

**ВІДГУК**

офіційного опонента, доктора технічних наук,  
старшого наукового співробітника Мар'єнкова Миколи Григоровича

на дисертацію **Кравця Івана Богдановича**

**«Методи оцінювання та підвищення несучої здатності неоднорідного земляного  
полотна залізничної колії»**,

представленої на здобуття наукового ступеня «доктор філософії»

за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія

**Актуальність теми дисертаційної роботи.** Однією з актуальних проблем експлуатації залізничної колії є розвиток залишкових деформацій та накопичення дефектів земляного полотна, що веде до зменшення несучої здатності земляного полотна та погіршення геометрії залізничної колії. Від стану залізничної колії залежить безпека і якість вантажних та пасажирських перевезень, крім цього погіршення стану залізничної колії веде до збільшення витрат та ресурсів на поточне утримання. Робота, яка представлена до захисту є актуальною. Оскільки направлена на розробку методів оцінювання несучої здатності земляного полотна, що дає змогу зрозуміти стан неоднорідного земляного полотна, і вже виходячи з отриманих результатів приймати рішення щодо підвищення його несучої здатності.

Тематика дисертації є актуальною, відповідає інтересам транспортної галузі, направлена на вирішення завдань по збільшенню швидкості руху та вантажообігу. Тому роботу Кравця І. Б. можна вважати такою, що відповідає одному з пріоритетних напрямків розвитку транспортної галузі поставлених у Національній транспортній стратегії України та Стратегії АТ «Укрзалізниця» на 2019–2023 роки.

Тому дана наукова робота, що направлена на розробку методів оцінювання та підвищення несучої здатності неоднорідного земляного полотна залізничної колії має науковий та практичний інтерес. Вибраний напрямок досліджень пов'язаний з науково-дослідними роботами, що виконувалися у Дніпровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність.**

Для вирішення поставлених завдань у дисертаційній роботі використано: методи аналізу та синтезу, метод скінченних елементів із використанням програмного комплексу Plaxis 3D.

Теоретичні розрахунки, експериментальні вимірювання і статистичну обробку даних виконано з використанням прикладного програмного забезпечення Matlab.

Для розробки пристрою із визначення ступеня щільності ґрунтів земляного полотна використано сучасні високочастотні мікроконтролери типу L-Card марки E14-140M, трьохосьові акселерометри ADXL 335.

При обробці результатів експериментальних досліджень щільності ґрунтів земляного полотна використано методи цифрової обробки сигналів та програмне забезпечення L-Graf.

Отримані в дисертації основні наукові положення, висновки й рекомендації обґрунтовані та достовірні, оскільки експериментальні дослідження достовірно поставлені та кваліфіковано виконані за участю сучасного лабораторного обладнання науково-дослідного інституту ризиків та безпеки на транспорті Львівської філії Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Сформульовані автором висновки ґрунтуються на отриманих результатах дослідження і не викликають сумніву.

Примітання  
до спеціалізованого  
вченої ради ДФ  
Голова А.Т.Н. проф.  
В.А.Петренко  
30.09.21р.

### **Наукова новизна отриманих результатів**

В результаті теоретичних та експериментальних досліджень, проведених у дисертаційній роботі, автором отримані наступні результати:

– удосконалено аналітичну модель оцінки напружено-деформованого стану неоднорідного земляного полотна, яка на відміну від існуючих методик дозволяє враховувати фізико-механічні властивості ґрунтів і дію динамічного навантаження від рухомого складу;

– вперше розроблено пристрій для проведення інерційних вимірювань ступеня ущільнення ґрунтів неоднорідного земляного полотна;

– вперше запропоновано спосіб підвищення несучої здатності неоднорідного земляного полотна із використанням комбінованого розташування перфорованих труб;

– удосконалено методику моніторингу розвитку деформативності неоднорідного земляного полотна в умовах експлуатації із використанням інерційних вимірювань прискорень в ґрунтах земляного полотна.

### **Практичне значення отриманих результатів**

Практичне значення роботи складають наступні отримані результати, рекомендації та розробки:

– методика оцінки напружено-деформованого стану хворого земляного полотна;

– метод із підвищення несучої здатності дефектного земляного полотна;

– інерційну систему для визначення ступеня щільності ґрунтів земляного полотна.

Отримані у рамках дисертаційної роботи результати знайшли застосування: при виконанні науково-дослідних робіт на кафедрі транспортна інфраструктура ДНУЗТ («Наукове обґрунтування інноваційних технологій відновлення об'єктів транспортної інфраструктури України» (Номер державної реєстрації: 0119U001139)); у навчальному процесі Львівської філії ДНУЗТ; при оцінці несучої здатності хворого земляного полотна на перегоні Підбірці-Борщовичі Підзамчівської дистанції колії Львівської залізниці.

### **Повнота викладення в опублікованих працях основних наукових та прикладних результатів дисертаційної роботи**

Основні положення дисертаційної роботи опубліковано в 13 наукових працях, з котрих 5 у фахових спеціалізованих виданнях України, 2 з яких у виданнях, що індексуються у наукометричній базі Scopus, 1 монографія (розділи), 2 патенти України на корисну модель та 5 тез доповідей у збірниках наукових конференцій, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації. В опублікованих працях повною мірою викладено основні результати досліджень, що отримані в процесі виконання дисертації.

### **Аналіз основного змісту кваліфікаційної наукової праці**

Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та чотирьох додатків. Основний текст роботи викладено на 108 сторінках. Дисертація містить усього 72 рисунки та 18 таблиць. Список літератури із 132 найменувань викладено на 17 сторінках та 4 додатки на 13 сторінках. Повний обсяг дисертації 159 сторінок. Дисертацію оформлено в одному томі.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, формулювання мети, об'єкту та предмету досліджень, відомості про практичне застосування результатів роботи, апробація та публікація матеріалів дослідження.

У першому розділі проаналізовано технічний стан земляного полотна залізничної колії та проблеми забезпечення його міцності у процесі експлуатації. Також проаналізував методи підвищення несучої здатності та моніторингу стану земляного полотна.

Автором запропоновано для підвищення несучої здатності неоднорідного земляного полотна застосування трубчастих дренажів, а пошук дефектних місць земляного полотна та місця встановлення дренажів пропонується виконувати георадіолокаційним методом та методом на основі імпульсного відклику.

Також у даному розділі сформульовані завдання які необхідно розв'язати для досягнення поставленої мети дисертаційного дослідження.

**У другому розділі** описано методику розрахунку динамічних навантажень на баластний шар та земляне полотно від рухомого складу. Дана методика дозволяє враховувати вплив основних факторів, що є важливими при визначенні несучої здатності земляного полотна.

Автором виконано експериментальні дослідження залізничної колії на ділянці із неоднорідним земляним полотном методом інерційних вимірювань прискорень та розрахунок розподілу вертикальних сил дії рухомого складу на рейки для найбільш поширених типів рухомого складу.

При розрахунку розподілу динамічних коливань у тілі земляного полотна враховуються фізичні характеристики різних видів шарів ґрунтів та їх розміри. Із використанням цієї методики отримується інформація щодо загальної динамічної завантаженості земляного полотна, яка в подальшому використовується при визначенні несучої здатності земляного полотна.

**У третьому розділі** розроблено методику для лабораторного визначення ступеня ущільнення земляного полотна на основі інерційних вимірювань прискорень в ґрунтах земляного полотна. Методика дозволяє проводити оцінку ступеня ущільнення земляного полотна у залежності від швидкості поширення пружних хвиль удару.

Проведено експериментальні дослідження визначення швидкості поширення пружних хвиль в однорідному земляному полотні із крупнозернистого піску та неоднорідного земляного полотна із крупнозернистого піску із прошарками глини по висоті поперечного перерізу земляного полотна.

Встановлено характерні особливості розподілу прискорень у тілі насипу однорідного та неоднорідного земляного полотна в залежності від ступеня їх ущільнення, що дозволить проводити моніторинг стану земляного полотна у процесі експлуатації. Оскільки, встановлено, що від ступеня ущільнення ґрунту безпосередньо залежать деформаційні характеристики земляного полотна та технічний стан доріг в цілому.

**У четвертому розділі** запропоновано спосіб підвищення несучої здатності "хворого" земляного полотна залізничної колії шляхом застосування комбінованого розташування дренажних труб у вертикальному та горизонтальному напрямках у конструкції земляного полотна; автором проведено оцінку і дослідження напружено-деформованого стану земляного полотна підсиленого конструкцією трубчастих дренажів методом скінченних елементів.

Розроблено рекомендації з підвищення несучої здатності неоднорідного земляного полотна комбінованим способом укладання конструкції з трубчастих дренажів у тіло насипу іперзволоженого земляного полотна та спосіб завчасного попередження розвитку деформацій доріг шляхом моніторингу розробленим інерційним пристроєм.

Проведено техніко-економічний розрахунок впровадження запропонованого методу вимірювання ступеня щільності ґрунтів земляного полотна.

**Загальні висновки** по дисертаційній роботі у повній мірі відображають одержані наукові результати та відповідають поставленим меті та завданням роботи.

#### **Зауваження по кваліфікаційній роботі**

1. Не зрозуміло, яким чином сформульовано співвідношення (2.3) на стор. 73: на основі міркувань автора чи запозичена з інших досліджень.

2. Автор у розділі 2 наводить методику визначення характеристик міцності ґрунтів і при цьому використовує метод скінченних елементів у плоскій постановці задачі досліджень. Однак автором не наведено методику розбиття на скінченні елементи, способи задання навантажень, способи задання сітки скінченних елементів та ін. Що потребує додаткових пояснень автора дисертаційної роботи.

3. У розділі 3 автором запропонована інерційна система визначення ступеню ущільнення земляного полотна. І всі дослідження проведено у лабораторних умовах. Так виникає запитання з приводу можливості її застосування при оцінці ступеню ущільнення земляного полотна у польових (експлуатаційних) умовах. Чи є така можливість?

4. При дослідженні ступеня ущільнення не зрозуміло як визначається час початку моменту задання імпульсу, і яким чином забезпечується якісний контакт між датчиком та ґрунтовою призмою земляного полотна.

5. В табл. 4.2 бажано було привести значення динамічних напружень та деформацій.

### Загальний висновок

Дисертаційна робота Кравця І. Б. «Методи оцінювання та підвищення несучої здатності неоднорідного земляного полотна залізничної колії» є самостійним науковим дослідженням, в якому отримані нові наукові результати, що в сукупності вирішують поставлені завдання. Дисертація оформлена належним чином, відповідно до вимог МОН України.

Висловлені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку даної дисертаційної роботи і не зменшують ступеня наукової обґрунтованості та достовірності основних результатів і висновків.

Дисертація за актуальністю дослідження, науковим рівнем, обсягом, практичною цінністю і обґрунтованістю наукових положень і результатів, відсутністю порушень академічної доброчесності, повністю відповідає вимогам пп. 9, 10, 11 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. №167 «Тимчасовий порядок присудження ступеня доктора філософії», а її автор – Кравець Іван Богданович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

### Офіційний опонент,

доктор технічних наук,

старший науковий співробітник,

Державне підприємство

«Державний науково-дослідний інститут

будівельних конструкцій» (ДП НДІБК)

Мінрегіону України, м. Київ



М. Г. МАР'ЕНКОВ

Підпис Мар'єнкова М. Г. засвідчую,

заступник директора ДП НДІБК, д.т.н., проф.



Ю. І. НЕМЧИНОВ

1624-48/248  
Від 30.09.2021

Григорій  
ДВ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ  
ВЧЕНОЇ РАДИ ДФ 08.820.010  
Голова А.Т.Н., проф.  
В.Д.Петренко  
30.04.21р.

## ВІДГУК

офіційного опонента, на дисертаційну роботу

### КРАВЦЯ ІВАНА БОГДАНОВИЧА

«Методи оцінювання та підвищення несучої здатності неоднорідного  
земляного полотна залізничної колії»,

представленої на здобуття наукового ступеня «доктор філософії»

за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та чотирьох додатків. Основний текст роботи викладено на 108 сторінках. Дисертація містить усього 72 рисунки та 18 таблиць. Список літератури із 132 найменувань викладено на 17 сторінках та 4 додатки на 13 сторінках. Повний обсяг дисертації 159 сторінок.

#### Актуальність теми дисертаційної роботи.

Найважливішою проблемою для українських залізниць при їх інтеграції у європейську єдину залізничну систему є організація безпечного та безперебійного процесу перевезень вантажів та пасажирів. Підвищення швидкостей руху та збільшення навантаження на вісь, призводить до розвитку залишкових деформацій, і як наслідок зменшення несучої здатності земляного полотна, збільшення кількості ділянок з обмеженнями швидкості, зменшення пропускної здатності. Для швидкого попередження розвитку понаднормативних деформацій земляного полотна в умовах експлуатації потрібні сучасні методи, технічні засоби та пристрої. Тому дисертаційна робота є актуальною і присвячена вирішенню актуальної задачі розробки методів оцінювання та підвищення несучої здатності неоднорідного земляного полотна.

Тематика дисертації, Кравця І. Б., відповідає актуальним напрямам щодо управління експлуатаційною надійністю і довговічністю споруд та конструкцій, зокрема «Про забезпечення надійності та безпечної експлуатації будівель, споруд та інженерних мереж» (Постанові Кабінету Міністрів України від 5 травня 1997 р., № 409), напрямам і завданням державної науково-технічної програми «Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року» (Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30. 05. 2018 р., № 430-р), а також «Стратегії АТ «Укрзалізниця» на період 2019–2023 роки».

Дисертаційні дослідження проведенні в рамках науково-дослідної теми: «Наукове обґрунтування інноваційних технологій відновлення об'єктів транспортної інфраструктури України» (№ ДР 0119U001139).

## **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, основні наукові положення дисертаційної роботи.**

Отримані наукові положення є обґрунтованими та достовірними оскільки експериментальні дослідження поставлені та кваліфіковано виконані за участю сучасного лабораторного обладнання. Для вирішення поставлених завдань у дисертаційній роботі використано: методи аналізу та синтезу, метод скінченних елементів, експериментальне моделювання, натурне випробування.

В результаті теоретичних та експериментальних досліджень, проведених у дисертаційній роботі, автором отримані наступні результати:

1. удосконалено аналітичну модель оцінки напружено-деформованого стану неоднорідного земляного полотна, яка на відміну від існуючих методик дозволяє враховувати фізико-механічні властивості ґрунтів і дію динамічного навантаження від рухомого складу;

2. вперше розроблено пристрій для проведення інерційних вимірювань ступеня ущільнення ґрунтів неоднорідного земляного полотна;

3. запропоновано спосіб підвищення несучої здатності неоднорідного земляного полотна із використанням комбінованого розташування перфорованих труб;

4. удосконалено методику моніторингу розвитку деформативності неоднорідного земляного полотна в умовах експлуатації із використанням інерційних вимірювань прискорень в ґрунтах земляного полотна.

Сформульовані автором висновки ґрунтуються на отриманих результатах дослідження і не викликають сумніву.

### **Практичне значення отриманих результатів**

Практичне значення роботи полягає у розробці методу підвищення несучої здатності дефектного земляного полотна, використання якого дозволить зменшити деформативність земляного полотна та підвищити його міцнісні характеристики. Крім цього розроблено інерційну систему для визначення ступеня щільності ґрунтів земляного полотна, що дозволяє здійснювати моніторинг проблемних ділянок шляхом визначення просторового ущільнення ґрунтів земляного полотна у процесі його експлуатації.

Результати отримані у рамках дисертаційної роботи, були застосовані: при виконанні науково-дослідних робіт на кафедрі транспортна інфраструктура ДНУЗТ («Наукове обґрунтування інноваційних технологій відновлення об'єктів транспортної інфраструктури України» №ДР: 0119U001139); у навчальному процесі ДНУЗТ; при оцінці несучої здатності проблемного земляного полотна на Львівській залізниці.

## **Повнота викладення в опублікованих працях основних наукових та прикладних результатів дисертаційної роботи**

Основні положення дисертаційної роботи опубліковано в 13 наукових працях, з котрих 5 у фахових спеціалізованих виданнях України (категорія Б), 2 з яких у виданнях, що індексуються у наукометричній базі Scopus, 1 монографія (розділи), 2 патенти України на корисну модель та 5 тез доповідей у збірниках наукових конференцій, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації.

### **Аналіз основного змісту кваліфікаційної наукової праці**

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, виконано формулювання мети, об'єкту та предмету досліджень, приведені відомості про практичне застосування результатів роботи, апробація та публікація матеріалів дослідження, поставлені основні завдання дослідження.

У першому розділі виконано аналіз науково-дослідних робіт, які спрямовані на вирішення задачі розробки методів визначення та підвищення несучої здатності неоднорідного земляного полотна в умовах експлуатації. Проведено георадіолокаційні дослідження проблемних ділянок земляного полотна залізничної колії, на основі яких знайдено розподіл характерних ознак неоднорідності земляного полотна у вертикальній площині та межі їх розташування.

На основі проведеного аналізу, автором, запропоновано для підвищення несучої здатності неоднорідного земляного полотна застосування трубчастих дренажів, а пошук дефектних місць земляного полотна та місця встановлення дренажів пропонується виконувати георадіолокаційним методом та методом на основі імпульсного відклику.

У другому розділі виконано експериментальні дослідження залізничної колії на ділянці із неоднорідним земляним полотном методом інерційних вимірювань прискорень. Досліджено, що суттєве вібраційне розладнання виникає у розподілі кута внутрішнього тертя ґрунту та чинить вплив на зменшення питомого зчеплення у суглинку тіла насипу.

Розроблено методику розрахунку динамічних навантажень від транспортних засобів при неоднорідному земляному полотні, яка дозволяє враховувати вплив геометричних нерівностей на рейковій колії на несучу здатність земляного полотна. Із використанням цієї методики отримується інформація щодо загальної динамічної завантаженості земляного полотна, яка в подальшому використовується при визначенні несучої здатності земляного полотна.

У третьому розділі проведено розробку методики для лабораторного визначення ступеня ущільнення земляного полотна на основі інерційних

вимірювань прискорень в ґрунтах земляного полотна у залежності від швидкості поширення пружних хвиль удару.

Проведено експериментальні дослідження земляного полотна, які склалися із послідовності циклів ущільнення ґрунтів земляного полотна та часу проходження пружних хвиль ударів. Експеримент проводили у три цикли на двох моделях. Перша модель – однорідне земляне полотно із крупнозернистого піску, друга модель – неоднорідне земляне полотно із крупнозернистого піску та шаром глини по середині призми.

Встановлено характерні особливості розподілу прискорень у тілі насипу однорідного та неоднорідного земляного полотна в залежності від ступеня їх ущільнення, що дозволить проводити моніторинг стану земляного полотна у процесі експлуатації. Оскільки, встановлено, що від ступеня ущільнення ґрунту безпосередньо залежать деформаційні характеристики земляного полотна та технічний стан доріг вцілому.

У четвертому розділі запропоновано спосіб підвищення несучої здатності земляного полотна залізничної колії шляхом влаштування дренажних конструкцій у місцях проблемного земляного полотна. Також розроблено розрахункову схему та проведено оцінку і дослідження напружено-деформованого стану земляного полотна підсиленого конструкцією трубчастих дренажів методом скінченних елементів.

Автором приведено результати розрахунку деформованого стану земляного полотна із різними варіантами розміщення трубчастих дренажів у земляному полотні колії.

Проведено техніко-економічний розрахунок впровадження запропонованого методу вимірювання ступеня щільності ґрунтів земляного полотна.

Кваліфікаційна праця завершується загальними висновками, які відповідають меті та завданням дослідження.

### **Зауваження по кваліфікаційній роботі**

1. Чи можна покращити фізико-механічні характеристики проблемного місця земляного полотна шляхом нагнітання бетонного розчину? Цікавим напрямом подальших досліджень підвищення несучої здатності технічно несправного земляного полотна є застосування різних полімерних матеріалів.

2. На рис. 3.7 та рис. 3.8 автором отримано прискорення хвиль удару в однорідному та неоднорідному земляному полотні відповідно. Проте не зрозуміло, як із графіків побачити момент удару і відповідно від цього часу відраховувати час поширення хвилі удару, оскільки є пояснення тільки по циклах ударів, але нічого не зазначається про момент удару. Також не



зрозуміло чим можна пояснити швидке затухання хвилі поширення удару? Є один стрибок і далі хвиля різко затухає.

3. На рис. 3.10 автором наводяться результати поширення пружної хвилі удару в неоднорідному земляному полотні. Виникає запитання, чи робив автор співставлення отриманих результатів із результатами інших авторів, наприклад таких вчених, як Ульф Гербер, Сисин Микола, Фішер та ін.

4. Не зрозуміло чи були проведені дослідження напружено-деформованого стану земляного полотна із використанням труб різної форми поперечного перетину.

### **Загальний висновок**

Зауваження, які наведені вище, не знижують якість роботи і не порушують основні її положення та наукову новизну і практичну цінність, а отже, й загальну високу оцінку.

Дисертаційна робота Кравця Івана «Методи оцінювання та підвищення несучої здатності неоднорідного земляного полотна залізничної колії» є завершеним, самостійним науковим дослідженням, в якому отримані нові наукові результати, що в сукупності вирішують поставлені завдання. Дисертація оформлена належним чином, відповідно до вимог МОН України.

Дисертація за актуальністю дослідження, науковим рівнем, обсягом, практичною цінністю і обґрунтованістю наукових положень і результатів, відсутністю порушень академічної доброчесності, повністю відповідає вимогам пп. 9, 10, 11 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. №167 «Тимчасовий порядок присудження ступеня доктора філософії», а здобувач заслуговує на присудження ступеня «доктор філософії» зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

### **Офіційний опонент,**

доцент кафедри «Будівельне виробництво»

Інституту будівництва та інженерних систем,

НУ «Львівська політехніка»

кандидат технічних наук, доцент

Богдан ПАРНЕТА

