

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 опонентана дисертаційну роботу
Цибульського Віталія Миколайовича на тему «Удосконалення методу
розрахунку жорсткого дорожнього одягу мостів з композитною арматурою»,
що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за
спеціальністю 05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми

1. Актуальність теми дослідження. Останнім часом у світі активно розбудовуються дороги з жорстким дорожнім покриттям, зокрема, в країнах ЄС кількість цементобетонних доріг становить близько 40%, в США 60%, в Україні цей показник на рівні 1,4% та, завдяки національній програмі «Велике будівництво», активно зростає. При цьому, на нових цементобетонних дорогах міжнародного значення влаштовується асфальтобетонне покриття на мостах, що обумовлюється неможливістю обґрунтування параметрів цементобетонного покриття проїзної частини існуючими розрахунковими методами.

З іншого боку, переважна кількість залізобетонних мостів України побудованав 50-60 роках минулого століття. А збільшення інтенсивності та ваги сучасних транспортних засобів прискорює фізичний знос конструктивних елементів, що призводить до виникнення тріщин та руйнування дорожнього одягу мостів. Крім того, основними причинами деградації залізобетонних плит проїзної частини мостів є процеси корозії сталевої арматури, втрата об'єму робочої частини та незадовільний стан компенсаційних швів на опорах. Враховуючи зарубіжний досвід вирішення таких проблем, який полягає у використанні сучасних матеріалів, в тому числі і композитної FRP-арматури для підсилення бетонних конструкцій та дорожнього одягу мостів, виникає потреба в удосконалені методу розрахунку армованого дорожнього одягу. Завдяки використанню композитних матеріалів покращуються структурні властивості та збільшується довговічність бетонних елементів. Проте, композитна FRP-арматура по своїм фізико-механічним характеристикам відрізняється від металевої, що потребує ряду додаткових теоретичних та експериментальних досліджень.

Таким чином, актуальність даного наукового дослідження, яке обумовлена необхідністю вирішення важливої науково-практичної задачі – удосконалення методу розрахунку жорсткого дорожнього одягу мостів з композитною арматурою.



2. Зв'язок роботи з науковими програмами, темами. Результати досліджень теоретичного та прикладного характеру, які приведені в дисертації, отримані в процесі виконання науково-дослідних робіт, що виконувалися кафедрою опору матеріалів та машинознавства Національного транспортного університету, зокрема, – «Дослідження напруженодеформованого стану та розробка методів просторового розрахунку конструкцій композитної структури з ускладненими фізико-механічними властивостями» (д/б № 34 РК 0113U000294) та плану науково-дослідних робіт Державного агентства автомобільних доріг України – «Розробити методичні рекомендації з проектування плит проїзної частини із залізобетонною незнімною опалубкою та відповідну розрахунково-аналітичну систему» (договір № 75-13 РК 0113U003711) та інших.

3. Мета і задачі дослідження. В дисертаційній роботі Цибульського В.М. запропоновано один із можливих шляхів вирішення такого класу задач, який ґрунтуються на теорії пружності та пластичності, що дозволяє врахувати фізико-механічні характеристики матеріалів. В основу удосконаленого методу розрахунку системи «дорожній одяг – плита» покладено теорію шаруватих систем з врахуванням деформацій зсуву та напружень від обтиснення між шарами, що дозволить отримати уточнені компоненти напруженено-деформованого стану для оцінки міцності конструкції. Для втілення поставленої **мети** в практичні рекомендації автордисертаційної роботи поставив і розв'язав такі **основні задачі**:

- проаналізовано причини руйнування залізобетонних конструктивних елементів та проїзної частини мостів, що дало можливість визначити основні шляхи до вирішення виявлених проблем;
- на основі узагальнення теоретичних досліджень, методів та моделей розрахунку шаруватих конструкцій з врахуванням напружень від обтиснення удосконалено метод розрахунку армобетонних конструктивних елементів проїзної частини мостів;
- розроблено модель та алгоритм розрахунку жорсткого дорожнього одягу мостів з композитною арматурою на основі шаруватих систем;
- проведено аналіз даних експериментальних досліджень плит дорожнього одягу мостів, армованих різними матеріалами щодо впливу деформацій зсуву на загальну міцність та виконано порівняльний аналіз розрахунку компонентів напруженено-деформованого стану конструкцій.
- розроблена методика розрахунку напружень в шарах жорсткого дорожнього одягу мостів з композитною арматурою, як при спільній роботі з плитою проїзної частини мосту, так і окремо відшарованого від плити.

4. Ступінь обґрутованості наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі, обумовлюється, перш за все, застосуванням фундаментальних законів, некласичних теорій міцності, методів математичної статистики, статистичного аналізу та планування експерименту; обґрутованим обсягом даних експериментальних досліджень; застосуванням апробованих методів досліджень напруженодеформованого стану армобетонних конструкцій.

Основні принципи проведеного дослідження обґрунтуються достатньою збіжністю результатів числових розрахунків з результатами методів розрахунків напружень та перевіркою міцності дорожнього одягу інших авторів.

Дисертаційна робота має чітко структурований характер, що забезпечує поетапний розгляд проблематики питання та розкриття поставлених наукових задач, що відповідають поставленій меті роботи для удосконалення методу розрахунку армобетонних конструктивних елементів дорожнього одягу мостів за рахунок врахування деформацій зсуву та напружень від обтиснення.

Висновки, які представлені у кожному розділі, та загальні висновки по дисертаційній роботі достатньо повно і якісно характеризують проведені теоретичні дослідження та аналіз експериментальних даних, логічно відображають зміст роботи.

Достовірність отриманих у роботі результатів підтверджена співставленням результатів фізично обґрунтованих теоретичних розробок, кінцевим підсумком яких є програмний пакет розрахунку міцності цементобетонного одягу мосту з композитним армуванням, на основі розробленої математичної моделі, з дослідженнями інших авторів та відповідною апробацією результатів роботи на різних рівнях.

5. Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що автором вперше розроблено модель, яка дозволяє досліджувати складні процеси зміни напруженого-деформованого стану дорожнього одягу з врахуванням деформацій плит прогонових будов мостів. Зокрема, автором:

- на підставі теорії згину шаруватих конструкцій з врахування поперечних нормальні напружені від обтиснення удосконалено метод розрахунку армобетонних конструктивних елементів дорожнього одягу прогонових будов мостів;

- вперше розроблено модель розрахунку та алгоритм проектування дорожнього одягу армованого композитними матеріалами на різних типах прогонової будови мостів;

- отримав подальший розвиток метод розрахунку компонентів напруженого-деформованого стану дорожнього одягу.

6. Практичне значення дисертації полягає в отриманні інженерами-проектувальниками удосконаленого методу розрахунку жорсткого дорожнього одягу мостів з композитною арматурою, що дасть змогу моделювати напруженого-деформованих стан наблизений до натурного. При цьому враховується тип та особливості роботи прогонової будови мосту. Запропоновано переходний коефіцієнт для полегшення та прискорення уточнених розрахунків шаруватих конструкцій дорожнього одягу.

Розроблений метод розрахунку автоматизовано з використанням програмного комплексу Mathcad, що пришвидшує процес розрахунку і сприяє прийняттю обґрунтованих управлінських рішень щодо використання різних матеріалів армування на різній висоті залягання у дорожньому одязі.

Результати досліджень даної роботи знайшли практичне використання

при науково-технічному супроводі реконструкції автомобільної дороги загального користування державного значення М-14 Одеса - Мелітополь - Новоазовськ (на м. Таганрог) на ділянках з влаштуванням цементобетонного покриття: км 142+800 – км 158+500, км 159+500 – км 161+909 з шляхопроводом через залізницю (замовник ТОВ «Міжнародний проектний інститут») та км 158+500 – км 159+500 з транспортною розв'язкою в різних рівнях, км 171+000 – км 176+586 з надземним пішохідним переходом (замовник ТОВ «Інститут комплексного проектування об'єктів будівництва»).

Практичну значимість отриманих результатів роботи підтверджено довідками про впровадження.

7. Повнота викладу основних результатів дисертації в опублікованих працях. Основні положення дисертаційної роботи повною мірою викладено у 16 наукових працях, у тому числі в 5 статтях у фахових виданнях, що входять до переліку МОН України; в 2 статтях у зарубіжних періодичних наукових виданнях, які включені до міжнародної наукометричної бази; в розділі зарубіжної монографії; а також у 8 працях апробаційного характеру, в доповідях на міжнародних науково-практических конференціях, науково-практичному семінарі ДП «ДерждорНДІ» та наукових конференціях професорсько-викладацького складу Національного транспортного університету. Також 1 стаття додатково відображає наукові результати дисертації (у періодичному фаховому виданні, що входить до переліку МОН України). За матеріалами дисертаційних досліджень отримано 6 охоронних документів (1 патент України, 5 свідоцтв України про реєстрацію авторського права).

8. Повнота реалізації результатів дисертаційного дослідження. Результати дослідження знайшли відображення в методичних рекомендація з проектування плит проїзної мостів для Державного агентства автомобільних доріг України (Укравтодор); в Комунальному підприємстві по ремонту і утриманню мостів і шляхів м. Києва «Київшляхміст»; в ТОВ «Науково-виробничому центрі «ДорбудТехнологія»; в ПП «Парк Нових Технологій»; в ТОВ «Торговий дім АРОН»; в ТОВ «Міжнародний проектний інститут»; в ТОВ «Інститут комплексного проектування об'єктів будівництва».

Також результати дослідження впроваджено у навчальний процес Національного транспортного університету для проведення занять зі студентами спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» за усіма освітніми програмами.

9. Оцінка змісту дисертації в цілому. Викладання основного матеріалу дисертації, наукових положень, результатів та висновків логічне та аргументоване. Використання матеріалів інших авторів здійснюється з коректним посиланням на наукові праці. Мова, стиль та структура дисертації відповідають загальноприйнятому в наукових роботах.

Дисертаційна робота викладена українською мовою на 132 сторінках основного тексту та складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел із 156 найменувань та містить 3 додатки.

У *вступі* автором обґрунтовано актуальність теми досліджень, відмічено її зв'язок з відповідними науковими програмами, сформульовано мету та задачі досліджень, наукову новизну та практичну цінність результатів роботи, визначено особистий внесок здобувача, наведено апробацію результатів, загальний обсяг і структуру роботи.

У *першому розділі* наведено дослідження причин руйнування та деградації залізобетонних конструктивних елементів мостів. Виконано аналіз можливостей застосування неметалевої FRP-арматури у дорожньому будівництві та основні підходи до використання композитних матеріалів у конструкціях дорожнього одягу мостів. Наведено зарубіжний та вітчизняний досвід використання та дослідження фізико-механічних властивостей композитних матеріалів.

Розділ завершується висновками, зробленими на основі аналізу робіт, щодо характеристик та доцільності використання композитних матеріалів у якості підсилення цементобетонних конструкцій.

У *другому розділі* виконано узагальнення досліджень основних підходів до вирішення проблем зносостійкості цементобетонних елементів мостів. Наведено основні моделі та принципи розрахунку бетонних конструкцій мостів на міцність.

На основі зсувної теорії першого наближення для розрахунку багатошарових плит та теорії згину шаруватих конструкцій з врахування поперечних нормальні напружені від обтиснення удосконалено метод розрахунку армобетонних конструктивних елементів дорожнього одягу мостів.

При розробці удосконаленого методу було досліджено напруженодеформований стан плити як достатньо тонкої оболонки великої кривизни, яка складається з ізотропних шарів з різними фізико-механічними характеристиками. При цьому були введені гіпотези Кірхгофа та отримані вирази поперечних напружені, які дали можливість врахувати в методі розрахунку вплив деформацій зсуву. У результаті досліджень було отримано рівняння рівноваги варіаційним шляхом, граничні умови та загальну систему розв'язуючих рівнянь. З систем диференціальних рівнянь отримано вираз функції прогину за довжиною балки для випадку синусоїdalного навантаження.

У *третьому розділі* розроблено модель та алгоритм застосування удосконаленого розрахунку цементобетонного дорожнього одягу армованого композитними матеріалами на основі шаруватих систем. Алгоритм застосування удосконаленого методу дозволяє практично визначити нормальні напруження в шарах дорожнього одягу та виконати перевірку міцності за еквівалентними напруженнями, застосовуючи критерій міцності Кулона-Мора.

За результатами розрахунків запропонованим автором методом та класичною теорією, отримано коефіцієнт співвідношення прогинів проїзної частини мосту, який становить 1,4. Величина отриманого коефіцієнта підтверджує доцільність врахування деформацій зсуву при проектуванні плит прогонових будов мостів.

Розроблений алгоритм розрахунку жорсткого дорожнього одягу мостів з композитною арматурою автором реалізовано в програмі Mathcad. На базі отриманого алгоритму виконано математичний експеримент розрахунку армобетонних конструктивних елементів, посиленіх композитною арматурою. Також було зроблено практичний висновок щодо доцільності армування верхнього шару дорожнього одягу з метою забезпечення його міцності та експлуатаційних характеристик.

У *четвертому розділі* проведено аналіз даних експериментальних досліджень плит проїзної частини мостів, аrmованих різною арматурою від концентрованого навантаження колесом та порівняно з даними реального мосту побудованого з використанням FRP-арматури.

Виконано порівняльний аналіз розрахунку компонентів напруженодеформованого стану плит та дорожнього одягу за удосконаленим методом, експериментальними дослідженнями та у програмному комплексі ANSYS 14.0, що дозволило підтвердити адекватність розроблюваного методу.

З практичної точки зору доведено, що удосконалений метод дозволяє враховувати різні варіанти роботи дорожнього одягу, що дає можливість передбачити забезпечення міцності в період експлуатації конструкцій.

Автором для визначення економічного ефекту використання FRP композитного армування в дорожньому будівництві виконано прогнозування залишкового конструктивних елементів дорожнього одягу в Аналітично-експертній системі управління мостами.

10. Зміст автореферату відповідає змісту самої роботи й достатньо повно відображає основні наукові й практичні результати, що отримані автором та повністю відтворює основні положення дисертації. Оформлений відповідно до вимог п.13 «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою кабінетів Міністрів України №567 від 24 липня 2013 р. (у редакції від 15.07.2020 р.)

Зауваження по змісту та суті дисертаційної роботи.

1. В першому розділі слід було б виконати порівняльний аналіз характеристик і інших видів композитів (зокрема, наприклад, арматури з араміду, вуглецю тощо), крім згаданих.

2. В розділі 2 у формулах (2.1), (2.2) відсутній опис використаних позначень q_3^\pm , q_j^\pm .

3. У розділі 2 автором досліджено вплив деформацій поперечного зсуву, а також показано залежність основних компонентів напруженодеформованого стану жорсткого дорожнього одягу мостів за уточненою

моделлю від фізико-механічних характеристик шарів. Бажано було б вказати вплив міжшарових нормальніх напружень на загальну міцність конструкції.

4. У третьому розділі представлена розроблена модель розрахунку жорсткого дорожнього одягу мостів з композитною арматурою. Проте, слід було більш детально описати вплив напруженого-деформованого стану прогонової будови на експлуатаційні характеристики дорожнього покриття.

5. Автору слід було б роз'яснити, якими мають бути вихідні дані плити прогонової будови мосту для використання удосконаленого методу розрахунку жорсткого дорожнього одягу, посиленого композитним армуванням, на практиці.

6. В практичних рекомендаціях до розробленого методу не вказано, чи можна застосовувати запропонований метод розрахунку жорсткого дорожнього одягу з композитною арматурою для мостів з металевими балками прогонових будов.

7. На сторінці 93 у тексті помилка у назві на посилання рис. 3.5(в тексті 6.4).

8. На рис.3.8 в матриці даних фізико-механічних характеристик шарів досліджуваної конструкції для шостого шару (захисний шар бетону) прийняте невірне значення коефіцієнта Пуассона.

9. На рис.3.12 відсутнє позначення осей.

10. На стор. 135 відсутній підпис рисунка 4.20.

11. У четвертому розділі дисертаційної роботи виконано прогнозування залишкового ресурсу моста армованого FRP композитом в Аналітичній експертній системі управління мостами для техніко-економічного обґрунтування застосування композитних матеріалів при капітальному ремонті та реконструкції. Проте, слід було б при визначенні економічного ефекту врахувати вартість ремонтно-відновлювальних заходів та їх трудомісткість при застосуванні композитної арматури в порівнянні зі сталевою.

Заключний висновок

1. Відзначенні зауваження до дисертаційної роботи носять дискусійний характер, не ставлять під сумнів основні результати досліджень і, в переважному випадку, є побажаннями для наступної наукової діяльності автора.

2. Дисертаційна робота Цибульського В.М. на тему «Удосконалення методу розрахунку жорсткого дорожнього одягу мостів з композитною арматурою» є завершеною науковою працею, яка містить наукову новизну та має теоретичне й практичне значення. У дисертаційній роботі отримано нові науково-обґрунтовані результати, що у сукупності вирішують важливе науково-практичне завдання щодо побудови моделі розрахунку армобетонних конструктивних елементів мостів та удосконалення методу розрахунку жорсткого дорожнього одягу мостів з композитною арматурою на різних типах прогонових будовах.

3. Отримані теоретичні результати дозволяють зробити висновок про

відповідність дисертаційної роботи Цибульського В.М. паспорту спеціальності 05.22.11 – «автомобільні шляхи та аеродроми», зокрема, пункту 8 - Конструювання, розрахунок дорожніх і аеродромних покриттів та пункту 10 - Теорія і методи проектування штучних споруд на автомобільних шляхах.

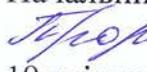
4. Матеріал, що наведений в дисертації, за актуальністю, науковою новизною, практичною цінністю, об'ємом і глибиною досліджень відповідає вимогам пунктів 9, 11, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 щодо кандидатських дисертацій, а її автор Цибульський Віталій Миколайович –заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.11 – «автомобільні шляхи та аеродроми».

Професор кафедри автомобільних доріг
та аеродромів Одеської державної академії
будівництва та архітектури, д.т.н., проф.


A.V. Мішутін

Підпис професора кафедри автомобільних доріг та аеродромів Одеської державної академії будівництва та архітектури, Заслуженого діяча науки і техніки України, д.т.н., професора Мішутіна Андрія Володимировича засвідчує.

Начальник відділу кадрів


19 квітня 2021 р.




M.I. Заріцька

С.О. Пробалко