

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Харіна Павла Леонідовича на тему «Удосконалення методу
розрахунку конструкцій нежорсткого дорожнього одягу із геогратками
полімерними жорсткими багатовісноорієнтованими»,**

**представленої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми**

Актуальність теми дисертаційної роботи

З метою підвищення несної здатності покриттів автомобільних доріг у вітчизняній та зарубіжній практиці транспортного будівництва все більшого поширення набувають конструкції дорожнього одягу посилені геосинтетикою. Фізико-механічні характеристики геограток, що застосовуються для посилення конструкцій дорожніх одягів, суттєво відрізняються між собою за видом матеріалу виготовлення (полімер, метал), технологією виготовлення та іншими параметрами (об'ємні або плоскі). Кожен вид геограток має свої переваги і недоліки, але головне, що ефект посилення досягається за рахунок факторів взаємодії зернистих матеріалів шарів дорожнього одягу і геосинтетичного матеріалу, що володіють різною фізичною природою. Проте повноцінний розрахунок конструкції із застосуванням геограток не достатньо вивчений.

Тому розрахунок посилених дорожніх одягів із застосуванням прошарку з геосинтетичного матеріалу проводиться за спрощеними методиками, що обмежує, можливість їх використання для проєктування та конструкцій.

Актуальність теми дисертаційної роботи Харіна Павла Леонідовича, спрямованої на подальше, глибше вивчення закономірностей взаємодії незв'язного шару конструкції дорожнього одягу з геогратками полімерними жорсткими багатовісноорієнтованими та вдосконалення, таким чином, існуючих методів розрахунку посилених конструкцій дорожніх одягів, не викликає сумнівів.

Метою дослідження є розроблення удосконаленого підходу до розрахунку нежорсткого дорожнього одягу із урахуванням посилення незв'язних або слабозв'язних шарів конструкції дорожнього одягу геогратками полімерними жорсткими багатовісноорієнтованими, що базується на урахуванні коефіцієнта посилення, встановленого експериментальними методами.



Для досягнення *мети* дисертаційного дослідження були поставлені та вирішені наступні завдання:

- провести аналіз результатів попередніх досліджень, присвячених застосуванню різних геосинтетичних матеріалів та розрахунку конструкцій нежорстких дорожніх одягів із геосинтетиками;

- виконати дослідження, за результатами яких потрібно: експериментально встановити вплив геограток полімерних жорстких багатовісноорієнтованих на деформаційні характеристики; визначити зміну еквівалентного модуля пружності та несної здатності ґрунту залежно від типу геогратки; оцінити ефективність розподілу напружень у ґрунтовій основі;

- на основі результатів фізичного моделювання розробити математичну модель стабілізації дорожньої конструкції з урахуванням впливу жорстких багатовісноорієнтованих геограток на напружено-деформований стан основи; визначити за допомогою кореляційно-регресійного аналізу коефіцієнт посилення;

- удосконалити інженерну методику розрахунку дорожніх одягів із урахуванням коефіцієнта посилення, яка обґрунтована при застосуванні в новому будівництві та при підсиленні існуючих конструкцій; оцінити економічну ефективність застосування геограток у дорожніх конструкціях.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Основні дослідження теоретичного і прикладного характеру виконані згідно з тематикою науково-дослідних робіт, що виконувались кафедрою транспортного будівництва та управління майном Національного транспортного університету: «Розроблення сучасних методів проектування, будівництва та експлуатації дорожніх конструкцій, транспортних споруд та інженерних мереж земляного полотна» (№ державної реєстрації 0114U006496, 2017 р.; «Удосконалення системи управління станом автомобільних доріг та методів їх оцінки», № державної реєстрації 0116U002491, 2018- 2019 рр.).

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій.

Основні наукові положення, а також висновки та рекомендації, що містяться в дисертації, достатньо обґрунтовані результатами математичного аналізу, натурних експериментальних досліджень на фізичних моделях конструкцій дорожніх одягів, які показали при порівняльному аналізі розрахункових та експериментальних даних, що розходження між ними не перевищує 15%.

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів.

Наукові положення та висновки, що сформульовані в дисертаційній

роботі, є повними і походять з її змісту та відображають наукові результати, отримані здобувачем. Достовірність і обґрунтованість наукових результатів підтверджені узгодженістю теоретичних та імітаційних моделей досліджень, коректною постановкою задач, розробкою адекватних методів і моделей.

Ступінь наукової новизни результатів.

Наукова новизна дисертаційної роботи Харіна П.Л. полягає у наступному:

1. Встановлено, що ефект посилення незв'язного шару досягається за рахунок заклинки зерен щебеню в чарунках геогратки та її здатності сприймати розтягувальні напружки, що виникають в незв'язному шарі при його навантаженні та згинанні;

2. Обґрунтовано необхідні параметри геогратки, що забезпечують заклинку зерен щебеню в осередках і надійність їх механічного зчеплення з елементами посилення.

3. Розроблено нову модель деформування зернистого щебеневого шару, посиленого багатовісноорієнтованою геограткою, в якій посилений щебенекий шар розглядається як багат шарова плита зі змінним за товщиною модулем деформації на пружній основі;

4. Отримано аналітичні вирази для визначення прогину посиленої конструкції дорожнього одягу геогратками;

5. Запропоновано удосконалену методику розрахунку щебенеких основ, посилених геограткою багатовісноорієнтованою, що забезпечує зниження їх пружного прогину.

Оцінка змісту дисертації. Відповідність змісту автореферату основним ідеям та висновкам дисертації.

Дисертаційна робота виконана українською мовою на 194 сторінках основного тексту та складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел із 130 найменувань та містить 5 додатків.

За своєю направленістю, змістом та отриманими результатами дисертація відповідає спеціальності 05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми.

Основні положення роботи доповідалися і обговорювалися на конференціях:

- Всеукраїнській науково – практичній конференції «Застосування новітніх технологій та матеріалів у транспортній інфраструктурі України», місце проведення ДП «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П.Шульгіна» 2015 року, м. Київ;

- Міжнародній науково-технічній конференції «Інтертранспорт – гідротехнічне і транспортне будівництво», 2015 – 2019 рр., м. Одеса;
- Науково-практичній конференції «Проектування та будівництво об'єктів транспортної інфраструктури із застосуванням нових технологій», місце проведення ДП «Укрдіпдор» 2015 р., м. Київ;
- Міжнародному форумі з будівництва, експлуатації та проектування автомобільних доріг і мостів «Автодорекспо» 2016 – 2021 рр., м. Київ;
- Щорічній науково-практичній конференції «Новітні технології в автодорожній галузі», місце проведення «Автомагістраль – Південь», 2017 – 2021 рр., м. Одеса;
- Конференції Львівської політехніки «Архітектура, будівництво, транспорт», 2017 р., м. Львів;
- Науково-практичному семінарі «Актуальні питання проектування автомобільних доріг загального користування», 2019 р., м. Запоріжжя;
- Міжнародній науково-технічній конференції «Гідротехнічне і транспортне будівництво», 2023 р., м. Одеса;
- II Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сталий розвиток інфраструктури авіаційного транспорту: проблеми утримання та відновлення», 2025 р., м. Київ.

Оцінка основного змісту роботи

Вступ містить стислу характеристику та пояснення актуальності обраної теми, визначення мети й завдань дослідження. У вступі розкрито наукову новизну виконаної роботи, представлено основні результати та аргументовано їх практичну значущість із визначенням шляхів впровадження у практику дорожнього будівництва.

Перший розділ присвячений аналізу сучасних методів підвищення ефективності дорожніх конструкцій із використанням геосинтетичних матеріалів, систематизації досвіду вітчизняних і закордонних експериментальних досліджень, а також узагальненню підходів до розрахунку дорожніх одягів із їхнім застосуванням. Відмічено, що існуюча теоретична та нормативна база щодо влаштування дорожніх одягів, посилених геосинтетикою, потребує удосконалення. В діючих нормативних документах на проектування і влаштування не достатньо інформації для прийняття технічних рішень інженерами.

Аналіз показав, що застосування геограток у дорожньому будівництві є актуальним і перспективним напрямом. Водночас існуюча нормативно-технічна база вимагає адаптації з урахуванням особливостей сучасних матеріалів та нових експериментальних даних. Наявні методики розрахунку не повністю гарантують оптимальність проектних рішень, що обґрунтовує необхідність їх подальшого вдосконалення. Включення полімерних жорстких багатовісноорієнтованих геограток у конструкції нежорсткого дорожнього

одягу дозволяє ефективно зменшити товщину шарів засипки без втрати міцнісних показників конструкції, що забезпечує скорочення витрат на будівництво доріг при дотриманні нормативних вимог до їх фізико-механічних властивостей.

Другий розділ містить результати експериментальних випробувань конструкцій нежорсткого дорожнього одягу, що посилені жорсткими полімерними багатовісноорієнтованими геогратками, за умов статичного штапкового навантаження. Дослідження спрямовані на визначення закономірностей роботи дорожніх конструкцій, уточнення їхніх деформаційних характеристик і оцінку ефективності підсилення незв'язних шарів. Для цього було використано метод натурних штапкових випробувань, який дозволяє безпосередньо у польових умовах визначати реальні параметри напружено-деформованого стану та несної здатності дорожнього одягу.

Експериментальна програма реалізовувалася у два послідовні етапи.

Етап №1 Визначення деформативних характеристик посилених і не посилених (традиційних) конструкцій дорожніх одягів.

Програма експериментів охоплювала дослідження дорожніх конструкцій із різними варіантами посилення: традиційні (непідсилені) конструкції; конструкції, посилені геогратками TX 150, TX 160, TX 170.

В якості навантажувального приладу використовувався штамп діаметром 300 мм. У дослідях товщина щебеневого шару змінювалася в межах 10–30 см, а модуль деформації ґрунтової основи – від 5 до 60 МПа.

Коефіцієнт посилення визначався за допомогою експериментально-статистичного підходу, що дозволив: побудувати залежності осідань від величини тиску; отримати значення еквівалентного модуля пружності для посилених конструкцій; дослідити формування чаші прогину; визначити оптимальні характеристики геограток з точки зору ефективності посилення; розробити регресійні моделі на основі кореляційно-регресійного аналізу.

Експериментальними дослідженнями встановлено, що приріст тисків на кожному ступені викликає нерівномірно зростаючий приріст осідання. У посиленої конструкції швидкість збільшення осідань значно знижується зі збільшенням тиску, що прикладається. Цей факт свідчить про здатність геогратки ефективно перерозподіляти навантаження від штамп на більшу площу основи, що призводить до зниження напружень у ґрунтовому масиві та запобігає виникненню випору ґрунту.

На другому етапі дослідження було здійснено виявлення супутніх факторів, які впливають на ефективність посилення конструкцій дорожніх одягів із використанням геограток типів TX 150, TX 160 та TX 170.

В результаті проведених досліджень встановлено, що форми чаші прогину для аналізованих типів геограток змінюються залежно від їх деформативних і міцнісних характеристик.

Кути розподілу тиску від зовнішнього навантаження в дорожньому одязі (для кожного типу геограток) визначалися при однакових осіданнях.

У третьому розділі на основі аналізу натурних і лабораторних експериментів розроблено та запропоновано математичну модель, яка враховує взаємодію посиленних шарів геограткою із ґрунтовою основою, а також уточнену розрахункову схему дорожнього одягу. Запропонована модель відображає особливості перерозподілу напружень у конструкції під дією транспортних навантажень, а також дає змогу кількісно оцінювати вплив параметрів геогратки на конструкцію дорожнього одягу.

У результаті проведених експериментальних досліджень встановлено, що при посиленні конструкцій дорожніх одягів геогратками спостерігається зростання еквівалентного модуля пружності щелевеного шару. Коефіцієнти посилення $K_{\text{пос}}$ для різних типів геограток були визначені на основі аналізу даних натурних штампових випробувань шляхом порівняння величин деформацій (осідань), зафіксованих у посилених і непосилених конструкціях, при однакових навантаженнях.

Додатково встановлено, що завдяки взаємодії геогратки зі щелевеним шаром відбувається підвищення еквівалентного модуля пружності дорожнього одягу. Геогратка забезпечує формування системи з покращеними фізико-механічними властивостями, що проявляється у зростанні загальної жорсткості конструкції. Експериментальні дані натурних штампових випробувань підтверджують цей ефект: у порівнянні з традиційними конструкціями за однакових навантажень спостерігається істотне зниження величин вертикальних осідань.

У четвертому розділі отримані наступні основні показники ефективності використання у конструкціях дорожнього одягу геограток: легкість в роботі, що допускає вільне навантаження, розвантаження та перенесення рулонів геограток; простота конструкцій, що забезпечує швидкість і зручність влаштування та розбирання дорожніх одягів, легкість відновлення та ремонту; можливість механізації процесу укладання; мінімальні об'єми робіт із підготовки земляного полотна; влаштування дорожнього одягу за будь-яких метеорологічних умов.

Розроблено та визначено наступне:

1. Розроблені рекомендації щодо технології зведення дорожніх одягів, посиленних геогратками.

2. Здійснено оцінку економічної ефективності, що показує доцільність застосування геограток у районах зі складними інженерно-геологічними умовами, при дефіциті місцевих дорожньо-будівельних матеріалів, а також в умовах необхідності зведення дорожніх конструкцій у найкоротші терміни.

3. Розроблені основні технологічні операції та технологічні карти для влаштування геограток при будівництві дорожнього одягу.

Визначена економічна ефективність, при влаштуванні дорожнього одягу, яка визначається як різниця витрати вартості традиційних та посилених конструкцій дорожнього одягу.

Автореферат ідентично відображає основний зміст і основні положення дисертаційної роботи. Автореферат оформлено відповідно до вимог п. 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р. (у редакції від 06.09.2016 р.)

Загальні висновки по дисертаційній роботі в повній мірі відображають наукові положення та практичне значення, що отримані автором в ході виконання даних досліджень.

Зауваження та побажання по роботі

1. Дисертаційна робота містить загальновідому інформацію щодо застосування геосинтетичних матеріалів в транспортному будівництві.
2. Звернути увагу на оформлення посилань літератури та інформаційних джерел по тексту дисертації відповідно до вимог.
3. В другому розділі наведені характеристики геограток полімерних жорстких багатовісноорієнтованих марок ТХ 150, ТХ 160, ТХ 170, які експериментально досліджуються. Варто було б винести таблицю 2.1 в окремий додаток.
4. Зазначимо, що за текстом дисертації у значній частині формул відсутні одиниці вимірювання.
5. В четвертому розділі не в повному обсязі розкрито техніко – економічне застосування геограток полімерних жорстких багатовісноорієнтованих.
6. На думку опонента, бажано більш детально проаналізувати існуючі методи та теоретичну базу щодо розрахунків нежорстких дорожніх одягів на міцність за граничними станами та критеріями.
7. Для моделювання напружено-деформованого стану конструкцій дорожніх одягів бажано було б також застосувати метод скінченних елементів.

Дисертація Харіна П.Л. на тему «Удосконалення методу розрахунку конструкцій нежорсткого дорожнього одягу із геогратками полімерними жорсткими багатовісноорієнтованими» є закінченою науково-дослідною роботою, в якій викладено, виконані автором науково обґрунтовані технічні розробки, що забезпечують вирішення важливого прикладного завдання, пов'язаного з удосконаленням існуючої методики проєктування посиленних дорожніх одягів.

Вважаю, що дисертаційна робота Харіна П.Л. є завершеною науковою працею і відповідає паспорту спеціальності 05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної наукової задачі щодо методу посилення конструкцій дорожніх одягів геогратками полімерними жорсткими багатовісноорієнтованими, надає можливість здійснювати раціональне застосування геограток у конструкціях.

Вважаю, що дисертаційна робота Харіна П.Л. відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата наук, а також пп. 9, 11–14 Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми.

Офіційний опонент:

кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри інфраструктури
авіаційного транспорту
Державний університет
«Київський авіаційний інститут»



Олександр ДУБИК

