

РЕЦЕНЗІЯ

доцента кафедри транспортного будівництва та управління майном,
кандидата технічних наук, доцента Бондаренко Людмили Петрівни
на дисертаційну роботу Зеленовського Володимира Анатолійовича
на тему: **«Метод оцінки довговічності асфальтобетонного дорожнього
покриття на транспортних спорудах»**, яка представлена на здобуття наукового
ступеня доктора філософії у галузі знань 19 «Архітектура та будівництво»
за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

**Актуальність теми дисертаційної роботи та її зв'язок з науковими
програмами, планами, темами**

У сучасних умовах стрімкого розвитку транспортної інфраструктури, тема дисертаційної роботи Зеленовського Володимира Анатолійовича набуває виняткової актуальності, оскільки стосується фундаментальної проблеми забезпечення довговічності асфальтобетонних дорожніх покриттів на транспортних спорудах, таких як: мости, шляхопроводи, естакади, віадуки та аеродромні покриття. Ці конструктивні елементи дорожньої мережі функціонують в умовах комбінованого впливу різноманітних деструктивних факторів: інтенсивних динамічних транспортних навантажень (від важких вантажних автомобілів та авіаційного транспорту), значних температурних коливань (від -30°C до $+40^{\circ}\text{C}$ в українських кліматичних умовах), циклічних процесів проникнення вологості та водоморозних циклів, а також агресивного хімічного впливу реагентів для боротьби з ожеледицею (наприклад, хлоридів). Як наслідок, традиційні асфальтобетонні покриття на залізобетонних плитах проїзної частини демонструють обмежену довговічність, що, за даними автора та літературних джерел, становить лише 6–9 років в Україні замість нормативних 12–15 років відповідно до ДБН В.2.3-4 та ДБН В.2.3-22. Це призводить до суттєвих економічних втрат, пов'язаних з частими ремонтами, обмеженнями руху транспорту та підвищеними ризиками аварійності.

Запропонований метод оцінки довговічності з використанням епоксидного щебенево-мастикового асфальтобетону (ЕЩМА) пропонує інноваційне рішення для підвищення міцності, стійкості до деформацій і водонепроникності покриттів. Актуальність теми посилюється необхідністю оптимізації матеріалів і технологій для забезпечення безпеки руху, зниження експлуатаційних витрат та екологічної стійкості через зменшення викидів CO_2 від частих ремонтів.



Тема відповідає пріоритетам розвитку дорожньої галузі України, включаючи програми модернізації транспортних споруд за державними нормами. Вона узгоджується з міжнародними трендами, що фокусуються на впровадженні модифікованих матеріалів, таких як ЕАБ, для підвищення довговічності в складних умовах. Теоретичне та експериментальне обґрунтування використання ЕЦМА, представлене в роботі, сприяє впровадженню сучасних технологій у будівництво та управління транспортними активами. Таким чином, робота інтегрує національний і міжнародний досвід, сприяючи реалізації стратегічних завдань розвитку дорожньої галузі, включаючи перехід до цифрового управління майном та впровадження принципів циркулярної економіки в будівництві.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертація виконана в рамках науково-дослідної теми «Розробка технологій для підвищення довговічності дорожніх конструкцій на транспортних спорудах з використанням інноваційних матеріалів» (номер державної реєстрації 0118U005678). Ця тема є компонентом національної програми модернізації інфраструктури, що фінансується Міністерством освіти і науки України, спрямована на створення ефективних матеріалів для забезпечення стійкості та економічної вигоди транспортних об'єктів.

Робота узгоджується з європейськими ініціативами, такими як Horizon Europe, які акцентують дослідження модифікованих асфальтобетонних сумішей для стійкості до кліматичних і механічних факторів. Аналіз світового досвіду підтверджує відповідність глобальним стандартам, зокрема застосуванню ЕАБ на мостах. Результати інтегровані з дослідженнями ДП «НІРІ» та використані в нормативному документі Р В.2.7-37641918-893:2018, що підкреслює зв'язок з національними та міжнародними програмами розвитку інфраструктури.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, та достовірність отриманих результатів

Структура дисертаційної роботи є логічною та відповідає стандартам технічних наук: вона складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел (понад 100 позицій) та додатків, що містять таблиці, графіки та математичні моделі. Результати дослідження опубліковано в достатній кількості – 28 наукових праць, що забезпечує повне оприлюднення основних положень і дозволяє науковій спільноті оцінити достовірність і новизну отриманих даних. Методологічна основа роботи базується на комбінації теоретичного аналізу, лабораторних експериментів, натурних спостережень і математичного моделювання, що гарантує обґрунтованість висновків.

У **першому розділі** досліджено та ґрунтовно проаналізовано сучасний стан питання щодо використання епоксидних матеріалів у дорожніх покриттях. Автор узагальнив результати досліджень вітчизняних та зарубіжних вчених, виділивши проблеми довговічності традиційних покриттів і обґрунтувавши переваги ЕАБ за міцністю, термостійкістю та водонепроникністю. Достовірність підтверджена світовим досвідом (мости Худ-Канал, San Mateo-Hayward, строк служби 30 років) та даними ДП «НІРІ» (міцність 5,4 МПа, колія 1,7 мм). Висновки логічні, але доцільно було б доповнити економічним аналізом.

У **другому розділі** розкрито теоретичні основи довговічності дорожнього покриття на транспортних спорудах, зокрема досліджено деградацію асфальтобетону під впливами середовища. Запропоновано модель ЕАБ з критерієм граничного стану для прогнозування строку експлуатування. Достовірність забезпечена узгодженням з експериментами розділу 3. Висновки обґрунтовані, але потребують детальнішого розгляду технологічних факторів укладання ЕАБС.

У **третьому розділі** представлено результати експериментальних досліджень ЕЦМА: міцність 6,20 МПа при 20 °С (на 63,2 % вище ЦМА), водонасичення 1,3 %, колія 1,63 мм. Розроблені математичні моделі є адекватними (критерій Фішера $F < 2,96$, похибка $< 5 \%$). Натурні спостереження на мостах Тетерів та Ірша підтверджують необхідність застосування заходів підвищення довговічності дорожніх покриттів, зокрема із використанням ЕАБ. Недолік – відсутність аналізу адгезії до плити.

У **четвертому розділі** розроблено метод оцінки довговічності ЕАБ та продемонстровано практичні аспекти його застосування. Запропоновано алгоритм проектування, що інтегрує теоретичні моделі, експериментальні дані та техніко-економічний аналіз, показуючи зниження витрат на утримання транспортних споруд на 20 % завдяки подовженню строку їх експлуатування. Достовірність забезпечена числовим моделюванням і натурними випробуваннями. Висновки обґрунтовані, але рекомендується розширити адаптацію до українських бітумів і кліматичних умов для ефективного управління майном транспортних споруд.

Висновки до всіх розділів логічно взаємопов'язані, а достовірність результатів підтверджена стандартизованими методами, статистичним аналізом і натурними даними, що робить роботу науково обґрунтованою.

Наукова новизна отриманих результатів

1. Розроблено комплексний метод оцінки довговічності дорожнього покриття на основі ЕЦМА, який вперше інтегрує комбіновану дію транспортних навантажень, температурних коливань, залишкових деформацій, вологості, водоморозних циклів і температурної усадки матеріалу. Метод базується на адекватних математичних моделях регресії для прогнозування ключових показників (водонасичення Y_1 , міцність на стиск Y_2 при 20 °С, Y_3 при 50 °С, на непрямий розтяг Y_4 при 0 °С) залежно від факторів (вміст епоксиду $X_1 = 15,0$ %, тривалість $X_2 = 7$ діб, температура $X_3 = 40$ °С), з відносною похибкою $< 5,0$ %.

Це дозволяє науково обґрунтувати критерій граничного стану для оптимізації проєктування.

2. Вперше в Україні проведено систематичне дослідження впливу епоксидних компонентів (епоксидна смола TCM LE-828, затверджувач ДЕТА) та енергозберігальної добавки SASOBIT LC на фізико-механічні та термореологічні властивості ЕЦМА, що дозволило встановити оптимальні параметри для забезпечення високої міцності (до 6,20 МПа), колієстійкості (глибина колії 1,63 мм після 20000 проходів) та водонепроникності (1,3 %), перевищуючи вимоги ДСТУ 9290-5.

3. Запропоновано нові аналітичні залежності та розрахункові схеми для оцінки довговічності ЕЦМА, які враховують динаміку термореологічних змін і накопичення деформацій, що є новим підходом до моделювання поведінки матеріалів у реальних умовах експлуатації транспортних споруд.

4. Отримано подальший розвиток методів експериментальних досліджень ЕАБ, зокрема визначення термореологічних характеристик та фізико-механічних властивостей, з урахуванням натурних спостережень для верифікації лабораторних даних.

Практичне значення отриманих результатів

1. Розроблені рекомендації щодо оптимального складу ЕЦМАС (15,0 % епоксидних компонентів, 2,0 % SASOBIT LC) дозволяють знизити робочу температуру виробництва суміші до 80 °С, що сприяє економії енергії на 20–30 % та зниженню викидів CO_2 , забезпечуючи екологічну стійкість процесів будівництва.

2. Застосування ЕЦМА дає змогу відмовитися від додаткового гідроізоляційного шару та зменшити товщину покриття на 10–15 % без втрати фізико-механічних характеристик, що знижує загальні витрати на будівництво та експлуатацію транспортних споруд більш ніж на 20 %, як показано в техніко-

економічному аналізі.

3. Результати натурних спостережень на об'єктах підтверджують необхідність застосування заходів підвищення довговічності, зокрема із застосуванням ЕАБ дорожнього покриття, що підвищить безпеку дорожнього руху та подовжить строк експлуатації покриття до 20 років, зменшуючи соціально-економічні втрати від обмежень руху.

4. Запропонований метод оцінки довговічності став основою для розроблення національних стандартів і нормативно-технічних документів, зокрема Р В.2.7-37641918-893:2018, що регулюють приготування, випробування та застосування ЕАБ в Україні, сприяючи стандартизації та ефективному управлінню майном транспортної інфраструктури.

Особистий внесок здобувача

Особистий внесок Зеленовського Володимира Анатолійовича є всебічним і визначальним для успіху дослідження. Автор самостійно здійснив комплексний аналіз літературних джерел, сформулював гіпотезу та методологію роботи, розробив експериментальні протоколи, провів лабораторні випробування та натурні спостереження на реальних об'єктах. Він особисто оптимізував склад ЕЩМАС, виконав статистичну обробку даних, створив математичні моделі регресії та сформулював практичні рекомендації для впровадження технології в транспортне будівництво. Внесок здобувача підтверджується його безпосередньою участю в дослідженнях ДП «НІРІ», аналізом натурних об'єктів та публікаціями результатів у наукових виданнях. Усі ключові положення, включаючи гіпотезу про підвищення довговічності за рахунок термореологічних властивостей ЕЩМА, є результатом самостійної роботи автора, що свідчить про його глибокий внесок у вирішення наукової проблеми та розвиток спеціальності.

Повнота опублікування основних положень дисертаційної роботи

Основні положення дисертаційної роботи повноцінно опубліковано в 28 наукових працях, включаючи статті у фахових виданнях України, що входять до переліку МОН, які охоплюють ключові аспекти: аналіз світового та національного досвіду застосування ЕАБ, результати експериментальних досліджень фізико-механічних властивостей ЕЩМА, розроблені математичні моделі для прогнозування довговічності та практичні рекомендації для впровадження. Крім того, результати апробовано на численних наукових конференціях, зокрема міжнародних, що забезпечує широке висвітлення основних ідей і дозволяє науковій спільноті оцінити новизну та достовірність. Публікації є репрезентативними, відповідають вимогам до дисертаційних досліджень на

здобуття ступеня доктора філософії та забезпечують повну доступність ключових положень, сприяючи подальшому розвитку теми в контексті управління майном транспортних споруд.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

У дисертаційній роботі Зеленовського Володимира Анатолійовича на тему «Метод оцінки довговічності асфальтобетонного дорожнього покриття на транспортних спорудах» ознак академічного плагіату не виявлено. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Зауваження та побажання до дисертаційної роботи

1. Розділі 1 доцільно було б доповнити аналізом наукових робіт щодо економічної доцільності використання епоксидних матеріалів у дорожньому будівництві.

2. У висновках до розділу 3 було б доцільно чіткіше сформулювати рекомендації щодо оптимальних умов затвердіння епоксидного асфальтобетону в реальних умовах експлуатування, ураховуючи кліматичні особливості України.

3. У розділі 4 бажано було б глибше проаналізувати вплив технологічних факторів, таких як режими укладання епоксидної асфальтобетонної суміші та її ущільнення, на формування структури епоксидного асфальтобетону, що могло б сприяти розробленню більш точних технологічних рекомендацій.

4. У роботі було б доцільним розглянути питання підготовки кваліфікованих кадрів для роботи з епоксидними асфальтобетонними сумішами, що було б важливим для забезпечення якості виробництва та укладання матеріалу.

5. В тексті дисертації є наявні незначні граматичні та стилістичні помилки, присутні також окремі недоліки в оформленні.

Наведені зауваження не зменшують значущість отриманих результатів дослідження і мають рекомендаційний характер.

Загальні висновки

У цілому, дисертаційна робота Зеленовського Володимира Анатолійовича на тему «Метод оцінки довговічності асфальтобетонного дорожнього покриття на транспортних спорудах» є завершеним науково-дослідним дослідженням, у якому вирішено важливу науково-практичну задачу — підвищення довговічності дорожніх покриттів на транспортних спорудах шляхом розроблення та наукового обґрунтування методу оцінки довговічності із використанням епоксидного

асфальтобетону.

Робота характеризується високим рівнем наукової новизни, теоретичною та експериментальною обґрунтованістю, узгодженістю з сучасними напрямками розвитку дорожньої галузі України та міжнародними тенденціями підвищення ефективності транспортної інфраструктури. Отримані результати мають значне практичне значення, оскільки спрямовані на вдосконалення технологій улаштування покриттів на транспортних спорудах, зниження експлуатаційних витрат і підвищення безпеки дорожнього руху. Автором сформульовано нові наукові положення, підтверджені результатами експериментальних досліджень, натурних спостережень і математичного моделювання. Практичні рекомендації можуть бути використані в нормативно-технічній базі, проектних організаціях та дорожньо-будівельній практиці.

Зважаючи на актуальність теми, наукову новизну, достовірність і практичну значимість отриманих результатів, рівень виконання дисертації повністю відповідає вимогам, визначеним пунктами 6–9 Постанови Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 №44 (зі змінами, внесеними постановою КМУ №341 від 21.03.2022 р.), а її автор, Зеленовський Володимир Анатолійович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

РЕЦЕНЗЕНТ

доцент кафедри транспортного
будівництва та управління майном,
Національного транспортного університету,
кандидат технічних наук, доцент



Людмила БОНДАРЕНКО

