

ВІДГУК

Батракової Анжеліки Геннадіївни

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора, професора кафедри проектування доріг, геодезії землеустрою, першого проректора Харківського національного автомобільно-дорожнього університету на дисертаційну роботу

Зеленовського Володимира Анатолійовича на тему «Метод оцінки довговічності асфальтобетонного дорожнього покриття на транспортних спорудах», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії у галузі

19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю

192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Актуальність теми дисертаційної роботи

Забезпечення довговічності дорожнього покриття на транспортних спорудах є одним із ключових завдань сучасного дорожнього господарства України. Зростання інтенсивності руху, збільшення частки великовагових транспортних засобів, вплив кліматичних умов та агресивних факторів довкілля спричиняють суттєве зниження строків експлуатування транспортних споруд. Проблема передчасного руйнування асфальтобетонних покриттів на мостах і шляхопроводах безпосередньо впливає на безпеку руху, фінансові витрати на експлуатаційне утримування об'єктів та ефективність роботи транспортної мережі.

Дисертаційна робота Зеленовського В.А. присвячена вирішенню важливої науково-практичної проблеми — підвищенню довговічності дорожніх покриттів на транспортних спорудах шляхом розроблення науково обгрунтованого методу оцінки експлуатаційного ресурсу із використанням епоксидного асфальтобетону (ЕАБ). Вибір напряму дослідження у частині удосконалення методу оцінювання довговічності ЕАБ дорожнього покриття на транспортних спорудах із залізобетонною плитою проїзної частини, ураховуючи спільний вплив температурної усадки матеріалу, зміни температури та дії пневматичних коліс транспортних засобів є актуальним, оскільки сучасна практика проектування та будівництва транспортних споруд потребує впровадження сучасних матеріалів і технологій, що забезпечують підвищену довговічність покриття, стійкість до деформацій і впливів навколишнього середовища.

Тема дисертаційної роботи, її мета та основні наукові завдання, що вирішені у дисертаційному дослідженні, а також напрями практичної реалізації є актуальними та своєчасними. Результати дослідження вдосконалюють методи прогнозування довговічності дорожніх покриттів, що дозволяє забезпечити наукове обгрунтування рішень під час проектуванні транспортних споруд за складних експлуатаційних умов.



Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційне дослідження виконане з урахуванням планів науково-дослідних робіт Національного транспортного університету, Державного агентства відновлення та розвитку інфраструктури України з проблем забезпечення довговічності та надійності покриття на автодорожніх мостах і безпосередньо пов'язане з темою «Провести дослідження та розробити енерго- та ресурсозберігаючі технології улаштування довговічних дорожніх покриттів з використанням термореактивних модифікаторів асфальтобетону з епоксидною складовою» (номер державної реєстрації 0116U007452). Результати дослідження використано при розробленні нормативно-технічного документа Р В.2.7-37641918-893:2018 «Рекомендації з приготування та застосування епоксидно-асфальтобетонних сумішей», а також у технологічних регламентах для асфальтобетонних заводів.

Таким чином, дисертаційна робота має безпосередній зв'язок із прикладними науково-технічними завданнями дорожньої галузі України та відповідає стратегічним пріоритетам державної політики у сфері будівництва та відновлення транспортної інфраструктури.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Дослідження, виконані в дисертаційній роботі, є послідовними, логічними, науково обґрунтованими та комплексно охоплюють усі етапи — від аналізу сучасного стану проблеми до експериментальної перевірки запропонованого методу оцінки довговічності дорожнього покриття. Усі отримані автором результати не суперечать раніше відомим науковим даним, а навпаки — поглиблюють і розвивають сучасні уявлення про закономірності зміни властивостей асфальтобетонних покриттів у часі під впливом транспортних навантажень та кліматичних змін.

Ступінь обґрунтованості підтверджується:

- достатнім обсягом проведених теоретичних, експериментальних та аналітичних досліджень;
- коректним застосуванням положень теорії в'язкопружності, теорії міцності твердих тіл, принципів накопичення пошкоджень під час розробленні критерію граничного стану дорожнього покриття з епоксидного асфальтобетону;
- обґрунтованим застосуванням математичного апарату механіки деформованого твердого тіла для визначення напружено-деформованого стану в багатошаровій системі на транспортних спорудах;
- узгодженістю результатів теоретичних досліджень і числового моделювання із загальновизнаними закономірностями деградації дорожніх матеріалів та результатами експериментальних вимірювань;

- застосуванням стандартизованих методик випробувань, сучасного вимірювального обладнання;

- достатнім обсягом статистично значимих даних, що забезпечує достовірність отриманих результатів.

Математичні моделі та аналітичні перетворення, виконані в дисертаційному дослідженні, є коректними, відповідають фізичній суті процесів і підтверджені результатами лабораторних випробувань. Отримані у роботі залежності мають практичну інтерпретацію, а їх використання дає змогу прогнозувати довговічність покриття з досить високим ступенем точності.

На користь достовірності отриманих результатів свідчить задовільний рівень збігу між результатами теоретичних розрахунків, чисельного моделювання та експериментальних досліджень, що свідчить про адекватність обраних методів і правильність зроблених висновків.

Обґрунтованість і достовірність положень, висновків і практичних рекомендацій також зумовлена логічною структурою дисертації, системністю викладу матеріалу, комплексним підходом до аналізу та узагальнення результатів. Дисертація характеризується високим рівнем методичної культури проведення досліджень, послідовністю викладу матеріалів і чітким взаємозв'язком між метою, завданнями, методами та отриманими висновками.

Висновки дисертаційної роботи є повними, аргументованими та повністю відповідають поставленим завданням, а практичні рекомендації щодо застосування результатів дослідження в проєктуванні й будівництві дорожніх покриттів на транспортних спорудах достатньо обґрунтовані теоретично та підтверджені експериментально.

Методичний і науковий рівень виконання та оформлення дисертаційної роботи повністю відповідає сучасним вимогам до робіт на здобуття ступеня доктора філософії. Назва дисертації адекватно відображає її зміст і основну наукову ідею.

Основні положення, які визначають наукову новизну дисертації

У дисертаційній роботі отримано теоретичні та експериментальні результати, які характеризуються науковою новизною та свідчать про особистий внесок автора у розвиток теорії та практики забезпечення довговічності та надійності дорожнього покриття на залізобетонній плиті проїзної частини транспортних споруд. Наукова новизна дисертації полягає у розробленні комплексу нових теоретичних, експериментальних і прикладних положень, а саме:

- вперше розроблено розрахункову схему, встановлено аналітичні залежності і критерій граничного стану для оцінювання довговічності ЕАБ дорожнього покриття на транспортних спорудах із залізобетонною плитою проїзної частини за тріщиностійкістю, колієстійкістю, що враховує комплексний

вплив температурної усадки матеріалу, зміни температури та дії пневматичних коліс транспортних засобів;

- вперше отримано математичні моделі залежності фізико-механічних характеристик ЕАБ дорожнього покриття на транспортних спорудах від вмісту епоксидних складових, тривалості і температури затвердіння на основі теоретико-експериментальних досліджень, що дозволяє встановити їхні оптимальні параметри при проєктуванні;

- удосконалено метод оцінювання довговічності дорожнього покриття на транспортних спорудах, за рахунок використання ЕАБ, з урахуванням спільного температурної усадки матеріалу, зміни температури та дії пневматичних коліс транспортних засобів, що дозволяє проєктувати ЕАБ дорожнє покриття з підвищеною тріщиностійкістю та колієстійкістю із визначеним строком експлуатування;

- отримано подальший розвиток методів експериментальних досліджень ЕАБ, зокрема визначення термо-реологічних характеристик та фізико-механічних властивостей, оцінки залишкових деформацій у вигляді колій, а також натурних досліджень процесів утворення дефектів у дорожньому покритті транспортних споруд під експлуатаційним навантагом.

Практичне значення отриманих результатів

Практичне значення дисертаційної роботи полягає у розробленні інженерно обґрунтованого методу оцінки довговічності дорожнього покриття на транспортних спорудах, який може бути використаний науковими, проєктними, підрядними та експлуатаційними організаціями.

Результати впроваджено у нормативно-технічну базу дорожнього господарства, у технологічні регламенти виробництва асфальтобетонних сумішей, а також у практику проєктування та будівництва покриттів на транспортних спорудах. Техніко-економічні розрахунки довели, що застосування епоксидного асфальтобетону дозволяє знизити експлуатаційні витрати більш ніж на 20 % та подовжити строк експлуатування покриття без капітального ремонту.

Окрім того, результати дослідження використовуються в навчальному процесі Національного транспортного університету під час викладання освітніх компонент з підготовки бакалаврів і магістрів спеціальності 192 (G19) «Будівництво та цивільна інженерія».

Повнота викладу наукових положень та отриманих результатів в опублікованих працях

Основні результати дисертації опубліковано у понад двадцяти наукових працях, серед яких статті у фахових виданнях, збірниках конференцій, а також у нормативно-технічних документах. Результати апробовано на всеукраїнських та міжнародних науково-практичних конференціях. Кількість і рівень публікацій

відповідають вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Оцінка змісту дисертації в цілому

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 156 найменувань та семи додатків. Загальний обсяг дисертації становить 263 сторінки. Основний текст викладений на 243 сторінках. Текст ілюструється 45 рисунками та містить 23 таблиці.

У *вступі* автором обґрунтовано актуальність теми, визначено стан проблеми в Україні та світі, виявлено суперечності, що потребують вирішення, сформульовано мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження. Вступ логічно пов'язує загальнонаукову проблему з конкретними практичними завданнями, які вирішуються у дисертації. Автором визначено наукову новизну, практичне значення одержаних результатів, методи досліджень і основні положення, що виносяться на захист. Оформлення вступу відповідає вимогам стандартів до дисертаційних робіт, а його зміст забезпечує чітке розуміння концепції дослідження.

У *першому розділі* здійснено всебічний аналітичний огляд літературних джерел з питань забезпечення довговічності дорожніх покриттів на транспортних спорудах, розглянуто теоретичні моделі та методи оцінювання експлуатаційної надійності асфальтобетонних покриттів. Автором проаналізовано досвід використання полімермодифікованих матеріалів, зокрема епоксидного асфальтобетону, у світовій практиці дорожнього будівництва. Визначено науково-технічні проблеми, пов'язані з недосконалістю існуючих методів прогнозування довговічності покриттів мостів і шляхопроводів, особливо у складних кліматичних умовах України. У результаті аналізу сформульовано наукову гіпотезу дослідження, обґрунтовано вибір напрямку теоретичних і експериментальних досліджень. Розділ відзначається високою інформативністю, системністю та логічною структурою.

Другий розділ присвячено теоретичному обґрунтуванню методу оцінки довговічності дорожнього покриття. Автор детально розглянув фізико-механічні процеси, що відбуваються в асфальтобетонних шарах під дією транспортних і кліматичних навантажень, проаналізував напружено-деформований стан системи – покриття-основа. На основі положень теорії в'язкопружності та реології розроблено математичну модель визначення граничного стану дорожнього покриття з урахуванням ефекту накопичення пошкоджень. У розділі представлено рівняння для оцінки параметрів довговічності та залежності між структурно-механічними характеристиками епоксидного асфальтобетону і його експлуатаційними властивостями. Автором здійснено вдаль поєднання класичних підходів із сучасними методами моделювання з використанням програмних

комплексів. Теоретичні положення викладено чітко, математичний апарат застосований коректно, а результати мають практичну інтерпретацію.

У *третьому розділі* викладено результати експериментальних досліджень фізико-механічних, структурних та реологічних властивостей епоксидного асфальтобетону. Автором розроблено експериментальну методику дослідження, обґрунтовано необхідне обладнання та умови випробувань відповідно до чинних стандартів. Досліджено вплив складу сумішей, вмісту епоксидного компонента, температури та швидкості навантаження на деформаційні характеристики матеріалу. Особливу увагу приділено визначенню параметрів, що визначають довговічність покриття. За результатами проведених експериментальних досліджень отримано аналітичні залежності, що підтверджують висунуті у теоретичній частині дисертації гіпотези та положення. Здійснено порівняння з традиційними асфальтобетонами, доведено перевагу епоксидних систем за показниками тріщиностійкості та колієстійкості. Розділ має завершений вигляд, характеризується високим рівнем експериментальної культури та достовірністю результатів.

Четвертий розділ має прикладне спрямування і містить методичні основи розрахунку довговічності дорожнього покриття на транспортних спорудах із використанням епоксидного асфальтобетону. На основі узагальнення результатів попередніх розділів розроблено алгоритм інженерного розрахунку довговічності покриття з урахуванням дії транспортного навантаження, температурних градієнтів і характеристик матеріалу. Автором запропоновано методику вибору оптимальної товщини шарів покриття, критерії оцінки граничного стану та рекомендації щодо проектування і влаштування довговічних епоксидних асфальтобетонних покриттів на транспортних спорудах. У розділі наведено результати техніко-економічного аналізу, які підтверджують економічну доцільність впровадження запропонованої технології. Розділ демонструє здатність автора поєднувати теоретичні дослідження з практичними рішеннями, що свідчить про високий професійний рівень автора.

У *загальних висновках* узагальнено підсумки виконаних досліджень, сформульовано основні наукові результати та практичні рекомендації. Висновки відповідають структурі дослідження, містять основні його результати та відображають реалізацію мети і завдань дослідження. Висновки демонструють системність і глибину проведеного аналізу, підкреслюють наукову новизну отриманих результатів та їхнє значення для практики дорожнього будівництва.

У цілому структура дисертації є логічною. Кожний розділ містить обґрунтовані висновки, які логічно переходять у наступний етап дослідження, що забезпечує цілісність і завершеність роботи.

Відповідність дисертації встановленим вимогам

Аналіз змісту дисертаційної роботи Зеленовського В.А. дає підстави оцінювати її як завершене, самостійне, наукове дослідження, що містить достовірні результати теоретичного та експериментального характеру, спрямовані на вирішення актуальної науково-прикладної проблеми підвищення довговічності асфальтобетонних дорожніх покриттів на транспортних спорудах.

Викладення основного матеріалу дисертації, наукових положень, практичних результатів та висновків логічне та аргументоване.. Дисертація характеризується цілісністю, внутрішньою структурною узгодженістю й логічним переходом від постановки проблеми до практичних рішень. Використання матеріалів інших авторів здійснюється з посиланням на відповідні наукові джерела, що свідчить про дотримання принципів академічної доброчесності. Мова та структура дисертації відповідають загальноприйнятому в наукових роботах.

Дисертація відповідає вимогам до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора філософії, що встановлені Міністерством освіти і науки України.

Відзначаючи змістовність, системність та ґрунтовність дослідження, а також позитивно оцінюючи виконану дисертаційну роботу, доцільно звернути увагу на окремі зауваження, що мають дискусійний або рекомендаційний характер і можуть бути враховані автором у подальших дослідженнях:

1. У дисертації бажано було навести терміни і скорочення, що застосовуються, що полегшило б сприйняття матеріалу дослідження. Наприклад, таке поняття як «незбалансовані транспортні потоки» (стор. 22)

2. У другому розділі, при наведенні математичних моделей, доцільно більш детально пояснити фізичний сенс окремих коефіцієнтів і параметрів, що входять до рівнянь оцінки граничного стану.

3. п. 3.6 обґрунтовує доцільність впровадження нових матеріалів, зокрема ЕАБ, та проведення відповідних досліджень, тому цей матеріал більш логічно було розмістити у першому розділі дисертації.

4. Бажано пояснити, чому для транспортних споруд рекомендується орієнтуватись на вимоги до ЕЦМА для кліматичного району А-3 та за якими кліматичними показниками умови роботи ЕЦМА є жорсткішими для району А-3?. Тоді як ДСТУ 9292-5 унормовує вимоги до показників фізико-механічних властивостей ЦМА для кліматичних районів А-1, А-2, А-3.

5. За текстом дисертації зустрічаються окремі технічні та стилістичні неточності: «розрахункова розтягувальна навантага»; «напруги від температурних коливань»; «рівень навантаги дороги», нумерація формул за текстом 2 розділу, тощо.

Наведені зауваження мають рекомендаційний характер, стосуються

переважно форми подачі матеріалу та напрямів подальшого розвитку теми, не впливають на наукову цінність роботи та не знижують загальної позитивної оцінки дисертації.

Загальний висновок та оцінка дисертаційної роботи

1. Дисертаційна робота Зеленовського В.А. є завершеною науково-дослідною працею, виконаною автором самостійно, на високому теоретичному та експериментальному рівні. У роботі отримано нові, науково обґрунтовані результати, спрямовані на розв'язання актуального науково-практичного завдання, зокрема удосконалення методу оцінювання довговічності ЕАБ дорожнього покриття на транспортних спорудах із залізобетонною плитою проїзної частини, ураховуючи спільний вплив температурної усадки матеріалу, зміни температури та дії пневматичних коліс транспортних засобів.

2. Дисертаційна робота побудована логічно відповідно до методології дослідження, що дозволило авторові досягти мети дослідження та успішно вирішити основні завдання дослідження.

3. У роботі представлені власні результати автора. Дисертація свідчить про самостійність здобувача у виконанні дослідження як у формулюванні наукових гіпотез, так і в проведенні експериментів та узагальненні результатів. Ідеї, теоретичні положення, матеріали та дані інших дослідників використано коректно з посиланням на джерела, що підтверджує дотримання автором академічної доброчесності та вимог наукової етики.

4. Розроблені в дисертації теоретичні положення, методики, математичні моделі, експериментальні результати та практичні рекомендації мають прикладне значення. Практична цінність роботи підтверджена впровадженням результатів дослідження у нормативно-технічний документ Р В.2.7-37641918-893:2018 «Рекомендації з приготування та застосування епоксидно-асфальтобетонних сумішей», а також у виробничу діяльність підприємств дорожньо-будівельної галузі, які належать до сфери управління Державного агентства відновлення та розвитку інфраструктури України. Одержані результати можуть бути корисними для науково-дослідних організацій, проєктних інститутів, а також підприємств усіх форм власності при розробленні технологічних карт, проведенні технічного нагляду та оцінюванні експлуатаційного ресурсу дорожніх покриттів на транспортних спорудах.

5. Основні результати дисертації апробовані та опубліковані. Вони висвітлені у понад двадцяти наукових працях автора, серед яких статті у фахових виданнях, матеріали конференцій та нормативно-технічні документи. Результати

пройшли апробацію на міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях. Дисертація за змістом, рівнем виконання теоретичних та експериментальних досліджень, а також за ступенем практичної реалізації отриманих результатів відповідає рівню дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

6. Представлені публікації задовольняють п.п. 6-9 Постанови Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (із змінами). Дисертаційна робота відповідає вимогам щодо оформлення дисертаційних робіт згідно наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 року «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації»..

7. Зважаючи на актуальність вирішених завдань, наукову новизну та значущість наукових і практичних результатів, отриманих у дисертації, Зеленовський Володимир Анатолійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії у галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри проектування доріг,
геодезії і землеустрою,
перший проректор Харківського
національного автомобільно-
дорожнього університету



Анжеліка БАТРАКОВА