

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертацію Тулея Юзефа Леонідовича «Раціоналізація норм улаштування рейкової колії в кривих малих радіусів для підвищення ресурсів роботи рейок», представленої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.06 – залізнична колія

### **1 Актуальність теми дисертації**

Протяжність кривих ділянок колії з радіусами 450 м та менше не перевищує 8% розгорнутої довжини головних та станційних колій магістральних залізниць України. Аналізуючи стан верхньої будови колії можна зробити висновок, що близько 40 % рейок, які мають дефекти контактнo-втомного походження на поверхні кочення, в тому числі боковий знос головок рейок, знаходяться саме в таких кривих. В той же час використання дорогих заходів (рубрикація, застосування терміцнозміцнених рейок) для боротьби з такими дефектами не завжди дають позитивний результат. Тому визначення причин високої інтенсивності розвитку дефектів контактнo-втомного походження, у тому числі бокового зносу головок рейок, та розробка заходів, які реально сповільнять такі процеси в кривих ділянках колії малих радіусів, є важливим і актуальним завданням. Його вирішення забезпечить підвищення термінів служби рейок, скоротить потребу в них та затрати праці при поточному утриманні й дасть значний економічний ефект.

Дана робота пов'язана з виконанням науково-дослідних робіт в Українському державному університеті залізничного транспорту у 2008–2017 рр., в яких дисертант приймав безпосередню участь.

### **2 Обґрунтованість наукових положень і достовірність отриманих результатів**

Всі наукові положення, висновки і рекомендації, одержані в дисертаційній роботі, є обґрунтованими і достовірними. Вони отримані на основі використання методів і прийомів наукових досліджень, які базуються на принципах системності і включають: комплексний підхід до вирішення проблеми підвищення ресурсів роботи рейок в кривих ділянках колії малих радіусів; використання відомих аналітичних методів теоретичної й будівельної

механіки; моделювання роботи рейкової колії з урахуванням дискретної підрейкової основи в умовах магістральних залізниць.

Достовірність результатів підтверджується задовільною збіжністю теоретичних і експериментальних даних досліджень, результати добре узгоджуються з даними інших дослідників.

### **3 Наукова новизна отриманих результатів**

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

1. Набули подальшого розвитку моделі й методи розрахунків взаємодії рухомого складу і колії при застосуванні загальної розрахункової схеми колії у вигляді балок, що спираються на пружно-дисипативні опори з нелінійними характеристиками. Використання математичної моделі дозволило враховувати додаткові динамічні сили, викликані дискретністю підрейкової основи і нелінійністю характеристик рейкових опор.

2. Адаптовано до умов магістральних залізниць математичну модель просторової динамічної системи «екіпаж–колія» за рахунок використання математичної моделі коливань балки на багатьох пружно-дисипативних опорах, що дозволило наблизити результати розрахунків за моделлю до отриманих в експерименті.

3. На основі теоретичних та експериментальних досліджень вперше встановлено для умов магістральних залізниць просторові жорсткості дев'яти типів рейкових скріплень, що дозволяє виконувати прогностичну оцінку змін цих жорсткостей під час експлуатації колії.

4. Для умов магістральних залізниць України вперше чисельними методами з використанням запропонованих математичних моделей встановлено рівень горизонтальних поперечних сил та визначено вплив на ці сили параметрів улаштування, експлуатації колії та режимів ведення поїздів.

5. Розроблено рекомендації стосовно улаштування і особливостей експлуатації колії в кривих малих радіусів, що дозволяє зменшити інтенсивність зносу і пошкоджуваність рейок за різними дефектами до 40 %.

**4 Практичне значення отриманих результатів** дисертаційної роботи полягає у наступному:

1. Адаптована до умов магістральних залізниць математична модель динамічної системи «екіпаж–колія», яку доведено до програмного продукту, дозволяє безпосередньо використовувати її для розрахунку сил взаємодії рухомого складу і колії, в тому числі в кривих малих радіусів.

2. Результати досліджень дисертаційної роботи дозволили розробити й надати рекомендації щодо утримання рейкової колії в плані та рейкових стиків у кривих малих радіусів.

3. Застосування результатів досліджень дозволяє поліпшити технічний стан залізничних колій у кривих малих радіусів, забезпечувати безпеку руху поїздів та сприяти скороченню витрат на поточне утримання й ремонти колії.

4. Одержані в дисертаційній роботі наукові положення та результати були використані в науково-дослідних роботах «Розробка теорії та методів оптимізації несучих конструкцій транспортних споруд» (номер державної реєстрації 0110U002127) та «Теоретичні та експериментальні дослідження впливу електрокорозійного і напружено-деформованого стику залізничних споруд і колій на їх надійність і безпеку руху» (номер державної реєстрації 0113U001031).

5. Одержані в дисертації результати використовуються під час викладання дисциплін «Колійне господарство» та «Організація і планування колійного господарства в умовах обмежених ресурсів», в курсовому та дипломному проектуванні при підготовці фахівців за освітньою програмою “Залізничні споруди та колійне господарство” в Українському державному університеті залізничного транспорту.

Практичне впровадження результатів дисертаційної роботи підтверджено відповідними актами, наданими в додатках до дисертації.

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

Основний зміст дисертаційної роботи опубліковано у 11 наукових працях, з яких 8 статей у фахових виданнях, рекомендованих МОН України, в тому числі 7 у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз, з яких 1 –

в Scopus; 1 публікація апробаційного характеру у матеріалах конференції, що індексуються в Scopus; 1 – тези доповідей на конференції; 1 – додаткова публікація. Основні положення і результати дисертаційних досліджень доповідались на 6-ти міжнародних науково-практичних конференціях, а також на міжкафедральному науковому семінарі кафедр «Залізнична колія та колійне господарство», «Будівельні, колійні та вантажо-розвантажувальні машини», «Будівельні матеріали, конструкції та споруди», «Будівельна механіка та гідравліка» Українського державного університету залізничного транспорту.

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**

Дисертація є завершеною науковою роботою, яка виконана на актуальну тему, написана українською мовою, грамотно з послідовним викладенням матеріалу.

Автореферат достатньою мірою відображає основні положення дисертації і вони є ідентичними за змістом.

Представлена до захисту дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Повний обсяг складає 200 сторінок друкованого тексту, в тому числі 170 сторінок основного тексту, 60 рисунків, 25 таблиць, 165 найменувань літератури на 17 сторінках.

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

**У вступі** обґрунтовано актуальність поставленого завдання, визначено мету і задачі досліджень, приведені основні наукові положення і результати, що винесені на захист, а також зазначено практичне значення результатів роботи, апробацію й публікацію матеріалів досліджень.

**Перший розділ** присвячений аналізу особливості взаємодії колії й рухомого складу у кривих малих радіусів ( $R < 450$  м) та існуючих проблем підвищення ресурсів роботи рейок на цих ділянках. Зроблено висновок, що причинами інтенсивності технічних відмов колії внаслідок бічного зносу рейок

та інших дефектів контактнo-втомного походження на поверхні кочення у кривих малих радіусів  $\epsilon$ , насамперед, вплив вантажних вагонів. Зазначено, що ключовим завданням є розробка заходів, що дозволять істотно зменшити інтенсивність технічних відмов колії при русі рухомого складу в несприятливих умовах взаємодії в кривих ділянках колії малого радіусу, а також пошук методів і засобів, що дозволять з великою точністю розкрити сутність і перебіг динамічних процесів під час руху поїздів.

**У другому розділі** роботи автором було розглянуто і прийнято принципи вибору розрахункової схеми у вигляді просторової схеми 4-вісного вантажного вагону й побудови математичної моделі динамічної системи «екіпаж–колія». Розглянуто кінематичні і силові зв'язки між елементами підсистеми «екіпаж». Враховано нелінійні сили сухого тертя у фрикційних погашувачах коливань, можливості спирання кузова як на п'ятник так і на ковзуни та вплив поздовжніх сил в рухомому складі (сили тяги і гальмування) в першу чергу в кривих ділянках колії. При визначенні умов контакту коліс і рейок в горизонтальній площині враховано можливість появи як псевдо ковзання, так і дійсного сухого тертя. Визначено умови виникнення і величину нелінійних направляючих сил з урахуванням жорсткості рейкової нитки при її вигині і крученні. Враховано вплив на горизонтальні поперечні сили підуклонки рейок і підвищення зовнішньої рейки в кривій. Одержано розрахункові рівняння визначення кінематичного зв'язку коліс і рейок при русі екіпажу по колії, що складається з прямої ділянки, перехідної і кругових кривих.

**Третій розділ** присвячено експериментальним дослідження пружних характеристик і жорсткостей проміжних скріплень в лабораторних і польових умовах. Розглянуто формування просторової жорсткості рейкових опор, формування просторової жорсткості найбільш розповсюджених типів проміжних рейкових скріплень для залізобетонних і дерев'яних шпал. Одержано розрахункові рівняння, які дозволяють визначати просторову жорсткість скріплень при динамічній дії рухомого складу на колію. Встановлено перелік параметрів пружних елементів проміжних скріплень, що формує їх просторову жорсткість, та залежність їх зміни в процесі експлуатації. Визначено експлуатаційні характеристики колії, що впливають на просторові

жорсткості скріплень і шпал. Виконано експериментальні дослідження пружних характеристик залізобетонних і дерев'яних шпал при їх навантаженні в колії вертикальними і горизонтальними поперечними силами. Встановлені значення відповідних жорсткостей шпал, а також залежність зміни просторової жорсткості шпал в різних умовах експлуатації колії. На підставі виконаних досліджень отримано значення жорсткостей рейкових опор при залізобетонних і при дерев'яних шпалах у вертикальній, горизонтальній поперечній площинах і при крученні рейки. Встановлено залежності змін цих параметрів залізничної колії з часом.

**Четвертий розділ** висвітлює виконані розрахунки із застосуванням комп'ютерної реалізації моделі динамічної системи «екіпаж–колія», які дозволяють оцінити динамічні параметри, що визначають боковий знос рейок і їх ураженість дефектами контактно-втомного походження в кривих малих радіусів. Встановлено тісний зв'язок фактору зносу з кривизною рейок в колії; вплив ширини колії на динамічні процеси взаємодії колії і рухомого складу в кривих; вплив рекуперативного та службового гальмувань на збільшення бокового зносу; вплив конструкції підрейкової основи на динамічні процеси взаємодії колії і розрахункового вагону в кругових кривих для різних типів скріплень. Для підтвердження адекватності моделей і методів при виконанні розрахунків динамічних параметрів дії рухомого складу на колію в кривих малих радіусів було використано результати експериментальних робіт, що були проведені кафедрою «Колія та колійне господарство» УкрДУЗТ. Розроблено практичні рекомендації з улаштування та особливостям експлуатації колії в кривих малих радіусів, які дозволять знизити боковий знос рейок та їх пошкодження іншими видами дефектів.

**Загальні висновки** стисло та у повній мірі відображають отримані наукові положення дисертаційної роботи. На підставі досліджень горизонтальних поперечних сил із використанням математичної моделі просторової динамічної системи «екіпаж–колія», що були виконані автором дисертації, розроблено наукові підходи до вирішення поставленого завдання – підвищення ресурсів роботи рейок в кривих малих радіусів за рахунок розроблених рекомендацій щодо утримання колії.

Розроблену раніше математичну модель просторової динамічної системи «екіпаж–колія» було адаптовано до умов магістральних залізниць за рахунок використання математичної моделі коливань колії як балки на багатьох опорах із пружно-дисипативними характеристиками. Отримала подальший розвиток концепція багатосарової підрейкової основи для визначення просторових жорсткостей рейкових опор на дерев'яних і залізобетонних шпалах для різних типів проміжних скріплень. Встановлено вплив конструкції підрейкової основи, величини радіусів кривих, ширини колії, нерівностей колії в плані та режимів руху поїздів на рівень горизонтальних поперечних сил і на сумарний фактор зносу рейок. Проведені експериментальні роботи в польових умовах при русі досліджуваного рухомого складу, який мав точно визначені характеристики (осьові навантаження і швидкості руху), показали добру збіжність із даними теоретичних розрахунків – в межах 8,5 %.

За результатами проведених досліджень розроблено практичні рекомендації відносно улаштування й особливостей експлуатації колії в кривих малих радіусів, що дозволить зменшити інтенсивність бокового зносу рейок і знизити їх пошкоджуваність іншими видами дефектів.

## **7 Зауваження щодо змісту та оформлення дисертації і автореферату**

1. Для аналізу існуючого стану питання пов'язаного з розробкою норм устрою і утримання колії і рухомого складу автор дисертації використав більше 50-ти праць вітчизняних і закордонних фахівців, які припадають на період 40–90-х років минулого століття і робить висновок, що в роботах не використовувались методи дослідження, які дозволяють кількісно оцінювати вплив цих норм на механічні наслідки їх використання. Це не зовсім вірно, якщо поширити аналіз на сучасні роботи початку XXI століття.

2. У другому розділі розглянута модель 4-х вісного вантажного вагона. Автор обґрунтовує вибір тим, що це «основна частина силового впливу на колію». Можна погодитись, що це найбільша за кількістю одиниць рухомого складу, що обертається, однак щодо силового впливу, то найбільшу дію при вписуванні будуть мати локомотиви з 3-х вісними візками.

3. Автор вказує, що за основу прийнята модель взаємодії вантажного вагона і колії проф. О. М. Даренського для задач промислового транспорту з

відповідними доповненнями для виконання розрахунків для магістральних колій малого радіусу. Зрозуміло, що для цільного сприйняття наводиться повний математичний опис моделі, однак було б бажано чітко відокремити зміни, внесені безпосередньо автором роботи.

4. В розділі 2.1 сказано, що «Поздовжні сили, які діють на колію від рухомого складу (гальмівні сили, сили тяги), безпосередньо в математичній моделі не враховуються. Проте їх розрахунок проводиться по спеціальній блок-схемі (розділ 2.11). Але розділ з таким номером в роботі відсутній.

5. Основна система диференціальних рівнянь (формула (2.1)) складена для постійного значення швидкості руху. В деяких варіантах подальших розрахунків (п. 4.4) враховується зміна режимів руху, наприклад, гальмування, однак не вказано, як саме враховується змінна швидкість при математичному опрацюванні системи диференціальних рівнянь.

6. Більшість варіантних розрахунків (4-й розділ) було зроблено для такого співвідношення параметрів колії і швидкості руху, яке відповідає непогашеному прискоренню  $0,4 \text{ м/с}^2$ . Виникає питання, чому при нормативному значенню для вантажних поїздів  $0,3 \text{ м/с}^2$  було прийнято значення з запасом в  $1/3$ .

7. Як зазначає автор дисертації, найбільше підвищення фактору бокового зносу спостерігалось в перехідних кривих (в місцях удару гребенів об рейки), але в варіантних розрахунках (4-й розділ) не вказано, якою приймається довжина перехідних кривих – параметр, який має суттєвий вплив на динаміку проходження кривої ділянки.

8. В 4-му розділі для врахування характеристик горизонтальної нерівності пропонується ввести такий параметр, як «радіус сумарної кривої» (формула (4.6)), напевно по аналогії з приведеним радіусом для суміжних кривих. Однак така пропозиція не достатньо обґрунтована, і її доцільність визиває сумніви, тому що обрис локальної нерівності не є геометричним колом, а якщо мати на увазі мінімальний радіус (як пропонує автор), то максимальна силова взаємодія не обов'язково буде співпадати з піком нерівності, що неодноразово доводилось в багатьох дослідженнях.



9. Експериментальна перевірка адекватності розробленої моделі (п. 4.6) зроблена на основі дослідних поїздок поїзду з завантаженими платформами. Однак попередні розрахунки зроблено для вантажного напіввагону. Не зрозуміло, чи вносились в модель відповідні зміни і якщо так, то які саме.

10. В роботі вказано, що «розбіжність між розрахунковими і експериментальними значеннями знаходяться в межах 8,5%». Для наявності порівняння на рис. 4.9. показано розрахункові й експериментальні значення горизонтальних поперечних сил для різних швидкостей руху. Однак, результати експериментальних вимірювань сил (точніше напружень, за якими вони пораховані) самі по собі будуть мати певний діапазон розкиду значень. Тому незрозуміло, які саме «експериментальні значення» обрано для порівняння з теоретичними – середні, максимально вірогідні, максимально спостережені.

11. У загальному висновку під номером 2 сказано, що існуючі практичні методи розрахунків колії не дозволяють визначити реальні значення горизонтальних поперечних сил, але не надано пояснень, які саме методи автор мав на увазі і на скільки більшу похибку вони надають у порівнянні з запропонованою моделлю.

12. В тексті дисертації мають місце окремі описки й неточності, наприклад:

- на сторінці 10, у пункті 3 зазначено, що «наведено результати досліджень просторових жорсткостей рейкових опор». Але досліджено було не опори, а дев'ять типів скріплення на рейкових опорах;

- на рис. 1.1, відсутні позначення по осям графіка;

- у таблиці 1.2 швидкості руху, напевно, відповідають пасажирським/вантажним поїздам, а не навпаки.

- в табл. 3.1 в колонці «профіль» одиниці виміру ухилів помилково вказані в %, а потрібно в ‰.

- у списку використаних джерел під номером 65 невірно написано прізвище Віктора Федоровича Ушкалова.

Наведені зауваження не зменшують значення наукової роботи і не знижують загальну позитивну оцінку дисертації. В цілому матеріал дисертації й автореферату викладено грамотно, правильною технічною мовою і оформлено згідно вимог ДАК України.

## Висновок

Дисертаційна робота Тулея Юзефа Леонідовича на тему «Раціоналізація норм улаштування рейкової колії в кривих малих радіусів для підвищення ресурсів роботи рейок» є самостійною і завершеною науковою працею, в якій отримані нові науково-обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують поставлене завдання.

Дисертаційна робота відповідає вимогам ДАК України «Про порядок присудження наукових ступенів і присвоєння вчених звань», а її автор, Тулей Юзеф Леонідович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.06 – залізнична колія.

Офіційний опонент:

завідувач кафедри проектування і будівництва доріг

Дніпропетровського національного університету

залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна,

доктор технічних наук, професор

