсій та інше з перевезенням матеріалів автосамоскидами КрАЗ на 60 км	100 м ²	1	1,5	7806,12	11709,18
2	Ямковий ремонт покриття пневмоструменевим методом з перевезенням матеріалів автосамоскидами КрАЗ на 60 км	100 м ²	1	1,5	8167,02	12250,53
Всього:						23 959,71
* - вартість одиниці робіт визначена на підставі ресурсного методу ціноутворення. В зазначеній вартості враховані: прямі, загальновиробничі, адміністративні витрати, кошти на зведення та розбирання тимчасових будівель та споруд виробничого та допоміжного призначення, кошторисний прибуток, податок на додану вартість.						

Виходячи з даних, наведених у таблиці Д.5, маємо щорічні витрати на поточний дрібний ремонт та експлуатаційне утримання дорожнього одягу (покриття) на залізобетонних транспортних спорудах одного умовного кілометра доріг державного значення, що становлять з урахуванням індексу інфляції у розмірі 124,9 % за 2014 рік та 143,3 % за 2015 рік:

- $23\,959,71 \times 1,249 = 29\,925,68$ грн. з ПДВ ст. на 01.01.2015р.;
- $29\,925,68 \times 1,433 = 42\,883,50$ грн. з ПДВ ст. на 01.01.2016р.

Капітальні вкладення при будівництві (реконструкції, капітальному ремонті) залізобетонних транспортних споруд на влаштування нового асфальтобетонного покриття (приведено до одного умовного кілометра) на автомобільних дорогах загального користування державного значення, становлять (приведені станом на 01.01.2016р.):

- K_{III}^I – 2 305 218,00 грн. з ПДВ / ум.км (тип А – чистий бітум);
- K_{III}^{II} – 2 558 550,00 грн. з ПДВ / ум.км (тип А – бітум модифікований полімерами);
- K_{III}^I – 2 143 650,00 грн. з ПДВ / ум.км (тип Б – чистий бітум);
- K_{III}^{II} – 2 368 940,00 грн. з ПДВ / ум.км (тип Б – бітум модифікований полімерами);
- K_{III}^I – 2 780 027,00 грн. з ПДВ / ум.км (ЩМА – чистий бітум);
- K_{III}^{II} – 3 132 391,00 грн. з ПДВ / ум.км (ЩМА – бітум модифікований полімерами);
- K_{III}^I – 5 129 249,00 грн. з ПДВ / ум.км (ЛА – чистий бітум);
- K_{III}^{II} – 5 396 740,00 грн. з ПДВ / ум.км (ЛА – бітум модифікований полімерами).

Відповідно до таблиці Д.4, поточні дрібні ремонти та експлуатаційне утримання покриття на транспортних спорудах проводиться кожного року, нова поверхнева обробка влаштовується кожні два роки, а заміна / влаштування нового покриття – кожні 7 років на залізобетонних транспортних спорудах.

Асфальтобетони, що розглядаються в цьому економічному обґрунтуванні, суміші яких приготувані на основі бітуму модифікованого полімером, на відміну сумішей в яких застосовувався чистий бітум мають покращені фізико-механічні властивості, термореологічні характеристики, підвищену міцність щеплення з основою при зсуві, що сприяє підвищенню його довговічності в 1,5 – 2,0 рази (розділ 3 дисертаційної роботи). Враховуючи це, в залежності від умов експлуатації, витрати на поточний дрібний ремонт та експлуатаційне утримання асфальтобетонних покриттів на залізобетонних (тип А, тип Б, ЩМА, ЛА) транспортних спорудах, влаштованих із асфальтобетонів на основі бітуму модифікованого полімерами, зменшиться щонайменше в 1,5 рази [33, 521, 522].

Отже, враховуючи дані таблиці Д.4, при влаштуванні даних асфальтобетонів, суміші яких приготувані із використанням чистого бітуму, кількість поточних дрібних ремонтів та експлуатаційного утримання на протязі

7-ми (залізобетонні транспортні споруди) відповідно становитиме – 7 років, а середніх – 3 роки. Для тих самих асфальтобетонів на залізобетонних (тип А, тип Б, ЩМА, ЛА) транспортних спорудах, суміші яких приготовлені на основі бітуму модифікованого полімерами, кількість поточних дрібних ремонтів та експлуатаційного утримання на протязі 7-ми років відповідно становить – 4, а середніх – 2.

Тоді, при влаштуванні асфальтобетонних покриттів на залізобетонних транспортних спорудах із використанням асфальтобетонів типу А, типу Б, ЩМА та ЛА, C_p^I та C_p^{II} становитиме (табл. Д.6):

- на чистому бітумі:

$$C_p^I = (42\,883,50 \times 7 + 469\,826,00 \times 3) / 7 = 244\,237,50 \text{ грн. з ПДВ,}$$

- на бітумі модифікованому полімером:

$$C_p^{II} = (42\,883,50 \times 4 + 469\,826,00 \times 2) / 7 = 158\,740,86 \text{ грн. з ПДВ.}$$

Таблиця Д.6 – Показники для розрахунку ефективності капітальних вкладень за двома варіантами будівництва

Найменування варіанту	Капітальні вкладення, грн./ум.км	Вкладення на поточний дрібний ремонт та експлуатаційне утримання, грн. рік/ум.км
1	2	3
тип А (чистий бітум)	2 305 218,00	244 237,50
тип А (модифікований бітум)	2 558 550,00	158 740,86
тип Б (чистий бітум)	2 143 650,00	244 237,50
тип Б (модифікований бітум)	2 368 940,00	158 740,86
ЩМА (чистий бітум)	2 780 027,00	244 237,50
ЩМА (модифікований бітум)	3 132 391,00	158 740,86
ЛА (чистий бітум)	5 129 249,00	244 237,50
ЛА (модифікований бітум)	5 396 740,00	158 740,86

Використовуючи дані показники, проводимо розрахунок коефіцієнту ефективності:

- при влаштуванні асфальтобетонних покриттів на залізобетонних транспортних спорудах із використанням асфальтобетонів:

- типу А:

$$E_{минА} = \frac{244\,237,50 - 158\,740,86}{2\,558\,550,00 - 2\,305\,218,00} = 0,34$$

- типу Б:

$$E_{минБ} = \frac{244\,237,50 - 158\,740,86}{2\,368\,940,00 - 2\,143\,650,00} = 0,38$$

- ЩМА:

$$E_{ЩМА} = \frac{244\,237,50 - 158\,740,86}{3\,132\,391,00 - 2\,780\,027,00} = 0,24$$

- ЛА:

$$E_{ЛА} = \frac{244\,237,50 - 158\,740,86}{5\,396\,740,00 - 5\,129\,249,00} = 0,32$$

Виходячи з цього, можна вважати, що капітальні вкладення у влаштування шарів асфальтобетонного покриття на залізобетонних та металевих транспортних спорудах із застосуванням бітуму модифікованого полімерами є ефективними, так як для типу А $E_{минА}=0,34 > E_H = 0,12$, типу Б $E_{минБ}=0,38 > E_H = 0,12$, ЩМА $E_{ЩМА}=0,24 / 0,22 > E_H = 0,12$, а для ЛА $E_{ЛА}=0,32 / 0,29 > E_H = 0,12$.

Отже, аналізуючи результати економічних обґрунтувань, маємо такі висновки: щебенево-мастикові та литі асфальтобетони з використанням полімерів, мають задовільні техніко-економічні результати для подальшого практичного застосування у виробничих умовах на об'єктах влаштування асфальтобетонного покриття на залізобетонних транспортних спорудах [33, 521, 522].



Рисунок Д.1 – Співвідношення грошових витрат на поточний ремонт та експлуатаційне утримання асфальтобетонного покриття на залізобетонних транспортних спорудах

Враховуючи вище наведені дані, Державне агентство автомобільних доріг України могло б економити щороку наступну орієнтовну суму із бюджетних асигнувань для асфальтобетонів типу А, типу Б, ЩМА та ЛА:

$$(244\,237,5 - 158\,740,86) \times 187,22 = 16\,006,68 \text{ тис. грн. з ПДВ,}$$

- для щебенево-мастикових (ЩМА) та литих (ЛА) асфальтобетонів:

$$(262\,135,63 - 185\,197,67) \times 187,22 = 14\,404,32 \text{ тис. грн. з ПДВ,}$$

де: 187,22 – загальна протяжність залізобетонних транспортних споруд України на автомобільних дорогах загального користування державного значення в умовних кілометрах [32, 512].

ДОДАТОК Е

Оцінка достовірності результатів теоретичних положень

Е.1 Загальні принципи забезпечення достовірності отриманих наукових результатів досліджень

Достовірність виконаних досліджень базується на детальному вивченні проблем колієутворення в асфальтобетонних покриттях і на ретельному експериментальному дослідженні особливостей утворення колії в покритті з різними зерновими складами асфальтобетону, в різних кліматичних умовах, на різних конструкціях дорожніх покриттів автодорожніх мостів. Достовірність результатів експериментальних досліджень забезпечується використанням при аналізі методів математичної статистики і теорії вірогідності (розділ 4, додаток Б). Отримані результати натурного і лабораторного вивчення об'єкту дослідження дозволили отримати необхідні передумови і вимоги до створення теоретичних основ і вибору аналітичного рішення для оцінки і прогнозування колії в асфальтобетонному покритті автодорожніх мостів. Використання сучасних положень теорії пластичності, термо-в'язко-пружності та колієутворення при коченні пневматичних коліс по деформованій основі для прогнозування колієутворення в асфальтобетонному покритті (розділ 2, 3) для оцінки граничного стану асфальтобетонних покриттів дозволили створити універсальний розрахунковий апарат, що відображає і враховує основні фактори, що впливають на колієстійкість. Особливість створеного розрахунково-аналітичного апарату полягає в тому, що в ньому закладена можливість використання аналітичних виразів, що характеризують властивості матеріалів і особливості накопичення залишкових пластичних деформацій покриття, які забезпечують цю апроксимацію з необхідною достовірністю. При цьому застосовано підхід, який передбачає автоматичне самозабезпечення необхідної достовірності застосовуваних аналітичних виразів за допомогою спеціальних експериментальних тестів. Складовою частиною такого підходу є розроблена методика визначення

термомеханічних властивостей асфальтобетонів, що застосовуються для розрахунків (розділ 2). Таким чином принципи забезпечення достовірності результатів дослідження ґрунтуються на: результати детального вивчення особливостей утворення колійності в покритті; застосуванні положень математичної статистики і теорії ймовірності при експериментальних дослідженнях; плануванні багатофакторних експериментів; чисельного моделювання при використанні методу кінцевих елементів; використанні фундаментальних положень пластичності, термо-в'язко-пружності та колієутворення при коченні пневматичних коліс по деформованій основі при розробці аналітичних залежностей при прогнозуванні колієутворення і оцінки його граничного стану покриття; застосуванні універсальні апроксимуючі вирази; застосування тестових експериментальних перевірок достовірності; тензометричних вимірювань для обробки результатів експериментальних досліджень та для підтвердження адекватності запропонованих математичних моделей. Нижче наводяться результати підтвердження адекватності розроблених теоретичних основ забезпечення колієстійкості асфальтобетонного покриття автодорожніх мостів.

Е.2 Адекватність методу прогнозування колієутворення в асфальтобетонному покритті автодорожніх мостів

Е.2.1 Перевірка теоретичного рівняння розрахунку колії з експериментальними даними у асфальтобетоні.

Метою перевірки є порівняння різних існуючих нормативних методів [87, 324] прогнозування колії в асфальтобетонному покритті із запропонованим автором (розділ 3). Для порівняння використаний асфальтобетон типу Б-20 та ЩМА-20 на бітумі нафтовому дорожньому марки БНД 40/60, БНД 60/90 та БНД 90/130 відповідно до [342]. Випробування на колійність виконували відповідно методу (розділ 4), при дії навантаження на огумлене колесо від 0,6 до 1,0 МПа, та постійній температурі 55 °С. Експериментальні дослідження показують високу

збіжність (табл. Е.1), а саме: для типу Б-20 збіжність результатів відзначається по всьому діапазоні величин глибин колії; для ЦМА-20 в області високих прогнозованих значень глибин колії, розрахунковий метод дає дещо завищене значення h_p у порівнянні з експериментальним значенням h_e колії в покритті.

Таблиця Е.1 – Коефіцієнти кореляції величин глибин колії за розрахунковими і експериментальними даними

Марка бітумного в'язучого	Досліджувані асфальтобетони, при відповідному навантаженні					
	Б-20			ЦМА-20,		
	p, МПа			p, МПа		
	0,6	0,8	1,0	0,6	0,8	1,0
БНД 40/60	0,996	0,998	0,995	0,970	0,977	0,992
БНД 60/90	0,997	0,992	0,991	0,973	0,975	0,980
БНД 90/130	0,996	0,993	0,998	0,977	0,974	0,978

Графічне представлення результатів отриманих глибин колії за розрахунковим (розділ 2, 3) і експериментальним методом наводиться у серії діаграм (рис. Е.1, Е.4) представлених у вигляді лінійних регресійних залежностей.

Отримані діаграмах (рис. Е.1 – Е.4) складаються: з теоретично розрахункової h_p (розділ 2, 3) та експериментально h_e отриманої глибини колії (розділ 4, 5) [342], яка вимірюється в мм і показані точками; суцільна лінія є лінією регресії; а лінія пунктирна є довірчий інтервал 0,95 (тобто інтервал значень змінної, яке містить істинну її величину при заданому рівні довіри – тут 0,95); значення еліпсу – 95% (площа в координатах змінних, в яку потрапляє 95% усіх вимірів); коефіцієнт кореляції, r ; коефіцієнт детермінації r^2 ; лінійне рівняння регресії $y = a + b \cdot x$.

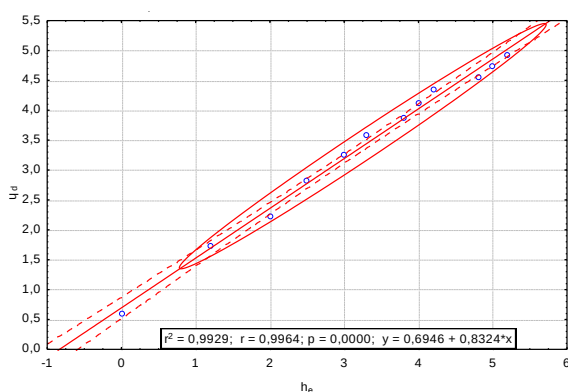


Рисунок Е.1 – Залежність перевірки адекватності отриманої колії в асфальтобетоні (типу Б-20, БНД 40/60, при 0,6 МПа) за допомогою теоретичного розрахунку та експериментального дослідження

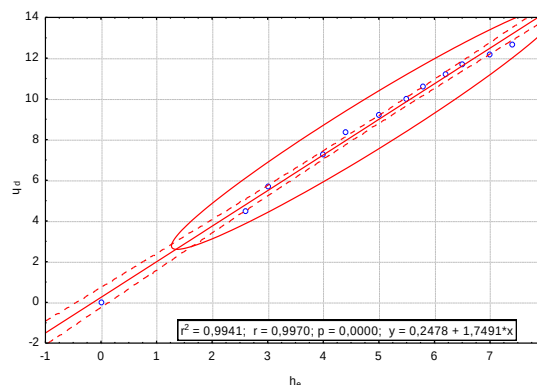


Рисунок Е.2 – Залежність перевірки адекватності отриманої колії в асфальтобетоні (типу Б-20, БНД 60/90, при 0,6 МПа) за допомогою теоретичного розрахунку та експериментального дослідження

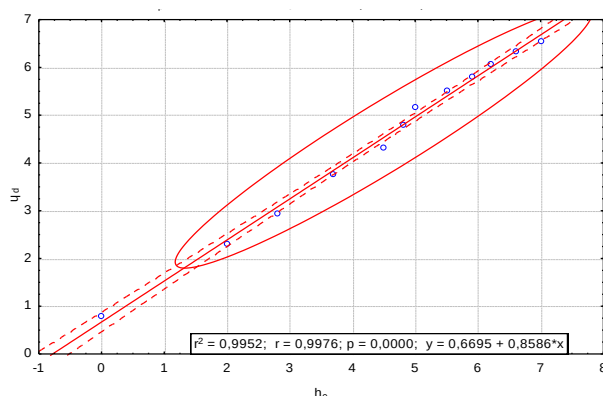


Рисунок Е.3 – Залежність перевірки адекватності отриманої колії в асфальтобетоні (типу Б-20, БНД 40/60, при 0,8 МПа) за допомогою теоретичного розрахунку та експериментального дослідження

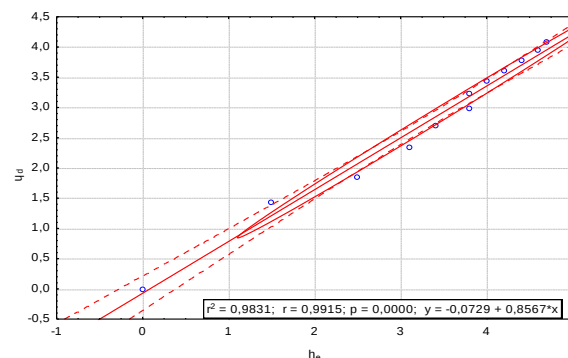


Рисунок Е.4 – Залежність перевірки адекватності отриманої колії в асфальтобетоні (ЦМА-20, БНД 40/60, при 1,0 МПа) за допомогою теоретичного розрахунку та експериментального дослідження

Таким чином отримане автором в роботі (розділ 2) теоретичне рівняння розрахунку колії в асфальтобетонному покритті може з достатньою точністю бути

використане для практичного методу прогнозування колії в асфальтобетонному покритті на автодорожніх мостах. Ще одним підтвердженням цьому являється хороша збіжність результатів з довірчою вірогідністю 95%.

Е.2.2 Порівняння теоретичного методу прогнозування колієутворення в асфальтобетонному покритті автодорожнього мосту з існуючими наближеними методами. Результати прогнозування величини колії асфальтобетонного покриття ґрунтуються на аналітичній залежності (розділ 2, 3), яка враховує в'язко-пружно-пластичну поведінку асфальтобетону від заданої кількості проходжень колеса при заданих параметрах кочення. Водночас натурні вимірювання глибини колії оперують з даними не кількості проходів колеса, а терміну експлуатації. Відповідно співставлення двох методів передбачає перерахунок даних розрахункового методу у терміни «нормованого» часу експлуатації. Приклад порівняння прогнозованої колії на асфальтобетонному покритті автодорожнього мосту, що розташований на автомобільній дорозі М 03 Київ – Харків – Довжанський наведено в таблиці Е.2.

Переведення кількості проходів здійснюється через коефіцієнти добової інтенсивності руху транспортного засобу (нормованою за типом транспортного засобу та відповідного навантаження), коефіцієнту за врахування смуговості руху, коефіцієнту суми, показника зміни інтенсивності руху по рокам, розрахункової кількості днів у році з визначеною температурою повітря, строку служби асфальтобетонного покриття автодорожнього мосту. При виборі параметрів руху в $t = 50^{\circ}\text{C}$, $p = 0,7 \text{ МПа}$, $N = 3635 \text{ авт/добу}$, показник зміни інтенсивності руху по рокам приймається - $q = 0,9$, отримані величини ефективних кількостей проходів N_{ef} (табл. Е.2).

Таблиця. Е.2 – Прогнозування утворення колії на асфальтобетонному покритті транспортних споруд на автомобільній дорозі М 03 Київ – Харків - Довжанський

Конструкція на мосту: 1. ЩМА-20 на БМП 60 – 5 см; 2. А-20 на БНД 60/90 – 6 см; 3. Гідроізоляція Тестуда – 5 мм)	Термін експлуатації асфальтобетонного покриття на автодорожніх мостах, роки	Результати прогнозування величини колії в асфальтобетонному покритті, мм							
		Натурні дані	Неф	Запропонований метод (розділ 3)					
				10000	20000	50000	70000	100000	120000
				150000					
	1	8,67	16236	10,98	13,91				
	5	12,26	64944			18,98	21,27		
	10	18,87	105534					23,99	25,51
	15	26,73	129888						27,50

З результатів порівняння (табл. Е.2) видно, що запропонований метод (розділ 3) є адекватним і співставимим з натурними даними.

Результати (табл. Е.2) співставлення свідчать про задовільне кількісне і якісне співставлення теоретичних, натурних і експериментальних досліджень. Тому свідченням вище наведеного є те, що запропоноване теоретичне рівняння (розділ 2) та метод (розділ 3) розрахунку колії в асфальтобетонному покритті на автодорожніх мостах є адекватним для практичного застосування.

Доведення адекватності математичних моделей на основі співставлення аналітичних розрахунків з результатами експериментальних випробувань.

Е.3 Адекватність результатів теоретичного методу прогнозування температури на поверхні і глибині асфальтобетонного покриття

Формування теплового поля на поверхні асфальтобетонного покриття залежить від погодно-кліматичних, дорожніх та інших факторів. Їх коректне врахування і використання в моделях дозволяє досить точно прогнозувати поверхневу температуру. Теоретичний обрахунок величини температури по глибині асфальтобетонного покриття для усталеного теплового поля в

напівобмеженому просторі можна здійснити з використанням простого виразу [389]. Експериментально визначена температура асфальтобетонного покриття T_B на поверхні ($h = 0$ см) та відповідно глибинах $h = 3$ см, $h = 6$ см, $h = 9$ см, $h = 12$ см. Розрахункова температура асфальтобетонного покриття T_p на відповідних уявних по глибинних зрізах з урахуванням додаткової температури приросту за рахунок тертя шини в колії T_T .

Тому з урахуванням виразу [389] розрахункова температура асфальтобетонного покриття T_p на відповідних уявних по глибинних зрізах визначається рівнянням, що наведено в другому розділі (2.30).

Переміщення температурної хвилі здійснюється в напрямку від поверхні асфальтобетонного покриття до її нижніх шарів, відповідно із збільшенням h , тому для розрахунку по глибинного розподілу температур використовується лише завдання величини амплітуди теплової хвилі на поверхні (рис. Е.6 – Е.9). Залежно від часу, температурного опору асфальтобетону і довжини падаючої теплової хвилі формуються відповідно показники T_p (табл. Е.3).

Таблиця Е.3 – Поглибинні і поверхневі температури покриття

Час T вимір., год.	T_B					T_p				$T_p + T_T$				
	глибина шару, h , см					глибина шару h , см				глибина шару h , см				
	0	3	6	9	12	3	6	9	12	$D(0)$	3	6	9	12
7	23,3	24,0	23,0	25,0	26,0	22,9	23,9	25,1	26,2	0,42	23,2	24,2	25,3	26,5
8	25,1	25,0	24,5	25,0	25,0	25,0	25,3	25,8	26,5	0,43	25,4	25,6	26,1	26,7
9	30,7	28,0	27,5	27,0	26,0	28,1	27,6	27,4	27,5	0,44	28,5	27,9	27,7	27,8
10	36,5	32,5	31,5	29,0	28,0	31,9	30,5	29,7	29,2	0,48	32,3	30,9	29,9	29,5
11	40,8	36,5	35,0	32,0	30,0	35,7	33,8	32,3	31,3	0,50	36,2	34,2	32,7	31,6
12	45,3	40,0	38,0	34,0	32,0	39,2	36,9	35,1	33,7	0,42	39,6	37,2	35,4	33,9
13	47,6	41,5	40,5	37,0	33,9	42,0	39,6	37,6	35,9	0,40	42,3	39,9	37,8	36,1
14	49,5	44,5	43,0	38,0	35,2	43,6	41,5	39,6	37,9	0,45	44,1	41,8	39,8	38,1
15	48,2	45,0	44,0	39,0	38,0	44,1	42,4	40,7	39,2	0,50	44,5	42,7	41,0	39,4
17	45,7	40,7	42,0	38,9	38,4	40,9	40,8	40,2	39,5	0,51	41,4	41,1	40,5	39,8
19	39,5	37,50	38,0	38,0	37,0	34,1	35,5	36,4	36,8	0,43	34,5	35,8	36,6	37,0
21	30,7	32,0	33,0	35,0	34,0	26,8	29,1	30,9	32,3	0,40	27,1	29,4	31,1	32,5
23	27,2	29,2	30,9	32,2	32,3	22,3	24,5	26,4	28,1	0,39	22,7	24,8	26,7	28,3

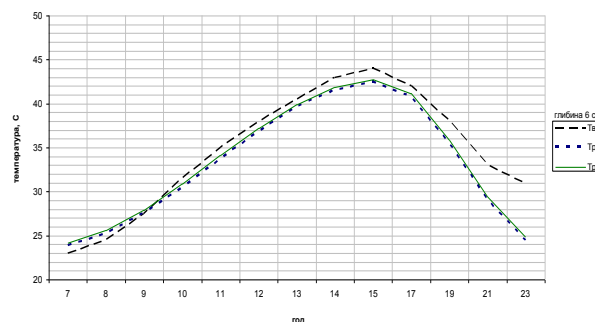
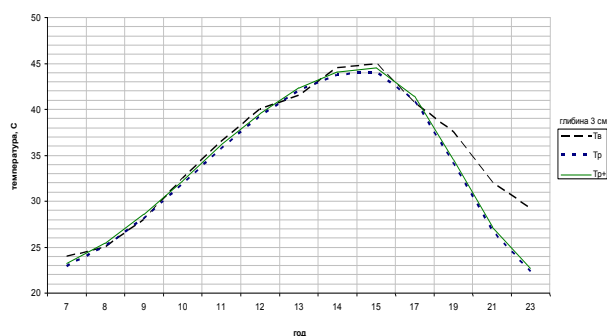


Рисунок. Е.6 – Залежність зміни температури асфальтобетонного покриття на глибині 3 см від часу: виміряна температура T_v ; розрахована температура T_r ; температура розрахована з врахуванням приросту температури за рахунок тертя шин T_{r+} .

Рисунок. Е.7 – Залежність зміни температури асфальтобетонного покриття на глибині 6 см від часу

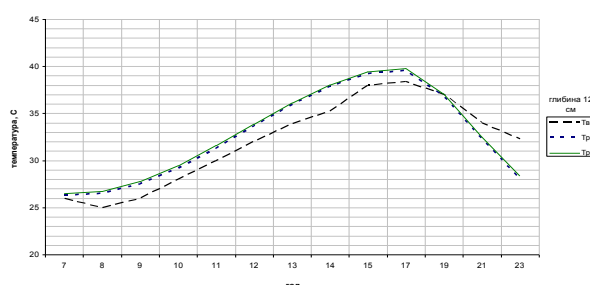
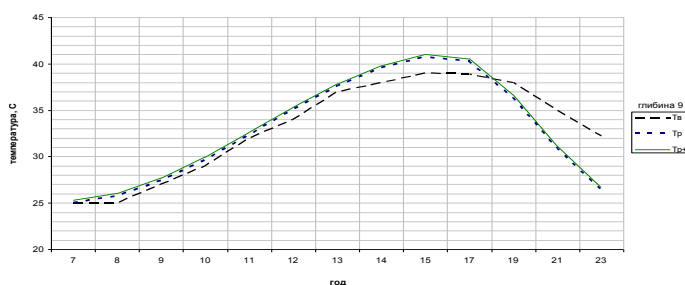


Рисунок. Е.8 – Залежність зміни температури асфальтобетонного покриття на глибині 9 см від часу

Рисунок. Е.9 – Залежність зміни температури асфальтобетонного покриття на глибині 12 см від часу

Із результатів (рис. Е.6 – Е.9) видно, що у розрахункову температуру доповнено додаткову величину температури T_{r+} від тертя шин T_{r+} .

Порівняльний аналіз показує, що похибки розрахунку поглибинних температур незначні (табл. Е.4), коливаються в межах біля 2%, мають найнижчу вагомість для температур на глибині 12 см, а найвищу – для глибин 9 см.

Таблиця.Е.4 – Стандартизовані похибки порівняння розрахункових температур до виміряних температур

Стандартизовані похибки Т _р до Т _в , %					
по глибині, см:	3	6	9	12	загалом по товщі
	2,06	2,03	2,14	1,80	2,15
Стандартизовані похибки Т _р до Т _р +Т _т , %					
по глибині, см:	3	6	9	12	загалом по товщі
	2,07	2,04	2,16	1,81	2,14

Запропонований метод розрахунку температури в полосі накату асфальтобетонного покриття автодорожнього мосту з урахуванням тертя пневматичної шини транспортного засобу є адекватним. Тому даний метод розрахунку температури з урахуванням генерації тепла від тертя шин дозволяє більш точно прогнозувати глибину колії від дії температури.

Підтверджена адекватність теорії і методу прогнозування колії в асфальтобетонному покритті автодорожніх мостів.

Е.4 Адекватність методу визначення функції релаксації асфальтобетону

Е.4.1 Перевірка функції релаксації асфальтобетону. Згідно з співвідношенням $R(t) \approx 1/\Pi(t)$, є можливість визначати значення функції релаксації по даним випробування на повзучість і на основі результатів визначення модуля пружності при різній тривалості дії навантаження.

Для оцінки точності співвідношення $R(t) \approx 1/\Pi(t)$, була виконана експериментальна перевірка. З цією метою експериментально одержували функцію повзучості $\Pi(t)$, і на основі співвідношення $R(t) \approx 1/\Pi(t)$, будували графік функції релаксації. Отриману таким чином функцію релаксації (умовно можна назвати її розрахунковою) порівнювали з результатами, одержаними безпосередньо з дослідів на релаксацію. Враховуючи, що в співвідношенні $R(t) \approx 1/\Pi(t)$, наближена рівність виконуються при $t \rightarrow 0$ і $t \rightarrow \infty$ значення теоретичної і експериментальної функції релаксації порівнювали в середній

області кривої, де очікується максимальне розходження між ними. Експериментальна крива повзучості при температурі 20 °С наведена на рис. Е.10. , наведені в діапазоні часу $10^{-7} \div 10^{-2}$ с побудовані на основі застосування принципу температурно-часового зміщення.

На основі цих експериментальних даних побудована крива функції релаксації по виразу $R(t) = 1/\Pi(t)$ (рис. Е.11, крива 1).

Зіставлення значень функції релаксації (Е.11), знайденої перерахунком з випробувань на повзучість (рис. Е.10), із значеннями, отриманими при безпосередньому випробуванні на релаксацію, свідчить про задовільну збіжність результатів (рис. Е.11).

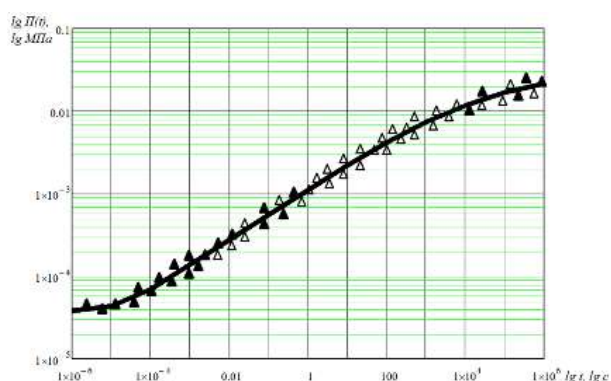
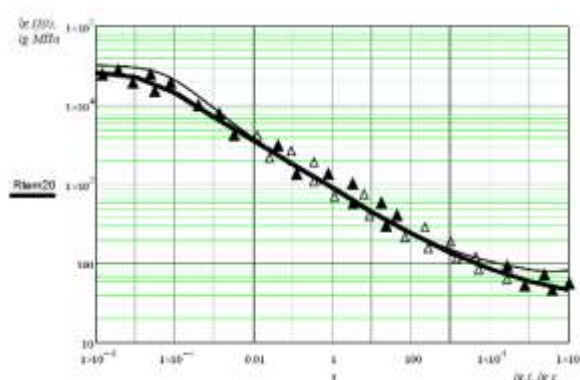


Рисунок Е.10 – Графік функції повзучості, одержаний при осьовому розтязі асфальтобетону (Тип А-20): ■ - експериментальні точки при $T=20^{\circ}\text{C}$; Δ – те ж, отримані методом температурно-часового зсуву; — - середня лінія



1 – середня лінія, побудована на основі випробувань на повзучість; ■ – експериментальні точки дослід на повзучість, також отримані методом температурно-часового зміщення

Рисунок Е.11 – Графік функції релаксації при $T = 20^{\circ}\text{C}$ асфальтобетону (Тип А-20)

Максимальне відхилення між кривими 1 і 2 не перевищує 18 %, що знаходиться в межах експериментального розкиду (про це також свідчить показник достовірності $D^{max} = 0,92$). Звертає на себе увагу той факт, що експериментальна крива функції релаксації розташована нижче ніж розрахункова

крива $R(t)$, що безпосередньо узгоджується з теоретичними припущеннями (розділ 2) [5, 86, 394].

Таким чином, в результаті виконаної оцінки експериментальної точності співвідношення $R(t) \cdot \Pi(t) \leq 1$, можна зробити висновок про те, що похибка цього співвідношення не перевищує розкид характерний для експериментів на повзучість і релаксацію. Отже це співвідношення може з достатньою точністю використовуватися стосовно асфальтобетону, полімерасфальтобетону та інших подібних до них властивостей дорожньо-будівельних матеріалів для отримання значень функції релаксації на основі результатів досліджувань на повзучість або на основі визначення модуля пружності $E(t)$. Ще одним підтвердженням цьому є гарна збіжність результатів визначення модуля пружності $E(t)$ за допомогою маятникового приладу і ультразвукового приладу УК-10П із значенням функції релаксації, отриманим по описаній методиці (рис. Е.10). Розбіжність між ними не перевищувала 12% (показник достовірності менше 1, $D < 1$).

Виконано оцінку відповідності експериментальним даним і аналітичних залежностей функції релаксації асфальтобетону, а також перевірена адекватність точності співвідношення $R(t) \approx 1/\Pi(t) = E(t)$ та функції температурної аналогії з іншими дослідниками.

Е.4.2 Перевірка температурно-часової аналогії асфальтобетону. Також порівнювали результати залежності температурно-часової аналогії (рис. Е.12), що отримані в роботах таких дослідників як Г. Добсон [406], В.А. Золотарьов [60], М.М. Маям та Т.Сугаварі [5], В.В. Мозговий [86].

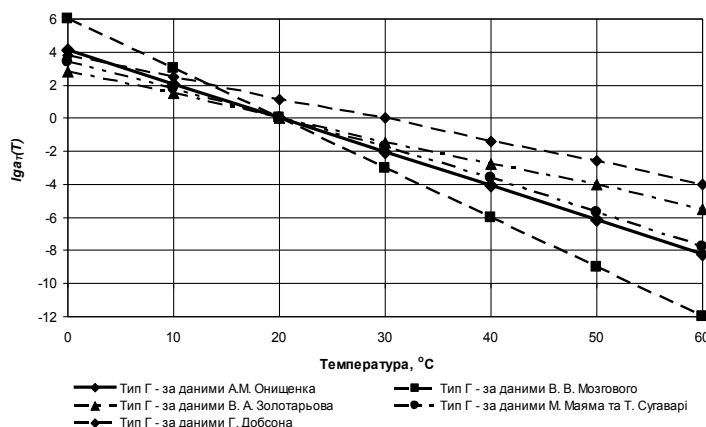


Рисунок Е.12 – Залежність функції температурно-часового зміщення $a_T(T)$ асфальтобетону типу Г при температурі +20 °C за різними даними

Е.4.3 Перевірка прямої і зворотної функції повзучості асфальтобетону. Як відомо, для одержання достатніх умов в'язко - пружної лінійної поведінки необхідно переконатися також у збігу значень прямої функції повзучості $\Pi^n(t)$ з оберненою $\Pi^0(t \div t_1)$ [5, 394] (тут t_1 – час зняття навантаження при випробуванні на пряму повзучість) В зв'язку з цим були проведені при різних температурах (+30 °C ÷ 0 °C) експерименти на пряму і обернену повзучість зразків з асфальтобетону (додаток Б). Про збіг отриманих при цьому кривих повзучості судили по величині відносного відхилення δ , яку визначали за допомогою виразу:

$$\delta = \frac{\Pi^n(t) - \Pi^0(t)}{\bar{\Pi}(t)} \cdot 100\% , \quad (E.1)$$

де $\bar{\Pi}(t) = \frac{\Pi^n(t) - \Pi^0(t)}{2}$ – значення $\Pi^n(t)$ і $\Pi^0(t)$ приймалися при однакових значеннях аргументу t .

В той же час чітко спостерігається збільшення середнього значення відхилення δ зі збільшенням температури для ЦМА-10 (рис. Е.13) (додатку Б) [5, 394].

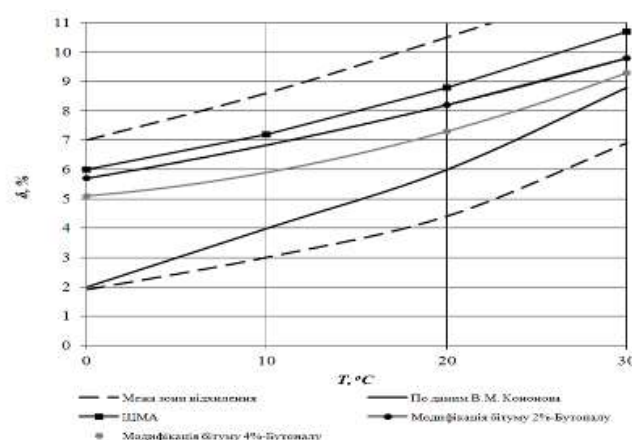


Рисунок Е.13 – Зміна середнього відхилення між значеннями функції прямої і оберненої повзучості в залежності від температури різних складів

Позитивні значення середніх відхилень δ вказують, що значення функції прямої повзучості більші ніж оберненої, в цьому проявляється не лінійність поведінки матеріалу. Але отримані значення δ не перевищують коефіцієнт варіації експериментального розкиду при визначенні функції повзучості на паралельних зразках, середнє значення якого склало 12 % асфальтобетони, що випробовувались (додаток Б). З достатньою точністю можна припустити, що асфальтобетон при температурах (від 0 до + 30 °C) і напруженнях, поводить себе як лінійно в'язко – пружний матеріал. З урахуванням можливості використання температурно-часової аналогії, являється правомірним для асфальтобетонів застосування апарату лінійної теорії термо-в'язко-пружності як до термо-реологічно простих тіл [5, 86, 394].

Е.5. Перевірка достовірності умови інтегрального показника стійкості до накопичення залишкових деформацій асфальтобетону

З метою перевірки адекватності були виконанні експерименти з визначення інтегрального показника стійкості S_w до накопичення залишкових деформацій асфальтобетону (розділ 4), що накоплюється при дії циклічного навантаження N огумленого колеса із постійним навантаженням σ . Вимірювали граничне значення інтегрального показника стійкості S асфальтобетону при відповідній кількості проходів колеса із постійним навантаженням σ та температурою. Отримані в дослідженнях результати порівнювали з теоретичними виразами відповідно до (розділу 3) для відповідних режимів навантаження з використанням функції колієстійкості (розділ 4). Показник стійкості асфальтобетону від циклічної дії навантаження колеса до граничного значення визначають за формулою:

$$S_w = \frac{N^{a_r}}{A_r} \quad (\text{E.2})$$

N — кількість проходів пневматичного колеса по одному сліду асфальтобетонного зразку.

Результати порівняння, наведені в таблиці Е.5 свідчать про задовільне співставлення теоретичних і експериментальних даних, отриманих для різних складів асфальтобетону при постійній температурі і різному режимі навантаження. Це підтверджує правомірність застосовності адекватності виразу (4.26) інтегрального показника стійкості до накопичення залишкових деформацій асфальтобетону для оцінки граничного стану (розділ 3) з урахуванням функції колієстійкості.

Таблиця Е.5 – Результати співставлення експериментальних і теоретичних даних визначення інтегрального показника стійкості при дії циклічного навантаження огубленого колеса по асфальтобетонному зразку

Опис асфальтобетону	Температура, °С	Експериментальне значення інтегральний показник стійкості		Експериментальна кількість проходів колеса		Експериментальні параметри		Дія навантаження, МПа		Теоретичні розрахунок	δ , %	Pa
		S_1	S_2	N_1	N_2	α_t	A_t	σ_1	σ_2	$S_{1\text{теор.}}$	S_1	
АСГ Др.Щ. Б-10 НП.І. Б-10 (БНД 60/90 – 3 % Butonal NS 198 – 6,2 %)	55	24500	6050	4900	1210	1,0	0,24	0,7	1,0	25000	-2,0	0,12
АСГ Др.Щ.Б-20 НП.І. (Полігум – 5,7 %)	55	176549	50000	35200	10000	1,0	0,21	0,7	1,0	166989	5,7	0,17
ЩМА-10 (Полігум – 6,4 %)	55	24920	7250	5000	1450	1,0	0,2	1	1,15	26156	-4,7	0,15
ЩМА-20 (БНД 60/90 – 3 % Butonal NS 198 – 6,2 %)	55	56500	35000	11300	7000	1,0	0,2	1	1,15	59000	-4,2	0,14

ДОДАТОК Ж
Довідки впровадження

Державне агентство автомобільних
доріг України (Укравтодор)
Державне підприємство
Українські дорожні інвестиції
«УКРДОРІНВЕСТ»
03150 Київ-150, вул. Антоновича, 51
Оф. 706
Тел./факс: 287-70-60
e-mail: mail@ukrdorinvest.com.ua



The State Road Agency
of Ukraine(Ukravtodor)
State Enterprise
Ukrainian Road Investments
"UKRDORINVEST"
03150 Kyiv-150, Antonovycha Str., 51,
Office 706
Tel./fax: 287-70-60
e-mail: mail@ukrdorinvest.com.ua

№

ДОВІДКА Про впровадження наукових розробок Доцента к.т.н. А.М. Онищенко

Цим підтверджую, що відповідно до Угоди про позику (Другий проект покращення автомобільних доріг та безпеки руху) між Україною та Міжнародним банком реконструкції та розвитку від 11.10.2012 року на замовлення Державного агентства автомобільних доріг України, виконувався технічний аудит фахівцями ДП "Укрдорінвест", "Mott MacDonald Limited" та Національного транспортного університету (відповідальний виконавець доцент А.М. Онищенко) на контрактах № 1 - № 5 при реконструкції та капітальному ремонті автомобільної дороги державного значення М-03 Київ – Харків – Довжанський до параметрів І-б технічної категорії.

Програма технічного аудиту:

Відбір зразків-кернів з дорожнього покриття на зазначених контрактах для лабораторних випробувань, у відповідності до вимог ДСТУ Б В.2.7-119-2003, ДСТУ Б В.2.7-127:2006, ДСТУ Б В.2.7-89-99 та ВБН В.2.3-218-186-2004.

Вимірювання прогинів дорожнього покриття з використанням балки Бенкельмана для аналізу міцності асфальтобетонних шарів дорожнього одягу. Аналіз результатів та обговорення пропозицій по підвищенню колієстійкості та тріщиностійкості дорожнього одягу на автомобільній дорозі державного значення М-03 Київ – Харків – Довжанський.

Доцентом А.М. Онищенко на основі отриманих досліджень спільно з фахівцями ДП "Укрдорінвест" та "Mott MacDonald Limited" обговорювалась конструкція дорожнього одягу нежорсткого типу:

- наплавна гідроізоляція "Testudo" -
- гарячий щільний дрібнозернистий асфальтобетон типу А І - 8 см марки
- щебенево-мастиковий асфальтобетон ЩМА-20 - 5 см

та пропозиції з підвищення колієстійкості, зсувостійкості та тріщиностійкості, асфальтобетонного покриття на транспортних спорудах автомобільної дороги державного значення М-03 Київ – Харків – Довжанський.

Директор

Р.Г. Гнатенко

ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ



ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО –
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ІНСТИТУТ
З ПРОЕКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ
ДОРОЖНЬОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРДІПРОДОР



03680, м. Київ, Повітрофлотський пр-кт, 39/1
тел./факс: (044) 249-84-83
e-mail: okt@diprodor.com

“06” 02 2013р.

№ 136-01

на № _____ від _____

ДОВІДКА

**про впровадження наукових розробок колективу кафедри ДБМ і хімії
Національного транспортного університету під керівництвом професора
Мозгового Володимира Васильовича**

Наукові розробки та практичні рекомендації, в яких брали участь докторант, канд. тех. наук. Онищенко А.М., аспіранти Невінгловський В.Ф., Різніченко О.С., Аксьонов С.Ю., щодо підвищення довговічності асфальтобетонного покриття в конструкції дорожнього одягу знайшли практичне застосування при проектуванні конструкцій дорожнього одягу в 2012 році.

На основі зазначених наукових розробок та рекомендацій були запроектовані різні варіанти конструкцій дорожнього одягу з використанням полімерасфальтобетонних шарів та вибраний оптимальний варіант з точки зору забезпечення колієстійкості, тріщиностійкості та довговічності дорожнього одягу від дії великовагових транспортних засобів на автомобільних стоянках майданчиків відпочинку при розробленні проектної документації на капітальний ремонт автомобільної дороги державного значення М-06 Київ – Чоп на ділянці км 14+080 – км 128+000 в Житомирській та Київській областях.

Заступник головного інженера

ДП «Укрдіпродор», канд. техн. наук



Ф.П. Гончаренко

УКРАЇНА



ПП «УКР-ВАЛ»

Юр. адреса: 09164, Київська обл., с. Острійки, вул. Гагаріна, 62-Б

Почтова адреса: 09114, м. Біла Церква, вул. Глинина, 45 Б

тел/факс (04563) 5-93-70, тел. 5-93-79

Білоцерківське районне відділення ПАТ Райффайзен банку «Аваль»,
р/р 26009308165 – гривня, вал. рахунок 26005308169 – долар США,
вал. рахунок 26004308171 – євро, вал. рахунок 26007308167 – рос.рубль
МФО 380805 Код ОКПО 36445677

УКР-ВАЛ

ДОВІДКА

*про впровадження наукових розробок
докторанта кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії
Національного транспортного університету
Онищенка Артура Миколайовича*

Цим підтверджую, що докторантом кафедри ДБМ і Х к. т. н. А. М. Онищенком, було проведено випробування основних фізико-механічних показників мастикового гідроізоляційного матеріалу **Ребіт** виробника ПП «УКР ВАЛ». **Ребіт** використовується для гідроізоляційних робіт залізобетонних і ортотропних плит проїзної частини автодорожніх мостів, а також в якості добавки до бітуму для асфальтобетону і підґрунтовки між асфальтобетонними шарами для високого зчеплення покриття автомобільних доріг. В серпні 2011 р. були виконані ремонтні роботи дорожнього одягу на ортотропній та залізобетонній плиті південного мостового переходу (ПМП) через річку Дніпро в м. Києві з використанням гідроізоляційного матеріалу **Ребіт**. Перед нанесенням матеріалу **Ребіт** виконували очистку плити, після чого наносили антикорозійний шар гідроізоляції **Ребіт**, потім було влаштовано асфальтобетонне покриття на бітумі модифікованому полімером **Kraton D1101** – 4,8% і **Ребіт** – 1,6%, товщиною 7 см. В жовтні 2011 року, були виконані ремонтні роботи дорожнього одягу на залізобетонній плиті проїзної частині шляхопроводу при перетині вул. Кіквідзе із залізничною станцією «Київ-Московський». Всі роботи виконувались з науковим супроводом лабораторії якості матеріалів транспортного будівництва ім. проф. Сюньї кафедри ДБМ і Х під керівництвом докторанта Артура Миколайовича Онищенка. При спостереженні за поведінкою асфальтобетонного покриття на ПМП та на проїзній частині шляхопроводу при перетині вул. Кіквідзе із залізничною станцією «Київ-Московський» зсувів, колійності і тріщин не виявлено на період з 2011 по 2013 рік. Гідроізоляційний матеріал пройшов повний цикл лабораторних випробувань в НТУ, ДерждорНДІ і ІБОНХ НАН України. Отримані результати свідчать, що асфальтобетон на бітумі модифікованому полімером і **Ребітом** має в 5-10 разів більшу довговічність з позиції втомної тріщиностійкості у порівнянні із звичайним асфальтобетоном, а також підвищеною теплостійкістю, зсувостійкістю та колієстійкістю.

З повагою,

Директор

ПП «УКР ВАЛ»



Л.С. Климчук



ДОВІДКА
про впровадження наукових розробок
докторанта кафедри ДБМ і хімії
Національного транспортного університету
Онищенка Артура Миколайовича

Даною довідкою підтверджується, що Онищенко А. М. є співавтором (відповідальним виконавцем) галузевих будівельних норм, національних та галузевих стандартів, рекомендацій, методик та інших технічних документів у галузі дорожнього господарства, зокрема:

1. ДСТУ Б В.2.7-119:2011 Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови;
2. Зміна №II до ДСТУ Б В.2.7-127:2006 Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебеневі-мастикові. Технічні умови;
3. ГБН В.2.3-218-547:2010 Споруди транспорту. Влаштування асфальтобетонних шарів дорожнього одягу при низьких температурах;
4. СОУ 45.2-00018112-020:2007 Асфальтобетон дорожній. Метод випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій;
5. СОУ 45.2-00018112-046:2009 Асфальтобетон дорожній. Методика оцінки зчеплення між асфальтобетонними шарами при зсуві;
6. СОУ 45.2-00018112-076:2012 Асфальтобетонні шари з армуючими прошарками. Метод визначення розрахункових характеристик;
7. СОУ 45.2-00018112-058:2010 Монолітні дорожньо-будівельні матеріали. Метод випробування на втому;
8. СОУ 45.2-00018112-059:2010 Дорожньо-будівельні матеріали. Методи визначення розрахункових модулів пружності;
9. СОУ 45.2-00018112-062:2010 Конструкції дорожнього одягу автомобільних доріг. Методи випробування на кільцевому стенді;
10. СОУ 42.1-37641918-107:2013 Синтетичні матеріали для армування асфальтобетонного покриття. Оцінка довговічності при циклічному навантаженні;
11. СОУ 42.1-37641918-100:2013 Будівельні матеріали. Бітуми дорожні модифіковані з використанням лабораторної лопатевої мішалки. Методи контролю процесу модифікації;
12. СОУ 42.1-37641918-99:2013 Дорожньо-будівельні матеріали. Метод визначення розрахункового опору розтягу при згині. Монолітних дорожньо-будівельних матеріалів;
13. Р В.3.1-218-21476215-798:2011 Рекомендації щодо аналізу інформації за результатами моніторингу стану дорожнього одягу для планування ремонтних робіт автомобільних доріг у тому числі для СУСП;

14. Р В.2.3-218-21476215-222:2011 Рекомендації щодо застосування асфальтобетонних сумішей, армованих мікрОВОлокнами;
15. Р В.2.3-218-21476215-795:2011 Рекомендації щодо підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття;
16. Р В.2.3-218-21476215-734:2008 Рекомендації з застосування армуючих синтетичних матеріалів різного типу для армування асфальтобетонних шарів при проектуванні конструкцій підсилення дорожнього одягу;
17. Р В.2.3-218-02070915-797:2011 Рекомендації з підвищення зсувостійкості асфальтобетонного покриття на бетонних та залізобетонних основах;
18. МВ 218-02070915-679:2010 Методичні вказівки з розрахунку асфальтобетонного покриття на температурну тріщиностійкість;
19. М 218-21476215:2012 М 21476215/02070915-713:2012 Методика визначення циклічної довговічності армуючих синтетичних матеріалів асфальтобетонних шарів;
20. М 218-02070915-645:2008 Методика лабораторного визначення та встановлення розрахункових характеристик дорожньо-будівельних матеріалів і ґрунтів.

Вищенаведені нормативні документи розроблені на замовлення Державного агентства автомобільних доріг України. Дані розробки знайшли практичне застосування при проектуванні та влаштуванні асфальтобетонних покриттів автомобільних доріг загального користування та на мостах, застосування яких дозволяє покращити довговічність і надійність покриттів за рахунок підвищення їх колієстійкості, зсувостійкості та тріщиностійкості.

Заступник начальника Управління
інноваційного розвитку –
начальник відділу технологічного
розвитку та інформаційних
технологій Укравтодору



Анатолій Цишка

Товариство з обмеженою відповідальністю «ТЕХНОЛОГІЇ БІТУМА»

Україна, м. Ужгород, вул. Гагаріна 101, каб. 721

ДОВІДКА

Про впровадження наукових розробок докторанта Онищенка А.М.

Цим підтверджую, що наукові розробки докторанта кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, к. т. н. Онищенка А.М. знайшли практичне застосування по підвищенню колієстійкості та тріщиностійкості асфальтобетонного покриття за рахунок використання гідроізоляційного матеріалу «Flexigum HP» фірми ТОВ «Технології-Бітума» при виконанні робіт по влаштуванню гідроізоляційного матеріалу на проїзній частині залізобетонних мостів України у 2010-2012 років, а саме:

- 2008-2008р.р. – тунель, пр-т. Возз'єднання, м. Київ;
- 2010-2011р.р. – Жулянський шляхопровід, м. Київ;
- 2009-2011р.р. – 2га черга транспортної естакади ОМТП, м. Одеса;
- 2011-2011р.р. – транспортна розв'язка біля мосту Метро, м. Київ;
- 2011-2012р.р. – транспортна естакада в Донецькому аеропорті;
- 2012-2012р.р. – міст Лозова, Харківська область;
- 2012-2012р.р. – міст на Троєщині, м. Київ;

Конструкція дорожнього одягу, що була застосована на даних об'єктах: гідроізоляція наниляюча «Flexigum HP», два шари асфальтобетону на бітумі модифікованому полімером.

Також ним розроблені рекомендації, а саме: по ямковому ремонту асфальтобетонного покриття при використанні бітумно-латексної емульсії «FLEXIGUM HP» в якості підгрунтовки; по застосуванню тріщиноперериваючого матеріалу «FLEXIGUM R» при будівництві, виконанні поточного, середнього і капітального ремонту асфальтобетонних шарів на дорожніх конструкціях в м. Києві; про доцільність використанні бітумно-латексної емульсії «FLEXIGUM HP» в якості підгрунтовки асфальтобетонних шарів для забезпечення високої когезійної міцності на контакт шарів при зсуві. Вищенаведені розробки дозволяють підвищувати колієстійкість, зсувостійкість та тріщиностійкість асфальтобетонного покриття, як на мостах так і на автомобільних дорогах загального та місцевого значення.

Генеральний директор
ТОВ «Технології Бітума»



Садовський О. А.

ДОВІДКА
про впровадження наукових розробок
докторанта кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії
Національного транспортного університету
Онищенко Артура Миколайовича

Докторантом кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії к. т. н. А. М. Онищенко, було розроблено для ТОВ «СПЕЦГІДРОЗАХИСТ» технологічні карти та технічні вимоги на влаштування гідроізоляцій різних бітумно-латексних матеріалів, а саме: гідроізоляція для захисту мостових споруд з використанням бітумно-латексної мастики «ELASTOFALT SPRAYKOTE 230»; гідроізоляція для будівельних конструкцій із застосуванням модифікованої бітумної емульсії «ELASTOFALT SPRAYKOTE 90, 45, 15»; гідроізоляція для будівельних конструкцій із застосуванням модифікованої бітумної емульсії «LATEXFALT SAFEGRIP SE»; гідроізоляція для будівельних конструкцій із застосуванням модифікованої бітумної емульсії «ELASTOFALT EP»; герметизації тріщин і стиків та влаштуванню температурних та деформаційних швів із застосуванням модифікованої полімерно – бітумної мастики «LATEXFALT JOINT FILL JE/RJ».

Цим підтверджую, що розроблені А.М. Онищенко технологічні карти знайшли практичне застосування, як в проектних організаціях так і в дорожніх організаціях.

В якості Гідроізоляційного матеріалу, бітумно-латексна мастика, була влаштована на автодорожніх залізобетонних мостах, а саме: міст на км 139+ 983 Вінницька обл. Бершадський район Т-02-02 Могилів - Подільський-Ямпіль-Бершадь-Умань - у 2012 році; міст на км 30+ 752 Донецька обл. Волноваський район О 0512 Волноваха-Зачатівка - у 2012 році; міст на км 93+685 Івано-Франківська обл. Косівський район Р-24 Татарів-Косів-Коломия-Боршів-Кам'янець-Подільській - у 2013 році; міст південний мостовий перехід через р. Дніпро, естакадна частина м. Київ - у 2013 році; міст через р. Десна біля московського мостового переходу в м. Києві - у 2013 році; міст на км 16+283 Київська обл. м. Київ Р-01 Київ-Обухів - у 2013 році; міст на км 0+732 Луганська обл. Лутугинський район С130629 Під'їзд до с-ща від КСП «Червоний Жовтень» від Юр'ївки - у 2014 році; міст на км 561+440 Луганська обл. Перевальський район, М-04 Знам'янка-Луганськ-Изварине - у 2014 році; міст на км 44+812 Чернігівська обл. Куликівський район Р-67 Чернігів-Ніжин-Прилуки-Пирятин з під'їздом до м. Ніжин - у 2014 році та ін.

Вище наведені розробки дозволяють підвищувати колієстійкість, зсувостійкість та тріщиностійкість асфальтобетонного покриття на автодорожніх залізобетонних мостах місцевого та загального значення.

Директор

ТОВ «СПЕЦГІДРОЗАХИСТ»



Д.О. Садовський



**Державна служба автомобільних доріг України
(УКРАВТОДОР)
Служба автомобільних доріг у Херсонській області**

вул. Поповича, 23
м. Херсон - 36, 73036

тел. (0552) 35-39-97, факс (0552) 36-67-27
E-mail: udskherson@yandex.ru
www.stygba.ks.ua

08.10.2013р. № 25/Н-476

Д О В І Д К А
про впровадження наукових розробок
кандидата технічних наук, доцента кафедри дорожньо-будівельних
матеріалів і хімії Національного транспортного університету
ОНИЩЕНКА АРТУРА МИКОЛАЙОВИЧА

Цим підтверджую, що Онищенко А.М. було досліджено стан асфальтобетонного покриття на мосту через р. Дніпро на автомобільній дорозі М-17 Херсон – Джанкой – Феодосія – Керч, км 7+093 на прогонових будовах 0-6 в 2009 році.

Ним були розроблені рекомендації з підвищення колієстійкості та тріщиностійкості асфальтобетонного покриття на проїзній частині мосту. Конструкція дорожнього одягу, що була застосована на даному об'єкті в 2010 році: гідроізоляція наплавна «Техноніколь», захисний шар асфальтобетону типу Г, та щебенево-мастиковий асфальтобетон на бітумі, модифікованому полімером Butonal NS198.

Обстеження стану асфальтобетонного покриття на даному мостовому переході виконувалось в 2013 році, на даний час при інтенсивності руху транспортних засобів понад 14000 авт/добу глибина колії становить близько 3мм. Ця величина колії є очікуваною та вважається прийнятною. Вона утворюється в результаті доущільнення матеріалу колесами автомобілів, а інших дефектів у вигляді руйнувань не виявлено.

/ Начальник Служби

М.М. Савченко

ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "РОСТДОРСТРОЙ"

вул. Мала Арнаутська, 46, м. Одеса, 65012; тел. (048) 784-75-30, факс (048) 784-75-31;
р/р 26009250971 в ПАТ «Марфін банк» МФО 328168, код за ЄДРПОУ 33658865

№ 186 від "21" "11" 2014р.

ДОВІДКА

Про впровадження наукових розробок
доцента к.т.н. кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії НТУ
Онищенко Артура Миколайовича

Даною довідкою підтверджую, що А.М. Онищенкою вирішена важлива проблема з колієутворення в асфальтобетонному покритті на автодорожніх мостах та автомобільних дорогах різних категорій від дії транспорту і високої температури. Ним розроблені практичні методи з підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття. Дані розробки знайшли своє практичне застосування при виконанні робіт нашим Товариством на наступних об'єктах:

- а/д М-14 Одеса - Мелітополь - Новоазовськ (ІЦМАС -15);
- а/д М-05 Київ - Одеса (ІЦМАС -20);
- а/д М-01 Київ - Знамянка (Тип А-40);
- бульвар Лесі Українки (м. Київ) (Тип Б-20);
- Одеський морський порт (ІЦМАС -15).

Удосконалена і впроваджена нова технологічна схема введення полімерного латексу серії Бутонал при модифікації асфальтобетонної суміші безпосередньо в асфальтозмішувальній установці на АБЗ. Приготування асфальтобетонних сумішей методом вводу полімеру безпосередньо в асфальтозмішувач під час приготування, дозволило знизити термін їх приготування та заощадити енергоресурси, а також підвищити довговічність асфальтобетонного покриття.



Інженер ТОВ «Ростдорстрой» *В.В. Мареніч* В.В. Мареніч



UKRAVTOBOR
УКРАВТОБОР



ПІВДЕНЬ-ЗАХІДНІЯХБУД
ПІВДЕНЬ-ЗАХІДНІЯХБУД
2008 • Влада м. Києва Проект 17
Т. 0 80 72 54 54 54 54 54 54 54
www.pivden-zakhid-sliahbud.com

CONTRACTOR
ПОДРЯДЧИК

Capital repair of M03 road
KIEV-KHARKOV-DOVZHANSKIY Contract -3
km 126+700 – km 158+000; km 185+000 – km
191+400

Капитальный ремонт автодороги М03
Киев - Харьков - Довжанский Контракт 3
км 126+700 – км 158+000 и 185+000 – км
191+400



ENGINEER
ИНЖЕНЕР

ДОВІДКА

**Про впровадження наукових розробок
докторанта к.т.н. А. М. Онищенко
під керівництвом наукового консультанта професора д.т.н. В.В. Мозгового**

Цим підтверджую, що виконувався технічний аудит фахівцями національного транспортного університету під керівництвом проф. В.В. Мозгового та відповідальним виконавцем докторантом А. М. Онищенко на контракті № 3 км 126+700 до км 158+000, км 185+000 до км 191+400, ПАТ «ПІВДЕНЬ-ЗАХІДНІЯХБУД» при капітальному ремонті автомобільної дороги М03 Київ - Харків – Довжанський (ІБ технічної категорії).

Програма технічного аудиту:

- відбір зразків-керна з дорожнього покриття з завершених секцій для лабораторних випробувань, а саме: - визначення товщини шарів дорожнього одягу, фотографування та опис керна візуальної оцінки і вимір; відносна ущільнення, визначення щільності кожного шару дорожнього одягу, представлених у пробах і порівняння з проектною щільністю; пористість та залишкову пористість асфальтобетону, калькуляція відносної пористості для кожного з шарів а/б; проведення аналізу вмісту бітуму для кожного з шарів а/б; аналіз гранулометричного складу суміші а/б);
- вимірювання прогинів дорожнього покриття з використанням балки Бенкельмана для аналізу міцності дорожнього одягу а/б;
- аналіз результатів та надання пропозицій по підвищенню колієстійкості та тріщиностійкості (довговічності) дорожнього одягу а/д М03 Київ - Харків – Довжанський.

Також професором Володимиром Васильовичем Мозговим та докторантом Артуром Миколайовичем Онищенко, були розроблені для ПАТ «ПІВДЕНЬ-ЗАХІДНІЯХБУД» рекомендації з підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття на автомобільних дорогах загального користування, а також рекомендації з підвищення зсувостійкості асфальтобетонного покриття на бетонних та залізобетонних основах автомобільних доріг та мостів.

Розроблений докторантом метод розрахунку та рекомендації, які дозволять вирішити загальну проблему колієстійкості асфальтобетонного покриття на автомобільних дорогах та залізобетонних мостах.

Керівник проекту контракту №3



Снітко Б.М.



виробничо-покрівельна компанія

ТОВ «Завод Ореол-1», +38(04571) 2-21-90, 2-21-94

08600, Київська обл., м. Васильків, вул. Володимирська, 92

ЄДРПОУ 35511654, п/р 26002282943 в АТ «Райффайзен Банк Аваль» м. Києва, МФО 380805

ІПН 355116510305, свід. плат. ПДВ №100098833

ДОВІДКА

про впровадження наукових розробок
докторанта кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії
Національного транспортного університету
Онищенка Артура Миколайовича

Цим підтверджую, що докторантом кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії кан. тех. наук Артуром Миколайовичем Онищенком, було проведено випробування основних фізико-механічних показників наплавного гідроізоляційного матеріалу «Пластобіт», а саме: визначення маси в'язучого та маси основи і вмісту наповнювача у в'язучому матеріалі; визначення лінійних розмірів (товщини); визначення температури розм'якшення в'язучого; визначення теплостійкості; визначення гнучкості; визначення водонепроникності; визначення водопоглинання; визначення розривної сили при розтягуванні, відносного подовження; визначення міцності зчеплення з бетонною основою; визначення показника жорсткості; дослідження композиції асфальтобетон+гідроізоляція+цементобетона на колійність, визначення економічної ефективності застосування гідроізоляційного матеріалу «Пластобіт». Отримані результати випробувань дозволили А.М. Онищенку розробити технічні вимоги до наплавного гідроізоляційного матеріалу «Пластобіт» для гідроізоляції автодорожніх залізобетонних мостів місцевого та загального користування. Ці розробки знайшли застосування при проектуванні, реконструкції та будівництві автодорожніх мостів України.

Директор

ТОВ «ЗАВОД ОРЕОЛ-1»



О. О. Кушик



Науково-виробнича фірма

"МОСТОПРОЕКТ"

03164, м. Київ, вул. Осіння 33, секція 5,
оф. 492. тел./факс: (044) 423-83-22;

E-mail: mproekt@ukr.net

ISO 9001:2009
Сертифікат:
UA 2.046.05076-10

ЛІЦЕНЗІЯ № АГ 577378 ВІД 26.04.2011 Р. МІНІСТЕРСТВО РЕГІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ ТА БУДІВНИЦТВА УКРАЇНИ

ДОВІДКА

про впровадження наукових розробок
докторанта НТУ Онищенка А. М.

Цим підтверджую, що розробки докторанта Онищенка А. М. по підвищенню колієстійкості асфальтобетонного покриття на мостових спорудах отримали практичне застосування при проектуванні реконструкції / капітального ремонту автомобільних доріг загального користування державного значення, міських вулиць та доріг.

Розробки включені в проектну документацію на основі рекомендацій по підвищенню колієстійкості асфальтобетонного покриття на мостових спорудах.

Директор

ПП «НВФ Мостопроєкт»

Каплинський Д.М.



МІНІСТЕРСТВО ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ
УПРАВЛІННЯ ВЗАЄМОДІЇ З ВЕРХОВНОЮ РАДОЮ УКРАЇНИ,
ОРГАНАМИ ДЕРЖАВНОЇ ВЛАДИ ТА НАУКИ

Київ, 01135, проспект Перемоги 14, тел.. (044) 351-48-36 email: rmy@mtu.gov.ua

« 26 » 08 2015 р.

№ 50/ 95 - 15

ДОВІДКА
про впровадження наукових розробок в умовах
Міністерства інфраструктури України
доцента кафедри ДБМ і хімії,
кандидата технічних наук, член кореспондента ТАУ та АБУ
Національного транспортного університету
Онищенко Артура Миколайовича

Даною довідкою підтверджується, що розробки доцента Онищенко А. М. з підвищення довговічності асфальтобетонного покриття на транспортних спорудах отримали практичне застосування при проектуванні, реконструкції, капітальному ремонті автомобільних доріг загального користування державного значення.

Онищенко А. М. є співавтором (відповідальним виконавцем) галузевих будівельних норм, національних та галузевих стандартів, рекомендацій, методик та інших технічних документів у галузі дорожнього господарства, зокрема:

1. ДСТУ Б В.2.7-119:2011 Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови;
2. Зміна №ІІ до ДСТУ Б В.2.7-127:2006 Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебенево-мастикові. Технічні умови;
3. ГБН В.2.3-218-547:2010 Споруди транспорту. Влаштування асфальтобетонних шарів дорожнього одягу при низьких температурах;
4. СОУ 45.2-00018112-020:2007 Асфальтобетон дорожній. Метод випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій;
5. СОУ 45.2-00018112-046:2009 Асфальтобетон дорожній. Методика оцінки зчеплення між асфальтобетонними шарами при зсуві;
6. СОУ 45.2-00018112-076:2012 Асфальтобетонні шари з армуючими прошарками. Метод визначення розрахункових характеристик;
7. СОУ 45.2-00018112-058:2010 Монолітні дорожньо-будівельні матеріали. Метод випробування на втому;

8. СОУ 45.2-00018112-059:2010 Дорожньо-будівельні матеріали. Методи визначення розрахункових модулів пружності;
9. СОУ 45.2-00018112-062:2010 Конструкції дорожнього одягу автомобільних доріг. Методи випробування на кільцевому стенді;
10. СОУ 42.1-37641918-107:2013 Синтетичні матеріали для армування асфальтобетонного покриття. Оцінка довговічності при циклічному навантаженні;
11. СОУ 42.1-37641918-100:2013 Будівельні матеріали. Бітуми дорожній модифіковані з використанням лабораторної лопатевої мішалки. Методи контролю процесу модифікації;
12. СОУ 42.1-37641918-99:2013 Дорожньо-будівельні матеріали. Метод визначення розрахункового опору розтягу при згині. Монолітних дорожньо-будівельних матеріалів;
13. Р В.3.1-218-21476215-798:2011 Рекомендації щодо аналізу інформації за результатами моніторингу стану дорожнього одягу для планування ремонтних робіт автомобільних доріг у тому числі для СУСП;
14. Р В.2.3-218-21476215-222:2011 Рекомендації щодо застосування асфальтобетонних сумішей, армованих мікрОВОлокнами;
15. Р В.2.3-218-21476215-795:2011 Рекомендації щодо підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття;
16. Р В.2.3-218-21476215-734:2008 Рекомендації з застосування армуючих синтетичних матеріалів різного типу для армування асфальтобетонних шарів при проектуванні конструкцій підсилення дорожнього одягу;
17. Р В.2.3-218-02070915-797:2011 Рекомендації з підвищення зсувостійкості асфальтобетонного покриття на бетонних та залізобетонних основах;
18. МВ 218-02070915-679:2010 Методичні вказівки з розрахунку асфальтобетонного покриття на температурну тріщиностійкість;
19. М 218-21476215:2012 М 21476215/02070915-713:2012 Методика визначення циклічної довговічності армуючих синтетичних матеріалів асфальтобетонних шарів;
20. М 218-02070915-645:2008 Методика лабораторного визначення та встановлення розрахункових характеристик дорожньо-будівельних матеріалів і ґрунтів.

Дані розробки знайшли практичне застосування під час виконання технічного аудиту при реконструкції та капітальному ремонті автомобільної дороги державного значення М-03 Київ – Харків – Довжанський до параметрів І-б технічної категорії, а також проектуванні та влаштуванні асфальтобетонних покриттів на транспортних спорудах автомобільних доріг загального користування, застосування яких дозволяє підвищити довговічність і надійність покриттів за рахунок підвищення їх колієстійкості, зсувостійкості та тріщиностійкості.

Опишеюком Артуром Миколайовичем вирішена важлива народно-господарська проблема – підвищення довговічності асфальтобетонного покриття на автодорожніх транспортних спорудах за рахунок створення вперше теоретичних основ та методів підвищення колієстійкості та комплексу розроблених нормативних документів.

Начальник Управління
взасодії з Верховною Радою України,
органами державної влади та науки



Д.В. Ламський

ДОВІДКА

*про впровадження наукових розробок
докторанта кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії
Національного транспортного університету
Онищенко Артура Миколайовича*

На замовлення ТОВ «Компас Проект», було розроблено рекомендації з підвищення колієстійкості конструкцій дорожнього одягу з асфальтобетонним покриттям на інженерних спорудах проїзної частини залізобетонних мостів, шляхопроводів і естакад на магістралі загальноміського значення безперервного руху в м. Одеса «Північ-Південь».

Автори розробки даних рекомендацій:

завідувач кафедри ДБМ і хімії д.т.н., професор Мозговий В.В.;

відповідальний виконавець докторант к.т.н., доцент Онищенко А.М.

В даних рекомендаціях розроблені матеріалознавчі, конструктивні та технологічні заходи, які базувалися з урахуванням світового і вітчизняного досвіду експлуатації асфальтобетонного покриття на залізобетонних мостах.

Запропоновано підвищені вимоги до: гідроізоляційних матеріалів; асфальтобетону та його компонентів; бітумного в'язучого та ін. Також типові варіанти конструкцій дорожнього одягу з урахуванням інтенсивності великовагових транспортних засобів та високої температури з урахуванням економічного обґрунтування. Варіанти конструкцій були розраховані за аналітичним методом розрахунку, якій базується на теорії термовязкопружнопластичності. При технологічних заходах запропоновано підвищені вимоги до: температури асфальтобетонної суміші при виготовленні, транспортуванні і укладанні; влаштування гідроізоляційного матеріалу; режиму ущільнення асфальтобетону; транспортування асфальтобетонної суміші в автосамоскидах при низьких та високих температурах.

Дані розробки реалізовані в проектній документації при проектуванні двадцяти дев'яти штучних споруд де використані запропоновані конструкції дорожнього одягу з асфальтобетонним покриттям підвищеної колієстійкості на інженерних спорудах проїзної частини залізобетонних мостів, шляхопроводів і естакад на магістралі загальноміського значення безперервного руху в м. Одеса «Північ-Південь». Дані рекомендації затверджено Національним транспортним університетом Першим проректором-проректором з наукової роботи д.т.н. проф. М.М. Дмитрієвим, а також деканом факультету гідротехнічного транспортного будівництва ОДАБА, завідувачем кафедрою проектування, будівництва та експлуатації автомобільних доріг, д.т.н., проф. А.В. Мішутіним та погоджено директором компанії «Інкор Груп», к.е.н. Р.С.Тарпан.



Директор ТОВ «Компас Проект»

В. В. Смолянець



Акціонерна компанія

❖ **КИЇВПРОЕКТ** ❖

Україна, 01030, м. Київ, вул. Б.Хмельницького, 16-22,
 тел.: (+380 44) 234-05-20, 234-69-45, факс 234-40-67
 код ЄДРПОУ 04012780
 р/р 26007000013401 в АКБ "Київ", МФО 322498
 e-mail: at@kyivproekt.com.ua, http://www.kyivproekt.com.ua

16-22, B.Khmelniitskogo Str., Kyiv, Ukraine
 The Joint Stock Company "Kyivproekt"
 JSC "Kyivproekt"

07.04.10 № 10/04/777-агм.

На № _____ від _____

Довідка

про впровадження наукових розробок
 докторанта НТУ Оніщенка А.М.

Підтверджую, що докторантом канд. тех. наук. кафедри ДБМ і Хімії Оніщенком А.М. були розроблені наступні практичні рекомендації та моделі:

- розробка заходів з ліквідації зсувів, напливів, колійності на асфальтобетонному покритті автомобільних доріг та мостів у холодний період року за несприятливих погодних умов;
- розробив рекомендації щодо підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття на залізобетонних автодорожніх мостах;
- розробив рекомендації з підвищення вимог до гідроізоляційних матеріалів, а саме: напиляючих, наплавлених і обмазочних, що призведе до підвищення зсувостійкості та колієстійкості асфальтобетонного покриття на залізобетонних автодорожніх мостах і шляхопроводах;
- розробив методичні рекомендації з прогнозування залишкових деформацій у вигляді колії в асфальтобетонному покритті на залізобетонних автодорожніх мостах місцевого значення;
- розробив моделі дорожнього покриття на мостах на стійкість проти колієутворення.

Розроблені рекомендації та модель, які дозволяють проектувати асфальтобетонні покриття на проїзній частині залізобетонних мостів підвищеної колієстійкості та зсувостійкості. Розробки знайшли практичне застосування при проектуванні та влаштуванні асфальтобетонного покриття на об'єктах м. Києва.

Голова правління



О.Л. Овдій

**ДОВІДКА****Про впровадження наукових розробок**

**Доцента к.т.н. кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії НТУ
Онищенко Артура Миколайовича**

Даною довідкою підтверджую про наукові розробки А.М. Онищенко, які знайшли практичне застосування при влаштуванні асфальтобетонного покриття на автодорожніх мостах автомобільних доріг державного значення, міських вулицях та дорогах.

Розроблені ним методи підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття на автодорожніх мостах та автомобільних дорогах з використанням полімерних латексів серії Butonal, успішно застосовувались при реконструкції, капітальному (поточному) ремонті та будівництві наступних об'єктів:

- кільцева а/д м. Харків;
- а/д М-05 Київ – Одеса;
- міст Одеський морський торговий порт;
- а/д М-14 Одеса - Мелітополь – Новоазовськ (на Таганрог);
- а/д Херсон – Краснопереконськ - Сімферополь;
- а/д Київ-Чоп, Київ-Обухів, Київ - Житомир, Київ-Глеваха, Київ - Харків - Антрацит;
- а/д Маріуполь-Донецьк, Олександрівка-Кіровоград-Миколаїв;
- а/д на вул. М. Олімпіади, вул. Фастівська, вул. Південно-Кільцева, вул. Винниченка, вул. Головна, вул. Червоноармійська, вул. Руська, вул. Калинівська, проспект Незалежності м. Чернівці;
- а/д на вул. Нефтяників, вул. 40 років Жовтня, вул. Кримська, вул. Бериславське шосе м. Херсон;
- автодорожній міст через р. Дніпро на а/д М17 Херсон-Джанкой-Феодосія-Керч, км 7+093 на прогонових будовах 0-6;
- шляхопровід «Дружби народів» (бульвар Л. Українки м. Київ);
- шляхопровід «Юрївська розв'язка» (пр-т. Газети Правди, м. Дніпропетровськ);
- шляхопровід (завод ім. Карла Лібкнехта) (пр-т. Газети Правди, м. Дніпропетровськ);

Генеральний директор



О.О. Макаревич



МІНІСТЕРСТВО ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНЕ ТЕРИТОРІАЛЬНО-ГАЛУЗЕВЕ ОБ'ЄДНАННЯ
«ПІВДЕННО-ЗАХІДНА ЗАЛІЗНИЦЯ»

ВІДОКРЕМЛЕНИЙ ПІДРОЗДІЛ
ДИРЕКЦІЯ З БУДІВНИЦТВА ЗАЛІЗНИЧНО-АВТОМОБІЛЬНОГО
МОСТОВОГО ПЕРЕХОДУ ЧЕРЕЗ Р.ДНІПРО В М.КИЄВІ

вул. Жилянська, 97, м. Київ-35, 01135, тел./факс: (044) 289-36-00
E-mail: dn6@sw.uz.gov.ua Код ЄДРПОУ 26521280

16.03.2012р

№ 8/4-6-390

ДОВІДКА

Про впровадження наукових розробок
докторанта к.т.н. Онищенко А.М.

Ним розроблені рекомендації та пропозиції по застосуванню конструктивного рішення на «Залізнично-автомобільному мостовому переході через р. Дніпро у м. Києві з підходами» на ортотропній плиті, в період будівництва з 2010-2011 р.р. Конструкція дорожнього одягу, яка складається з гідроізоляції системи «Еіminator» на основі метил метаакрилатної смоли (шар ґрунту, два шари гідроізоляції, шар зчеплення між гідроізоляцією і гусасфальтом), два шари гусасфальту (нижній шар товщиною 40 мм, з максимальною крупністю зерен 15 мм, верхній шар товщиною 30 мм, з максимальною крупністю зерен 10 мм, з посипкою чорного щебеню фр. 5-10 мм). Дане конструктивне рішення за рекомендаціями докторанта к.т.н. Онищенка А.М. має підвищену довговічність, а саме колієстійкість, зсувостійкість та тріщиностійкість.

За дорожнім покриттям на мостовому переході ведеться постійне спостереження, на даний час при експлуатації відсутні дефекти та признаи руйнувань.

Начальник



В. О. Сухорський



ІНСТИТУТ
КДМП
КИЇВДОРМІСТПРОЕКТ

ДОЧІРНЄ ПІДПРИЄМСТВО "ІНСТИТУТ "КИЇВДОРМІСТПРОЕКТ"
ТОВ «НАУКОВО-ВИРОБНИЧИЙ ПРОЕКТНИЙ ІНСТИТУТ «КИЇВПРОЕКТ»

м. Київ, 01030, вул. Б.Хмельницького, 16-22, тел.: (044) 235-04-14, тел./факс (044) 235-06-40
http://www.kdmp.com.ua, E-mail: kdmp@kdmp.com.ua Код ЄДРПОУ - 35948241

ДОВІДКА

Про впровадження наукових розробок
доцента, к.т.н. кафедри ДБМ і хімії, НТУ
Онищенко Артура Миколайовича

Даною довідкою підтверджую, що Онищенко А.М. створені теоретичні основи розрахунку асфальтобетонного покриття на автодорожніх мостах та методи підвищення колієстійкості, які дозволили запроєктувати асфальтобетонне покриття підвищеної довговічності з урахуванням різної інтенсивності транспортних засобів в умовах м. Києва. Дані розробки знайшли практичне використання по влаштуванню асфальтобетонного покриття на проїзній частині мостів у 2011-2015 років, а саме:

1. 2011 р. «Будівництво транспортної розв'язки біля ст. метро "Дніпро"» (конструкція на проїзній частині монолітної естакади: бетон; гідроізоляція Флексігум НР; захисний шар асфальтобетону типу Г у відповідності за ДСТУ Б.В.2.7 – 119-2013, на бітумі модифікованому полімером (в'язуче Полігум) – 40 мм; підgruntовка із модифікованої бітумної емульсії ЕКМ-Ш з витратою 0,3 л/м²; асфальтобетон тип Б-15 у відповідності за ДСТУ Б.В.2.7 – 119-2013, на бітумі модифікованому полімером (в'язуче Полігум) – 40 мм; Щебенево-мастиковий асфальтобетон ЦМА-10 у відповідності за ДСТУ Б.В.2.7-127, на бітумі модифікованому полімером (в'язуче Полігум) – 40 мм).
2. 2011-2012 р.р. «Реконструкція транспортної розв'язки на перетині бульвару Дружби Народів та Наддніпрянського шосе в Печерському районі м. Києва». (конструкція: бетон; гідроізоляція Елімінатор та (або) Велестронг АП; литий асфальтобетон «Гусасфальт»-80 мм)
3. 2014-2015 р.р. «Реконструкція транспортної розв'язки на поштової площі» (конструкція: бетон; гідроізоляція Елімінатор та (або) Велестронг АП; литий асфальтобетон «Гусасфальт»-80 мм).

Конструкції дорожнього одягу, що були розроблені для даних об'єктів з урахуванням підвищених вимог до матеріалів, конструкцій та технології. Розроблений метод дозволяє проєктувати асфальтобетонне покриття на мостах підвищеної колієстійкості, що в цілому дозволить збільшити загальну довговічність та з економити кошти на ремонтні роботи. Дані розробки для проєктних організацій є цінними і актуальними, які вирішують важливу народно - господарську проблему.



Андрієшин В.І.



Україна, 01014, м. Київ, вул. Командарма Каменєва, 6, тел.: (044) 285-03-36, факс: (044) 284-75-20, e-mail: avtodor@kievavtodor.net.ua, http://www.kievavtodor.net.ua

05.05.2015 № 01-н/988

На № _____ від _____

ДОВІДКА
про впровадження наукових розробок доцента, к.т.н. кафедри ДБМ і хімії, НТУ
Онищенка Артура Миколайовича

Розробником Онищенком А. М. вирішена важлива народногосподарська проблеми з підвищення довговічності асфальтобетонного покриття на автодорожніх мостах за рахунок створення теоретичних основ та методів підвищення колієстійкості, а також знайшли практичне використання при влаштуванні асфальтобетонного покриття на проїзній частині транспортних споруд в м. Києві у 2010-2016 років, що наведено у таблиці 1

Таблиця 1

№ п/п	Назва транспортної споруди	Рік	Конструкція дорожнього одягу
1	Залізнично-автомобільний мостовий перехід через р. Дніпро у м. Києві з підходами (сталь)	2010-2011	гідроізоляція с-ми «Eliminator» - 3 мм; Гусасфальт – 15 (нижній шар) 40 мм, Гусасфальт – 10 (верхній шар) 40 мм - з посипкою чорним щебенем фр. 5-10)
2	Розв'язка на примиканні пр. Науки до Столичного шосе в м. Києві (бетон)	2011	
3	Естакада на о. Труханів. Подільського мостового переходу через р. Дніпро в м. Києві (бетон)	2011-2012	
4	Будівництво транспортної розв'язки біля ст. метро «Дніпро» (конструкція на проїзній частині монолітної естакади (бетон))	2011	гідроізоляція Флексігум НР; асфальтобетону типу Г у, на бітумному в'язучому Полігум – 40 мм; підgruntовка із модифікованої бітумної емульсії ЕКМ-Ш з витратою 0,3 л/м ² ; асфальтобетон тип Б-15, на бітумному в'язучому Полігум – 40 мм; Щебеневомасиковий асфальтобетон ЦМА-10, на бітумному в'язучому Полігум – 40 мм
5	Реконструкція транспортної розв'язки на перетині бульвару Дружби Народів та Наддніпрянського шосе в Печерському районі м. Києва (бетон)	2011-2012	гідроізоляція «Eliminator» або Велестронг АП; литий асфальтобетон «Гусасфальт»-80 мм)
6	Реконструкція транспортної розв'язки на поштової площі	2014-2015	гідроізоляція «Eliminator» або Велестронг АП; литий асфальтобетон «Гусасфальт»-80 мм)
7	Капітальний ремонт автопроездів на мосту-метро через Русанівську протоку р. Дніпро у Дніпровському районі в м. Києва	2014-2015	гідроізоляція - «Eliminator»; 4 – асфальтобетон типу Г на бітумі, модифікованому полімерами – 30 мм, підgruntовка із модифікованої бітумної емульсії ЕКМ-Ш з витратою 0,3 л/м ² ; 5- асфальтобетон тип Б-20, на бітумі модифікованому полімером – 50 мм.
8	Металева прогонова будова вантової частини Південного мосту через р. Дніпро (Дарницький район м. Києва) (сталь)	2015-2016	гідроізоляція с-ми «Eliminator» два шари гусасфальту (нижній шар товщиною 50 мм – Гусасфальт – 15, верхній шар товщиною 40 мм – Гусасфальт – 10 з посипкою чорним щебенем фр. 5-10)
9	Естакадна частина Південного мостового переходу через р. Дніпро м. Києві (бетон)	2015-2016	гідроізоляція наплавна «Техноеластомост-С» 5 мм, Асфальтобетон типу Г на БМП 40/60-56 -30 мм; Асфальтобетон типу Б-15 на БМП 40/60-56 -40 мм; Щебеневомасиковий асфальтобетон – (МПА-10 (20)) на БМП 40/60-56 -40 мм.

Конструкції, що були розроблені для даних об'єктів з урахуванням підвищених вимог до матеріалів, конструкцій та технології дозволяють підвищувати колієстійкість та в цілому збільшують загальну довговічність та забезпечують економію коштів на ремонтні роботи.

Головний інженер КК «Київавтодор»

В.Г. Мельниченко



ДОВІДКА
Про впровадження наукових розробок
Доцента к.т.н. А.М. Онищенко

Цим підтверджую, що відповідно до Угоди про позику (Другий проект покращення автомобільних доріг та безпеки руху) між Україною та Міжнародним банком реконструкції та розвитку від 11.10.2012 року, виконувався технічний аудит фахівцями Національного транспортного університету (відповідальний виконавець доцент А.М. Онищенко) на контрактах № 1 - № 5 на замовлення міжнародної компанії "Mott MacDonald Limited" Великобританія при реконструкції та капітальному ремонті автомобільної дороги державного значення М-03 Київ – Харків – Довжанський до параметрів І-б технічної категорії.

Програма технічного аудиту:

Відбір зразків-керна з дорожнього покриття на зазначених контрактах для лабораторних випробувань, а саме: фото-аналіз та візуальна оцінка дорожнього покриття, вимірювання товщини шарів дорожнього одягу, відносне ущільнення, визначення середньої щільності кожного шару покриття, наведених у результатах випробувань у порівнянні з проектною величиною, визначення пористості та залишкової пористості асфальтобетону, проведення аналізу вмісту бітуму для кожного шару асфальтобетонного покриття, аналіз гранулометричного складу асфальтобетонної суміші у відповідності до вимог ДСТУ Б В.2.7-119-2003, ДСТУ Б В.2.7-127:2006, ДСТУ Б В.2.7-89-99 та ВБН В.2.3-218-186-2004.

Вимірювання прогинів дорожнього покриття з використанням балки Бенкельмана для аналізу міцності асфальтобетонних шарів дорожнього одягу. Аналіз результатів та обговорення пропозицій по підвищенню колієстійкості та тріщиностійкості дорожнього одягу на автомобільній дорозі державного значення М-03 Київ – Харків – Довжанський.

Доцентом А.М. Онищенко на основі отриманих досліджень спільно з "Mott MacDonald Limited" обговорювались пропозиції з підвищення колієстійкості, зсувостійкості та тріщиностійкості асфальтобетонного покриття на транспортних спорудах та автомобільній дорозі державного значення М-03 Київ – Харків – Довжанський.

Голова представництва
 "Mott MacDonald Limited"



Тетяна Чехет



УКРАЇНА
ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
“НАУКОВО-ВИРОБНИЧА ФІРМА
“АНТИКОР”

вул. Вербова, 8-б
04073, м. Київ, Україна,
тел.: (044) 501-91-48
факс: (044) 501-91-49
E-mail: info@antikor.com.ua
www.antikor.com.ua



UKRAINE
SELENCE and
MANUFACTURE FIRM
“ANTIKOR” Ltd.

8-b, Verbova Str.,
047073, Kiev, Ukraine
Phone: (044) 501-91-48
fax: (044) 501-91-49
E-mail: info@antikor.com.ua
www.antikor.com.ua

Р/р 2600000430289, АКБ “Правекс-Банк” м. Києва, МФО 321983
Р/р 26005001711001, АТ “Індекс-Банк” м. Києва, МФО 300614

СДРПОУ 30045139

Вих. № 14 від 20 лютого 2012 р

ДОВІДКА
Про впровадження наукових розробок
докторанта Онищенка А.М.

Цим підтверджую, що наукові розробки докторанта Онищенка А.М. по підвищенню колієстійкості асфальтобетонного покриття на автодорожніх мостах м. Києва знайшли практичне використання при виконанні робіт ТОВ “Науково-виробнича фірма “Антикор” по влаштуванню литого асфальтобетону “Гусасфальт” на проїзній частині мостів у 2008 - 2012 років, а саме:

- 2008-2009 р.р. «Міст на вході в Гавань» Подільського мостового переходу через р. Дніпро в м. Києві (бетон)
-
- 2010-2011р.р. «Залізнично-автомобільним мостовий перехід через р. Дніпро у м. Києві з підходами» (сталь)
- 2011р. «Розв'язка на примиканні пр. Науки до Столичного шосе в м. Київ» (бетон)
- 2011-2012 р.р. «Естакада на о. Труханів» Подільського мостового переходу через р. Дніпро в м. Києві (бетон)

Конструкція дорожнього одягу, що була застосована на даних об'єктах: гідроізоляція с-ми «Eliminator» на основі метил метаакрилатної смоли (шар ґрунту, два шари гідроізоляції, шар зчеплення між гідроізоляцією і гусасфальтом) два шари гусасфальту (нижній шар товщиною 40мм. – Гусасфальт-15, верхній шар товщиною 40 мм. – Гусасфальт-10 з посилюючим чорним щебенем фр. 5-10)

Директор

ТОВ «НВФ «Антикор»



А. Л. Баранов



PETRO-CHEM
TECHNOLOGIES
У К Р А Ї Н А

Технології модифікації бітума

Вих. № 45/08 від 23.08.2012 р.

ДОВІДКА

Про впровадження наукових розробок докторанта к.т.н. Онищенко А.М.

Підтверджую, що докторантом А.М.Онищенко, було запропоновано та розроблено універсальне в'язуче «Полігум» (бітум модифікований полімером СБС та при необхідності відповідні модифікатори), яке дозволило створити виробництво в'язучого Полігум в Україні і Росії та створення ТОВ «Петро-Хім Технології Україна».

В'язуче «Полігум» має високу стійкість до розшарування при довготривалому зберіганні високу еластичність (понад 95%), яка дозволяє матеріалу працювати в пружній стадії з мінімальною залишковою деформацією, а також володіє високою стійкістю до старіння і впливу ультрафіолету, має високу когезійну міцність та теплостійкість (температура розм'якшення більше 75 °C), знижується температура крихкості (до -25 і нижче). Асфальтобетон на в'язучому «Полігум» має високу колієстійкість, зсувостійкість, тріщиностійкість а також стійкість до впливу агресивних антиокислювальних хімічних речовин та ін. В'язуче «Полігум» та асфальтобетон на його основі вивчали в наукових лабораторіях: Національному транспортному університеті; Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті; ДерждорНДІ; Московський автодорожній університет; ТРА Варшава, лабораторія компанії Штрабак, отримані результати підтвердили можливість використання в'язучого «Полігум» як в Україні, Росії так і в країнах Європи. Докторантом Онищенко А.М. спільно з ТОВ «Петро-Хім Технології Україна», були отримані патенти на корисні моделі: в'язуче «Полігум» зареєстровано від 10.02.2010, №47616; «Асфальтобетонна суміш» (всіх типів А,Б,В,Г,Д), зареєстровано від 10.02.2010, №47604; «Щебенево-мастикова асфальтобетонна суміш», зареєстровано від 10.02.2010, №47605; «Литий асфальтобетон», зареєстровано від 10.02.2010, №47603. В'язуче «Полігум» виготовляється в Україні м. Узин та в Росії м. Москва. В'язуче «Полігум» знайшло практичне застосування: Україна – вул. Урлівська (м. Київ асфальтобетон типу Б-20, товщиною - 5 см кількість в'язучого 5,5%) - 2011 р.; вул. Артема (м. Київ асфальтобетон типу Б-20, товщиною - 6 см, кількість в'язучого - 5,8%) - 2011 р.; будівництво картодрому Crimea GP поблизу м. Євпаторія - ДПАБ - 2012; Росія, г. Москва, Проектуємий проїзд 5217, поворотне коло (марка асфальтобетону – МЩП, товщиною - 6 см, кількість в'язучого 5,1%), 2011р.; ул. Полбіна (марка асфальтобетону тип А-20, товщиною - 5 см, кількість в'язучого 5,1%); вул. Перший Капотненський переїзд м. Москва- а/б багатощебеневий тип А 20 -5см; будівництво мостового переходу на острів Русских м. Владівосток а/б литий -7 см; Пятницьке шосе м. Москва ЩМА-20-6см; Кутузовський проспект м. Москва ЩМА-15, ЩМА-10-5см та багато інших автомобільних доріг та мостів.

Особливо рекомендується застосовувати асфальтобетонні покриття на основі в'язучого Полігум для автодорожніх мостів державного та місцевого значення України, це дозволить підвищити колієстійкість, тріщиностійкість, водостійкість і загальну довговічність та ін. Дослідження враховані при розробці ТУ У В.2.7-23.2-36530882-001:2011 «Полімерно-бітумне в'язуче Полігум» та ТУ У В.2.7-23.2-36530882-002:2012 «Суміші полімер асфальтобетонні на основі полімерно-бітумного в'язучого Полігум».

Директор ТОВ «Петро-Хім Технології»

О.Г. Мартинюк



ТОВ «ВЕЛЕСГАРД»

Україна, 01021, г. Київ,
вул. М. Грушевського, 28/2, пп.43
Тел.: +38 (044) 468-81-76, 468-87-29
Тел./факс: +38 (044) 468-89-14
office@welesgard.com
www.welesgard.com

16 липня 2012 г

№ 61/12 від 16.07.2012

ДОВІДКА

Про впровадження наукових розробок
докторанта к.т.н. Онищенко А.М.

Для ТОВ «ВЕЛЕСГАРД» ним розроблені рекомендації та пропозиції по застосуванню гідроізоляції «Велестронг АП» для влаштування захисту проїзної частини залізобетонних та металевих мостів на автомобільних дорогах місцевого та загального користування (I-V категорій).

Отримані результати досліджень в лабораторії якості матеріалів, транспортного будівництва на кафедрі ДБМ і Хімії НТУ (протокол № 01/07 від 12.07.2012р.) засвідчили, що гідроізоляція «Велестронг АП» забезпечує високе зчеплення як з основою так і з асфальтобетонним покриттям (традиційний асфальтобетон, ЩМА, Гусасфальт). Така система гідроізоляції «Велестронг АП» за рекомендаціями докторанта к.т.н. Онищенко А.М. забезпечить підвищену довговічність асфальтобетонного покриття, а саме колієстійкість, зсувостійкість та тріщиностійкість т.ін.

Директор



В. І. Федотов

83060, Україна,
г. Донецьк, ул. Шахтеров Донбасса, 163

Tel.: +38 062 381 62 09, Fax: +38 062 381 61 34

E-mail: ds@altkom.org.ua



АЛТКОМ
ДОРОЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

ДОВІДКА

Про впровадження наукових розробок
докторанта кафедри ДБМ і хімії
Національного транспортного університету
Онищенко Артура Миколайовича

Наукові дослідження Онищенко А.М. отримали практичне використання на асфальтобетонному заводі компанії ТОВ «Дорожнє будівництво «Альтком». Для виробничих потреб в лабораторії Товариства було запроєктовано якісно нові склади асфальтобетонних сумішей на бітумі, модифікованому різними полімерами підвищеної колієстійкості, зсувостійкості та тріщиностійкості, а також досліджено: технологічні особливості приготування бітуму модифікованого полімером; технологічні особливості приготування, транспортування і ущільнення асфальтобетону та щебенево-мастикового асфальтобетону на бітумі модифікованому полімером; досліджено в лабораторних умовах на колійність асфальтобетону з використанням колієміра; досліджено фізико-механічні та розрахункові характеристики. Розроблені рекомендації щодо підвищення колієстійкості, зсувостійкості та тріщиностійкості асфальтобетонного покриття і впроваджені на автомобільних дорогах та мостах м. Донецька, Київської області, а також автомобільної дороги М-03 Київ-Харків-Довжанський, а саме:

- **залізобетонний міст на а/д «Запоріжжя-Донецьк», км 214+500 – км 217+000 (влаштування в 2011 році).** Конструкція: гідроізоляція INDEX Testudo; асфальтобетон піщаний на бітумі БНД 60/90 типу Г товщиною 50 мм; асфальтобетон дрібнозернистий на бітумі БНД 60/90 (модифікованому Кратон Д 1101 – 2%) типу Б-20 товщиною 40 мм; асфальтобетон дрібнозернистий на бітумі БНД 60/90 (модифікованому Кратон Д 1101 – 2%) типу Б-20 товщиною 40 мм;
- **залізобетонний міст на а/д «Запоріжжя-Донецьк», км 210+212 (влаштування в 2011 році).** Конструкція: гідроізоляція техноіластмост; асфальтобетон піщаний на бітумі БНД 60/90 типу Г товщиною 30 мм; асфальтобетон дрібнозернистий на бітумі БНД 60/90 (модифікованому Бутоналом НС 198 – 3%) типу Б-20 товщиною 40 мм; асфальтобетон щебенево-мастиковий на бітумі БНД 60/90 (модифікованому Кратон Д 1101 – 3%) з максимальною крупністю зерен 20 мм товщиною 50 мм;
- **залізобетонний міст на а/д «Знам'янка-Луганськ-Ізварина», км 412+946 – км 414+046 (влаштування в 2012 році).** Конструкція: гідроізоляція техноіластмост; асфальтобетон піщаний на бітумі БНД 60/90 (модифікованому Ветфіксом-0,4%) типу Г товщиною 30 мм; асфальтобетон дрібнозернистий на бітумі БНД 60/90 (модифікованому Ветфіксом – 0,4%) типу Б-20 товщиною 40 мм; асфальтобетон щебенево-мастиковий на бітумі БНД 60/90 (модифікованому Бутонал НС 198 – 3,2%) з максимальною крупністю зерен 20 мм товщиною 50 мм;
- **естакада в м. Донецьк по вул. Байдукова (влаштування в 2011 році).** Конструкція: гідроізоляція напиляема Флексігум; асфальтобетон дрібнозернистий на бітумі БНД 60/90 (модифікованому Ветфікс – 0,4%) типу Б-20 товщиною 6 мм; асфальтобетон дрібнозернистий на бітумі БНД 60/90 на бітумі БНД 60/90 (модифікованому Бутонал НС 198 – 3,2%) тип Б-20 товщиною 50 мм;
- **залізобетонний міст на а/д «Обхід м. Донецька» (четверта черга), км 0+000 – км 2+200 (влаштування в 2014 році).** Конструкція: гідроізоляція напиляема Флексігум; асфальтобетон піщаний на бітумі БНД 60/90 (модифікованому Ветфіксом – 0,4%) типу Г товщиною 30 мм; асфальтобетон дрібнозернистий на бітумі БНД 60/90 (модифікованому Ветфіксом – 0,4%) типу Б-20

товщиною 40 мм; асфальтобетон щебенево-мастиковий на бітумі БНД 60/90 (модифікованому Кратон Д 1101 – 3%) з максимальною крупністю зерен 20 мм товщиною 50 мм;

- *залізобетонний міст на а/д «Знам'янка-Дуганськ-Ізварино», км 412+946 – км 414+046 (влаштування в 2012 році).* Конструкція: гідроізоляція техноіластмост; асфальтобетон пішаний на бітумі БНД 60/90 типу Г товщиною 30 мм з Ветфіксом; асфальтобетон дрібнозернистий на бітумі БНД 60/90 (модифікованому Ветфіксом – 0,4%) типу Б-20 товщиною 40 мм; асфальтобетон щебенево-мастиковий на бітумі БНД 60/90 (модифікованому Бутоналом НС 198 – 3,2%) з максимальною крупністю зерен 20 мм товщиною 50 мм;

- *а/д М-03 Київ-Харків-Довжанський: шляхопровід на км 45+000, міст через р. Трубіж на км 70+000, міст через р. Педра на км 75+000 (влаштування асфальтобетонного покриття 2012-2013 рік).* Конструкція: гідроізоляція INDEX Testudo; асфальтобетон дрібнозернистий на бітумі БНД 60/90 типу А-20 товщиною 60 мм; асфальтобетон щебенево-мастиковий на бітумі, модифікованому полімером «Кратон Д 1101» товщиною - 50 мм;

- *а/д дорога по вулиці Артема та на Ленінському проспекті в м. Донецьку (влаштування в 2010 році).* Щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальною крупністю зерен 15 мм та 20 мм загальною товщиною покриття 50 мм.

Директор з виробництва



Карнаков І.А.

**ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО
АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ**

Державне підприємство «Центр науково
технічного супроводу дорожніх робіт та
сертифікації дорожньої продукції»
(ДП «Дорцентр»)

02160, м. Київ, вул. Каунаська, 3
Телефон: 292-97-94, факс 292-61-50
E-mail: dp.dntc.dorjakist@gmail.com
код 21476215



THE STATE ROAD AGENCY OF UKRAINE

State Enterprise «Center of science - technical
maintenance of road works, and road products
certification»

(DP «Dortsentr»)

02160, Kyiv, 3 Kaunaska str.,
Tel. 292-97-94, fax 292-61-50
E-mail: dp.dntc.dorjakist@gmail.com
code 21476215

23.01.2014р. № 25/9-20

На № _____ від _____

ДОВІДКА

**Про впровадження наукових розробок
докторанта кафедри ДБМ і хімії
Національного транспортного університету
Онищенка Артура Миколайовича**

Підтверджую, що докторантом Онищенком А.М. спільно з ДП «Дорцентр» були розроблені стандарти організації України, рекомендації, методики, методичні вказівки та альбом типових конструкцій:

- 1- СОУ 45.2-00018112-020:2007 Асфальтобетон дорожній. Метод випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій;
- 2- СОУ 45.2-00018112-046:2009 Асфальтобетон дорожній. Методика оцінки зчеплення між асфальтобетонними шарами при зсуві;
- 3- СОУ 45.2-00018112-076:2012. Асфальтобетонні шари з армуючими прошарками. Метод визначення розрахункових характеристик;
- 4- СОУ 45.2-00018112-058:2010 Монолітні дорожньо-будівельні матеріали. Метод випробування на втому;
- 5- СОУ 45.2-00018112-059:2010 Дорожньо-будівельні матеріали. Методи визначення розрахункових модулів пружності;
- 6- СОУ 45.2-00018112-062:2010 Конструкції дорожнього одягу автомобільних доріг. Методи випробування на кільцевому стенді;
- 7- СОУ 42.1-37641918-XXX:201X Дорожньо-будівельні матеріали. Методика оцінки циклічної довговічності армуючи синтетичних матеріалів;
- 8- Р В.2.3-218-21476215/02070915-504 – 2006 Рекомендації з контролю якості щебенево-мастикового асфальтобетону;
- 9- Р. В.2.3–218-21476215-...:2011 Рекомендації щодо аналізу інформації за результатами моніторингу стану дорожнього одягу для планування ремонтних робіт автомобільних доріг у тому числі для СУСП;
- 10- Р. В.2.3–218-21476215- 222 :2011 Рекомендації щодо застосування асфальтобетонних сумішей, армованих мікрОВОлокнами;

08

- 11- Р В.2.3-218-21476215-795:2011 Рекомендації щодо підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття;
- 12- Р В.2.3-218-21476215-734:2008. Рекомендації з застосування армуючих синтетичних матеріалів різного типу для армування асфальтобетонних шарів при проектуванні конструкцій підсилення дорожнього одягу;
- 13- ПМА 218-21476215-450:2006 Прилади для виготовлення зразків щебенево-мастикового асфальтобетону. Програма та методика первинної та періодичної атестації;
- 14- Розроблено Альбом типових конструкцій дорожніх одягів з підвищеною тріщиностійкістю та стійкістю до колієутворення для магістральних доріг з рухом великовантажного транспорту (з апробацією на кільцевому стенді) К., 2007.- 43 с. (Укравтодор);
- 15- Розроблено методику, яка призначена для стендових випробувань матеріалів для ямкового ремонту на стійкість до дії колісного навантаження в умовах, що максимально моделюють умови їх експлуатації на автомобільній дорозі. Дана методика дозволяє встановлювати вплив рухомого навантаження на характер поведінки та інтенсивність розвитку пластичних деформацій у матеріалів закладених у штучні ями на асфальтобетонному покритті випробувального стенду;
- 16- М 218 – 21476215 – :2012 Методика визначення циклічної довговічності армуючи синтетичних матеріалів асфальтобетонних шарів.
- 17- Проведено випробування на кільцевому стенді найбільш перспективних конструкцій дорожнього одягу, що застосовуються для автомобільних доріг різних категорій та розроблено рекомендації для їх проектування в розвиток ВБН В.2.3-218-189-2004, ВБН В.2.3-218-186 – 2004 та ВБН В.2.3-218-008 – 97.
- 18- МВ В.2.8-21476215-730 : 2013 Методичні вказівки щодо приготування різних сумішей з використанням лабораторного лопатевого змішувача.

Розроблені вище наведені нормативні документи на замовлення Державного агентства автомобільних доріг України. Дані розробки дозволять підвищувати колієстійкість, зсувостійкість та тріщиностійкість асфальтобетонного покриття, які знайшли практичне застосування при проектуванні, виготовленні та влаштуванні асфальтобетонного покриття на автомобільних дорогах та мостах державного та місцевого значення.

В.о. директора

Завідувач науково-дослідницького відділу
моніторингу нових технологій та матеріалів



З.В. Крамаренко

О.О. Білан



Фізична особа-підприємець
Невінгловський Вадим Федорович

Вих. № 03/16
від «08» серпня 2016р.

ДОВІДКА

про впровадження наукових розробок
 доцента кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії
 Національного транспортного університету
 Онищенко Артура Миколайовича

Наукові розробки по теоретичним основам розрахунку асфальтобетонного покриття на автодорожніх мостах та методи підвищення колієстійкості знайшли своє практичне застосування при виконанні робіт із влаштування верхніх шарів дорожнього одягу із щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей (з використанням вітчизняної стабілізуючої добавки «АРОН-БВ»), на наступних об'єктах:

- а/д Н-09 Мукачеве – Рахів – Богородчани – Івано-Франківськ – Рогатин – Бібрка – Львів (ЩМА-15);
- М-15 Одеса - Рені (на Бухарест) (ЩМА-20).

Дані рекомендації щодо підбору суміші та конструктивних рішень по шарам асфальтобетонного покриття, дозволили отримати покриття із підвищеною колієстійкістю та довговічністю.

Окрім того, Онищенко А.М. є співавтором ряду наступних документів, а саме:

- патент на корисну модель UA 91290 «Стабілізуюча добавка для асфальтобетонної суміші»;
- патент на корисну модель UA 91289 «Спосіб отримання стабілізуючої добавки для асфальтобетонної суміші»;
- ТУ У В.2.7-17.1-3149000135-001:2014 «Добавки стабілізуючі «АРОН» для щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей. Технічні умови».

Фізична особа-підприємець, к.т.н.

В.Ф. Невінгловський





ORGANIZERS:
 Vilnius Gediminas Technical University (Lithuania)
 Lithuanian Society of Automotive Engineers (LSAE)
 JSC "Lithuanian Railways"
 National Aviation University (Ukraine)

17th Conference for Junior Researchers

SCIENCE – FUTURE OF LITHUANIA. Transport Engineering and Management

This is to certify that **Arthur ONISCHENKO**
 (National Transport University, Ukraine)
 has been awarded this

DIPLOMA

for scientific report

**Method of preparation and test results of bitumen modified with polymers
 using laboratory blade mixer** presented in the Conference
 (co-authors – Sergey AKSENOV, Vadim NEVYNHLOVSKYY,
 Mykolay GARKUSHA, Oleksandr RIZNICHENKO)

Date of Award: May 8, 2014

Name of the Place: Vilnius, Lithuania

Date of Event: May 8, 2014

Chairman of the Organizing Committee

Prof. Dr. Olegas PRENTKOVSKIS (Vilnius Gediminas Technical University)

Chairman of the Scientific Committee

Assoc. Prof. Dr. Raimundas JUNEVIČIUS (Vilnius Gediminas Technical University)
 (President of the Lithuanian Society of Automotive Engineers – LAIS)

<http://jmk.transportas.vgtu.lt>

<http://www.vgtu.lt>

* <http://naa.edu.ua>

<http://www.lais.lt>

<http://www.litrail.lt>





Академія будівництва України

ДИПЛОМ

переможця конкурсу на здобуття

ВЕЛИКОЇ СРІБНОЇ МЕДАЛІ

За кращу опубліковану роботу в галузі будівельної науки:
"Монографію "Теоретичні та експериментальні дослідження
конструкцій підземного мостового переходу через р. Дніпро
в м. Київ"

нагороджується

ОНИЩЕНКО АРТУР МИКОЛАЙОВИЧ

Президент
Бердянська міської
РАДА 2013 - 2015

І.І.Майоренко
С.І.Білик

WORLD SCIENCE



DIPLOMA

This is to certify that

Онщенко А. М.

has participated in the

III International Scientific and Practical Conference

«Methodology of Modern Research»

on the topic

ПРОЕКТУВАННЯ ЗЕРНОВОГО СКЛАДУ АСФАЛЬТОБЕТОНУ
ПІДВИЩЕНОЇ КОЛІСТІЙКОСТІ З ОПТИМІЗАЦІЄЮ ЗА ПОКАЗНИКОМ
РОЗРАХУНКОВОГО ЧАСУ СЛУЖБИ



Chief editor
of ISPC WORLD Science
Professor Ramachandran Nithya

March 29, 2017,
Dubai, UAE



Rheinheim S.A.
Rue de la Servette 93
1202 Geneva, SWITZERLAND
Tel.: +41 22 734 42 34
+41 22 501 42 34

СЕРТИФИКАТ

Выданный Онищенко Артуру Николаевичу (г.р. 10.02.1981 г. Бровары) доценту кафедры дорожно-строительных материалов и химии, кандидату технических наук, Национального транспортного университета

В том, что Артур Николаевич Онищенко прошел стажировку в компании «Rheinheim SA»

Программа стажировки:

- ознакомление с производством гидроизоляционных материалов «ELIMINATOR» и системы качества ISO для транспортного строительства;
- изучение технологических особенностей изготовления гидроизоляционных материалов серии «ELIMINATOR» на производстве и их контроль качества;
- методы лабораторных испытаний гидроизоляционного материала «ELIMINATOR» и их анализ;
- изучение опыта практической апробации и технологических особенностей при устройстве гидроизоляционного материала «ELIMINATOR» на автодорожном мосту «Bosphorus Bridge» Турция;
- контроль качества гидроизоляции «ELIMINATOR» на проезжей части моста;
- изучение технологии устройства литого асфальтобетона «Гусасфальт» на мосту и методов их контроля качества.
- изучение нормативных документов BD 47/99, ASTM D6153, SIA 281/3.

Выданный сертификат Онищенко Артуру Николаевичу за успешную стажировку в период с 17 февраля 2015 по 24 декабря 2015 года, в котором был изучен опыт устройства гидроизоляционных материалов серии «ELIMINATOR» компанией «Rheinheim SA»

Директор



Ирина Висс

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ



ДО 85 РІЧЧЯ
КНУБА

СЕРТИФІКАТ УЧАСНИКА

ПЕРШОЇ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ,
АСПІРАНТІВ І СТУДЕНТІВ



КИЇВ
УКРАЇНА
26-27
ЛИСТОПАДА
2015

BUILD
MASTER
CLASS 2015

ОНИЩЕНКО
Артур Миколайович

РЕКТОР
УНІВЕРСИТЕТУ
КУЛИКОВ П. М.

ПРОРЕКТОР З НАУКОВОЇ РОБОТИ
ТА МІЖНАРОДНИХ ЗВ'ЯЗКІВ
д.т.н., проф.

ПЛОСКИЙ В. О.



БудМайстерКлас

Україна, 03680, Київ,
просп. Повітрофлотський, 31



Міністерство освіти і науки України
Державний департамент інтелектуальної власності

СВІДОЦТВО

про внесення суб'єкта підприємницької діяльності до Реєстру
виробників та розповсюджувачів програмного забезпечення.

Серія ВР

№ 01254

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повна та скорочена назва суб'єкта підприємницької

діяльності із зазначенням організаційноправової форми)

(прізвище, ім'я, по батькові фізичної особи

суб'єкта підприємницької діяльності)

Ідентифікаційний код 02070915

Вид діяльності у сфері програмного
забезпечення

виробництво та розповсюдження

Місцезнаходження (місце проживання)

вул. Суворова, 1, м. Київ

Найменування програмного забезпечення, яке виробляється
(розповсюджується)

"Комп'ютерна програма розрахунку довговічності

щебенево-мастикового асфальтобетону."



Т.в.о. голови департаменту В.С. Дмитрішин

(посада і прізвище керівника органу, що видав свідоцтво)

09.08.2010

(дата реєстрації)

09.09.2010

(дата видачі)


(підпис)



УКРАЇНА
Міністерство освіти і науки України
Державний департамент інтелектуальної власності

СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 36218

Науковий твір "Методика конструювання дорожнього одягу з покриттям підвищеної довговічності із щебенєво-мастикового асфальтобетону"

(вид, назва службового твору)

Автор(и) Мозговий Володимир Васильович, Онищенко Артур Миколайович, Баран Сергій Анатолійович, Куцман Олександр Михайлович, Прудкий Олександр Вікторович, Лаптева Наталія Сергіївна, Мозгова Людмила Анатоліївна, Ольховий Богдан Юрійович

(повне ім'я, повнодім (за наявності))

Авторські майнові права належать Мозговий Володимир Васильович, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Онищенко Артур Миколайович, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Баран Сергій Анатолійович, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Куцман Олександр Михайлович, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Прудкий Олександр Вікторович, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Лаптева Наталія Сергіївна, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Мозгова Людмила Анатоліївна, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Ольховий Богдан Юрійович, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Національний транспортний університет, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

Дата реєстрації

21.12.2010

Голова Державного департаменту
інтелектуальної власності



М.В.Паладій


 УКРАЇНА
 ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ
 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ

СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 41995

Науковий твір "Конструювання дорожнього одягу на мостах з асфальтобетонним покриттям підвищеної зсувостійкості"

(вид, назва службового твору)

Автор(и) Омищенко Артур Миколайович, Куцман Олександр Михайлович, Лаптева Наталія Сергіївна, Невінгловський Вадим Федорович, Різніченко Олександр Сергійович, Гаркуша Микола Васильович

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать Омищенко Артур Миколайович, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Куцман Олександр Михайлович, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Лаптева Наталія Сергіївна, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Невінгловський Вадим Федорович, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Різніченко Олександр Сергійович, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Гаркуша Микола Васильович, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Національний транспортний університет, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

30.01.2012

Дата реєстрації



Голова Державної служби
 інтелектуальної
 власності України
 М.В. Паладій

УКРАЇНА



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА

ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ

СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 48068

Літературний письмовий твір наукового характеру "Методика визначення тріщиностійкості та колієстійкості асфальтобетонних шарів конструкцій дорожнього одягу з використанням доменних шлаків в шарах основи"

(вид, назва службового твору)

Автор(и) Мозговий Володимир Васильович, Онищенко Артур Миколайович, Лаптева Наталія Сергіївна, Гаркуша Микола Васильович, Аксьонов Сергій Юрійович

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать Мозговий Володимир Васильович, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Онищенко Артур Миколайович, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Лаптева Наталія Сергіївна, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Гаркуша Микола Васильович, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Аксьонов Сергій Юрійович, вул. Суворова-1, м. Київ-10, 01010; Національний транспортний університет, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

26.02.2013

Дата реєстрації



Голова Державної служби
інтелектуальної
власності України
М.В. Ковіня

УКРАЇНА



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
 ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 55705

Літературний письмовий твір науково-прикладного характеру "Використання теплового асфальтобетону для розширення будівельного сезону"

(вид, назва службового твору)

Автор(и) Мозговий Володимир Васильович, Данчук Віктор Дмитрович, Ольховий Богдан Юрійович, Лантєва Наталія Сергіївна, Онищенко Артур Миколайович, Кравчук Анатолій Пилипович, Мозгова Людмила Анатоліївна

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать Мозговий Володимир Васильович, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Данчук Віктор Дмитрович, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Ольховий Богдан Юрійович, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Лантєва Наталія Сергіївна, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Онищенко Артур Миколайович, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Кравчук Анатолій Пилипович, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Мозгова Людмила Анатоліївна, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Національний транспортний університет, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

22.07.2014

Дата реєстрації



Голова Державної служби
 інтелектуальної
 власності України
 М.В. Ковіня



УКРАЇНА



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
 ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 60744

Літературний письмовий твір наукового характеру "Метод розрахунку залишкового ресурсу асфальтобетонного покриття з використанням полімерних латексів на залізобетонних мостових спорудах"

(найд., назва службового твору)

Автор(и) Онященко Артур Миколайович, Невінгловський Вадим Федорович

(повне ім'я, прізвищем (за наявності))

Авторські майнові права належать Національний транспортний університет, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреси)

Дата реєстрації 21.07.2015

Голова Державної служби
 інтелектуальної
 власності України

 А.Г. Жарінова




 УКРАЇНА
 ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 62286

Літературний письмовий твір науково-прикладного характеру "Практичні рекомендації по підвищенню довговічності асфальтобетонного покриття на транспортних спорудах"

(вид, назва службового твору)

Автор(и) **Мозговий Володимир Васильович, Онищенко Артур Миколайович, Лаптева Наталія Сергіївна**

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать **Національний транспортний університет, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010**

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

28.10.2015

Дата реєстрації



Голова Державної служби інтелектуальної власності України

А.І. Жарінова



УКРАЇНА



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
 ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 62287

Літературний письмовий твір практичного характеру "Стандарт організації України. Розрахунковий опір розтигу при згині монолітних дорожньо-будівельних матеріалів. Метод визначення. СОУ 42.1-37641918-009:2013. Проект"

(вид, назва службового твору)

Автор(и) Мозговий Володимир Васильович, Онищенко Артур Миколайович, Баран Сергій Анатолійович, Куцман Олександр Михайлович, Різніченко Олександр Сергійович, Лаптева Наталія Сергіївна

(повне ім'я, поведом (за наявності))

Авторські майнові права належать Національний транспортний університет, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

28.10.2015

Дата реєстрації



Голова Державної служби
 інтелектуальної
 власності України
 А.І. Жарінова



УКРАЇНА

UKRAINE



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 40965

ПРЕС ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ І КОНТРОЛЮ ЗРАЗКІВ
АСФАЛЬТОБЕТОНУ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 27.04.2009.

Голова Державного департаменту
інтелектуальної власності

М.В. Паладій



УКРАЇНА

UKRAINE



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 47603

ЛИТИЙ АСФАЛЬТОБЕТОН

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 10.02.2010.

Голова Державного департаменту
інтелектуальної власності

М.В. Паладій



УКРАЇНА

UKRAINE



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 47604

АСФАЛЬТОБЕТОННА СУМІШ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 10.02.2010.

Голова Державного департаменту
інтелектуальної власності

М.В. Паладій



УКРАЇНА

UKRAINE



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 47605

ЩЕБЕНЕВО-МАСТИКОВА АСФАЛЬТОБЕТОННА СУМІШ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 10.02.2010.

Голова Державного департаменту
інтелектуальної власності

М.В. Паладій



УКРАЇНА

UKRAINE



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 47616

В'ЯЖУЧЕ "ПОЛІГУМ"

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 10.02.2010.

Голова Державного департаменту
інтелектуальної власності

М.В. Паладій



УКРАЇНА

UKRAINE



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 47625

ПРИЛАД ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ ЗРАЗКІВ
АСФАЛЬТОБЕТОНУ НТУ-ЗЧ-І

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи
і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні
моделі 10.02.2010.

Голова Державного департаменту
інтелектуальної власності

М.В. Паладій



УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 91289

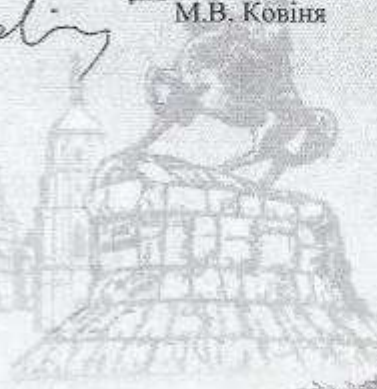
СПОСІБ ОТРИМАННЯ СТАБІЛІЗУЮЧОЇ ДОБАВКИ ДЛЯ
АСФАЛЬТОБЕТОННОЇ СУМІШІ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи
і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні
моделі 25.06.2014.

Голова Державної служби
інтелектуальної власності України

М.В. Ковія



УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 91290

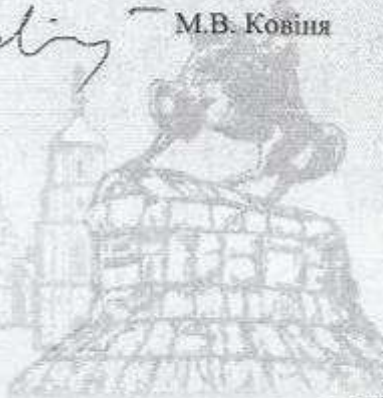
СТАБІЛІЗУЮЧА ДОБАВКА ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОЇ
СУМІШІ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи
і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні
моделі 25.06.2014.

Голова Державної служби
інтелектуальної власності України

М.В. Ковіня



УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 106074

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ ЗРАЗКІВ
АСФАЛЬТОБЕТОНУ НТУ-ЗЧ-2

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи
і корисні моделі".

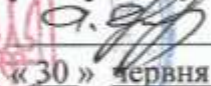
Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні
моделі 11.04.2016.

В.о. Голови Державної служби
інтелектуальної власності України

В. А. Малинич



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з навчальної роботи
Національного транспортного
університету О.К. Гришук
« 30 » червня 2017 року

Про впровадження у навчальному процесі кафедри «Дорожньо-будівельних матеріалів і хімії» матеріалів і результатів дисертаційної роботи доцента кафедри Онищенко Артура Миколайовича, виконаної на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук на тему «Наукові основи підвищення стійкості асфальтобетонного покриття до утворення колії на автодорожніх мостах»

Результати дисертаційної роботи Онищенко А.М. впроваджені у навчальний процес на кафедрі «Дорожньо-будівельних матеріалів і хімії» в таких навчальних дисциплінах: «Асфальтобетон», «Органічні в'язучи», «Будівельне матеріалознавство», «Бетони та будівельні розчини», «Сучасні технології виробництва», «Геологія і геоморфологія» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» (за фаховим спрямуванням та спеціалізацією: «Технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів», «Автомобільні дороги і аеродроми», «Мости і транспортні тунелі», «Будівництво та експлуатація аеродромів»). На основі дисертаційної роботи підготовлено дипломні роботи бакалаврів та магістерські проекти для студентів спеціалізації «Технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів», що відрізняються високим інженерно-технічним та науковим рівнем.

Результати дисертаційної роботи Онищенко А.М. склали основу навчально-методичних праць, з них 3 навчальних посібника з грифом МОН України (гриф надано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України, лист №1/11-337 від 16.01.13 р. та лист № 1/11-19842 від 17.12.13 р.), 1 підручник та 18 робіт навчально-методичного характеру.

Матеріали та результати дисертаційної роботи Онищенко А.М. надають змогу підвищити науковий і методичний рівень підготовки фахівців із зазначених дисциплін та вдосконалити навчальний процес на кафедрі «Дорожньо-будівельних матеріалів і хімії».

Завідувач кафедрою
«Дорожньо-будівельних матеріалів і хімії»
Національного транспортного університету



В.В. Мозговий

ДОДАТОК И

Список публікацій здобувача за темою дисертації

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Монографії

1. Онищенко А. М., Кузьмінець М. П., Редченко В. П., Тарнопольський Д. Й., Аксьонов С. Ю. Теоретичні та експериментальні дослідження Південного мостового переходу через р. Дніпро в м. Києві: монографія. К. : НТУ, 2014. 341 с.
2. Онищенко А. М., Кузьмінець М. П., Невінгловський В. Ф., Гаркуша М. В. Теоретичні та практичні дослідження ресурсу асфальтобетонного покриття на залізобетонних транспортних спорудах : монографія. К. : НТУ, 2015. 323. с.

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

3. Onishchenko A., Mozgoviy V., Kyrienko O., Olhovyi B. Scientific bases of providing of road coverage wholeness on bridges // Zespolone konstrukcje mostowe. 2009. P. 423-436.
4. Онищенко А. Н. Экспериментальная оценка устойчивости асфальтобетонного покрытия к образованию колеи / В. В. Мозговой, А. Н. Онищенко, О. В. Прудкий и др. // Дорожная техника. 2010. С.114-128.
5. Онищенко А. Н. Колеестойкость асфальтобетонного покрытия на цементобетонных основаниях // Журнал современных строительных технологий «Красная линия». 2011. Вып. Дороги. № 52. С. 38-41.
6. Онищенко А. М. Методи оцінки колієстійкості асфальтобетону // Slovak international scientific journal : construction and architecture. Slovakia. 2016. № 2 (2). P. 16-26. ISSN 5782-5319.
7. Онищенко А. М. Проектування зернового складу асфальтобетону підвищеної колієстійкості з оптимізацією за показником розрахункового строку служби. *International scientific and practical conference "World science"*. 2017.

№ 4(20), Vol.2. P. 32-35. ISSN 2413-1032. Видання входять до наукометричних баз даних: Index Copernicus, eLIBRARY.

8. Онищенко А. Н. Влияние различных факторов на интенсивность образования остаточных деформаций виде колеи на асфальтобетонном покрытии автодорожных мостов (часть 1) // Мир дорог. 2013. № 3. С. 2-4.

9. Онищенко А. Н. Влияние различных факторов на интенсивность образования остаточных деформаций виде колеи на асфальтобетонном покрытии автодорожных мостов (часть 2) // Мир дорог. 2013. № 4. С. 28-29.

10. Онищенко А. Н. Причины образования колеи на асфальтобетонном покрытии автодорожных мостов и способы повышения колееустойчивости // Дорожная техника. 2013. С. 134-144.

11. Onishchenko A., Kuzminets M., Aksenov S. Analysis of modified bitumen difference polymers // An international journal on operation of farm and agri-food industry machinery. Motrol. Commission of motorization and energetic in agriculture. Lublin – Rzeszow, 2014. № 8. P. 101-106.

12. Онищенко А. М. Метод розрахунку міцності зчеплення асфальтобетонного покриття з проїзною частиною мосту при зсуві від дії екстреного гальмування транспортного засобу // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2016. С. 12-19.

13. Онищенко А. Н., Мозговой В. В., Гаркуша Н. В., Белан О. О. Анализ напряжено-деформированного состояния и устойчивости к колееобразованию асфальтобетонного покрытия, испытанного на кольцевом стенде // Мир дорог. 2016. С. 28-32.

Статті у фахових виданнях:

14. Онищенко А. М. Досвід застосування полімерів в дорожньому будівництві // Управління проектами, системний аналіз і логістика. 2007. № 4. С. 146-153.

15. Онищенко А.М., Бесараб О. М., Смолянець В. В., Макарьев О. О. Теоретичні основи термореологічної поведінки полімерасфальтобетонів на основі латексів Butonal // Автошляховик України. 2007. - №6. С. 37-40.

16. Онищенко А. М., Бесараб О. М., Смолянець В. В., Макарьев О. О. Експериментальні дослідження термореологічної поведінки полімерасфальтобетонів на основі латексів Butonal // Автошляховик України. 2008. № 1. С. 36-39.

17. Онищенко А.М. Випробування конструкцій дорожнього одягу на кільцевому стенді – успіхи, проблеми, перспективи (частина 2) / Мозговий В. В., Онищенко А.М., Прудкий О. В., Куцман О. М. та ін. // Автошляховик України. 2010. № 4. С. 24-31.

18. Онищенко А. М., Мозговий В. В., Лаптева Н. С., Невінгловський В. Ф. Експериментальна оцінка колієстійкості асфальтобетону за допомогою лабораторних установок // Автошляховик України. 2010. № 13. С. 93-100.

19. Онищенко А. М., Невінгловський В. Ф., Різніченко О. С., Гаркуша М. В. Методика забезпечення колієстійкості асфальтобетонного покриття на цементобетонній основі //Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. 2011. Вип. 1(87). С. 17-25.

20. Онищенко А. М., Аксьонов С. Ю. Дослідження колійності асфальтобетонів різних типів та видів на бітумному в'язучому «Полігум» // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. 2012. № 46. С. 272-278.

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

22. Онищенко А. М., Гаркуша М. В., Аксьонов С. Ю., Білан О. О. Експериментальний аналіз впливу мікрОВОЛОКОН на підвищення тріщиностійкості та коліє стійкості асфальтобетонного покриття випробуваного на кільцевому стенді // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 2013. Вип. 88. С. 89-100.

23. Онищенко А. М. Метод визначення функції зсувостійкості асфальтобетонного покриття на штучних спорудах // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту : Серія «Транспортні системи і технологія». К. : ДЕТУТ, 2013. Вип. 24. С. 52-59.

24. Онищенко А. Н. Выбор гранулометрического состава асфальтобетона повышенной колеестойкости экспериментальным методом для автодорожных мостов // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. 2014. № 56. С. 161-170.

25. Онищенко А. М. Експериментальний метод випробування інтегрального показника стійкості до накопичення залишкових деформацій асфальтобетону у вигляді колії // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту : Серія «Транспортні системи і технологія». К. : ДЕТУТ, 2014. Вип. 25. С. 56-62.

26. Онищенко А. М. Оцінка надійності при прогнозуванні величини колії в асфальтобетонному покритті на транспортних спорудах // Управління проектами, системний аналіз і логістика. 2015. Вип. 15, Частина 1 : Серія «Технічні науки». С. 119-128.

27. Онищенко А.М., Мозговий В.В., Ольховий Б.Ю., Опрощенко І.О., Куцман О.М., Баран С.А., Різніченко О.С. Оцінка довговічності асфальтобетонного покриття шляхом випробування асфальтобетону на стійкість до накопичення залишкових деформацій // Вісник Національного транспортного університету. 2016. Вип. 34, С.283-293.

28. Онищенко А. М. Теорія колієутворення в асфальтобетонному покритті на автодорожніх мостах // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 2016. Вип. 96. С. 163-191.

29. Онищенко А. М. Аналіз результатів колійності в литому асфальтобетоні «гусасфальт» // Будівельні матеріали та вироби. 2010. № 1(91). С.72-74.

30. Онищенко А. М. Методологія розрахунку колієутворення в асфальтобетонному покритті на автодорожніх мостах // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 2016. Вип. 97. С. 158-182.

31. Онищенко А. М. Практичні методи підвищення стійкості асфальтобетонного покриття до колії на транспортних спорудах // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 2017. Вип. 101. С. 145-187.

32. Онищенко А. М. Математична модель розрахунку колії в асфальтобетонному покритті автодорожніх мостів // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. 2017. Вип. 66. С. 166-182.

Опубліковані праці апробаційного характеру:

33. Онищенко А. М., Мозговой В. В., Піскунов В. Г., Прудкий О. В., Куцман О. М. Уточнена методика визначення модулів пружності дорожньо-будівельних матеріалів // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. 2009. Вип. 33. С. 137-142.

34. Онищенко А.М. Методика оцінки ефективності зчеплення гідроізоляційних матеріалів з асфальтобетонним покриттям на мостах / Мозговой В. В., Онищенко А.М., Жуков О. О., Лаптева Н. С. та ін. // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. 2009. Вип. 34. С. 67-73.

35. Онищенко А. М., Мозговой В. В., Невінгловський В. Ф., Різніченко О. С. Управління якістю по забезпеченню зсувостійкості та колієстійкості асфальтобетонного покриття на мостах // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. 2010. Вип. 38. С. 88-97.

36. Onishchenko A. M., Mozgoviy V. V., Nevinglovsky V. F., Investigation of Modified with a Polumer Latex Butonal NS 104 the Bitumen Preparation Parameters Influence on the Paving Bitumen Properties. *Chaina / Former Soviet Union Area Workshop on Pavement Technologies 2010* Xi'an China (14–16 october 2010). Chan' an University, China, 2010. P. 1-9.

37. Онищенко А. Н. Методика определения колеестойкости асфальтобетонных покрытий на бетонных и железобетонных основаниях в лаборатории. *Новые дороги России* : сб. трудов Международной конференции. Саратов, 2011. С. 91-97.

38. Онищенко А. М., Аксьонов С. Ю., Раделицька Н. В. Дослідження впливу полімерних матеріалів на підвищення колієстійкості асфальтобетону. *LXVIII Наук. конф. проф.-викл. складу, аспірантів, студ. та співр. відокремл. структ. підрозд. ун-ту* : тези доп. К. : НТУ, 2012. С.148.

39. Онищенко А. М. Існуючі способи підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття штучних споруд автомобільних доріг. *Современные компьютерно-инновационные технологии проектирования, строительства, эксплуатации автомобильных дорог и аэродромов*: мат. Межд. науч.-практ. конф. (01–04 ноября 2012, г. Харьков). Харьков, 2012. С. 193-198.

40. Онищенко А. М., Мозговий В. В., Різніченко О. С., Невінгловський В. Ф. Підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття на мостах за рахунок конструктивних матеріалознавчих та технологічних заходів // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. 2012. Вип. 45. С. 144-149.

41. Onishchenko A., Aksenov S., Garkusha M., Nevynhlovskyy V. Experimental metod of determination of rutting firmness of asphalt pavements on bridgers. *Transbaltica 2013 : The 8th International Conference*. (Vilnius, May 9-10, 2013). Vilnius, Lithuania, 2013. P. 148-152.

42. Онищенко А. М. Проблема колієутворення на асфальтобетонному покритті штучних споруд автомобільних доріг та шляхи її вирішення. *LXIX Наук. конф. проф.-викл. складу, аспірантів, студ. та співр. відокремл. структ. підрозд. ун-ту* : тези доп. К. : НТУ, 2013. С.26.

43. Онищенко А. М., Різніченко О. С., Невінгловський В. Ф. Методика визначення втрати міцності зчеплення гідроізоляційного матеріалу між асфальтобетоном і цементобетонною основою при зсуві після впливу водоморозних факторів // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. 2013. № 50. С. 103-106.

44. Онищенко А. М., Гаркуша М. В., Лапченко А. С. Методика розрахунку колієстійкості асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу з урахуванням укріплення основи // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 2015. Вип. 93. С. 67-78.

45. Онищенко А. М. Математична модель температурного впливу на асфальтобетонне покриття автодорожніх мостів від дії коліс транспортних засобів // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 2015. Вип. 94. С. 168-190.

46. Онищенко А. М., Гаркуша М. В., Різніченко О. С., Гаташ Я. С., Куртєв В. С. Аналіз результатів визначення функції релаксації асфальтобетонів // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 2016. Вип. 95. С. 47-61.

Свідоцтва та патенти:

47. Свідоцтво серія № 36218. Методика конструювання дорожнього одягу з покриттям підвищеної довговічності із щебенево-мастикового асфальтобетону / Мозговий В. В., Онищенко А. М., Баран С. А., Куцман О. М., Лаптева Н. С. Дата реєстрації 21.12.2010 р.

48. Свідоцтво серія № 41995 Науковий твір. Конструювання дорожнього одягу на мостах з асфальтобетонним покриттям підвищеної зсувостійкості / Онищенко А. М., Куцман О. М., Лаптева Н. С., Невінгловський В. Ф., Різніченко О. С., Гаркуша М. В. Дата реєстрації 30.01.2012 р.

49. Свідоцтво серія № 62286. Практичні рекомендації по підвищенню довговічності асфальтобетонного покриття на транспортних спорудах / Мозговий В. В., Онищенко А. М., Лаптева Н. С. Дата реєстрації 28.10.2015 р.

50. Патент України на корисну модель № 40965. Прес для виготовлення і контролю зразків асфальтобетону / Онищенко А. М., Жуков О. О., Мозговий В. В., Радовський Б. С. Дата реєстрації 27.04.2009 р.

51. Патент України на корисну модель № 47604. Асфальтобетонна суміш / Мозговий В. В., Онищенко А. М., Козлов П. В., Резник Ю. Л. Дата реєстрації 10.02.2010 р.

52. Патент України на корисну модель № 47616. В'язуче «Полігум» / Мозговий В. В., Онищенко А. М., Козлов П. В., Резник Ю. Л. Дата реєстрації 10.02.2010 р.

53. Патент України на корисну модель № 47625. Прилад для випробування зразків асфальтобетону НТУ-ЗЧ-1 / Мозговий В. В., Онищенко А.М., Козлов П. В., Резник Ю. Л., Куцман О.М. та ін. Дата реєстрації 10.02.2010 р.

54. Патент України на корисну модель UA 91290 «Стабілізуюча добавка для асфальтобетонної суміші» 25.06. 2014 р. (Онищенко А.М., Невінгловський В.Ф., Волинська І.М.).

55. Патент України на корисну модель № 91289. Спосіб отримання стабілізуючої добавки для асфальтобетонної суміші / Онищенко А. М., Невінгловський В. Ф., Волинська І. М. Дата реєстрації 25.06.2014 р.