

Спеціалізована вчена рада  
Д 26.059.02 у Національному  
транспортному університеті  
01010, м. Київ,  
вул. М. Омеляновича-Павленка, 1  
Вченому секретарю Усиченко О.Ю.

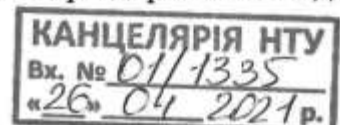
**ВІДГУК**  
**офіційного опонента д.т.н, проф. завідувача кафедри аеропортів**  
**Гамеляка Ігоря Павловича**  
на дисертаційну роботу **КОПИНЦЯ ІВАНА ВІКТОРОВИЧА**  
на тему: **«ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО**  
**ПОКРИТТЯ ШЛЯХОМ ЗМЕНШЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО СТАРІННЯ**  
**БІТУМІВ»**

подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
за спеціальністю 05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми  
(галузь знань 19 Архітектура та будівництво)

Дисертаційна робота викладена українською мовою на 134 сторінках основного тексту та складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 178 найменувань та містить три додатки. Текст ілюструється 49 рисунками містить 37 таблиць.

**Актуальність теми дослідження.** Асфальтобетон є матеріалом для будівництва та ремонту нежорстких дорожніх одягів, що найбільш широко застосовується як в Україні, так і за кордоном. Під дією кліматичних факторів і навантажень від транспортних засобів асфальтобетонне покриття руйнується. При цьому виникнення дефектів у вигляді тріщин, вибоїн, лущення, викришування шарів нежорстких дорожніх одягів неминуче пов'язане зі старінням органічного в'язучого в їх складі. Фізичні, хімічні і структурні перетворення в процесі старіння призводять до зниження строку служби асфальтобетонного покриття нижче того періоду, який вказано в нормативних документах для даного типу суміші та категорії дороги.

Істотним недоліком асфальтобетонних сумішей та асфальтобетонів є схильність їх до старіння - необоротної зміни складу, структури і властивостей. Старіння починається в процесі виробництва бітумів та приготування асфальтобетонної суміші і триває при термостатуванні в термосбункерах, транспортуванні до місця укладання суміші в конструктивні шари дорожнього одягу



і в умовах експлуатації. Незворотні зміни властивостей асфальтобетонних сумішей та асфальтобетонів в процесі старіння обумовлені як зовнішніми чинниками (кисень повітря, техногенні забруднення (оксиди сірки, азоту тощо), температура, ультрафіолетове і радіаційне випромінювання, вода), так і внутрішніми факторами (структурно-реологічний тип і консистенція бітуму, хіміко-мінералогічний склад мінеральних компонентів асфальтобетону, тип гранулометрії, ступінь ущільнення асфальтобетону, структура і текстура бетону). Це призводить до того, що нормативні експлуатаційні характеристики асфальтобетонних покриттів після 6-8 років експлуатації не забезпечуються та відбувається інтенсивне руйнування покриттів дорожнього одягу.

Процеси старіння бетонних сумішей і бетонів на органічних в'язучих або на конкретному технологічному етапі, або в процесі експлуатації, досліджені в роботах вчених Базжина Л.І., Бахраха Г.С., Братчуна В.І., Бутової В.В., Гохмана Л.М., Гельфанд С.І., Гуляка Д.В., Давидової А.Р., Золотарьова В.А., Іліополова С.К., Калгіна Ю.І., Ковалю А.А., Колбановської А.С., Лисихіної А.І., Михайлова В.В., Почапського Н.Ф., Рибєва І.А., Радовського Б.С., Руденської І.М., Печеного Б.Г., Мозгового В.В., Жданюка В.К., Углової Е.В., Шестеркіна В.Д. та ін.

Зміна хімічного складу бітуму в бік збільшення вмісту асфальтенов відзначено у великій кількості зарубіжних наукових робіт, а саме в роботах D. Lesueur, P. Morgan, F.Farcas, J. C.Petersen, M.N. Siddiqui і M.F. Ali, Y.Qi і F.Wang, F.A. Reyes з співавторами і багато інших.

Дисертаційна робота присвячена дослідженню старіння бітумів під час виробництва асфальтобетонних сумішей, вибору оптимального методу визначення технологічного старіння, а також розробленню заходів з підвищення стійкості бітумів до технологічного старіння для асфальтобетонів з підвищеною довговічністю. Для досягнення поставлених завдань запропоновано визначати стійкість бітумів до технологічного старіння за методом RTFOT, який більш точно моделює зміну властивостей бітуму під час виробництва асфальтобетонних сумішей.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Основні дослідження теоретичного та прикладного характеру виконані згідно з тематикою науково-дослідних робіт Державного агентства автомобільних доріг України, що виконувались Державним підприємством «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М. П. Шульгіна»: «Провести дослідження та розробити пакет нормативних документів з підвищення стійкості бітумів та асфальтобетонів до дії технологічних температур», № РК 0114U006231; «Провести дослідження та розробити національний стандарт на штучне старіння бітумів з ідентичним ступенем відповідності до EN 12607-1», № РК 0114U006234.

**Мета і задачі** дослідження обґрунтовані і впливають з критичного аналізу попередніх досліджень за темою дисертації. **Метою** дисертаційної роботи є встановлення закономірностей зміни властивостей бітуму під час технологічного старіння та розроблення заходів з підвищення довговічності асфальтобетонного покриття.. Відповідно до мети, автором дисертаційної роботи сформульовано основні задачі дослідження. Дисертаційна робота, висновки та публікації автора свідчать, що всі задачі, що визначені у дисертаційному дослідженні, вирішені.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій**, отриманих в роботі результатів: підтверджується погодженістю теоретичних передбачень та експериментальних результатів; достатнім обсягом експериментальних даних, що отримані з використанням сучасного лабораторного обладнання; коректним застосуванням методів математичної статистики, використанням стандартних (глибина проникності голки, температура розм'якшеності, розтяжність, температура крихкості, залишкова пенетрація, зміна температури розм'якшеності, зміна маси) та реологічних (динамічна в'язкість, індекс старіння, когезія) показників якості бітумів для характеристики зміни їх властивостей при технологічному старінні, а також не стандартних методів оцінювання властивостей асфальтобетонів та моделювання методом W. Witchak. Моделі та методи оцінювання характеристик бітуму та модуля пружності, що удосконалено у дисертаційній роботі, є фізично несуперечливими та узгоджуються з результатами, приведеними в науковій літературі. Виконана апробація результатів роботи під час виробничого впровадження.

Таким чином, основні наукові положення, висновки та рекомендації, що розроблені в дисертації є обґрунтованими та достовірними.

#### **Наукова новизна отриманих результатів:**

- вперше встановлено закономірності зміни властивостей бітумів різних технологічних типів під впливом температури методом тонкої нерухомої плівки та методом тонкої оновлювальної плівки;

- одержав подальшого розвитку метод визначення температур початку та закінчення ущільнення асфальтобетонних сумішей на основі зміни в'язкості бітумів під час прогрівання за методом тонкої оновлювальної плівки за еквів'язкої температури.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає у впровадженні методу лабораторного технологічного старіння бітумів, що моделює зміну властивостей бітумів під час змішування їх з мінеральним матеріалом; встановлено

оптимальні технологічні температури виробництва та ущільнення асфальтобетонних сумішей відповідно до марки бітуму.

Розроблено технологічні способи підвищення довговічності асфальтобетонного покриття за рахунок регулювання властивостей бітумів

Апробація основних теоретичних і практичних результатів дисертації на підприємствах та в організаціях підтверджується відповідними актами про впровадження.

### **Повнота реалізації результатів дисертаційного дослідження.**

Матеріали досліджень було впроваджено в Державному агентстві автомобільних доріг України під час розроблення Р В.2.7-03450778-868:2016 «Рекомендації з підвищення стійкості бітумів до дії технологічних температур», СОУ 45.2-00018112-067:2011 «Будівельні матеріали. Бітуми дорожні в'язкі, модифіковані добавками адгезійними. Технічні умови. Зміна № 1» та національних стандартів України: ДСТУ Б EN 12607-1:2015 «Бітум та бітумні в'язучі. Визначення опору до твердіння під впливом теплоти та повітря. Частина 1. Метод RTFOT (EN 12607-1:2014, IDT)», ДСТУ Б В.2.7-135:2014 «Бітуми дорожні, модифіковані полімерами. Технічні умови», ДСТУ Б В.2.7-313:2016 «Бітуми дорожні, модифіковані комплексами добавок. Технічні умови». Також результати досліджень було впроваджено підрядними організаціями під час будівництва та ремонтів автомобільних доріг.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення і результати дисертаційної роботи були представлені та обговорювалися на національних та міжнародних конференціях і семінарах та наукових конференціях професорсько-викладацького складу Харківського національного автомобільно - дорожнього університету.

**Повнота викладу основних результатів дисертації в опублікованих працях.** За темою дисертаційного дослідження опубліковано 18 наукових праць, у тому числі: 6 у періодичних фахових виданнях, що входять до переліку МОН України (1 стаття у виданні, яке включене до наукометричної бази Scopus); 10 у збірниках праць за матеріалами наукових конференцій; 2 праці додатково відображають наукові результати дисертації.

Вважаю, що за обсягом публікацій у наукових фахових виданнях України, виданнях іноземних держав, за повнотою відображення матеріалів дисертації у наукових працях, дисертація відповідає вимогам МОН України, що висуваються до опублікування результатів наукових досліджень на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

**Оцінка змісту дисертації в цілому.** Аналіз змісту дисертації та автореферату дозволяє оцінити її як закінчене самостійне наукове дослідження, що містить достовірні обґрунтовані наукові та практичні результати. Викладення основного матеріалу дисертації, наукових положень, результатів та висновків логічне та аргументоване. Використання матеріалів інших авторів здійснюється з посиланням на наукові праці. Мова, стиль та структура дисертації відповідають загальноприйнятому в наукових роботах.

Зміст та обсяг вступної частини дисертації та автореферату ідентичні.

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, сформульовані мета і завдання дослідження, викладена наукова новизна і розкрито практичне значення отриманих результатів.

У **першому** розділі виконаний аналіз наукових публікацій і робіт, присвячених вивченню старіння бітумів на всіх етапах життєвого циклу. Розглянуто різні методи моделювання технологічного старіння бітумів та критерії оцінки старіння бітумів.

Встановлено, що під час всього життєвого циклу бітум піддається впливу високих технологічних температур, кисню, тепла, ультрафіолетового опромінювання, води, несприятливих погодно-кліматичних чинників та впливу коліс транспортних засобів, що призводить до зворотних та незворотних змін його властивостей (старіння). Зворотні зміни пов'язані з перебудовою надмолекулярної структури бітуму, а незворотні зміни супроводжуються протіканням внутрішніх фізико-хімічних процесів, змінюється хімічний склад, властивості бітуму змінюються, що з часом призводить до руйнування матеріалу і асфальтобетонного покриття в цілому.

Показано, що саме короткострокове старіння бітуму під час виробництва асфальтобетонної суміші є визначальним, оскільки під час цього процесу відбувається найбільша зміна властивостей бітуму в тонких плівках за рахунок високої температури та великої площі його окиснення.

У **другому** розділі сформульовані теоретичні положення прогнозування зміни властивостей бітумів під час технологічного старіння та підвищення довговічності асфальтобетонного покриття за рахунок використання стійких до старіння бітумів..

На основі аналізу взаємозв'язку між температурами розм'якшеності та крихкості і груповим хімічним складом для різних бітумів і особливо різницею між цими температурами до та після старіння, зроблено висновок, що найбільш прийнятним для оцінювання старіння є зміна групового хімічного складу.

Показано, що на сьогодні при визначенні стійкості бітумів до технологічного старіння оцінюють тільки його зміну за помірних та високих експлуатаційних

температур, при цьому зовсім не приділяється увага зміні його низькотемпературних показників. Надано програму досліджень.

Вважається, що зміна міцності асфальтобетону в часі має залежність з чітко вираженим максимумом, після якого настає руйнування асфальтобетонного покриття. Критичними властивостями бітуму за яких настає руйнування покриття прийнято:  $P_{25} < 20 \times 0,1$  мм,  $D_{25} < 10$  см,  $T_p > 65$  °С.

Проблема підвищення стійкості бітумів під час їх застосування зводиться до зменшення окиснювальних процесів, що відбуваються за дії високої температури та кисню повітря.

Гіпотеза дослідження: підвищення довговічності асфальтобетонного покриття може бути досягнуто за рахунок його скерованої модифікації добавками на основі катіонних поверхнево-активних речовин та полімерними добавками типу СБС, які є більш стійкими до старіння.

У **третьому** розділі наведено характеристику об'єктів і методів дослідження, характеристику вихідних матеріалів (бітумів, мінеральних матеріалів, модифікуючих добавок), склад досліджуваного асфальтобетону, використовувані методи дослідження бітумів та асфальтобетонів, а також результати досліджень та їх аналіз.

Для підтвердження теоретичних положень і виконання програми експериментальних досліджень, було прийнято: окиснені бітуми марки БНД 40/60, БНД 60/90 та БНД 90/130 виробництва ВАТ «Мозирський НПЗ» (Білорусь), марки БНД 60/90 та БНД 90/130 виробництва ПАТ «Укртатнафта» (Україна) та залишковий бітум марки 50/70, 70/100 та 100/150 виробництва фірми Nynas (Швеція). В якості інгібіторів старіння використано адгезійну ПАР катіонного типу Wetfix VE та термоеластопласт типу блоккополімеру СБС лінійної структури Kraton D 1101.

Крім стандартних методів, при виконанні досліджень, використано ряд спеціальних методів, зокрема: метод технологічного старіння переливанням тонкої плівки бітуму в термокамері, метод визначення динамічної в'язкості бітуму за різних температур з використанням реометра Brookfield, метод RILEM для оцінювання технологічного та експлуатаційного старіння асфальтобетонних сумішей, метод W. Witchak для встановлення модулів пружності асфальтобетонів за різних температур та частот з урахуванням технологічного старіння бітумів, а також метод визначення довговічності асфальтобетонного покриття з використання приладу для випробування на чотирьох точкове згинання.

Виконано порівняльний аналіз зміни властивостей окиснених та залишкових бітумів під час технологічного старіння. Технологічне старіння виконували за методом переливання тонкої плівки бітуму в термокамері (RTFOT) та методом витримування тонкої плівки бітуму в термокамері (ГОСТ 18180).

Встановлено, що використовуваний впродовж багатьох десятих років метод оцінки старіння бітумів в тонкому шарі не відповідає умовам в яких він знаходиться під час технологічної підготовки в плавильних котлах та під час змішування з мінеральними матеріалами. Метод оцінки старіння бітуму в тонкій плівці, яка постійно оновлюється, при одночасній продувці повітрям є більш об'єктивний і точний, ніж метод старіння в тонкому нерухомому шарі. Встановлено залежність динамічної в'язкості бітумів за температури 60 °С від їх penetрації за температури 25 °С. Встановлено, що температура розм'якшеності бітумів не є еквіпенетраційною.

Досліджено вплив модифікуючих добавок (адгезійних та полімерних) на стійкість бітумів до технологічного старіння. Встановлено, що модифікуючі добавки підвищують стійкість бітумів до технологічного старіння, при цьому чим більшим є вміст добавок, тим більш стійкими до старіння є модифіковані бітуми. Виконано перевірку отриманих результатів шляхом випробування зістарених асфальтобетонних сумішей.

**Четвертий розділ** дисертаційної роботи присвячений практичному впровадженню результатів досліджень. В цьому розділі обґрунтовано необхідність підвищення стійкості бітумів до технологічного старіння з метою підвищення довговічності асфальтобетонного покриття, надано модель вибору бітумів для виробництва асфальтобетонних сумішей з урахуванням їх стійкості до дії технологічних температур, запропоновано способи підвищення стійкості бітумів до технологічного старіння, в тому числі з використанням модифікуючих добавок, а також встановлено організаційні заходи щодо запобігання старінню бітумів під дією технологічних температур.

Одним з результатів наукових досліджень, представлених у цьому розділі, є удосконалений метод визначення технологічних температур виробництва та ущільнення асфальтобетонних сумішей. Відповідно до нього, для визначення температури перемішування бітуму з мінеральним матеріалом необхідно використовувати результати визначення в'язкості бітуму до старіння, так як даний технологічний процес має місце перед контактом тонкої плівки в'язучого з поверхнею гарячого мінерального матеріалу (до впливу технологічних температур), а для визначення температури початку і закінчення ущільнення асфальтобетонної суміші необхідно використовувати значення в'язкості бітуму після старіння.

У **додатках** представлено матеріали апробації дисертаційної роботи. Вони включені в державних стандартах (ДСТУ), а також в Рекомендаціях. Розроблені методи використано в науково-дослідних роботах з підтвердження ефективності нових модифікуючих добавок та перегляду національних та галузевих стандартів.

Оцінюючи основний зміст дисертаційного дослідження, слід зазначити, що: структура дисертації логічна та відповідає основним етапам дослідження; мова та

стиль дисертації відповідають загальноприйнятому в наукових роботах; формулювання мети, предмета та об'єкту дослідження, наукової новизни, висновків та основних наукових положень дисертації виконані коректно; автор дотримується принципів наукової етики, використовуючи посилання на джерела інформації.

**Автореферат** ідентично відображає основний зміст і основні положення дисертаційної роботи, оформлений відповідно до вимог п. 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р. (у редакції від 06.09.2016 р.).

### **Зауваження щодо змісту та суті дисертаційної роботи**

1. У першому розділі та авторефераті доцільно було надати перелік науковців, які працювали в напрямку забезпечення довговічності асфальтобетонних покриттів, зокрема Радовський Б.С., Золотарьов В.О., Салль А.О., Руденський А.В., Pell P.S., К. Монісміт, Christensen D.W., Vonaquist R. Petersen J.A. тощо.

2. Третій пункт у науковій новизні отриманих результатів “розроблено технологічні способи підвищення довговічності асфальтобетонного покриття за рахунок регулювання властивостей бітумів” більше відноситься до практичного значення отриманих результатів.

3. У роботі доцільно було б більше уваги звернути на вплив мінерального порошку в комбінації з різними типами модифікаторів на старіння бітуму та довговічність асфальтобетонного покриття при експлуатації.

4. В тексті дисертації та на с. 8 автореферату вказано, що “температура ( $T_{0,5}$ ) повинна становити не більше ніж 0,5 Па·с (0,17 Па·с – в США)”. Очевидно мова йде про динамічну в'язкість при еквів'язкій температурі.

5. Для практичного використання було б добре отримати залежності робочих та технологічних температур від показників якості бітуму. Наприклад, для НМА в Великобританії використовуються залежності: для температури перемішування  $T_{зм} = T_{розм} + 110 \pm 3 \text{ } ^\circ\text{C}$ ; для температури початку ущільнення  $T_{ущ} = T_{розм} + 92 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ , де  $T_{розм}$  - температура розм'якшення бітуму.

6. Рисунок 2.2 (с. 64) для експлуатаційного старіння потребує експериментального підтвердження. Так дані роботи (Гамеляк І.П., Борисенко А.А., Журавський Д.Л. Зміна показників фізико-механічних властивостей асфальтобетону в процесі експлуатації Автошляховик України, Київ, 2004. - № 6, – С. 37 – 38), вказують, що при випробуванні зразків, відібраних з покриття через 8, 15, 16 20 та 28 років після влаштування, вказують що з терміном експлуатації постійно зростають середня щільність, міцність на стиск та розтяг при згині і модуль



пружності асфальтобетону, а його водонасичення зменшується. В той же час показник витривалості асфальтобетону з часом зменшується, що свідчить про вичерпування ресурсу довговічності матеріалу в покритті.

7. У розділі 3 (п. 3.2.9) при аналізі модуля пружності асфальтобетону доцільно було б розглянути теоретичну залежність Б.С. Радовського, яка зв'язує динамічну в'язкість з температурою розм'якшення та penetрацією бітуму.

8. Крім впливу старіння бітуму на модуль пружності асфальтобетону слід було б розглянути зміну інших параметрів, необхідних для проектування нежорсткого дорожнього одягу, а саме: міцності на розтяг при згині  $R_{32}$ , коефіцієнта Пуассона  $\mu$  та показника втоми  $m$ .

9 У тексті роботи та авторефераті зустрічаються незначні граматичні та стилістичні помилки та неточності. Наприклад, "гальмування" технологічного старіння, доцільно замінити на "сповільнення".

Відзначені зауваження стосуються, переважно, напрямків подальших досліджень та характеру подачі матеріалу дисертаційної роботи, не є визначальними й тому не знижують загальну позитивну оцінку роботи.

### **Заключний висновок**

Аналіз дисертації, автореферату та опублікованих праць Копинця Івана Вікторовича дозволяє зробити висновок:

1. Тема дисертаційного дослідження, основні теоретичні та експериментальні положення, що виносяться до захисту дозволяють зробити висновок про відповідність дисертаційної роботи Копинця І.В. паспорту спеціальності 05.22.11 – «автомобільні шляхи та аеродроми», зокрема, пунктам 8 - Конструювання, розрахунок дорожніх і аеродромних покриттів (наведені розрахункові характеристики асфальтобетонів з різним ступенем старіння) та 9 - Технологія будівництва, ремонту, утримання лісових доріг, автомобільних шляхів та аеродромів (уточнено температуру приготування асфальтобетонних сумішей, їх перевезення, укладання та ущільнення з урахуванням фактору старіння та визначено зміну модуля пружності в процесі експлуатації для можливості розрахунку посилення дорожніх одягів з асфальтобетонними шарами з різним строком служби).

2. Дисертаційна робота Копинця І.В. є завершеною науковою працею, виконаною автором самостійно, містить нові науково-обґрунтовані результати, що у сукупності вирішують важливе науково-практичне завдання забезпечення довговічності асфальтобетонних покриттів за рахунок удосконалення методів підвищення стійкості бітумів до технологічного старіння.

3. Дисертаційна робота виконана на достатньому науково-технічному рівні, містить значущі для науки та практики результати, які можуть бути використані підприємствами, що належать до сфери управління Державного агентства

автомобільних доріг України (Укравтодор) та комунального підпорядкування, при проектуванні, будівництві, реконструкції та експлуатаційному утриманні нежорсткого дорожнього одягу автомобільних доріг.

4. Основні результати дисертації з достатньою повнотою викладені в опублікованих наукових працях автора, пройшли апробацію та практичну перевірку.

5. Дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року (зі змінами і доповненнями) щодо кандидатських дисертацій.

6. Автореферат відображує основний зміст дисертації. Зміст автореферату та основних положень дисертації ідентичні. Оформлення автореферату відповідає вимогам п. 13 «Порядку присудження наукових ступенів».

7. Вважаю, що дисертаційна робота Копинця Івана Вікторовича на тему: «Підвищення довговічності асфальтобетонного покриття шляхом зменшення технологічного старіння бітумів», відповідає усім вимогам МОН України щодо кандидатських дисертацій, а здобувач Копинець Іван Вікторович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.11 – «автомобільні шляхи та аеродроми».

Офіційний рецензент:  
завідувач кафедри аеропортів  
Національного транспортного  
університету,  
доктор технічних наук, професор



І.П. Гамеляк

