

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію Лейбука Ярослава Сергійовича
«Дослідження впливу інерційних характеристик колії на процеси взаємодії з
рухомим складом»,
представленої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.22.06 – залізнична колія

На підставі вивчення дисертації та автореферату Я.С. Лейбука можна
зазначити наступне.

1 Актуальність теми дисертації

Процеси взаємодії залізничної колії та рухомого складу багато в чому
обумовлюють прийняття відповідних організаційно-технічних рішень на етапах
проектування, будівництва, експлуатації та реконструкції залізничних ліній і
безпосередньо впливають на один з основних показників роботи залізничного
транспорту – безпеку руху. Різноманіття експлуатаційних умов, динамічний
характер впливу рухомого складу на колію і особливо неоднорідність фізико-
механічних характеристик баластного шару та нижньої будови колії свідчать
про складність процесів взаємодії залізничної колії і рухомого складу. Тому при
вивченні цього питання завжди виникала необхідність у вирішенні
багатофакторних задач з великою кількістю невідомих. Крім того, необхідно
враховувати, що фактори впливу на процеси взаємодії є змінними у часі і
просторі. До одного з таких факторів і відноситься приведена маси залізничної
колії. На теперішній час результати попередніх досліджень за цим напрямком, в
своїй переважній більшості, не в повній мірі відповідають вимогам щодо
розрахунків залізничної колії при сучасних умовах її експлуатації на
магістральних залізницях України, особливо приймаючи до уваги перспективи
підвищення швидкостей руху. Тому тема дисертаційної роботи безперечно є
актуальною.

Напрямок досліджень пов'язаний з виконанням науково-дослідних робіт
в Українському державному університеті залізничного транспорту, в яких

дисертант приймав безпосередню участь у якості співвиконавця окремих розділів:

- «Теоретичні та експериментальні дослідження впливу електрокорозійного і напружено-деформованого стану залізничних споруд і колій на їх надійність і безпеку руху» (№ ДР 0113U001031).
- «Теоретичні дослідження можливості експлуатації пружного проміжного рейкового скріплення типу КПП-5 українського виробництва при швидкостях руху більше 160 км/год» (№ ДР 01207U103523).
- «Аналітичний огляд організаційно-технічних заходів при впровадженні перспективних елементів верхньої будови колії» (№ ДР 0121U109192).

2 Обґрунтованість наукових положень і достовірність отриманих результатів

Всі наукові положення, висновки і рекомендації, які сформульовані в дисертації, є в достатній мірі обґрунтованими і достовірними, що обумовлено коректністю постановки й розв'язання поставлених задач. Достовірність наукових результатів обумовлена використанням надійних незалежних методів теоретичних та експериментальних досліджень, в тому числі основних положень теорії пружності, будівельної та теоретичної механіки, методів розрахунку залізничної колії на міцність та стійкість, що підтверджується узгодженістю між собою теоретичних та експериментальних даних досліджень.

3 Наукова новизна отриманих результатів, що визначає рівень кандидатської дисертації полягає у наступному:

- Вперше величина приведеної маси залізничної колії визначена з урахуванням поширення напружень (відповідних динамічних деформацій) у півпросторі залізничної колії, який залучений до взаємодії з рухомим складом.
- Удосконалено математичну модель по визначенню сил взаємодії рухомого складу і залізничної колії на дискретній підрейковій

основі з нелінійними пружно-дисипативними характеристиками за рахунок введення в модель інерційних характеристик колії.

- Доповнено теоретичні підходи по визначенню приведених мас баластного шару, земляного полотна і залізничної колії в цілому, що дозволило врахувати вплив окремих конструктивних параметрів залізничної колії та швидкостей руху на її приведену масу.

4 Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що отримані в роботі результати створюють передумови для оцінки можливості підвищення швидкостей на ділянках прискореного руху АТ «Укрзалізниця», а також дозволяють більш точно визначати напружений стан залізничної колії, зокрема при введенні в експлуатацію на магістральних залізницях України нових типів рухомого складу та конструкцій колії. Крім того, результати дослідження використовуються в навчальному процесі Українського державного університету залізничного транспорту при підготовці фахівців освітнього рівня «магістр» спеціальності 273 «Залізничний транспорт» за освітньою програмою «Залізничні споруди та колійне господарство».

Практичне впровадження результатів дисертаційної роботи підтверджується актами, які надано в «Додатку В».

5 Повнота викладу наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях.

Основні результати дисертаційних досліджень опубліковано у 12 наукових працях, з яких: 3 статті у виданнях інших держав, які входять до Організації економічного співробітництва та Європейського союзу, з яких 2 – індексуються в міжнародній наукометричній базі Scopus; 4 статті у виданнях, що входять до переліку фахових видань України та 5 праць апробаційного характеру. Результати дисертаційних досліджень доповідались і отримали схвалення на п'яти міжнародних науково-технічних конференціях, засіданні кафедри «Залізнична колія і транспортні споруди» (м. Харків, 23 листопада 2020 р.) та міжвузівському семінарі Українського державного університету залізничного транспорту щодо апробації результатів дисертаційних досліджень (18 лютого 2021 р.)

Наведений перелік публікацій та їх зміст відповідають темі дисертації і в достатньому обсязі відображають основні положення і наукові результати, що отримані в роботі.

6 Оцінка змісту дисертації і її завершеності

Представлена до захисту дисертація написана українською мовою складається із вступу, чотирьох розділів, основних висновків, списку використаних джерел із 138 найменувань на 14 сторінках, містить 153 сторінок основного тексту, 45 рисунків, 15 таблиць, 3 додатка.

Обсяг основного тексту, структура дисертації, порядок викладення та оформлення матеріалу у дисертації та авторефераті дисертації відповідає вимогам МОН України.

Дисертація Я.С. Лейбука є завершеною науковою роботою, що виконана на актуальну тему з послідовним викладенням матеріалу. Автореферат достатньою мірою відображає основні положення дисертації і вони є ідентичними за змістом.

У вступі автор обґрунтовує актуальність проблеми, визначає мету і задачі досліджень, приводить основні наукові положення і результати, що винесені на захист, а також зазначає практичне значення результатів роботи, апробацію і публікацію матеріалів досліджень.

У першому розділі наведені результати аналізу розвитку теорії взаємодії залізничної колії з рухомим складом. Автором зазначає, що на теперішній час існує широкий спектр засобів для математичного моделювання процесів взаємодії залізничної колії та рухомого складу. Наприклад, можливе використання комбінацій моделей, які побудовані на плоских розрахункових схемах статичної рівноваги між деформацією об'єкта та сили, що прикладена до нього, або просторових систем на базі розрахункових схем динамічної рівноваги на основі принципу Лагранжа-д'Аламбера. Також одним з висновків проведеного автором аналізу можна вважати факт поступового відходу від використання в математичних моделях розрахункової схеми залізничної колії у вигляді балки на суцільній пружній основі. В якості альтернативи можливе

використання просторових моделей, в яких залізнична колія розглядається як балка, що спирається на окремі опори з нелінійними пружно-дисипативними характеристиками. Виходячи з чого, в рамках даного дослідження автором було прийнято рішення використовувати комплекс математичних моделей просторової динамічної системи «екіпаж-колія», основи якої були розроблені для умов залізниць незагального користування проф. О.М. Даренським, з урахуванням дискретності підрейкової основи, а також нелінійності її пружно-дисипативних характеристик.

В другому розділі відповідно до завдань даного дослідження, автором було внесено відповідні зміни в математичну модель просторової динамічної системи «екіпаж-колія» проф. О.М. Даренського, яка була розроблена для умов промислового залізничного транспорту. Виходячи з перспектив підвищення швидкостей по окремих напрямках магістральних залізниць України, в якості розрахункових одиниць рухомого складу в роботі обрано пасажирські електропоїзди EJ675 («Skoda»), HRCS2 («Hyundai Rotem»), ЕКр-1 (ПАО «КВСЗ»), які експлуатуються на ділянках прискореного руху АТ «Укрзалізниця». Однією з ключових особливостей цих типів рухомого складу, яку було враховано в роботі, була наявність двохступеневого ресорного підвішування. Як базову, було прийнято схему чотиривісного екіпажа з урахуванням кінетичних та силових зв'язків між його елементами, зокрема реакцій комплектів першого та другого ступенів ресорного підвішування. Кузов і частини візка вважаються твердими тілами. Вертикальні силові й кінематичні зв'язки підсистем «екіпаж» і «колія» подані з урахуванням одностороннього зв'язку колеса і рейки, пружної й дисипативних реакцій колії. Враховано можливість руху по колії коліс, що мають дисбаланс, нерівномірність прокату та повзуни і створюють ударні сили у стиках. Рейки розглядаються як балки, що спираються на окремі опори, які мають просторові пружно-дисипативні властивості. Для врахування приведеної маси залізничної колії автором було розглянуто її вимушені коливання по довжині у відповідний момент часу під дією зовнішнього вертикального навантаження, що змінюється по гармонійному закону. Отримане в роботі рішення диференційного рівняння

вертикальних переміщень рейки, враховує не тільки пружні (геометричні) характеристики підрейкових опор, а також і масу залізничної колії, яка бере участь у процесі вимушених коливань під дією зовнішніх навантажень.

У третьому розділі розроблені теоретичні підходи щодо визначення приведеної маси залізничної колії. Для цього відповідно до задач даного дослідження було адаптовано математичну модель напружено-деформованого стану залізничної колії, яка була розроблена проф. Д.М. Курганом, на основі динамічної задачі теорії пружності. Одним з базових елементів у вищезгаданій моделі є визначення геометрії поширення напружень (і відповідних деформацій) у півпросторі залізничної колії від дії зовнішнього навантаження (колів рухомого складу). Розроблений та внесений в математичну модель відповідний розрахунковий модуль, дозволив визначати приведені до точки контакту з колесом маси рейкошпальної решітки та підшпальної основи, що у підсумку і дало змогу теоретично визначити величину приведеної маси залізничної колії для різних співвідношень фізико-механічних характеристик підшпальної основи та конструктивних складових верхньої будови колії. Для перевірки адекватності теоретичних положень було проведено експериментальні роботи по вимірюванню вертикальних прискорень в елементах залізничної колії на п'яти діючих ділянках регіональної філії «Південна залізниця». В якості джерела коливань було використано динамічний стабілізатор колії ДСП-С4. Для вимірювання прискорень автором було розроблено пристрій на базі акселерометра ADXL345 з використанням мікроконтролера AVR ATmega328P. Достатній обсяг вихідних даних, дозволив автору визначити середні екстремальні значення прискорень в елементах залізничної колії, а існуючий математичний апарат по визначенню приведеної маси залізничної колії, як в діючих коліях, так і в лабораторних умовах, дав змогу остаточно визначити цю величину, виходячи з отриманих даних експериментів. Розбіжність між експериментальними та отриманими раніше теоретичними значеннями величини приведеної маси залізничної колії складає до 8%, що свідчить про коректність запропонованих в роботі теоретичних положень.

У четвертому розділі наведено результати, проведених автором числових досліджень, по визначенню рівня вертикальних сил взаємодії залізничної колії та електропоїздів Екр1, HRCS2 та EJ675. З метою встановлення впливу приведеної маси залізничної колії на величину сил у вертикальній площині вихідні дані було розбито на дві групи. Єдиною відмінністю проведення розрахунків для варіантів першої групи (у порівнянні з другою) було відключення відповідних обчислювальних модулів для визначення приведеної маси залізничної колії. Всі інші вихідні дані були повністю ідентичними. В результаті проведених розрахунків були отримані величини вертикальних сил взаємодії для обраних рухомих одиниць в діапазоні швидкостей від 100 до 160 км/год., як із урахуванням приведеної маси залізничної колії, так і без неї. Розрахунки показали, що приведена маса залізничної колії чине вплив на величину вертикальних сил взаємодії з рухомих складом. Встановлено загальне зменшення величини цих сил для всіх обраних типів електропоїздів. Мінімальне зменшення для всього діапазону швидкостей зафіксоване для електропоїзда HRCS2 (4-12%), максимальне – для Екр1 (7-17%).

Загальні висновки по дисертаційній роботі достатньою мірою відображають отримані наукові результати. Проведені в роботі теоретичні та експериментальні дослідження дозволили вирішити актуальну науково-технічну задачу по встановленню впливу приведеної маси колії на рівень сил взаємодії залізничної колії і рухомого складу у вертикальній площині в експлуатаційних умовах магістральних залізниць.

Впровадження результатів роботи підтверджено відповідними актами від служби колії регіональної філії «Південна залізниця», Харківським відділенням філії «Проектно-вишукувальний інститут залізничного транспорту» АТ «Укрзалізниця» і від Українського державного університету залізничного транспорту.

7 Зауваження щодо змісту та оформлення дисертації і автореферату

1. З назви дисертації можна зрозуміти, що мова йде про процеси взаємодії *саме колії* з рухомих складом, однак доцільно було б про це зазначити в темі

дисертації, виклавши фразу «...на процеси взаємодії...» у вигляді «...на процеси її взаємодії...».

2. В роботі не зазначено, чому для проведення досліджень було обрано модель залізничної колії на дискретних опорах, а не загально прийняту, де рейка розглядається, як балка безмежної довжини на суцільній пружній основі.

3. Окрім двохступеневого ресорного підвішування існує ще ряд інших особливостей в конструкції електропоїздів ЕКр-1, НРCS2, EJ675 (наприклад гасники коливань), які не було враховано. Виходячи з цього, чи можна вважати повністю достовірними результати проведених в роботі розрахунків сил взаємодії?

4. В запропонованій математичній моделі системи «екіпаж – рейкова колія» розглядається рух екіпажів тільки при постійній швидкості, таким чином не врахована дія поздовжніх інерційних сил на колію.

5. З попереднього питання логічно витікає наступне зауваження, про неможливість повноцінного урахування в запропонованій математичній моделі особливостей температурної роботи плітей безстикової колії.

6. Доцільно зазначити, як розраховані вертикальні сили впливу вибраних для розрахунку екіпажів підтверджені експериментальними вимірюваннями.

7. Бажано було б почути від автора зв'язок закону збереження енергії зі зменшенням вертикальних сил впливу рухомого складу на колію при збільшенні швидкостей руху поїздів.

8. Як відомо, сила ваги пов'язана з масою, однак це не тотожні величини. Тому не варто вимірювати приведену масу в одиницях сили (кН). Ці зауваження стосуються як дисертації так і автореферату.

9. Вимірювання прискорень здійснювалось розробленим пристроєм. Яка участь автора у розробці цього пристрою і чи пройшов пристрій калібровку?

10. В роботі доцільно було б навести розрахунок орієнтовної техніко-економічної ефективності впровадження отриманих результатів.

Висновок

Зауваження, які наведені вище, не знижують значимість роботи і не порушують основні її положення, не зменшують її наукову новизну та практичну цінність.

Автореферат повною мірою відображає зміст дисертаційної роботи. Дисертаційна робота «Дослідження впливу інерційних характеристик колії на процеси взаємодії з рухомим складом» є завершеною науковою працею, зміст якої відповідає паспорту спеціальності 05.22.06 – залізничний транспорт. Актуальність, ступінь обґрунтованості наукових положень та практична значимість проведених досліджень дозволяють зробити висновок про відповідність даної роботи вимогам Департаменту атестації кадрів Міністерства освіти і науки України щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата наук, а її автор, Лейбук Ярослав Сергійович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.06 – залізнична колія.

Офіційний опонент,

директор навчально-наукового центру

розвитку професійної освіти, доцент

кафедри транспортної інфраструктури

Дніпровського національного університету

залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна

кандидат технічних наук, доцент



