

**ВІДГУК**  
**офіційного опонента на дисертаційну роботу**  
**"Методи розрахунку надійності жорсткого дорожнього одягу із**  
**базальтопластикою арматурою"**  
**представлену ДІАКОВСЬКОЮ Тетяною Ігорівною**  
**на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю**  
**05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми**

Дисертація, яка подана на відгук, складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 120 найменувань і восьми додатків. Робота викладена на 240 сторінках, у тому числі містить 160 сторінок основного тексту, 45 таблиць, 45 ілюстрацій, 15 сторінок списку використаних джерел та 80 сторінок додатків.

**Актуальність роботи. Зв'язок роботи з науковими програмами.**

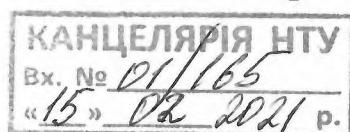
Сьогодні завдання покращення якості існуючої мережі автомобільних доріг і будівництва сучасних автомагістралей є одним із пріоритетних для України завдань, тому актуальність роботи, що спрямована на розроблення високоефективних дорожніх одягів жорсткого типу є незаперечною.

Світові тенденції будівництва дорожніх одягів свідчать про пріоритетність саме цементобетонних покриттів, оскільки для них характерні значно вища довговічність і менші витрати життєвого циклу разом з екологічними перевагами.

Проте транспортно-експлуатаційні показники бетонних покриттів знижаються у зв'язку із збільшенням навантаження та інтенсивності руху транспортних засобів, зміною клімату, що спричиняє зростання кількості переходів температури довкілля через 0 °C, яке супроводжується циклічним заморожуванням-відтаванням бетону, що разом із агресивною дією антиожеледних реагентів є критично-руйнівними для дорожнього покриття.

Тому дисертаційне дослідження, присвячене продовженню життєвого циклу цементобетонного покриття шляхом армування базальтопластикою арматурою (БПА) і розроблення методів розрахунку його надійності є актуальним завданням дорожнього бетонознавства, вирішення якого повинно знайти своє відображення у розрахунках дорожніх одягів жорсткого типу.

Дисертаційне дослідження виконано у складі планових комплексних



науково-дослідних робіт НТУ, зокрема: «Провести дослідження та розробити методику розрахунку надійності жорсткого дорожнього одягу, армованого неметалевою композитною арматурою» (№ ДР 0118U000724), «Провести дослідження та розробити методику розрахунку бетонних конструкцій мостів, армованих базальтопластиковою арматурою, на витривалість» (№ ДР 0115U001655), «Провести дослідження та розробити методичні рекомендації щодо забезпечення надійності конструкцій жорстких дорожніх одягів автомобільних доріг при використанні високоміцного цементобетону» (№ ДР 0116U007515) та інших.

### **Аналіз основного змісту роботи та наукової новизни отриманих результатів.**

Основні наукові положення дисертаційної роботи Діаковської Т.І. полягають в теоретичному узагальненні і новому вирішенні науково-прикладної задачі розроблення ефективних методів розрахунку жорстких дорожніх одягів із базальтопластиковою арматурою.

*Аналіз змісту* дисертації Діаковської Т.І. дає змогу оцінити її як закінчене наукове дослідження, результати якого мають достовірну наукову і технічну інформацію про нову теоретичну і методичну базу розрахунку плитних конструкцій, армованих БПА, для використання в дорожньому будівництві.

У *вступі* обґрутовано вибір теми дослідження та її актуальність, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено їх наукову новизну та практичну цінність.

У *розділі 1* проведено аналітичний огляд літературних джерел з проблеми застосування базальтопластикової арматури, а також огляд досліджень армованих бетонних елементів, що працюють на згин під дією багаторазово повторюваного навантаження.

Автором виконано аналітичне порівняння фізичних властивостей БПА із традиційною металевою арматурою, встановлено основні відмінності у характері роботи перерізів під час розрахунків за нормативними документами різних країн.

На підставі зробленого аналізу автором зроблено висновок, що використання БПА у сучасній дорожній галузі може частково вирішити проблему експлуатаційної надійності бетонних елементів, що підвищить

надійність та довговічність жорстких дорожніх одягів загалом. Проте, для обґрунтованого її застосування необхідне проведення теоретичних та експериментальних досліджень роботи конструкцій із такою арматурою під дією циклічних багаторазово повторюваних навантажень.

**Зauważення до розділу:**

1. У будівельній галузі України застосовується більше десяти різних класів металевих арматурних виробів. Незрозуміло чим пояснюється вибір металевої арматури саме класу А400С у порівнянні характеристик БПА у таблиці 1.1 (стор. 30).

2. На стор. 42 (рядок 1) йдеться про рівняння (1.19), проте формула з таким номером у дисертації відсутня.

**Розділ 2** присвячено розробленню теоретичних моделей оцінювання надійності жорсткого дорожнього одягу за двома критеріями: тріщиностійкість та витривалість.

Автором розраховано відповідні похідні та представлено алгоритм розрахунку надійності жорсткого дорожнього одягу за критеріями тріщиностійкості та витривалості.

Надійність за критерієм тріщиностійкості представлена через класичну модель різниці опору та навантаження, в якій враховано нормовану функцію Лапласа,

Розрахунок на витривалість елементів із БПА виконано за формулами опору матеріалів без урахування роботи бетону розтягнутої зони. Режимом роботи при цьому вважається згин в одній з головних площин.

**Зauważення до розділу:**

У кінці другого абзацу п. 3 висновків до розділу 2 (стор. 57) міститься твердження "Для встановлення фактичного модуля пружності на поверхні бетону потрібні випробування за допомогою склерометра". Заслуговує детальнішого висвітлення, яким чином вимірювання непрямої характеристики міцності – пружного відскоку від поверхні бетону допоможе визначити деформативну характеристику – фактичний модуль пружності бетону, оскільки у розділі 2 відсутній опис цієї методики.

У **розділі 3** наведено методику проведення та результати теоретичних, лабораторних та польових експериментальних досліджень жорстких дорожніх одягів із БПА за критеріями тріщиностійкості та надійності.

Випробуванню елементів, армованих БПА, що згинаються, на втому передувало визначення втомної міцності стержнів БПА за циклічного розтягу, що дало змогу автору розробити методику випробувань на втому бетонних елементів, армованих одиничним стержнем БПА різного діаметру. Лабораторними дослідженнями встановлено, що конструкції із БПА володіють значною живучістю, а сама арматура має високий коефіцієнт зчеплення з бетоном, що доведено нульовим показником переміщення обох кінців стержня БПА. Характер НДС базальтобетонних конструкцій прямо залежить від коефіцієнту армування перерізу: чим цей коефіцієнт більший по відношенню до корисної площині армування, тим більшими будуть значення ширини розкриття тріщин і зусиль в перерізі в момент утворення тріщини.

За результатами випробувань виявлено, що елементи з БПА, що працюють на втому, мають 5 умовних етапів життєвого циклу, які детально прокоментовані.

Польовими дослідженнями було визначено модуль пружності та затухання коливань на поверхні цементобетонних плит, армованих металевою та БПА за дії ударного навантаження. За результатами досліджень рекомендується розрахункові значення згидаючих моментів домножувати на перехідний коефіцієнт від згидаючого моменту при центральному завантаженні до моменту при краєвому завантаженні плити. Також було встановлено міцність бетону на експериментальних ділянках за результатами випробувань склерометром.

#### ***Зauważення до розділу:***

1. На стор. 58 (абзац 2) стверджується, що "*Результати статистичної обробки досліджень наведені на рис. 3.1*", проте на рис. 3.1 наведений загальний вигляд випробувальної машини (гідравлічного пульсатора) EUS-20.
2. Рисунки 3.5 (стор.62) і 3.7(стор.66) є ідентичними – вони відрізняються лише підписами, що вимагає додаткового пояснення.

**У розділі 4** проаналізовано зміну напружено–деформованого стану конструкції ЖДО залежно від товщини цементобетонного покриття, неармованого та армованого БПА. Розрахунки реалізовано в програмних комплексах ЛІРА та CREDO Radon.

В ПК CREDO Radon розраховано 6 неармованих конструкцій з товщиною плити покриття від 0,26 до 0,16 м і відповідно до класичної теорії надійності

обчислено коефіцієнти надійності  $K_n$  та індекси надійності  $\beta$  за критеріями міцності на розтяг при згині та зсуву. Побудовано графічні залежності коефіцієнтів запасу міцності від товщини плити, а також залежність індексів надійності  $\beta$  від товщини бетону.

Виконано розрахунок аналогічного дорожнього одягу у ПК «Ліра» з армуванням БПА і проаналізовано зміну напружене–деформованого стану конструкції ЖДО за різних проектних рішень. Автором встановлено залежність площи необхідного армування металевою арматурою А400С та БПА від товщини цементобетонного покриття.

Моделюванням і розрахунками доведено, що армування цементобетонного покриття підвищує надійність ЖДО, водночас армування стержнями БПА дає змогу зменшити площу робочої арматури та підвищити термін експлуатації, а відтак і експлуатаційну надійність конструкцій ЖДО із БПА.

#### ***Зauważення до розділу:***

В дисертації не наведено розрахункові характеристики основи ЖДО, для яких отримані вище наведені висновки і результати.

***В 5 розділі*** виконано ТЕП варіантів трьох типів конструкцій ЖДО, які різняться за типом армування плити покриття: армована металевою арматурою класу А400С; армована БПА; армована БПА, конструктивні рішення якої змінені з огляду на високу хімічну стійкість БПА (зменшення товщини захисного шару).

Всі три варіанти армування мають близькі значення компонентів вектору пріоритетів. Найвищу техніко – економічну оцінку має плита, армована БПА із захисним верхнім шаром у 5 см. Їй надана перевага з точки зору експлуатаційної надійності, але математично перевагу має плита зі зменшеним захисним шаром до 2 см. Основою такого конструктивного рішення є висока хімічна стійкість БПА.

Крім цього, зроблено ТЕП для балки прогонової будови моста з різними варіантами армування.

#### ***Зauważення до розділу:***

Незрозуміло, на якій підставі зроблено ТЕП для балки прогонової будови моста з різними варіантами армування, оскільки відповідні дослідження у дисертації відсутні.

В *додатках* наведено акти впровадження результатів дослідження, відомості про апробацію результатів дисертації, опис приладів для випробування базальтобетонних балок, результати тепловізійного обстеження ділянок плити, тощо.

**Наукова новизна** роботи полягає у наступних положеннях:

– вперше отримано математичну модель визначення втомної міцності неметалевої стержневої арматури, а також вперше розроблено модель розрахунку надійності ЖДО з БПА за критеріями тріщиностійкості та витривалості;

– вперше отримано експериментальні данні з витривалості базальтобетонних елементів і розвитку втомних явищ в елементах, армованих БПА, що згинаються;

– дісталася подальший розвиток статистична база розрахунку бетонних елементів, армованих БПА, за методом граничних станів.

– отримано коефіцієнти перерахунку пружного прогину, згинального моменту при навантаженні армованої та неармованої плити в центрі, на краю та на куті дослідної ділянки та розрахунку методом скінченних елементів.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає у розроблені інженерної методики та алгоритму оцінювання надійності жорсткого дорожнього одягу за критеріями тріщиностійкості та витривалості.

Розроблена та впроваджена на галузевому рівні в організаціях, які входять у сферу управління УКРАВТОДОР, низка нормативних документів щодо застосування БПА.

### **Ступінь обґрунтованості наукових положень та висновків.**

Достовірність наукових положень дисертації підтверджується використанням методів теорії ймовірностей і математичної статистики, класичної теорії надійності, класичних методів числового моделювання та сучасних інформаційних технологій, а також виконанням значного обсягу лабораторних і польових досліджень, співставленням з достовірними даними зарубіжних технічних документів і результатами інших авторів.

### **Редакційна оцінка.**

Дисертація є науковим рукописом із логічною і чіткою структурою, написаним професійною мовою, має оптимальний обсяг і розбиття на розділи та параграфи. Рукопис достатньо ілюстровано.

### **Повнота публікацій. Апробація роботи.**

Основні положення дисертаційної роботи Діаковської Т.І. опубліковані у 18 наукових працях, з них 1 стаття у іноземному виданні, що включене до наукометричної бази SCOPUS, 4 статті у фахових науково-технічних виданнях. Автором отримано 2 патенти на корисну модель і 2 авторських свідоцтва.

Основні положення дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на міжнародних науково-технічних конференціях в період з 2012 по 2017 рік, а також на щорічних наукових конференціях професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників НТУ (м. Київ, 2012–2019).

Повноту публікацій і апробацію роботи можна вважати достатньою.

Зміст автoreферату ідентичний основним положенням дисертації.

До наведених вище зауважень за розділами слід додати деякі **зауваження загального характеру:**

1. Загальним висновкам по роботі № 3,4,5 бракує лаконічності, стисlostі та акцентованості на головному.

2. Питання застосування БПА у конструкціях мостів заслуговує детальнішого висвітлення в роботі, адже перспективним є застосування неметалевої арматури у монолітних плитах проїзної частини мостів, що підтверджується автором на стор. 70 "метою експериментальних досліджень у рамках даної роботи є науковий пошук закономірностей роботи монолітних ЖДО, а також плит проїзної частини мостів на дію циклічного багаторазово повторюваного навантаження".

### **Заключний висновок.**

1. Відзначені вище зауваження по дисертаційні роботі не ставлять під сумнів основні результати досліджень і, переважно, є побажаннями для наступної наукової роботи.

2. Дисертаційна робота на тему "Методи розрахунку надійності жорсткого дорожнього одягу із базальтопластиковою арматурою" є актуальним, завершеним дослідженням, яке містить наукову новизну, має теоретичне та практичне значення. Значимість дисертаційної роботи Діаковської Т.І. полягає в теоретичному узагальненні і новому вирішенні науково-прикладної задачі розроблення ефективних методів розрахунку жорстких дорожніх одягів із базальтопластиковою арматурою.

3. Отримані теоретичні результати дають змогу зробити висновок про відповідність дисертаційної роботи Діаковської Т.І. паспорту спеціальності 05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми.

4. Представлений у дисертації матеріал за актуальністю, науковою та практичною цінністю, об'ємом і глибиною досліджень відповідає вимогам пунктів 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 (зі змінами і доповненнями) щодо кандидатських дисертацій, а її автор Діаковська Тетяна Ігорівна заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми.

Офіційний опонент,

завідувач кафедри «Автомобільні дороги та мости»

Національного університету «Львівська політехніка»

д.т.н., професор

С.Й. Солодкий

Підпис проф. Солодкого С.Й. посвідчує

Вчений секретар НУ «Львівська політехніка»

к.т.н., доцент

Р.Б. Брилинський

