

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію Гаврилова Максима Олексійовича «Удосконалення технології виправки залізничної колії в плані й поздовжньому профілі», представленій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук в спеціалізовану вчену раду Д 08.820.01 при Дніпровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за спеціальністю 05.22.06 – залізнична колія

Дисертаційна робота складається із анотації українською й англійською мовами, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг роботи становить 275 сторінок друкованого тексту, з них основний текст на 160 сторінках, 114 рисунків, 20 таблиць та список літератури з 145 найменувань подано на 20 сторінках, 8 додатків на 63 сторінках.

Дисертація виконана здобувачем на кафедрі «Транспортна інфраструктура» Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна Міністерства освіти і науки України.

Актуальність теми дисертації. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Роботу виконано відповідно до Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року, яка відповідає положенням Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, а також відповідно до прогнозної Програми оновлення рухомого складу на період до 2021 року.

У зв'язку з впровадженням на залізницях України прискореного й швидкісного руху поїздів необхідно забезпечувати безпеку, плавність і комфортабельність їзди особливо в кривих ділянках колії.

На сьогодні за відсутності достатнього фінансування та інших об'єктивних причин роботи з утримання залізничної колії не виконуються в повному обсязі, тому більшої уваги заслуговують проекти капітальних ремонтів і реконструкція колії з використанням високопродуктивних виправно-підбивно-рихтувальних машин із забезпеченням економічної ефективності автоматизації робіт з виправки колії.

Удосконаленню технології виправки залізничної колії в плані й поздовжньому профілі присвячена представлена дисертаційна робота. Отже, з урахуванням вище викладеного, тему дисертації слід вважати актуальною.

Обраний напрямок досліджень пов'язаний з виконанням 4-х науково-дослідних робіт на замовлення АТ «Укрзалізниця» і МОН України, в яких здобувач був виконавцем і автором окремих розділів у звітах: «Розробка наукових основ і техніко-економічне обґрунтування етапів впровадження швидкісного й високошвидкісного руху поїздів в Україні» (№ ДР 0114U002549), «Визначення основних напрямків реконструкції й розвитку мережі залізниць України для її інтеграції у європейську транспортну систему (№ ДР 0117U006811), Науково-технічне забезпечення сталого розвитку залізничних перевезень в міжнародному сполученні «Україна-

Євросоюз» (№ ДР 0117U004391), Техніко-економічна оцінка варіантів перетину кордонів при зміні ширини залізничної колії (№ ДР 0120U102980).

Обраний напрямок досліджень пов'язаний також з підвищенням кваліфікації здобувача під час міжнародного стажування на науково-практичній практиці «Принципи впровадження сучасних технологій на залізничному транспорті» для період з 4 березня 2019 року по 30 травня 2019 року. Варшава, Інститут колейництва.

Тема дисертації відповідає галузевій програмі модернізації колійного господарства та організації швидкісного руху поїздів на основних напрямках міжнародних транспортних коридорів.

Оцінка змісту дисертації.

У вступі автор обґрунтовує актуальність наукової проблеми обраної для дисертаційної роботи, формулює мету і задачі досліджень, відображає наукову новизну роботи і її практичне значення, приводить основні наукові положення і результати, що винесені на захист. Не викликають заперечень сформульовані в роботі цілі, задачі і методи досліджень, які відповідають направленості роботи і дозволяють досягти науково-обґрунтованих і правильних результатів.

У першому розділі проаналізовано технології виправки залізничної колії з використанням сучасних колійних машин. Проаналізовано та наведено три основні концепції виправки колії виправно-підбивно-рихтувальними машинами на залізницях України. Показано, що питаннями виправки колії займалися як вітчизняні, так і закордонні фахівці, досліджуючи різні напрямки цієї проблеми. Але досить широке вивчення здобувачем кола питань, пов'язаних з технологією виправки залізничної колії в плані й поздовжньому профілі, не виявило існуючого комплексного науково-технічного обґрунтування впровадження інноваційних технологій виправки залізничної колії в Україні. Тому в дисертаційному дослідженні було приділено увагу детальному аналізу щодо виправки залізничної колії з використанням вітчизняних ВПР машинами, дослідженням існуючих методів і принципів зйомки плану та поздовжнього профілю залізничної колії.

У другому розділі досліджено існуючі методи зйомки плану та поздовжнього профілю залізничної колії. Зроблено порівняльний аналіз одинадцяти методів зйомки колії та визначено, що найбільш ефективними є метод зйомки колієвимірвальним вагоном, метод зйомки виправно-підбивно-рихтувальними машинами, метод зйомки з використанням GPS датчиків і зйомки з використанням колієвимірвальних візків. При цьому ефективність обраних методів підсилюється тим, що при їх застосуванні одночасно ведеться зйомка плану й поздовжнього профілю залізничної колії.

Можна погодитись з автором, що підвищення точності зйомки плану й поздовжнього профілю можливо при використанні спеціальних реперних систем.

У третьому розділі викладено результати аналізу існуючих автоматизованих систем виправки плану й поздовжнього профілю

залізничної колії. Визначено, що більшість систем виправки залізничної колії машинами типу ВПР працюють на базі однохордової системи, яка є базовою для зйомки і рихтування колії в плані триточковим та чотириточковим методами.

До теперішнього часу при побудові математичної моделі плану колії використовується некоректне припущення, яке полягає в тому, що три сусідні точки кривої лежать на колі. На такому принципі – методі «згладжування» побудована робота виправно-підйомно-рихтувальних машин. В результаті виконання рихтувальних робіт з метою зменшення обсягів зсувів крива не відповідає вихідним паспортним даним (може перетворитися з одно радіусної в багато радіусну).

Ця проблема набула особливого загострення в останні роки, коли виникла необхідність підвищення швидкостей руху поїздів, при яких створена геометрія колії за її положенням (наявність довгих нерівностей колії і невідповідність проектному положенню) є стримуючим фактором розвитку залізничного транспорту в цьому напрямку, що вимагає розв'язання задачі модернізації існуючих методів на підставі впровадження автоматизованих систем зйомки, розрахунку і виправки колії в плані й поздовжньому профілі.

Слушним є те, що здобувач на основі проведеного дослідження обґрунтував необхідність використання сплайнів для математичного опису плану існуючої колії, яка найкращим чином підходить для розрахунків кривизни, нормалей і координат проміжних точок та реалізована здобувачем в автоматизованій системі виправки кривих в плані й поздовжньому профілі.

Одним з ключових є **четвертий розділ дисертації**, в якому розроблена математична модель для удосконалення системи управління машинізованою виправкою колії в поздовжньому профілі. Слід погодитись, що необхідність такої моделі зумовлена тим що, існуючі методи розрахунку виправки колії призначені для виправки її тільки в плані.

Для моделювання обрису профіля були розглянуті різні поліноми. За результатами досліджень встановлено, що оптимальною математичною моделлю, яка описує положення залізничної колії в профілі, є поліном згладжування по п'яти точках.

Значним надбанням є те, що для урахування можливих обмежень при виправленні поздовжнього профілю здобувачем були розроблені алгоритми розрахунку поправок, які стали складовою математичного інструменту розрахунку виправки залізничної колії в поздовжньому профілі та були залучені до автоматизованої системи виправки колії в плані й поздовжньому профілі у вигляді модуля комп'ютерної програми.

У п'ятому розділі викладені результати експериментальних досліджень геометричного положення залізничної колії в профілі.

Використання розробленого математичного інструмента дозволило розраховувати необхідну виправку колії в поздовжньому профілі для отримання її нової геометрії.

Оцінка точності виправки колії в поздовжньому профілі проводилась на підставі порівняння контрольньо-вимірювального заїзду та розрахункової моделі. В дисертації (рис. 5.15-5.18) і в авторефераті (рис.8) наведено суміщені графіки розрахункової моделі виправки колії в профілі, контрольних вимірювань машиною ВПР та різниці між ними, які підтверджують адекватність моделі.

Наукові підходи, використані в математичній моделі, дозволили скоротити роботу машин у «вікно», спростити роботу обслуговуючого персоналу, встановити раціональні параметри кривих при виправці і, що дуже важливо, створити інформаційну базу параметрів колії.

З використанням запропонованого методу були вирішені задачі з виправки ділянок колії на окремих перегонах регіональних філій: Павлопілля – Лошкарівка (РФ «Придніпровська залізниця»), Дубове-Близнюки (РФ «Південна залізниця»), Дарниця-Бортничі (РФ «Південно-Західна залізниця»), Ожидів-Заболотці (РФ «Львівська залізниця»).

Зауваження щодо змісту і оформлення дисертації і автореферату.

Розділ 1. У висновках на с. 47 дисертації сказано, що системи виправки, які встановлюються на модернізовані машини радянського виробництва, слід розглядати як тимчасове рішення, адже їх механіка не дозволяє виявляти і виправляти довгі нерівності колії, але не надано розгорнутих пропозицій щодо рішень на перспективу, наприклад, виконання робіт з реконструкції колії із застосуванням глобальних навігаційних супутникових систем.

Розділ 2.

1. В проєктних організаціях зйомку кривих виконують способом І. В. Гонікберга. При оцінці способу Гонікберга на с. 55 дисертації сказано, що стоянки теодоліта призначають через 100-120 м при радіусах кривих більше 400 м і через 60-80 м – при менших радіусах. Слід зазначити, що в цьому способі основним інструментом, яким вимірюються кути повороту, є теодоліт, а тому призначаючи довжину хорд необхідно враховувати точність інструмента.

2. У авторефераті при описі другого розділу сказано, що автором зроблено порівняльний аналіз одинадцяти методів зйомки колії та визначені найбільш ефективні (с. 7 автореферату), але не зрозуміло за якими параметрами визначена ефективність цих методів.

Розділ 3.

1. Здобувач констатує, що на першому етапі досліджень були вивчені технологія і параметри роботи важких колійних машин ВПР, ВПРС і ВПО (с. 83). Норми часу [137], на які посилається здобувач, передбачають використання машин ВПР-1200, ВПР-02, ВПРС-500, ВПРС-02, але в дисертації розглядається модернізація тільки ВПР-02. Чи можливо автоматизовану систему керування (АСК) з інтегрованим програмним комплексом розрахунків виправки колії, що впроваджена на машинах ВПР використовувати на інших машинах?

2. На підставі результатів дослідження (с. 83-93) виявлено, що невід'ємними складовими системи виправлення колії є триточковий, чотириточковий, «згладжування» та прецизійний методи виправки колії, які функціонально взаємопов'язані, і дозволяють отримувати досить достовірні дані для автоматизації процесу із застосуванням вітчизняних ВПР. Відомо, що при застосуванні метода «згладжування» крива після рихтування може не відповідати вихідним паспортним даним – з одноградусної може стати багаторадіусною. Здобувач не вказує на недолік цього методу.

Розділ 4.

1. Здобувач використовує методикау опису геометрії кривих (с. 128) за допомогою поліномів згладжування для декількох варіантів поліномів: лінійне згладжування по трьох, п'яти і семи точках, а для встановлення найбільш раціональної математичної моделі використовує коефіцієнт згладжування. На наш погляд саме лінійне згладжування і оцінка варіантів за вказаним коефіцієнтом потребує відповідного обґрунтування.

2. У четвертому розділі при аналізі схеми алгоритму згладжування вертикальних стріл було включено розрахунок масиву «чистих» підйомок (рис. 4.11, с. 135), який використовувався для подальшого контролю максимальної підйомки. При цьому автор використовує термін «Функція перевірки чистих підйомок», який потребує більш детального пояснення.

3. Для встановлення найбільш раціональної математичної моделі, яка описує положення залізничної колії в профілі та оцінки її адекватності, здобувач обрав коефіцієнт згладжування. Автор стверджує (с. 131), що функція з максимальним коефіцієнтом згладжування є оптимальною та найбільш адекватною для розрахунку «згладжування» положення залізничної колії в профілі. Слід було надати пояснення, чому оцінка адекватності обраної математичної моделі виконувалась саме за цим коефіцієнтом.

4. У висновку на с. 160 здобувач констатує, що розроблено модуль для розрахунку виправки колії в поздовжньому профілі, застосування якого на основі комбінаторного принципу в автоматизованій системі управління машинізованою виправкою колії дозволяє значно розширити можливості досягнення стану колії необхідного для впровадження високошвидкісного руху. Слід відмітити, що мова про високошвидкісний рух може йти тільки при будівництві залізниці на новій трасі. У даному випадку слід було написати «швидкісного руху (161-200 км/год)», що можна забезпечити на окремих ділянках існуючої залізниці.

Розділ 5.

1. В розділі 5 на с. 186 здобувач вказує, що впровадження запропонованих заходів щодо виправлення залізничної колії в плані й поздовжньому профілі дають можливість знизити в середньому на 15% трудовитрати й енергоресурси на виконання робіт, підвищити плавність і комфортабельність їзди. Але застосування автоматизованої системи керування (АСК) з інтегрованим програмним комплексом розрахунків виправки колії на машинах ВПР потребує певних капітальних витрат. Бажано

було б дати економічну оцінку щодо модернізації машин та навести термін окупності витрат на модернізацію.

2. Наукові підходи, використані в математичній моделі, дозволили скоротити роботу машин у «вікно» (с. 187). Відомо, що можуть бути короткі за часом і довготривалі вікна. Але здобувач не наводить розрахунку потрібного «вікна» для виконання робіт з виправки залізничної колії в плані й профілі.

3. В таблиці 5.1 «Результати експериментальних досліджень на залізничних перегонах Укрзалізниці» наводиться крива радіусом 5590 м без перехідних і підвищення зовнішньої рейки. Допустима швидкість по цій кривій до виправки вказана в таблиці 45 км/год, після виправки – 142 км/год. Слід було надати пояснення, чому встановлена така низька швидкість до виправки і за рахунок чого швидкість після виправки кривої збільшилась в три рази.

Відмітимо, що зазначені зауваження не знижують загальної позитивної оцінки дисертації, не зменшують її наукової та практичної цінності.

На підставі аналізу змісту дисертації можна зробити наступні висновки.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновки і рекомендації.

Вважаю, що наукові положення в достатній мірі обґрунтовані, що обумовлено коректністю постановки і розв'язання поставлених завдань, які базуються на принципах системності і включають одночасне виконання теоретичних і експериментальних методів досліджень.

Основні наукові положення, висновки й рекомендації, які отримані в ході дисертаційного дослідження, мають достатнє обґрунтування і достовірність. Підставами для цього є: коректно поставлені та кваліфіковано виконані експериментальні дослідження за участю технічної служби ТОВ «НВК Дніпроспецмаш», одержані на основі аналізу значного обсягу реального фактичного матеріалу дослідні результати з подальшою обробкою методами математичної статистики з розбіжністю теоретичних розрахунків і даних, отриманих в ході практичних експериментів, що не перевищує загальноприйнятих значень.

Достовірність наукових результатів ґрунтується на застосуванні методів математичного моделювання з використанням вивіренних на практиці прийомів та припущень, які відповідають фізиці процесів зйомки залізничної колії; підтверджується статистичним аналізом і натурними спостереженнями для визначення параметрів плану й поздовжнього профілю, кореспондуванням результатів теоретичних досліджень з отриманими в ході практичних експериментів даними, а також з результатами досліджень інших фахівців; позитивними результатами практичного застосування результатів дослідження.

Висновки і рекомендації випливають з отриманих автором результатів теоретичних і експериментальних досліджень і не викликають заперечень.

Достовірність отриманих результатів, висновків і рекомендацій.

Достовірність наведених в дисертації результатів, висновків і рекомендацій обумовлена застосуванням сучасних методів досліджень, логікою теоретичних побудов, глибиною і правильністю постановки завдань, достатньою кількістю експериментальних досліджень, зіставленням отриманих результатів з даними інших дослідників, задовільною збіжністю результатів за основними дослідженнями.

Достовірність наукових результатів обумовлена використанням реальних даних щодо обсягів перевезень, технічного оснащення і параметрів міжнародних транспортних коридорів, що проходять по території України; математичним моделюванням на ґрунті вивіренних на практиці методів та допущень, які відповідають фізиці процесів, що досліджуються; статистичним аналізом і натурними спостереженнями для визначення параметрів плану; кореспондуванням результатів теоретичних досліджень з фактичними даними та результатами досліджень інших авторів, позитивними результатами практичного застосування розробок на залізницях України.

Основні наукові положення, висновки і рекомендації, які отримані в дисертації, добре коригуються і використовуються комплексно для вирішення поставлених завдань, достатньо обґрунтовані й достовірні оскільки експериментальні дослідження кваліфіковано виконані за участю технічної служби ТОВ «НВК Дніпроспецмаш».

Результати досліджень, висновки й рекомендації були схвалені на 12-ти міжнародних науково-практичних конференції, в яких брав участь автор дисертації.

Наукова новизна та теоретичне значення дисертаційної роботи полягає в наступному:

1. *Вперше* розроблена математична модель для управління машинізованою виправкою колії в поздовжньому профілі для вітчизняних колійних машин, яка дає можливість оцінювати й прогнозувати розвиток зсувів залізничної колії в залежності від умов експлуатації.

2. *Набула подальшого розвитку* евольвентна модель виправки кривих, обґрунтування переходу до рекурентної форми розширило межі її застосування для паспортизації та розрахунків ділянок складного плану.

3. *Отримав подальшого розвитку* метод визначення натурального положення залізничної колії з використанням автоматизованих систем, запропоноване удосконалення математичного апарату надало змогу застосовувати результати зйомки машинами з короткою асиметричною хордою для керованої виправки колії в профілі.

4. *Набули подальшого розвитку* задачі математичного моделювання обрису колії в вертикальній площині, запропонований 5-ти точковий поліном дає змогу розрахувати проектне положення колії в профілі, яке забезпечує більш високу плавність і комфортабельність їзди у порівнянні з існуючими методами згладжування.

Практичне значення отриманих результатів полягає в наступному:

1. Застосування запропонованого методу вирішує задачі підвищення безпеки, плавності руху й комфортабельності їзди за умови мінімізації розладу колії в кривих і на переломах поздовжнього профілю.

2. Запропоновані напрямки розвитку вимірювальних засобів сучасних колійних машин на прикладі застосування комп'ютерної системи виправки колії для машин типу ВПР.

3. Отримані результати будуть корисні для планування ремонтно-колійних робіт з метою підвищення плавності руху поїздів, комфортабельності їзди, зменшення витрат на колійні роботи, та при впровадженні прискореного й швидкісного руху поїздів.

4. Більшість викладених у дисертації теоретичних положень та практичних рекомендацій впроваджено в навчальний процес в Дніпровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна при підготовці магістрів спеціальності 273 «Залізничний транспорт» за освітньою програмою «Залізничні споруди та колійне господарство», що підтверджується актом про впровадження результатів дисертації.

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

Результати досліджень за темою дисертації з достатньою повнотою викладені в 16 наукових працях і матеріалах конференцій: з них: 2 – статті у виданнях, що індексуються в міжнародній наукометричній базі Index Copernicus і є фаховими, 1 – стаття, що опублікована в періодичному виданні і є фаховою, 1 – стаття, що опублікована в періодичному виданні, яке видається в країні, що є членом Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) та індексується в наукометричних базах Index Copernicus; а також 12 публікацій апробаційного характеру.

У наукових працях, що опубліковані в співавторстві (посилання наведено по автореферату), особистий внесок автора такий. У [1] надані рішення щодо оцінки та відновлення стану колії за її геометричним положенням на прикладі модернізації комп'ютерних систем для колійних машин. У [2] створено математичний інструмент для забезпечення роботи колійних машин обладнаних системами автоматизованої зйомки та виправки залізничної колії в плані й поздовжньому профілі. У [3] на основі наведеної методики досліджено фактори, що впливають на безпеку руху поїздів в кривих ділянках залізничної колії. У [4] розглянута проблема виконання робіт по виправці кривих із заміною переїзного настилу у місцях перетину залізничної колії та автомобільної дороги. У [5] проведено експериментальні дослідження, обробка результатів та оцінка ефективності використання машинного способу виправки кривих в плані. У [7-8, 10-11, 14, 15] описано технологію автоматизованої виправки залізничної колії машинами типу ВПР та можливі напрямки підвищення точності зйомки й виправки кривих цими

машинами. У [9, 12] досліджена величина розбіжностей кривизни й підвищення в межах перехідних кривих. У [13] проведено аналіз результатів числових досліджень коефіцієнту запасу стійкості колеса проти наповзання на головку рейки. У [16] проведено статистичний аналіз нерівностей залізничної колії за стрічками колієвимірювальних вагонів.

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

Автореферат і основні положення дисертації є ідентичними за змістом.

Апробація результатів досліджень.

Перелік науково-технічних конференцій і семінарів, на яких автор викладав основні положення дисертації та результати теоретичних і експериментальних досліджень, свідчить, що вони пройшли необхідну апробацію на наукових зібраннях високого наукового рівня. Так, основні положення і результати дисертації доповідались на 12-ти міжнародних науково-практичних конференціях з проблем та перспектив розвитку залізничного транспорту, проблем взаємодії колії та рухомого складу, проблем механіки залізничного транспорту та ін. В Україні (Дніпро, Київ, Харків) та одна міжнародна конференція в Білорусі (Гомель).

Дисертація в повному обсязі доповідалася й обговорювалася на міжкафедральному семінарі кафедр «Транспортна інфраструктура», «Безпека життєдіяльності», «Фізика» Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (Дніпро, 26 лютого 2021 р.).

Якість оформлення дисертації і автореферату.

Дисертаційна робота і автореферат оформлені відповідно до вимог Департаменту атестації кадрів Міністерства освіти і науки України.

Представлена до захисту дисертація характеризується єдністю змісту і свідчить про особистий внесок здобувача в науку.

Відповідність паспорту спеціальності.

Дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.22.06 – залізнична колія, зокрема пунктів:

п. 2. «Дослідження та впровадження методів оцінки та прогнозування технічного стану залізниці»;

п. 3. «Реконструкція поздовжнього профілю і плану залізниць, верхньої будови, споруд і пристроїв залізничної колії»;

п. 7 «Автоматизовані системи управління станом залізничної колії. Поточне утримання, ремонт та реконструкція залізничної колії, пристроїв і споруд залізничної колії, автоматизація та механізація колійних робіт»

Загальний висновок по дисертації.

Оцінюючи наукову роботу Гаврилова М. О. слід зазначити системність і послідовність викладення матеріалу від постановки завдань дослідження до їх завершення. Всі розділи, наведені в дисертації, мають логічний взаємозв'язок і спрямовані на вирішення важливої науково-технічної задачі – удосконалення технології виправки залізничної колії в плані й поздовжньому профілі для забезпечення реалізації програми впровадження швидкісного руху поїздів на залізницях України.

Дисертаційна робота виконана на високому науковому рівні з використанням системного аналізу, математичної статистики, натурних спостережень для визначення відступів в плані й поздовжньому профілі, експериментальних вимірювань для натурального визначення геометричного положення залізничної колії в плані й поздовжньому профілі а також методів об'єктно-орієнтованого програмування. Обробка даних виконувалась із застосуванням програм Microsoft Excel, Statistica, Maple. Розрахунки виправки кривих виконувались з використанням програми RWPlanStrela, розробленої за участю здобувача.

Вважаю, що наукова робота повністю відповідає вимогам Департаменту атестації кадрів Міністерства освіти і науки України, а її автор, Гаврилов Максим Олексійович, заслуговує присвоєння наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.06 – залізнична колія.

Офіційний опонент завідувач кафедри
«Програмне забезпечення автоматизованих систем»

Інженерного навчально-наукового інституту

Запорізького національного університету,

д-р. фіз.-мат. наук, професор за кафедрою

реконструкції та експлуатації залізниць і споруд

В.Г. Вербицький

Підпис *Вербицького*
засвідчую *В. Г.*

НАЧАЛЬНИК
ВІДДІЛУ КАДРІВ



НОЧ-48/96 від 12.04.21р.

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію Гаврилова Максима Олексійовича «Удосконалення технології виправки залізничної колії в плані й поздовжньому профілі», представленої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук в спеціалізовану вчену раду Д 08.820.01 при Дніпровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за спеціальністю 05.22.06 – залізнична колія

1. Загальний аналіз дисертації. Представлена дисертаційна робота складається із анотації українською й англійською мовами, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг роботи становить 275 сторінок друкованого тексту, з них основний текст на 160 сторінках, 114 рисунків, 20 таблиць та список літератури з 145 найменувань подано на 20 сторінках, 8 додатків на 63 сторінках.

Обсяг основного тексту, структура дисертації, порядок викладення та оформлення матеріалу у дисертації та авторефераті дисертації відповідає дійсним вимогам Міністерства освіти і науки України.

2. Актуальність теми дисертації. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

В умовах інтеграції України до Євросоюзу зростає значення транспортних коридорів і залізничного транспорту в цілому. При цьому особливої гостроти набуває питання щодо встановлення нових, більш жорстких вимог до колійної інфраструктури та рухомого складу, які повинні гарантувати, наряду з іншими факторами, підвищення швидкості руху поїздів. Виконання цих вимог неможливе без перебудови плану лінії з відновленням кривих за раціональними параметрами.

На сьогодні роботи по утриманню колії за відсутності достатнього фінансування та інших об'єктивних причин не виконуються в повному обсязі, тому актуалізується аналіз проектів капітальних ремонтів і реконструкція колії на підставі удосконалення технології виправки залізничної колії в плані й поздовжньому профілі.

Існуюча практика виправки колії, а також складнощі утримання колії в кривих, стали поштовхом до розробки та впровадження нових, більш сучасних і ефективних технологій з використанням високопродуктивних виправно-підбивно-рихтувальних машин із забезпеченням економічної ефективності

автоматизації робіт з виправки колії. Вирішенню окремих питань окресленої проблеми присвячена дисертаційна робота, яка безперечно є актуальною.

Робота виконана відповідно до головних напрямків, які сформульовані в Транспортній стратегії України на період до 2030 року (схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 № 430-р) та прогнозованої Програми оновлення рухомого складу АТ «Укрзалізниця» на період до 2021р. Обраний напрямок досліджень пов'язаний також з виконанням у Дніпровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна 4-х науково-дослідних робіт на замовлення АТ «Укрзалізниця» і МОН України, в яких здобувач був виконавцем окремих розділів у звітах: «Розробка наукових основ і техніко-економічне обґрунтування етапів впровадження швидкісного й високошвидкісного руху поїздів в Україні» (№ ДР 0114U002549), «Визначення основних напрямків реконструкції й розвитку мережі залізниць України для її інтеграції у європейську транспортну систему» (№ ДР 0117U006811), Науково-технічне забезпечення сталого розвитку залізничних перевезень в міжнародному сполученні «Україна-Євросоюз» (№ ДР 0117U004391), Техніко-економічна оцінка варіантів перетину кордонів при зміні ширини залізничної колії (№ ДР 0120U102980).

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність. Наукові положення, висновки й рекомендації, які отримані в дисертації, обґрунтовані та достовірні. Вони базуються на принципах системності і включають одночасне виконання теоретичних і експериментальних методів досліджень. Підставами для цього є отримані загальноприйняті допустимі розбіжності теоретичних розрахунків і даних отриманих з обробкою методами математичної статистики значного обсягу реальних матеріалів експериментальних досліджень, що були отримані за участю технічної служби ТОВ «НВК Дніпроспецмаш».

Достовірність наукових результатів ґрунтується на застосуванні методів математичного моделювання з використанням вивіренних на практиці прийомів та допущень, які відповідають фізиці процесів зйомки залізничної колії; підтверджується статистичним аналізом і натурними спостереженнями для визначення параметрів плану й поздовжнього профілю, кореспондуванням результатів теоретичних досліджень з отриманими в ході практичних

експериментів даними, а також з результатами досліджень інших фахівців; позитивними результатами практичного застосування результатів дослідження.

Висновки і рекомендації впливають з отриманих автором результатів теоретичних і експериментальних досліджень і не викликають заперечень.

Основні результати теоретичних досліджень і експериментальних досліджень одержали схвалення на міжнародних науково-практичних конференціях в Україні (Дніпро, Київ, Харків) та на міжнародній конференції Білорусь (Гомель).

4. Наукова новизна отриманих результатів, що визначає рівень дисертації полягає в наступному:

1. *Вперше* розроблена математична модель для управління машинізованою виправкою колії в поздовжньому профілі для вітчизняних колійних машин, яка дає можливість оцінювати й прогнозувати розвиток зсувів залізничної колії в залежності від умов експлуатації.
2. *Набула подальшого розвитку* евольвентна модель виправки кривих, обґрунтування переходу до рекурентної форми розширило межі її застосування для паспортизації та розрахунків ділянок складного плану.
3. *Отримав подальшого розвитку* метод визначення натурного положення залізничної колії з використанням автоматизованих систем, запропоноване удосконалення математичного апарату надало змогу застосовувати результати зйомки машинами з короткою асиметричною хордою для керованої виправки колії в профілі.
4. *Набули подальшого розвитку* задачі математичного моделювання обрису колії в вертикальній площині, запропонований 5-ти точковий поліном дає змогу розрахувати проектне положення колії в профілі, яке забезпечує більш високу плавність і комфортабельність їзди у порівнянні з існуючими методами згладжування.

5. Практичне значення отриманих результатів полягає в наступному:

1. Застосування запропонованого методу вирішує задачі підвищення безпеки, плавності руху й комфортабельності їзди за умови мінімізації розладу колії в кривих і на переломах поздовжнього профілю.

2. Запропоновані напрямки розвитку вимірювальних засобів сучасних колійних машин на прикладі застосування комп'ютерної системи виправки колії для машин типу ВПР.

3. Отримані результати будуть корисні для планування ремонтно-колійних робіт з метою підвищення плавності руху поїздів, комфортабельності їзди, зменшення витрат на колійні роботи, та при впровадженні прискореного й швидкісного руху поїздів.

4. Більшість викладених у дисертації теоретичних положень та практичних рекомендацій впроваджено в навчальний процес в Дніпровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна при підготовці магістрів спеціальності 273 «Залізничний транспорт» за освітньою програмою «Залізничні споруди та колійне господарство», що підтверджується відповідним актом.

6. Повнота викладу наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях. Результати досліджень за темою дисертації з достатньою повнотою викладені в 16 наукових працях і матеріалах конференцій: з них: 2 – статті у виданнях, що індексуються в міжнародній наукометричній базі Index Copernicus і є фаховими, 1 – стаття, що опублікована в періодичному виданні і є фаховою, 1 – стаття, що опублікована в періодичному виданні, яке видається в країні, що є членом Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) та індексується в наукометричних базах Index Copernicus; а також 12 публікацій апробаційного характеру.

У наукових працях, що опубліковані в співавторстві, вказано особистий внесок автора. У [1] надані рішення щодо оцінки та відновлення стану колії за її геометричним положенням на прикладі модернізації комп'ютерних систем для колійних машин. У [2] створено математичний інструмент для забезпечення роботи колійних машин обладнаних системами автоматизованої зйомки та виправки залізничної колії в плані й поздовжньому профілі. У [3] на основі наведеної методики досліджено фактори, що впливають на безпеку руху поїздів в кривих ділянках залізничної колії. У [4] розглянута проблема виконання робіт по виправці кривих із заміною переїзного настилу у місцях перетину залізничної колії та автомобільної дороги. У [5] проведено експериментальні дослідження, обробка результатів та оцінка ефективності використання машинного способу виправки кривих в плані. У [7-8, 10-11, 14,

15] описано технологію автоматизованої виправки залізничної колії машинами типу ВПР та можливі напрямки підвищення точності зйомки й виправки кривих цими машинами. У [9, 12] досліджена величина розбіжностей кривизни й підвищення в межах перехідних кривих. У [13] проведено аналіз результатів числових досліджень коефіцієнту запасу стійкості колеса проти наповзання на головку рейки. У [16] проведено статистичний аналіз нерівностей залізничної колії за стрічками колієвимірювальних вагонів.

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

7. Оцінка змісту дисертації і її завершеності

У вступі повною мірою обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету й задачі досліджень, їх зв'язок з науковими темами та програмами. Викладено основні наукові положення й результати, що винесені на захист, наукову новизну, практичне значення отриманих результатів. Наведено відомості про апробацію і публікації матеріалів досліджень.

У першому розділі проаналізовано сучасний стан наукового забезпечення та наявність умов для впровадження в Україні швидкісного руху поїздів. Проаналізовано технології виправки залізничної колії з використанням сучасних колійних машин. Показано, що питаннями виправки колії займалися як вітчизняні, так і закордонні фахівці, досліджуючи різні напрямки цієї проблеми. Аналізуючи існуючі наукові роботи, здобувач висвітлив неопрацьованість певних елементів системного підходу до розв'язання питань, пов'язаних з технологією виправки залізничної колії в плані й поздовжньому профілі, не надало комплексного науково-технічного обґрунтування впровадження інноваційних технологій виправки залізничної колії в Україні. Тому в дисертації приділено увагу детальному аналізу виправки залізничної колії з використанням вітчизняних ВПР.

Другий розділ присвячено дослідженням існуючих методів і принципів зйомки плану та поздовжнього профілю залізничної колії. Зроблено порівняльний аналіз одинадцяти методів зйомки колії та визначено, що найбільш ефективними є метод зйомки колієвимірювальним вагоном, метод зйомки виправно-підбивно-рихтувальними машинами, метод зйомки з використанням GPS датчиків і зйомки з використанням колієвимірювальних візків. Здобувач звертає увагу, що при застосуванні цих методів одночасно ведеться зйомка плану й поздовжнього профілю залізничної колії.

Автор наголошує, що спосіб стріл, який використовується в дистанціях колії для визначення фактичних параметрів кривих, має недоліки, а саме – геометричні параметри кривих, що вказані на поздовжньому профілі, часто не відповідають фактичним даним.

Слід погодитись, що підвищити точність зйомки плану й поздовжнього профілю можна при використанні спеціальних реперних систем.

Таким чином, висновок, що точність результатів залежить не тільки від параметрів вимірювальних приладів і вміння виконавців, але й від самої методики, яка визначає технологію вимірювання і виконання розрахунків є об'єктивним і не викликає заперечень.

В третьому розділі викладено результати аналізу існуючих автоматизованих систем виправки плану й поздовжнього профілю залізничної колії. Визначено, що основними для зйомки і рихтування колії в плані машинами типу ВПР є триточковий та чотирьохточковий методи, які працюють на базі однохордової системи.

Слід погодитись, що при побудові математичної моделі існуючого плану використовується неточна модель, при якій вважається, що три сусідні точки кривої лежать на колі. На такому принципі побудована робота виправно-підйомно-рихтувальних машин, які застосовують метод «згладжування». В результаті виконання рихтувальних робіт крива не відповідає вихідним паспортним даним – з однорадіусної може стати багаторадіусною.

Ця проблема набула особливого загострення в останні роки, коли виникла необхідність підвищення швидкостей руху поїздів, при яких створена геометрія колії з урахуванням довгих нерівностей колії і невідповідності проектному положенню є стримуючим фактором розвитку залізничного транспорту і вимагає розв'язання поставлених завдань впровадженням автоматизованих систем зйомки, розрахунку і виправки колії в плані й поздовжньому профілі.

Слід відмітити, що на основі проведеного дослідження здобувач обґрунтував необхідність для математичного опису плану існуючої колії використання сплайнової моделі, яка найкращим чином підходить для розрахунків кривизни, нормалей і координат проміжних точок і реалізована ним в автоматизованій системі виправки кривих в плані й поздовжньому профілі. Розроблена програма дозволяє не тільки виконувати розрахунки в автоматизованому режимі, але й визначати варіанти підвищення швидкості, що є важливим на етапі планування реконструкції залізниці.

Якщо машини типу ВПР задовільно виконують виправлення колії в плані, то завдання виправлення колії в поздовжньому профілі не було вирішене.

В четвертому розділі дисертації представлена розроблена автором математична модель для удосконалення системи управління машинізованою виправкою колії в поздовжньому профілі. Слід зазначити, що необхідність такої моделі зумовлена тим, що існуючі методи розрахунку виправки колії призначені для виправки її тільки в плані.

Для моделювання обрису профіля були розглянуті різні поліноми. На рис. 4 автореферату наведено порівняння моделювання обрису профіля різними поліномами: *a* – поліном згладжування по п'яти точках; *b* – лінійний поліном згладжування по трьох точках; *c* – лінійний поліном згладжування по п'яти точках; *e* – лінійний поліном згладжування по семи точках. За результатами досліджень автор приходить до висновку, що оптимальною математичною моделлю, яка описує положення залізничної колії в профілі, є поліном згладжування по п'яти точках.

Для урахування можливих обмежень при виправленні поздовжнього профілю здобувач розробив алгоритм розрахунку поправок, який став складовою математичного інструменту розрахунку виправки залізничної колії в поздовжньому профілі та був імплементований до автоматизованої системи виправки колії в поздовжньому профілі у вигляді модуля комп'ютерної програми. На основі коефіцієнта згладжування була виконана оцінка адекватності обраної математичної моделі, яка описує положення залізничної колії в профілі.

У п'ятому розділі викладені результати експериментальних досліджень геометричного положення залізничної колії в профілі. Слід зазначити, що розроблений здобувачем математичний інструмент дозволяє розраховувати виправку колії в поздовжньому профілі для отримання її нової геометрії, яка відповідає вимогам безпеки, плавності й комфортабельності їзди.

Оцінка точності виправки колії в поздовжньому профілі проводилась на підставі порівняння контрольно-вимірювального заїзду та розрахункової моделі. В авторефераті (рис. 8) і в дисертації (рис. 5.15-5.18) наведено суміщені графіки розрахункової моделі виправки колії в профілі, контрольних вимірювань машиною ВПР та різниці між ними, які підтверджують адекватність моделі.

Наукові підходи, використані в математичній моделі, дозволили скоротити роботу машин у «вікно», спростити роботу обслуговуючого персоналу і, що дуже важливо, створити інформаційну базу параметрів колії і встановити раціональні параметри кривих при виправці.

З використанням запропонованого методу були вирішені задачі з виправки ділянок колії на окремих перегонах регіональних філій залізниць: Павлопілля – Лошкарівка (Придніпровська залізниця), Дубове-Близнюки (Південна залізниця), Дарниця-Бортничі (Південно-Західна залізниця), Ожидів-Заболотці (Львівська залізниця). Так, в табл. 5.1 дисертації наведено максимально допустимі швидкості пасажирських поїздів до виправки і після виправки колії, які збільшились в 1,11-1,57 рази.

Загальні висновки по дисертаційній роботі в достатній мірі відображають отримані наукові положення. На основі виконаних теоретичних та експериментальних досліджень вирішено актуальну науково-технічну задачу удосконалення технології виправки залізничної колії в плані й поздовжньому профілі, що буде сприяти впровадженню швидкісного руху поїздів в Україні.

На основі результатів дисертаційної роботи Гаврилова М. О. розроблено алгоритм та наукове обґрунтування для програмного забезпечення, яке було встановлено на заводі ТОВ «НВК Дніпроспецмаш» при модернізації шести виправно-підбивно-рихтовочної машин. Впровадження результатів роботи підтверджено відповідними актами від ТОВ «НВК Дніпроспецмаш», служби колії регіональної філії «Придніпровська залізниця» і від Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Відповідність дисертації встановленим вимогам.

Дисертаційна робота Гаврилова М.О. повністю, як за змістом, так і за оформленням, відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України, що пред'являються до робіт які подаються на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук. Представлена до захисту дисертація характеризується єдністю змісту і свідчити про особистий внесок здобувача в науку.

Дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.22.06, зокрема пунктів:

п. 2. «Дослідження та впровадження методів оцінки та прогнозування технічного стану залізниці»;

п. 3. «Реконструкція поздовжнього профілю і плану залізниць, верхньої будови, споруд і пристроїв залізничної колії»;

п. 7 «Автоматизовані системи управління станом залізничної колії. Поточне утримання, ремонт та реконструкція залізничної колії, пристроїв і споруд залізничної колії, автоматизація та механізація колійних робіт»

Автореферат і основні положення дисертації є ідентичними за змістом.

Зауваження щодо змісту дисертації і автореферату

1. Досить складною є задача отримання достовірної інформації про стан кривих і їх параметри. Автор базується на існуючих методах зйомки (розділ 2) і недостатньо приділяє уваги таким новітнім методам як застосування супутникових систем.

2. Для проведення досліджень для значної кількості ділянок і за тривалий термін експлуатації найбільш доступним залишається стрічка колієвимірювального вагону. Дійсно, цей спосіб не застосовується для визначення точного геометричного положення кривої, оскільки має низку обмежень. Але сьогодні існують дослідження щодо удосконалення методів обробки та аналізу даних із стрічок КВЛ. Чи розглядалася можливість застосування таких розробок для встановлення параметрів кривих?

3. Має місце не зовсім коректне викладення матеріалу (с. 137). Наприклад, сказано, що у випадках, коли розрахованої підйомки недостатньо для забезпечення розрахункового підвищення функція `checkUpLimit` докладніше описана нижче, а умова дотримання мінімальної кількості циклів `countCycles > 5` (4.13) докладно описана вище. Посилання на «нижче», «вище» не є конкретним.

4. У четвертому розділі (с. 11, рис. 3 автореферату) при аналізі схеми алгоритму згладжування вертикальних стріл (рис. 4.13, с. 136 дисертації) здобувач використовує функцію перевірки «чистих» підйомок `checkingUp({p})`, яка потребує роз'яснення.

5. На сторінці 2 автореферату і с. 25 дисертації здобувач одним з методів дослідження четвертого розділу для розробки та практичної реалізації математичного інструменту розрахунку виправки залізничної колії в поздовжньому профілі застосував об'єктно-орієнтоване програмування але не висвітлив питання щодо самого об'єкта програмування?

6. Нажаль, в роботі не наведено чіткого пояснення, які саме результати проведеного аналізу (стану кривих, зйомки, виправки колії) автор враховував при встановленні раціональних параметрів кривих (с. 187).

7. У авторефераті (с. 14-16) та в дисертації рис. 5.12-5.18 наведені результати експериментальних досліджень із застосуванням модернізованої автоматизованої системи з виправки залізничної колії, але не вказано, на яких саме ділянках вони проводились.

Висновок

Зазначені зауваження не знижують загальної позитивної оцінки дисертації, не зменшують її наукової та практичної цінності.

Вважаю, що наукова робота повністю відповідає вимогам Департаменту атестації кадрів Міністерства освіти і науки України, а її автор Гаврилов М.О. заслуговує присвоєння наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.06 – Залізнична колія.

Офіційний опонент:

доцент кафедри «Залізничні споруди та
колійне господарство»

Київського інституту залізничного
транспорту

Державного університету

інфраструктури та технологій, м. Київ

кандидат технічних наук, доцент



В. М. Твердомед

НДЧ - 48/111 фір 16.04.2021р.