

Прийнято до спеціалізованої
вченої ради PhD 10438

Відгук

офіційного опонента,

25.08.2025р.

доцента кафедри будівництва, геотехніки і геомеханіки

НТУ «Дніпровська політехніка»,

кандидата технічних наук, доцента Іванової Ганни Павлівни

на дисертаційну роботу Співака Дмитра Сергійовича

«Раціональні розрізні ферменні прогонові будови їздою поверху із

використанням трубобетону»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія,

галузь знань 19 – Архітектура та будівництво

Голова

спеціалізованої

вченої ради

д.т.н., професор

Актуальність теми дисертаційної роботи

Бенніков Д.О.

Використання трубобетону у ферменних прогонових будовах із їздою поверху є перспективним напрямом, що поєднує переваги сталі та бетону – високу несучу здатність, жорсткість та зменшує вагу конструкції. Це дозволяє реалізовувати проєкти швидше та з меншими затратами. Особливого значення набуває пошук ефективних і економічно доцільних конструкцій мостів в умовах післявоєнного відновлення транспортної інфраструктури України.

Попри наявний позитивний світовий досвід, в Україні відсутня усталена практика проєктування трубобетонних ферм та належне нормативне забезпечення. Це стримує впровадження інноваційних конструкцій, хоча прийняття адаптованих Єврокодів створює підґрунтя для уніфікації інженерних підходів і гармонізації з європейськими стандартами. На цьому тлі особливої цінності набувають розробки, спрямовані на формування конкретних рекомендацій із проєктування трубобетонних прогонових будов з урахуванням вітчизняних умов.

Конструкції з їздою поверху характеризуються низкою експлуатаційних і архітектурних переваг – підвищеною жорсткістю, раціональним використанням простору, естетичною привабливістю. Це робить їх особливо придатними для застосування в міському середовищі та на автомобільних дорогах. Поєднання таких конструктивних рішень із трубобетонними фермами створює передумови для розширення проєктних можливостей і підвищення якості мостових споруд.

Розрізні схеми ферм мають високу технологічність, зручність у виготовленні та монтажі, що є надзвичайно важливим за умов обмеженого

доступу до будівельного майданчика або потреби в оперативному введенні об'єктів в експлуатацію. Водночас вони забезпечують високу конструктивну гнучкість, що дає змогу реалізовувати інженерно обгрунтовані рішення в складних умовах.

Наявні дослідження трубобетонних елементів переважно зосереджені на коротких стрижневих елементах, таких як колони. Проте робота довгих елементів у складі ферм вивчена недостатньо, що створює наукову прогалину в галузі. Враховуючи це, запропоноване дисертаційне дослідження є своєчасним і має важливе значення для розробки нових конструкцій та вдосконалення методів їх проектування, що сприятиме підвищенню техніко-економічного рівня мостів в Україні.

Наукова новизна і практичне значення

Наукова новизна отриманих результатів сформульована Співаком Д. С. у вигляді трьох наукових положень:

1. Вперше у дослідженні трубобетонних ферменних прогонових будов з їздою поверху здійснено комплексне врахування навантажень згідно з чинними будівельними нормами України, зокрема автодорожніх моделей АК і НК та залізничної моделі СК, з поділом за категоріями автомобільних доріг і кількістю смуг руху. Такий підхід дозволив створити адаптовану до національних умов систему дослідження, що забезпечує підвищену точність розрахунків напружено-деформованого стану для реальних умов експлуатації в країні.

2. Розроблено алгоритм автоматизованого підбору трубобетонних перерізів, реалізований на основі взаємодії середовищ Mathcad та ЛІРА-САПР. Вперше даними засобами було реалізовано послідовний алгоритм, що охоплює побудову розрахункових схем, їх розрахунок методом скінченних елементів, аналіз ліній впливу та оцінку ефективності конструктивних рішень за чітко визначеним критерієм трубобетонних прогонових будов.

3. Запропонована система оцінки ефективності перерізів трубобетонних елементів дає змогу враховувати одночасну зміну розмірів перерізів і фізико-механічних характеристик матеріалів у процесі оптимізації.

Практичне значення полягає у створенні ефективної методики проєктування трубобетонних ферм прогонових будов з урахуванням вітчизняних нормативів навантаження та застосування положень Єврокодів для розрахунку трубобетонних елементів. Запропонований підхід забезпечує автоматизацію процесу підбору оптимальних поперечних перерізів, що сприяє зниженню матеріаломісткості конструкцій, трудомісткості проєктування та трудовитрат.

Зв'язок дисертаційної роботи

з науковими програмами, планами, темами

В тексті дисертаційної роботи вказано, що вона виконана відповідно до тематики науково-дослідних робіт Українського державного університету науки і технологій (УДУНТ) (до грудня 2021 року – Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ)), а саме держбюджетної науково-дослідної робіт (НДР) «Наукове обґрунтування конструкцій підземних споруд подвійного призначення з урахуванням спеціального сполучення навантажень» (номер державної реєстрації 0125U001545). Автором здійснено участь у розробленні спеціальних сполучень навантажень, що більш адекватно відтворюють реальні умови експлуатації конструкцій. Отримані наукові результати сприяють практичній реалізації положень державної наукової програми, орієнтованої на підвищення рівня безпеки та адаптивності інфраструктурних об'єктів до актуальних експлуатаційних викликів.

Аналіз змісту дисертаційної роботи

Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів основної частини, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг – 155

сторінок, з них 94 сторінок основного тексту, 96 рисунків на 37 сторінках, 14 таблиць на 6 сторінках, список використаних джерел з 77 назв на 9 сторінках.

Дисертаційна робота написана науковим стилем, який дозволяє її просте прочитання та сприйняття. Структура дисертації має чітку логіку, яка відображає сформульовані **завдання дослідження**:

1. Проаналізувати фізико-механічні властивості трубобетону, визначити його конструктивні переваги та обґрунтувати доцільність застосування в фермах прогонових будов мостів.

2. Встановити сучасні конструктивні рішення трубобетонних мостів та типові конфігурації ферм, що застосовуються у прогонових будовах з їздою зверху; розглянути реалізовані проєкти, їх конструктивні схеми та експлуатаційні характеристики.

3. Розробити методику та алгоритм пошуку раціональних параметрів решітчастих трубобетонних прогонових будов на основі критерію ефективності; визначити принципи варіантного проєктування, критерії ефективності та відбору варіантів схем.

4. Ідентифікувати основні типи навантажень відповідно до вимог будівельних норм України, що діють на трубобетонні ферми, включаючи постійні, тимчасові автодорожні (моделі АК і НК) та залізничні (модель СК) навантаження.

5. Розробити та реалізувати методику поєднання чисельних методів із методом скінченних елементів з метою отримання ліній впливу внутрішніх зусиль у стержневих елементах розрахункових схем.

6. Сформувати бази даних матеріалів і перерізів сталевих труб відповідно до чинних будівельних норм України та розробити систему автоматизованого підбору трубобетонних поперечних перерізів на основі методики чинних Єврокодів.

7. Провести параметричний аналіз впливу геометричних характеристик ферм на їхню конструктивну ефективність.

8. Сформувати узагальнені рекомендації щодо вибору раціональних конструктивних схем трубобетонних прогонових будов мостів з урахуванням типу навантаження та техніко-економічної ефективності.

У **вступі** дисертації чітко викладено сутність наукової задачі, яка в ній вирішується, наведено інформацію про зв'язок з науковими програмами, планами, темами, об'єкт, предмет та методи дослідження, а також дані про наукову новизну, практичну значимість, особистий внесок здобувача та апробацію матеріалів дисертації.

В **першому розділі** дисертації автор обґрунтовує доцільність застосування трубобетонних ферм у мостобудуванні, зосереджуючи увагу на їх конструктивних, технологічних та експлуатаційних перевагах. Автор доводить, що трубобетон як композитний матеріал забезпечує високу несучу здатність і жорсткість при зниженій масі конструкції та економії матеріалів. Особливо підкреслюється ефективність ферм із верхнім розташуванням проїзної частини, що відповідає сучасним вимогам міського середовища. Здійснено критичний огляд чинних нормативних документів, виявлено їхню обмеженість у частині трубобетонних конструкцій, що обґрунтовує доцільність орієнтації на положення Єврокоду 4. Визначено потребу в комплексному підході до оптимізації геометричних параметрів та вузлів ферм, а також окреслено перспективний напрям подальших досліджень із використанням математичних методів для формування типових проєктних рішень.

В **другому розділі** автором здійснено вагомий внесок у розробку інструментального апарату для аналізу трубобетонних розрізних ферменних прогонових будов з їздою поверху. Запропоновано автоматизований алгоритм у середовищі Mathcad, який у поєднанні з ЛІРА-САПР забезпечує ефективне геометричне та чисельне моделювання без потреби в трудомісткому ручному втручанні на ітераційних етапах. Розроблена система дозволяє не лише визначати внутрішні зусилля та їх комбінації, а й формувати узагальнену матрицю максимальних зусиль для кожного елемента ферми, що є підґрунтям для обґрунтованого вибору перерізів у наступних етапах проєктування.

В третьому розділі подано реалізацію розрахункового алгоритму в середовищі Mathcad, де представлено проміжні результати підбору перерізів трубобетонних елементів за Єврокодом 4. Представлено приклади виконання розрахунків, проміжні дані та кінцеві результати, які свідчать про правильність і працездатність запропонованого підходу. Показано, як змінюється складність та обсяг обчислень залежно від кількості вхідних даних і обмежень. Запропонована форма розрахунку є гнучкою та придатною до подальшого використання і адаптації в інженерній практиці.

В четвертому розділі дисертації проведено оцінку ефективності варіантів ферменних конструкцій із трубобетонними елементами з урахуванням різних типів навантажень і геометричних параметрів. Представлено підхід до оцінювання раціональних розмірів конструкцій із використанням спеціальних коефіцієнтів, які забезпечують більш об'єктивне порівняння варіантів. Показано залежність ефективності від таких чинників, як висота ферми, довжина прогону, кількість панелей і тип навантаження. Наведено рекомендації щодо доцільної кількості площин у фермах та орієнтовні межі геометричних співвідношень для різних типорозмірів.

У висновках чітко та структуровано, в залежності від сформульованих завдань дисертації, викладено основні наукові результати, отримані автором; в списку використаних джерел наявні матеріали останніх десятиліть, англomовні та україномовні видання відповідають темі дисертації та повно демонструють різноманітність підходів до науково-технічної задачі, що вирішена в дисертації; матеріалів, що опубліковані в країні-агресорі, не виявлено.

Аналіз публікування результатів дисертаційної роботи

За темою дисертації на тему «Раціональні розрізні ферменні прогонові будови їздою поверху із використанням трубобетону» Співаком Д. С. опубліковано 7 наукових публікацій, що повно розкривають основний зміст дисертаційної роботи та є апробацією результатів, отриманих при підготовці

дисертаційної роботи, з яких 3 фахові статті в журналах категорії «Б», та 4 тези доповідей.

Аналіз опублікування результатів дисертаційної роботи свідчить про те, що у фахових статтях в повній мірі викладено основні наукові результати, отримані Співаком Д. С. В тезах доповідей також викладені важливі наукові результати, які отримали обговорення на міжнародних конференціях і відповідним чином були апробовані.

Зауваження по дисертаційній роботі

1. У таблиці 2.1 наведено діапазони зміни основних геометричних параметрів, але не обґрунтовано вибір саме таких меж (наприклад, мінімальної висоти ферми $H = 1/20 \cdot l_r$). Чи проводилося попереднє дослідження впливу цих меж на точність і повноту пошуку раціональних рішень?

2. У підрозділі 2.2 зазначено, що для підвищення точності ліній впливу згинальних моментів вводилися додаткові вузли, однак для поперечної сили Q залишилася похибка понад 10%. Чи може ця похибка суттєво вплинути на кінцеві результати оптимізації та вибір раціональних параметрів ферми?

3. У розділі 3.1.3 ефективність перерізів оцінюється бальною системою, де вплив сталевोї складової підсилюється вдвічі порівняно з бетонною. Чи виконувалося обґрунтування такого коефіцієнта з урахуванням економічних та конструктивних аспектів?

4. У підрозділі 3.1.7 при визначенні опору на зсув прийнято, що для заповненої бетоном труби без поздовжньої арматури опір бетону на зсув $V_{Rd,c}$ дорівнює нулю (формула 3.41). Чи не призводить це до заниження загального опору перерізу, особливо для труб з високим класом бетону?

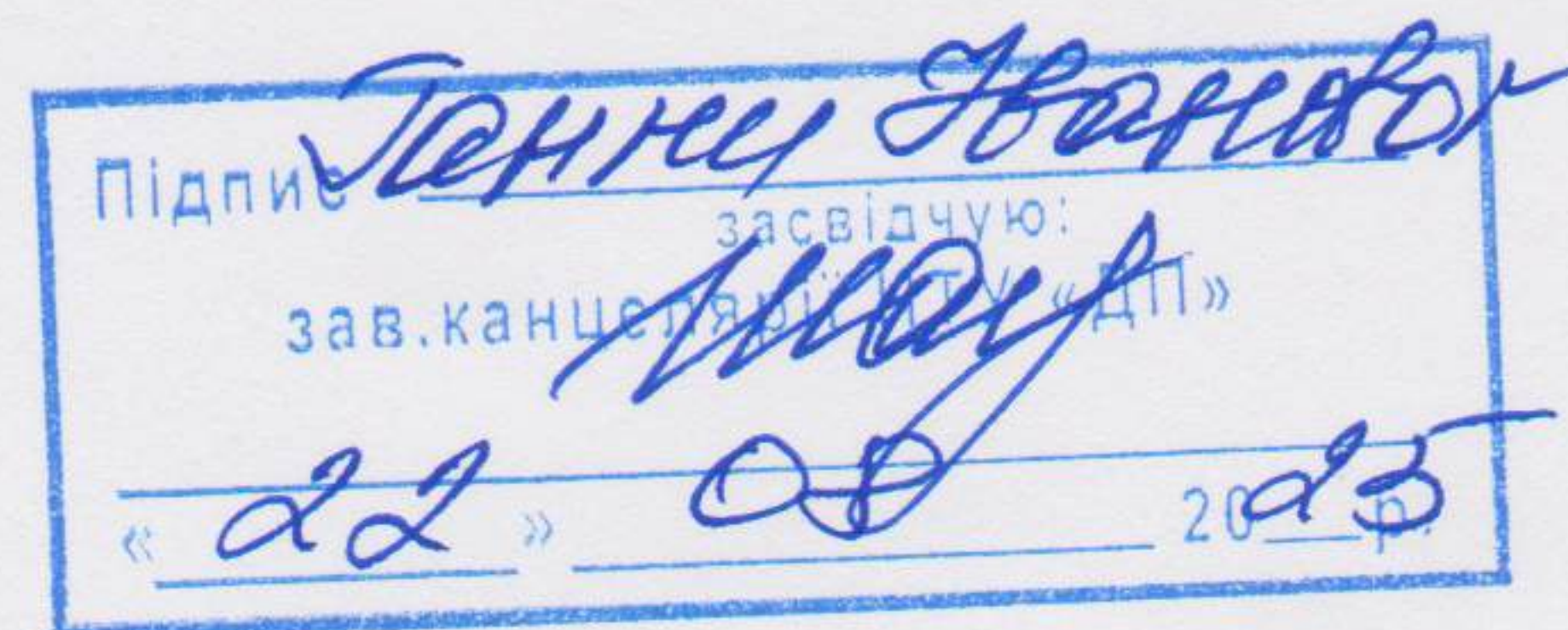
5. У таблиці 4.2 наведені значення H/λ та H/d для різних довжин прогонів, однак не уточнено, чи враховуються у цих рекомендаціях конструктивні обмеження, наприклад, мінімальна товщина стінки труб або допустимі кути нахилу розкосів за нормами?

Загальний висновок по дисертаційній роботі

Дисертаційна робота Співака Дмитра Сергійовича на тему «Рациональні розрізні ферменні прогонові будови їздою поверху із використанням трубобетону» є закінченим дослідженням, в якому отримані нові наукові результати, що дозволили досягти поставленої мети, а саме визначення оптимальних параметрів плоских ферм із трубобетону для розрізних ферменних прогонових будов з урахуванням актуальних транспортних навантажень згідно з чинними державними будівельними нормами України. За актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованістю та практичним значенням здобутих результатів вона повною мірою відповідає змісту спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія»

Дисертаційна робота відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор, Співак Дмитро Сергійович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

Офіційний опонент,
доцент кафедри будівництва,
геотехніки і геомеханіки
НТУ «Дніпровська політехніка»
Міністерства освіти і науки України,
кандидат технічних наук, доцент



Ганна ІВАНОВА