

Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту

Халіпова Наталія Володимирівна

УДК 625.1.03:629.4.015

**ОБГРУНТУВАННЯ НОРМ УТРИМАННЯ КОЛІЇ В ПЕРЕХІДНИХ КРИВИХ
ПО НЕСПІВПАДІННЮ ВІДВОДІВ КРИВИЗНИ ТА ПІДВИЩЕННЯ**

05.22.06 Залізнична колія

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2002

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту Міністерства транспорту України.

Науковий керівник

доктор технічних наук, професор
Данович Віктор Данилович, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту, професор

Офіційні опоненти:

- доктор технічних наук Радченко Микола Олексійович, Інститут транспортних систем і технологій “Трансмаг” НАН України (м.Дніпропетровськ), провідний науковий співробітник
кандидат технічних наук, доцент Шехватов Олександр Олександрович, Українська державна академія залізничного транспорту (м.Харків), завідувач кафедрою “Колія та колійне господарство”

Провідна установа

Київський університет економіки і технологій транспорту, кафедра “Реконструкція і експлуатація залізниць і споруд”, Міністерство транспорту України, м. Київ

засіданні спеціального університету
Дніпропетровськ,

ювського національного університету
адресою: 49010,

Хостін М.О.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Однією з найважливіших задач розвитку залізничного транспорту України є підвищення швидкостей руху поїздів. Свідомством тому є активна робота з технічного переустрою основних напрямків наших залізниць під впровадження високих швидкостей. У рамках програм Європейського Співтовариства і Міжнародного Союзу Залізниць проводиться Загальна Транспортна Політика, що визначає сучасні вимоги до транспортних систем в умовах створюваної мережі міжнародних транспортних коридорів.

Введення високих швидкостей змінює умови експлуатації як рухомого складу, так і колії. Це в свою чергу потребує коригування норм та допусків утримання залізничної колії. Стан колії в кривих ділянках, у тому числі і в перехідних кривих, є одним з основних факторів, що стримують впровадження високих швидкостей руху.

Зараз на вітчизняних та закордонних залізницях приділяється велика увага вивченню фактичного стану рейкової колії у зв'язку з нормами її устрою та утримання, досліджується характер взаємодії рухомого складу та залізничної колії, вивчається вплив нерівностей на безпеку руху поїздів. Головною вимогою до утримання колії на швидкісних лініях є недопущення розвитку відхилень від норм до розмірів, що порушують плавність та безпеку руху.

Криві та їх сполучення є зонами підвищеного динамічного впливу екіпажу на колію. Відхилення в їх утриманні можуть приводити до суттєвого обмеження швидкостей руху поїздів.

Задачею цієї дисертаційної роботи є теоретичне та експериментальне обґрунтування норм утримання колії та норм допустимих швидкостей руху поїздів в перехідних кривих, що мають неспівпадіння відводів кривизни та підвищення зовнішньої рейки.

Актуальність теми. Питанням взаємодії колії та рухомого складу в кривих ділянках колії завжди приділялась велика увага. Теоретичні та експериментальні дослідження минулих років дозволили розробити норми утримання колії в процесі її експлуатації. Однак, не всі питання устрою та утримання колії вирішені для забезпечення високих швидкостей руху. Проведені раніше дослідження з питань встановлення допустимих швидкостей пасажирських поїздів в кривих ділянках колії базувалися на геометрично правильних кривих. Так, вважалося, що розбіжності відводів підвищення зовнішньої рейки і кривизни відсутні або своєчасно ліквідуються при проведенні ремонтів колії. Але спостереження за станом колії, що проводились кафедрою "Колія та колійне господарство" та Колієвипробувальною ГНДЛ ДІІТу на протязі багатьох років вказують на те, що є значна кількість перехідних кривих, в яких розбіжність відводів перевищує нормативні допуски. Кількість таких кривих на протязі останніх п'ятнадцяти років зросла більше ніж удвічі. При цьому питання визначення допустимих швидкостей руху у таких кривих не вирішені. Однією з при-

чин цього є відсутність відповідних теоретичних та практичних досліджень.

Нааявність неспівпадінь початку та кінця відводів кривизни і підвищення зовнішньої рейки в перехідних кривих негативно впливає на комфортабельність їзди, а також на умови експлуатації елементів верхньої будови колії та рівень безпеки руху поїздів. Найбільш достовірну оцінку впливу неспівпадінь відводів кривизни та підвищення на умови взаємодії колії та рухомого складу, на забезпечення комфортабельності їзди і на рівень допустимих швидкостей можна дати при комплексному розгляді результатів спеціальних експериментальних та теоретичних досліджень. Теоретичні дослідження для вирішення таких важливих питань, як визначення допустимих швидкостей руху повинні проводитися на сучасній досконалій моделі взаємодії колії та рухомого складу.

Наведене вище вказує на необхідність комплексного дослідження основних показників взаємодії колії та пасажирського вагона в перехідних кривих для забезпечення плавності руху, комфортабельності їзди та безпеки руху, і розроблення на основі їх аналізу норм утримання колії і норм допустимих швидкостей руху в перехідних кривих з неспівпадінням відводів кривизни та підвищення.

В зв'язку з вищевикладеним тема дисертаційної роботи актуальна і її виконання сприяє покращенню показників взаємодії колії та рухомого складу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Вибраний напрямок досліджень пов'язаний з планом виконання науково-дослідних робіт у Колієвипробувальній ГНДЛ в галузі вдосконалення технічних норм утримання колії і розробки технічної документації за завданнями Головного управління колійного господарства Укрзалізниці. Автор дисертаційної роботи приймала участь у науково-дослідних роботах Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, що виконувалися за завданням Укрзалізниці: "Розробка заходів щодо зниження інтенсивності зносу рейок шляхом оптимізації параметрів кривих ділянок колії та допустимих швидкостей руху поїздів на найголовніших напрямках Придніпровської залізниці (П'ятихатки – Чаплино, Лозова – Симферопіль)" (НДР №53.114.99.02, №ДР 0102U003579; Інв. № 0302U001945); "Норми допустимих швидкостей руху локомотивів і вагонів по залізничних коліях України шириною 1520 мм" (НДР №53.124.00.02, №ДР 0102U003580); «Розробка заходів щодо забезпечення підвищення швидкостей руху пасажирських поїздів на ділянці Вапнярка – Одеса» (НДР №53.134.00.02, №ДР 0102U0035819; Інв. № 0302U001947); "Розробка заходів щодо забезпечення підвищення швидкостей руху пасажирських поїздів на ділянці Лозова – Симферополь" (НДР №53.136.00.02, №ДР 0102U003582; Інв. № 0302U001946).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є обґрунтування норм утримання колії та норм допустимих швидкостей руху в перехідних кривих з неспівпадіннями відводів кривизни і підвищення зовнішньої рейки. Вирішення цього завдання включає:

- вибір критеріїв для оцінки взаємодії рухомого складу та колії;
- подальший розвиток сучасної багатомасової нелінійної моделі просторових коливань пасажирського вагона при русі в ділянках колії змінної кривизни;
- створення математичної моделі та програмного забезпечення до ПЕОМ для комплексного аналізу основних показників взаємодії;
- застосування моделі для оцінки основних показників взаємодії та обґрунтування норм утримання колії;
- проведення експериментальних досліджень взаємодії рухомого складу і колії в перехідних кривих з неспівпадіннями відводів;
- перевірку достовірності теоретичних досліджень шляхом співставлення з даними експериментальних досліджень.

Об'єктом дослідження є процеси взаємодії залізничної колії та рухомого складу. Предметом дослідження є перехідні криві залізничної колії з неспівпадіннями відводів кривизни та підвищення зовнішньої рейки.

В дисертаційній роботі використовувалися такі методи:

експериментальний з застосуванням статистичного аналізу для визначення горизонтальних та вертикальних сил, що діють на колію. Для цього за допомогою вимірювальних приладів, активним елементом яких є тензорезистори, вимірювалися напруження в рейках та їх деформації за прийнятою в Колієвипробувальній ГНДЛ ДПТУ методикою.

- теоретичний за допомогою математичного моделювання та розрахунків на ПЕОМ.

Наукову новизну отриманих результатів складають:

1. Подальший розвиток багатомасової нелінійної моделі просторових коливань пасажирського вагона та колії при русі в прямих ділянках, яка доповнена рівняннями, що описують рух в ділянках змінної кривизни, пружно-в'язкою основою у горизонтальному та вертикальному напрямку із зосередженими масами та можливістю задавати нерівності колії для оцінки основних показників взаємодії екіпажу та колії реального стану, і яка дозволяє одержати та проаналізувати загальні координати та швидкості тіл системи, сили в з'єднувальних елементах системи екіпаж-колія, переміщення та швидкості переміщень силових елементів, деформації, просковзування та сили на поверхні кочення та гребені в зоні контактування колеса та рейки.

2. Вперше розроблено математичну модель комплексного аналізу показників силової взаємодії рухомого складу і колії, зносу рейок, комфортабельності їзди і безпеки руху, а також для факторного аналізу основних показників взаємодії екіпажа й колії в залежності від різних факторів, як то швидкість, вид нерівності, параметри кривої тощо, яка використана при вирішенні задачі устрою та утримання колії в перехідних кривих, що мають неспівпадіння відводів кривизни та підвищення зовнішньої рейки.

3. Виявлено та проаналізовано закономірності виникнення додаткових гори-

зонтальних коливань, що викликані набіганням колісних пар на зовнішню рейку перехідної кривої, та їх вплив на величину відповідних поперечних прискорень кузова пасажирського вагона в залежності від будови конкретної кривої, швидкості руху, порушень в утриманні перехідних кривих та інших чинників, а також умови, при яких показники взаємодії – коефіцієнти горизонтальної та вертикальної динаміки, поперечні прискорення та коефіцієнти стійкості проти вкочування гребеня колеса на головку рейки, досягають граничних допустимих значень.

4. Одержано нові аналітичні вирази для визначення швидкості руху вагона в перехідній кривій з неспівпадіннями відводів кривизни та підвищення з урахуванням додаткових коливань кузова, що спричинені цими неспівпадіннями.

Практичне значення отриманих результатів. Запропонована багатомасова нелінійна математична модель просторових коливань пасажирського вагона та колії дає можливість розглядати нестационарні процеси при русі пасажирського вагона по ділянках колії змінної кривизни. За допомогою цієї моделі можна вирішувати широке коло питань, пов'язаних з взаємодією рухомого складу та колії як при стаціонарних, так і нестационарних процесах.

Проведені експериментально-теоретичні дослідження та комплексний аналіз їх результатів дозволили запропонувати норми утримання колії та норми допустимих швидкостей руху пасажирських поїздів в перехідних кривих з неспівпадіннями відводів кривизни і підвищення зовнішньої рейки.

Результати роботи доповідалися та були схвалені науково-технічною радою Головного управління колійного господарства Укрзалізниці і розроблені норми прийняті для впровадження на всіх залізницях України. Результати досліджень використовуються у науково-дослідних роботах Колієвипробувальної ГНДЛ ДПТУ при розробці нових нормативно-технічних документів.

Результати дослідження використані при складанні “Технічних вимог до колії, споруд і пристроїв колійного господарства на ділянках швидкісних полігонів Бориспіль-Баришівка і Новомосковськ-Дніпродзержинськ лівобережний, для випробування нового рухомого складу зі швидкістю до 180 км/год” та “Тимчасових технічних вимог до будови та утримання колії, споруд і пристроїв колійного господарства на ділянках, на яких допустима швидкість руху пасажирських поїздів перевищує 140 км/год”

Особистий внесок здобувача. Проаналізувала сучасний стан перехідних кривих по неспівпадінню відводів кривизни та підвищення зовнішньої рейки на залізницях України [1, 6], розглянула рух екіпажа по ділянках колії змінної кривизни, одержала вирази для узагальнених координат, швидкостей та прискорень тіл вагона при русі по вхідній перехідній кривій, круговій кривій та вихідній перехідній кривій [2], вдосконалила багатомасову нелінійну модель просторових коливань пасажирського вагона при русі в прямих ділянках колії, доповнила її залежностями, що описують рух тіл вагона в перехідних кривих, ввела пружно-в'язку в горизонтальному

та вертикальному напрямках основу із зосередженими масами та можливість задавати реальні нерівності колії, неспівпадіння відводів кривизни та підвищення зовнішньої рейки. Розробила математичну модель та програмне забезпечення до ПЕОМ для комплексного аналізу переміщень тіл системи “скіпаж-колія”, показників їх силової взаємодії, комфортабельності їзди, зносу рейок та безпеки руху, а також факторного аналізу цих показників в залежності від швидкості руху, виду нерівностей тощо [3, 5, 8], прийняла участь у розробці плану проведення експериментальних досліджень, що дозволило виявити вплив факторів неспівпадіння відводів кривизни та підвищення зовнішньої рейки на такі показники взаємодії як напруження в рейках, горизонтальні та вертикальні сили. Зробила статистичну обробку та аналіз експериментальних даних для пасажирського вагона по вертикальним та поперечним горизонтальним силам, виконала теоретичні розрахунки та показала їх збіг з експериментальними даними [4].

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертації доповідалися на “Міжнародній науково-практичній конференції з проблем взаємодії колії і рухомого складу” (Дніпропетровськ, жовтень 1998 року), на “Х Міжнародній конференції з проблем механіки залізничного транспорту” (Дніпропетровськ, травень 2000 року). Результати роботи доповідалися та були схвалені:

- на спільному науково-практичному семінарі кафедри “Колія і колійне господарство” та Колієвипробувальної ГНДЛ Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту (Дніпропетровськ, травень 2001 р., лютий 2002 року);

на науково-технічній раді Головного управління колійного господарства Укрзалізниці (Київ, січень 2002 р.).

Розроблені норми прийняті для впровадження на залізницях України.

Публікації. Основний зміст дисертації опублікований у 8-и друкованих працях та у звіті по НДР. З 8-и наукових статей 6 видано в збірниках праць, а 2 роботи є тезами наукових міжнародних конференцій.

Структура й обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та рекомендацій, списку використаних джерел і шести додатків. Повний обсяг складає 232 сторінки друкованого тексту, в тому числі: 64 рис. на 58 сторінках, 51 таблиця на 71 сторінці, список літератури з 115 найменувань на 11 сторінках, та 6 додатків на 47 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовується актуальність, наукова новизна і практична цінність дослідження.

В першому розділі розкрито наукову проблему, яка існує у зв'язку зі зміною умов експлуатації та взаємодії рухомого складу і колії в умовах постійного зростання швидкостей руху поїздів та підготовки ряду конкретних напрямків – міжнародних транспортних коридорів – до введення високих швидкостей руху. Все це потребує вирішення важливих питань, пов'язаних із нормами утримання колії в перехідних кривих, оскільки в цих зонах виникає підвищена дія екіпажа на колію, виникають найбільші сили та прискорення. Приведений аналіз робіт закордонних та вітчизняних вчених в області взаємодії рухомого складу та колії в кривих ділянках колії, розробки критеріїв оцінки показників динаміки екіпажу, плавності та безпеки руху, комфортабельності їзди і норм утримання колії в процесі її експлуатації і встановлення допустимих швидкостей руху поїздів в кривих ділянках колії.

Головні нормативи базуються на експериментальних та теоретичних дослідженнях взаємодії рухомого складу та залізничної колії вченими та фахівцями України, країн СНД та закордонних країн.

Питанням вписування екіпажів в кривих ділянках колії, визначення горизонтальних поперечних сил взаємодії, розрахунку сил інерції при взаємодії колеса та рейки присвячені роботи А.А.Холодецького, К.Ю.Цеглинського, С.П.Тимошенко, Н.П.Петрова, С.М.Куценко, О.П.Єршкова та інших.

Подальший розвиток ці методи знайшли в роботах В.Б.Медея, В.А.Лазаряна та його учнів Є.П.Блохіна, В.Д.Дановича, М.Л.Коротенко, Н.О.Радченко, В.Ф.Ушкалова.

Значний вклад в питання розробки просторової розрахункової схеми для вивчення коливань вагонів, моделі рейко-шпальної решітки внесли Є.П.Блохін, М.Ф.Веріго, В.К.Гарг, В.Д.Данович, А.Я.Коган, М.Л.Коротенко, В.А.Лазарян, А.А.Львов, Н.О.Радченко, Ю.С.Ромен, В.Ф.Ушкалов, В.Д.Хусідов та ін. Сучасні погляди на проблеми взаємодії рухомого складу та колії з узагальненням наукових результатів викладені в працях М.Ф.Веріго та А.Я.Когана.

Експлуатаційний досвід та теоретичні дослідження дозволили розробити серію критеріїв, що характеризують плавність руху, комфортабельність їзди, міцність колії та її елементів, умови можливого вкочування гребеня колеса на рейку. Докладний аналіз існуючих критеріїв на закордонних залізницях та залізницях СНД зроблено О.П.Єршковым.

В працях А.А.Босова, Г.В.Ельфимова, Г.М.Шахунянца та інших вчених докладно розглянуті питання устрою сполучень кривих, в тому числі перехідних кривих. В.І.Андрієнко, В.Г.Альбрехтом, Ю.Д.Волошко, Н.І.Карпущенко, В.Н.Понирко, В.В.Рибкіним, В.Г.Юнкевичем, М.А.Фрішманом показаний складний характер

взаємодії рухомого складу та колії на цих ділянках, вивчалися питання вибору раціональних параметрів перехідних кривих, розглядалися питання взаємодії колії та рухомого складу в перехідних кривих з неспівпадіннями відводів кривизни та підвищення зовнішньої рейки.

Питання, пов'язані з визначенням допустимих швидкостей руху по сполученням кривих, досліджувалися у НІДЖТі, ХІПТі, ДІПТі, ВНІДЖТі, КІПТі, ЛІДЖТі. Питанням підбору відповідних параметрів кривої для раціональної роботи колії, вишукуванню резервів для підвищення швидкостей присвячені роботи О.П.Єршкова, М.І.Карпушенко, В.Я.Карцева, М.Б.Кургана, А.М.Орловського, В.О.Певзнера, Ю.С.Ромена, В.В.Циганенко, та ін.

Наведено зроблений автором статистичний аналіз наявності перехідних кривих з неспівпадіннями відводів кривизни та підвищення зовнішньої рейки на залізницях України.

Формулюється мета і основні задачі дисертаційної роботи.

У другому розділі приведено математичну модель взаємодії пасажирського вагона та колії при русі по ділянках змінної кривизни.

Наведена розрахункова схема пасажирського вагона, що являє собою систему з 9 твердих тіл (кузов, дві надресорні балки, дві рами візків, чотири колісні пари). Приведені переміщення та зв'язки, що накладаються на систему. Розглянуті взаємні переміщення тіл системи та сили, що виникають при взаємодії. Наведені диференціальні рівняння коливань тіл системи. Розглянуто переносний рух екіпажа в кривих ділянках колії та приведені узагальнені координати, швидкості і прискорення довільної точки системи. Загальна схема розробленої в дисертації математичної моделі для дослідження взаємодії пасажирського вагона та колії наведена на рис. 1.

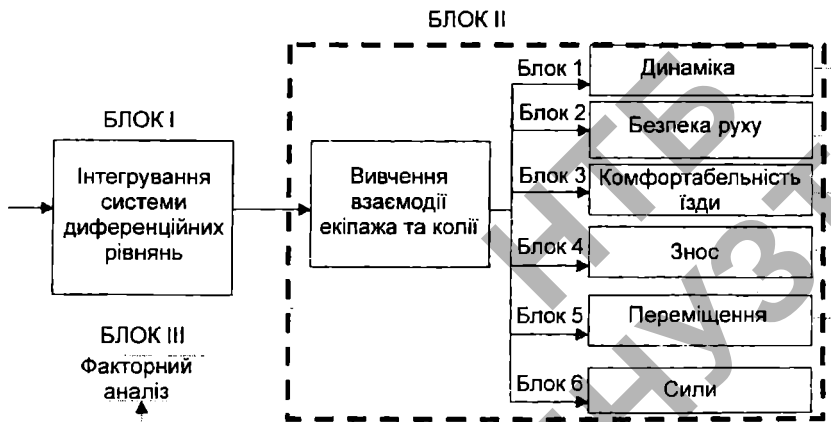


Рис. 1. Блок - схема математичної моделі для рішення та аналізу результатів задачі взаємодії пасажирського вагона і колії

Модель є удосконаленням моделі коливань пасажирського вагона при русі в прямих ділянках, яка була розроблена раніше в ДІТі під науковим керівництвом проф. В.Д.Дановича. В існуючу модель були внесені доповнення, які дозволили вивчати нестационарні процеси при взаємодії скіпажа і колії в перехідних кривих, враховувати різні нерівності колії, неспівпадіння відводів кривизни та підвищення зовнішньої рейки в кривій, а також врахувати пружність та в'язкість основи у горизонтальному і вертикальному напрямках.

У блоці I (див. рис. 1) диференційні рівняння коливань пасажирського вагона вирішуються за допомогою чисельного інтегрування за часом. На вході задаються швидкість руху вагона, геометричні та інерційні характеристики екіпажа та колії, нерівності колії, параметри кривих ділянок колії. Після розрахунку одержуємо загальні координати та швидкості тіл системи, сили в з'єднувальних елементах системи "екіпаж-колія", переміщення та швидкості переміщення силових елементів, деформації, просковзування та сили на поверхні кочення та гребені в зоні контактування колеса та рейки.

Для комплексної оцінки показників взаємодії екіпажа та колії розроблена модель та програмне забезпечення (див. рис. 1, блок II). Оцінка проводиться за показниками силової взаємодії, горизонтальної та вертикальної динаміки, стійкості проти вкочування гребеня колеса на рейку, комфортабельності їзди, зносу рейок та за переміщеннями тіл системи "екіпаж-колія".

Всі показники взаємодії можна дослідити в залежності від різних факторів, як то швидкість руху, вид нерівності тощо (див. рис. 1, блок III).

Запропонована модель взаємодії пасажирського вагона та колії може бути використана для вирішення широкого кола практичних задач динамічної взаємодії екіпажа та колії, для вивчення та коригування, в разі потреби, норм та допусків утримання колії.

У третьому розділі викладені матеріали експериментальних досліджень, при аналізі яких виявлено вплив неспівпадіння відводів кривизни та підвищення зовнішньої рейки на такі показники взаємодії як напруження в рейках, горизонтальні та вертикальні сили.

Дослідження проводилися на двох ділянках в перехідній кривій до кругової радіусом 630 м з підвищенням зовнішньої рейки 65 мм. На першій ділянці вкладено пліт безстикової колії типу Р65 на залізобетонних шпалах зі щебеневим баластом. На другій ділянці – ланкова колія з рейками типу Р65 на дерев'яних шпалах з кистильним скріпленням. Вимірювальні прилади було встановлено в кінці перехідної – на початку кругової кривої, тобто в місцях очікуваної підвищеної дії рухомого складу на колію. Прилади на колії розташовувалися групами – дві з зовнішнього боку кривої та одна з внутрішнього. Дослідження проводилися у два цикли. В першому циклі на першій ділянці відставання відводу кривизни від відводу підвищення складало 8 м, на другій ділянці випередження кінця відводу кривизни складало 11 м. В дру-

гому циклі на першій ділянці неспівпадіння було усунено, на другій ділянці відставання кінця відводу кривизни складало 17 м.

Для дослідження був сформований дослідний поїзд з двох локомотивів ЧС2, пасажирського вагона, порожнього напіввагона та завантаженого напіввагона. Поїздки виконувалися зі швидкостями руху 5, 25, 40, 60, 80 та 100 км/год в обох напрямках.

Наведено методику обробки вертикальних сил, що діють на рейки. Дані експериментальних досліджень були статистично оброблені та були одержані середні, максимальні вірогідні та максимальні спостережені значення. Приведено аналіз впливу неспівпадіння відводів кривизни та підвищення зовнішньої рейки на вертикальні сили. Зростання вертикальних сил із зростанням швидкості видно по максимальних спостережених значеннях, величина яких порівняно з статичними зростає у електровозів у 1,8...2,0 рази, пасажирського вагона – 1,5...2,0 рази, у порожнього напіввагона – 2,0...2,5 рази, у завантаженого – 1,4...1,5 рази. Вплив неспівпадіння видно також з аналізу середніх по всьому екіпажу вертикальних навантажень від колеса на рейки зовнішньої нитки кривої, значення яких після усунення неспівпадіння зменшуються на 10...20 %.

Наведені значення бічних сил, які визначалися на основі експериментальних даних за запропонованою О.П.Єршковим методикою. Головна задача полягає у визначенні залежності бічних сил від стану перехідної кривої, швидкості руху та типу верхньої будівлі колії. Проаналізовано вплив неспівпадіння відводів на бічну силу. Так, при русі екіпажа з прямої в кругову криву усунення неспівпадіння приводить до зменшення бічної сили від усіх екіпажів: електровоза – на 10...15 кН, навантаженого напіввагона – на 13...28 кН, пасажирського вагона – на 3...5 кН, порожнього напіввагона – на 10...15 кН.

У четвертому розділі наведені результати теоретичних досліджень з впливу неспівпадіння відводів кривизни та підвищення зовнішньої рейки на показники взаємодії пасажирського вагона та колії. Дослідження проводилися за допомогою розробленої моделі, що описана у другому розділі.

У підрозділі 4.1 наведено співставлення експериментальних та теоретичних даних для перевірки достовірності даних, що одержані за допомогою розрахунків на моделі.

Співставлення проводилося для бічних та вертикальних сил, що діють на рейки. При цьому проводилося моделювання тих самих умов, які були при експериментальних дослідженнях. Співставлення бічних сил проводилося за їх середніми значеннями по критерію Уїллоксона, та показало, що експериментальні та теоретичні дані належать до однієї сукупності.

Співставлення вертикальних сил проводилося за коефіцієнтами вертикальної динаміки, значення яких при усуненні неспівпадіння зменшувалося на 10...20 %, що вказує на збіг теоретичних та експериментальних даних.

Крім цього, проведено співставлення поперечних горизонтальних прискорень кузова, розрахованих на моделі, з експериментальними даними, які були отримані Колієвипробувальною ГНДЛ в 1971 році при дослідженні взаємодії рухомого складу та колії на одній з ділянок Придніпровської залізниці при швидкостях руху до 130 км/год. Співставлення дало збіг по середньому значенню в круговій кривій з розбіжністю до 15 % при швидкостях 60, 80 та 120 км/год та якісний збіг експериментальних та теоретичних даних.

Зважаючи на ці результати зроблено висновок про можливість використання моделі для теоретичних досліджень.

У підрозділі 4.2 наведено аналіз впливу неспівпадінь на рівень непогашених прискорень. Розрахунки проводилися для екіпажа, який рухається по пружній гладкій колії без випадкових нерівностей при наявності неспівпадінь відводів кривизни та підвищення.

Непогашене прискорення складається з умовно статичної частини $\alpha_{ст}$, яка залежить від співвідношення характеристик кругової кривої та швидкості руху екіпажа, та додаткової частини $\Delta\alpha_{кз}$, що виникає внаслідок коливань кузова на ресорах.

Розглянута умовно статична частина непогашеного прискорення при різних неспівпадіннях на початку та наприкінці перехідної кривої. При випередженні відводом кривизни відводу підвищення виникає додаткове прискорення $\Delta\alpha_{ст}$, яке за певних умов може привести до перевищення допустимого рівня непогашеного прискорення.

Виявлена та досліджена частина непогашеного прискорення від коливань кузова $\Delta\alpha_{кз}$ в залежності від різних чинників. Був спланований математичний експеримент для виявлення впливу таких чинників як радіус, підвищення, довжина перехідної кривої, неспівпадіння відводів, швидкість руху. На рис.2 наведено графіки додаткового непогашеного прискорення від коливань кузова, умовно статична його частина та повне непогашене прискорення в кривій з радіусом 625 м і підвищенням 65 мм при довжині перехідної кривої 50 м (а) та 140 м (б), з яких видно, що в кривій довжиною 50 м додаткові коливання попадають в зону з високим рівнем непогашеного прискорення та призводять до порушення комфортабельності їзди.

Для виявлення впливу довжини перехідної кривої на рівень додаткових прискорень $\Delta\alpha_{кз}$ від коливань введено критерій k_L , який є відношенням $\Delta\alpha_{кз}$ до нормативного значення непогашеного прискорення $[\alpha]$

$$k_L = \frac{\Delta\alpha_{кз}}{[\alpha]} \quad (1)$$

З рис. 3 видно, що додаткові коливання можуть досягати значних розмірів, до

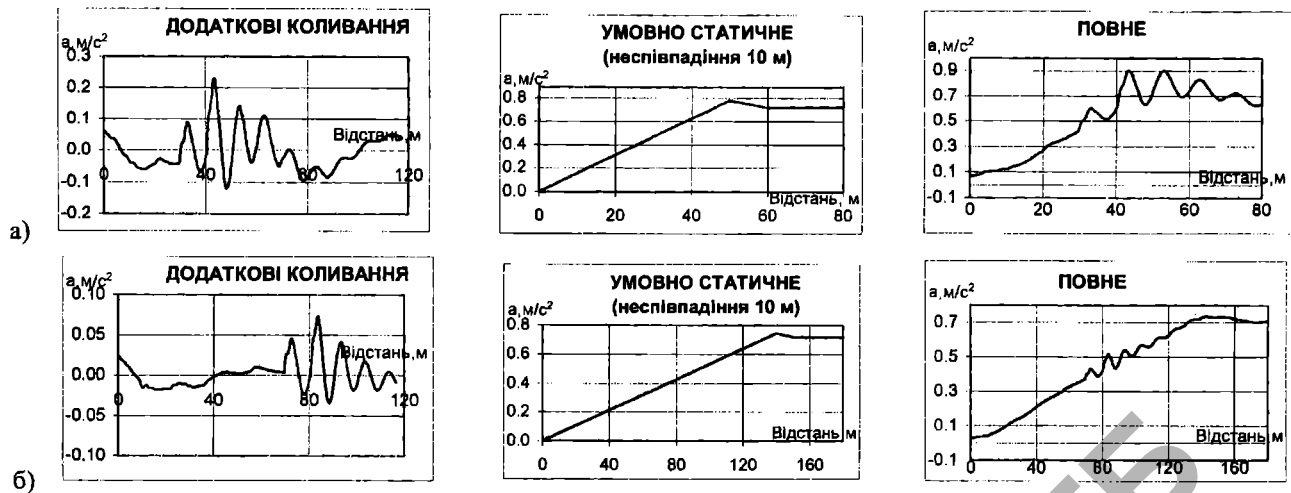


Рис. 2. Непогашені прискорення

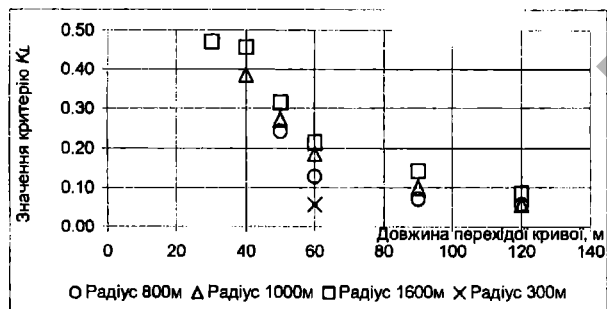


Рис. 3. Критерій впливу довжини перехідної кривої при неспівпадінні до 30 м наприкінці перехідної кривої

50 % від нормативного значення непогашеного прискорення, навіть коли неспівпадіння не перевищує допустимих значень, що були прийняті до виконання цієї роботи.

Для прикладу на рис. 4 приведено залежність непогашених прискорень від величини неспівпадіння для кривої радіусом 1000 м з підвищенням зовнішньої рейки 90 мм при довжині перехідної кривої 90 м. Аналіз графіків (див.рис. 4) показує, що значення прискорення $\Delta a_{\text{вн}}$ зростає зі зростанням швидкості руху та збільшенням неспівпадіння відводів кривизни та підвищення зовнішньої рейки.

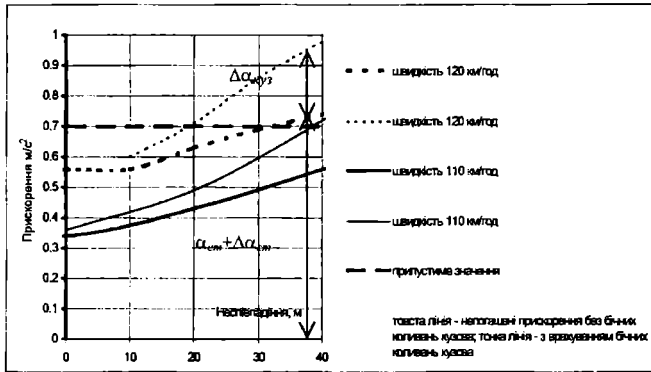


Рис. 4.

У підрозділі 4.3 наведений аналіз впливу неспівпадіння відводів кривизни та підвищення зовнішньої рейки на показники динамічних якостей екіпажа і стійкості проти вкочування гребеня колеса на рейку.

У підрозділі 4.4 проведена комплексна оцінка впливу неспівпадіння відводів на умови взаємодії пасажирського вагона та колії. Розглянуті різні комбінації неспівпадіння довжиною до 90 м на початку та наприкінці перехідної кривої. Для них розраховані варіанти при радіусах кривих 1000 м та 300 м. Розглянуті поперечні горизонтальні прискорення, розраховані коефіцієнти горизонтальної та вертикальної динаміки, а також коефіцієнти стійкості проти вкочування гребеня колеса на рейку. Зроблений аналіз всіх розрахованих варіантів за прийнятими показниками взаємодії.

Встановлено, що коефіцієнти горизонтальної динаміки не перевищують нормативних значень. Коефіцієнти вертикальної динаміки зростають з ростом неспівпадіння та при неспівпадіннях більших за 20 м часто порушуються їх нормативні значення. Це видно з рис. 5, на якому наведено коефіцієнти вертикальної динаміки в залежності від величини неспівпадіння.

Коефіцієнти запасу стійкості проти вкочування гребеня колеса на рейку в залежності від величини неспівпадіння відводів кривизни та підвищення показані на рис.6. Аналіз значень коефіцієнтів при радіусі 300 м вказує на недостатній запас стійкості.

Одним з способів зменшення показників взаємодії при перевищенні ними но-

рмативних значень є зниження швидкості руху. При наявності неспівпадіння в кінці перехідної кривої з випередженням кривизни, щоб компенсувати додаткові поперечні прискорення кузова $\Delta\alpha_{ст}$ та $\Delta\alpha_{куз}$, виведені залежності для визначення допустимої швидкості:

$$V = \sqrt{\left\{ \left[\alpha \right] + \frac{g \cdot h_k}{S} \left(1 - \frac{\Delta}{L + \Delta} \right) \right\} \cdot R_k}, \quad (2)$$

$$\Delta V_{ош} = V \left[1 - \sqrt{1 - \frac{\Delta\alpha_{куз}}{k_k \cdot V^2}} \right], \quad (3)$$

де R_k , h_k – радіус та підвищення зовнішньої рейки в круговій кривій; L – довжина перехідної кривої; Δ – величини неспівпадіння; S – відстань між осями рейок; V – швидкість руху при врахуванні тільки $\Delta\alpha_{ст}$; $\Delta V_{ош}$ – величина зниження швидкості при врахуванні додаткових коливань кузова $\Delta\alpha_{куз}$ порівняно із значенням, одержаним за виразом (2).

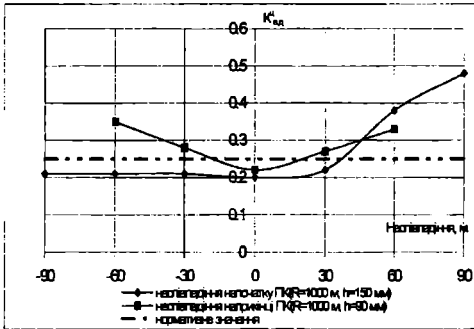


Рис. 5.

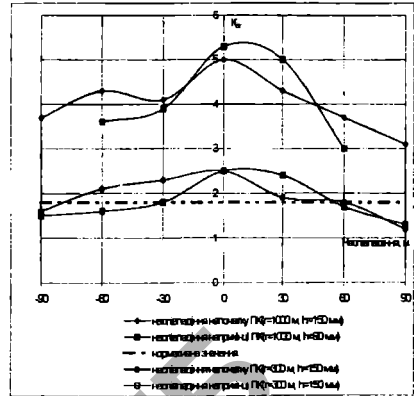


Рис. 6.

Наведено результати теоретичних досліджень за показниками динамічних якостей екіпажа, комфортабельності їзди та безпеки руху. На основі комплексної оцінки було встановлено, що еквівалентне зниження швидкості для компенсування динамічних ефектів, які були спричинені наявністю неспівпадіння, може становити від 5 до 40 км/год.

На рис. 7 приведені графіки, які показують величину зниження швидкості при значеннях неспівпадіння відводів кривизни та підвищення 10...30 м в залежності від величини підвищення зовнішньої рейки h при різному рівні швидкості руху (до 100, 101...120, 121...140 км/год). На рис. 8 приведені графіки залежності між вели-

чиною зниження швидкості і неспівпадіннями відводів.

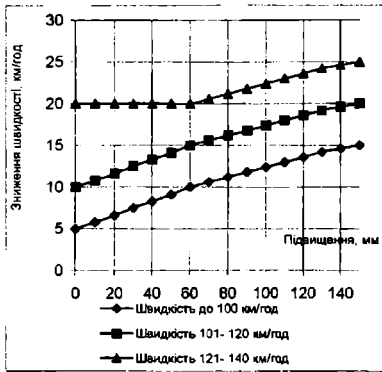


Рис. 7

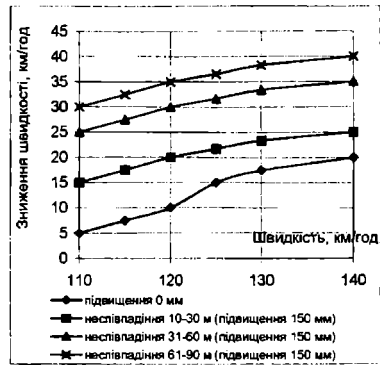


Рис. 8

Виявлено, що до найбільшого порушення цілого ряду показників взаємодії екіпажа та колії приводить наявність неспівпадінь одночасно на початку та наприкінці перехідної кривої. При цьому одночасні неспівпадіння з випередженням кривизни на початку та наприкінці та з випередженням кривизни на початку і підвищення наприкінці перехідної кривої призводять до найбільших значень коефіцієнтів вертикальної динаміки, додаткових бічних прискорень від коливань та найбільшого зниження коефіцієнта стійкості проти вкочування гребеня колеса на рейку.

Наведено аналіз показників взаємодії при русі по ділянках колії реального стану. Для цього зроблені теоретичні розрахунки з урахуванням випадкових нерівностей колії. При розрахунках показників взаємодії екіпажа та колії з випадковими нерівностями виявлено погіршення всіх показників. Це враховано при розробці норм утримання колії при наявності неспівпадінь.

У підрозділі 4.5 на основі комплексного аналізу показників динаміки екіпажа, комфортабельності їзди, безпеки руху в різних умовах взаємодії екіпажа і колії та оцінки впливу різних неспівпадінь на ці показники запропоновано норми утримання колії по неспівпадінню відводів кривизни та підвищення зовнішньої рейки і оцінки в балах цих несправностей в залежності від їх ступеня. Запропоновані норми допустимих швидкостей при русі по перехідних кривих з неспівпадіннями відводів кривизни та підвищення.

ВИСНОВКИ

На основі експериментальних та теоретичних досліджень вирішена актуальна науково – технічна задача по визначенню норм утримання колії та норм допусти-

мих швидкостей руху в перехідних кривих з неспівпадіннями відводів кривизни та підвищення зовнішньої рейки. Виконані дослідження дозволяють зробити такі висновки:

1. Аналіз стану колії в кривих на залізницях України показав, що є значна кількість кривих з неспівпадіннями відводів кривизни та підвищення зовнішньої рейки. За останні 15 років майже вдвічі зросла кількість кривих, у яких неспівпадіння перевищують 30 м.

2. В дисертаційній роботі запропонована сучасна нелінійна багатомасова модель для вивчення взаємодії пасажирського вагона та залізничної колії:

а) ця модель, що була розроблена раніше в ДПТІ для дослідження взаємодії екіпажа та колії в прямих ділянках, доповнена та розвинута для можливості виконання дослідження у ділянках колії змінної кривизни. Модель дозволяє отримати та проаналізувати узагальнені координати та швидкості тіл системи, сили у з'єднувальних елементах системи "екіпаж-колія", переміщення та швидкості переміщення силових елементів, деформації, проковзування та сили на поверхні кочення та на гребені колеса у зоні контактування колеса та рейки. До моделі введено пружно-в'язку основу у горизонтальному та вертикальному напрямках з зосередженими масами. Передбачена можливість задавати різні нерівності колії для оцінки головних показників взаємодії екіпажа та колії реального стану;

б) розроблена та реалізована у вигляді пакета програм для ПЕОМ модель комплексного аналізу показників силової взаємодії вагона та колії, зносу рейок, динамічних якостей екіпажа, комфортабельності їзди та безпеки руху;

в) запропонована модель та програмне забезпечення для факторного аналізу основних показників взаємодії в залежності від різних чинників, як то швидкість руху, вид нерівності, параметри кривої та ін.;

г) співставлення виконаних на моделі теоретичних розрахунків для умов експериментальних ділянок дало збіг їх результатів з даними експериментальних досліджень до 15 %, що вказує на достовірність теоретичних розрахунків.

3. Аналіз результатів експериментальних досліджень, які проводилися в перехідних кривих до кругової кривої радіусом 630 м на ланковій колії з дерев'яними шпалами і на безстиковій колії з залізобетонними шпалами, що має неспівпадіння відводів кривизни й підвищення зовнішньої рейки до 20 м при швидкостях руху досліджуваного рухомого складу до 100 км/год для визначення впливу неспівпадінь на умови взаємодії колії і рухомого складу, показав що:

а) неспівпадіння кінців відводу підвищення зовнішньої рейки з кінцем перехідної кривої приводить до збільшення напружень та деформацій верхньої будови колії під впливом рухомого складу і може бути причиною підвищеного зносу рейок;

б) вплив неспівпадінь відводів кривизни й підвищення виявляється по усереднених по всьому екіпажу вертикальних навантаженнях від коліс на рейки. Після усунення неспівпадінь відводів кривизни й підвищення зовнішньої рейки рівень ве-

ртикальних сил по таких середніх показниках зменшується на 10...20% в залежності від типу екіпажа, місця вимірів і напрямку руху;

в) усунення неспівпадінь відводів кривизни й підвищення привело до зменшення бічних сил, що передаються на колію від всіх екіпажів, що знаходилися в дослідному рухомому складі. При цьому, бічні сили змінилися менше на ділянці з залізобетонними шпалами, ніж на ділянці колії з дерев'яними шпалами. У електровозів зменшення бічних сил складало 5...8 кН, у пасажирського вагона – від 0.5 до 4 кН і у напіввагона – до 5 кН при русі дослідного рухомого складу з прямої ділянки в кругову криву. При русі з кругової кривої в пряму у електровозів бічні сили зменшувалися на 5...10 кН, у напіввагона – на 3...5 кН.

4. Теоретичні дослідження з застосуванням запропонованої математичної моделі взаємодії пасажирського вагона та колії при русі в перехідних кривих з неспівпадіннями відводів кривизни та підвищення показали, що:

а) будь-які неспівпадіння відводів можуть призводити до виникнення додаткових динамічних ефектів в перехідній кривій та в частині кругової кривої, що до неї прилягає. Із зростанням неспівпадінь максимальні значення поперечних горизонтальних прискорень зростають, зростають значення коефіцієнтів вертикальної та горизонтальної динаміки, знижується запас стійкості проти вкочування гребеня колеса на рейку, що може призводити до порушення нормативних значень цих показників;

б) виявлені та проаналізовані додаткові горизонтальні коливання і відповідні прискорення кузова пасажирського вагона, викликані набіганням колісних пар на зовнішню рейку перехідної кривої. Досліджені закономірності їх виникнення в залежності від будови конкретної кривої, швидкості руху та інших чинників і вплив на величину поперечних прискорень в кривих. Так, у перехідних кривих до кругових радіусом від 300 до 1600 м при неспівпадіннях відводів кривизни та підвищення до 30 м амплітудні значення додаткових прискорень кузова становили до 50 % від величини нормативного значення непогашеного прискорення;

в) виявлені умови, при яких показники взаємодії – коефіцієнти горизонтальної та вертикальної динаміки, поперечні прискорення та коефіцієнти стійкості проти вкочування гребеня колеса на головку рейки, досягають граничних допустимих значень.

д) в залежності від підвищення зовнішньої рейки та радіуса кругової кривої, неспівпадіння відводів кривизни та підвищення в перехідній кривій розраховані швидкості руху, при яких можна забезпечити нормативні значення показників комфортабельності їзди та коефіцієнтів динаміки та стійкості екіпажа.

5. Результати розрахунків при русі пасажирського вагона по колії з випадковими нерівностями показали, що і в цьому випадку наявність неспівпадінь відводів може призводити до погіршення основних показників взаємодії та перевищенню їх нормативних значень.

6. На основі комплексного аналізу результатів теоретичних досліджень і експерименту:

а) запропоновані норми оцінки відступів у відводах кривизни та підвищення зовнішньої рейки по їх записам на стрічці вагона-колівимірювача для використання в загальній оцінці стану колії.

б) запропоновані норми допустимих швидкостей руху у перехідних кривих з неспівпадіннями відводів кривизни та підвищення, при яких не перевищуються нормативні значення показників взаємодії екіпажа та колії.

7. Результати дослідження використані при складанні "Технічних вимог до колії, споруд і пристроїв колійного господарства на ділянках швидкісних полігонів Бориспіль-Барішевка і Новомосковськ-Дніпродзержинськ лівобережний, для випробування нового рухомого складу зі швидкістю до 180 км/год" та "Тимчасових технічних вимог до будови та утримання колії, споруд і пристроїв колійного господарства на ділянках, на яких допустима швидкість руху пасажирських поїздів перевищує 140 км/год"

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ:

1. Халипова Н.В. Неровности пути на переходных кривых // Транспорт. – Вып. 3. – Днепропетровск: Наука і освіта. – 2000. – С. 90–94.

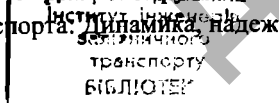
2. Данович В.Д., Ленивенко В.Г., Халипова Н.В. О переносном движении вагонов по криволинейным участкам пути // Транспорт. – Вып. 4. – Днепропетровск: Нова ідеологія. – 1999. – С. 31–37.

3. Данович В.Д., Рейдемейстер А.Г., Халипова Н.В. Математическая модель взаимодействия пути и пассажирского вагона при движении по участкам произвольной кривизны // Транспорт. – Вып. 8. – Днепропетровск: Нова ідеологія. – 2001. – С. 124–138.

4. Уманов М.И., Воробейчик Л.Я., Халипова Н.В. Экспериментальные исследования по воздействию на путь в переходных кривых при наличии несовпадений отводов кривизны и возвышения // Транспорт. – Вып. 10. – Днепропетровск: Рекламно – издательский отдел ДИИТа. – 2001. – С. 106–111.

5. Данович В.Д., Халипова Н.В., Чиликина Н.Г. Модель рельсо-шпальной решетки в задачах взаимодействия подвижного состава и пути // Труды Междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы взаимодействия пути и подвижного состава». – Днепропетровск. – 1998. – С. 9–10.

6. Цыганенко В.В., Климов В.И., Халипова Н.В. О состоянии переходных кривых в плане на железных дорогах Украины // Труды Междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы механики ж.-д. транспорта, динамика, надежность и безопасность по-



6859a

движного состава». – Днепропетровск: Арт-Пресс. – 2000. – С. 125.

7. Деформация подшпального упруго-вязкого инерционного основания под динамической нагрузкой / В.Д. Данович, А.М. Патласов, Н.В. Халипова, И.А. Бондаренко // Транспорт. – Вып. 4. – Днепропетровск: Нова ідеологія. – 1999. – С. 5–22.

8. Данович В.Д., Рейдемейстер А.Г., Халипова Н.В. Уравнения движения железнодорожного экипажа в переходных и круговых кривых // Транспорт. – Вып. 10. – Днепропетровск: Рекламно – издательский отдел ДИИТа. – 2001. – С. 86–91.

АНОТАЦІЯ

Халіпова Н.В. Обґрунтування норм утримання колії в перехідних кривих по неспівпадінню відводів кривизни та підвищення. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.06 – Залізнична колія. – Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту, Дніпропетровськ, 2002.

Дисертація присвячена обґрунтуванню норм утримання колії та норм допустимих швидкостей руху в перехідних кривих з неспівпадіннями відводів кривизни і підвищення зовнішньої рейки. У роботі виконані:

визначення критеріїв для оцінки взаємодії рухомого складу та колії в перехідних кривих з неспівпадіннями відводів кривизни та підвищення зовнішньої рейки;

- удосконалення моделі коливань пасажирського вагона при русі по прямих ділянках колії, що раніше була розроблена в ДІТі, шляхом доповнення її рівняннями, які описують рух екіпажа в ділянках змінної кривизни;

- створено математичну модель для комплексного аналізу основних показників взаємодії екіпажа та колії;

- проведені експериментальні дослідження взаємодії рухомого складу і колії в перехідних кривих з неспівпадіннями відводів для виявлення впливу неспівпадіння на показники взаємодії;

- модель застосована для оцінки основних показників взаємодії та обґрунтування норм утримання колії в перехідних кривих, що мають неспівпадіння відводів кривизни та підвищення. Достовірність теоретичних досліджень перевірена шляхом співставлення з даними експериментальних досліджень.

Отримані теоретичні та практичні результати використані при розробці норм утримання колії в процесі її експлуатації та при виконанні НДР за замовленням Укрзалізниці. Математична модель може бути використана при вирішенні широкого кола практичних задач.

Ключові слова: відвод підвищення, відвод кривизни, неспівпадіння відводів,

перехідні криві, взаємодія рухомого складу та колії, непогашене прискорення, допустимі швидкості.

АННОТАЦИЯ

Халипова Н.В. Обоснование норм содержания пути в переходных кривых по несовпадению отводов кривизны и возвышения. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.06 – Железнодорожный путь. – Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта, Днепропетровск, 2002.

Диссертация посвящена обоснованию и разработке норм содержания пути и норм допускаемых скоростей движения в переходных кривых с несовпадениями отводов кривизны и возвышения наружного рельса. В работе выполнено:

проведен анализ состояния пути на железных дорогах Украины, который показал, что имеется значительное количество переходных кривых с несовпадениями отводов кривизны и возвышения наружного рельса;

определены критерии для оценки взаимодействия подвижного состава и пути в переходных кривых с несовпадениями отводов кривизны и возвышения наружного рельса;

- предложена современная нелинейная многомассовая модель для исследования взаимодействия пассажирского вагона и железнодорожного пути, в которой:

а) получила дальнейшее развитие модель пространственных колебаний пассажирского вагона и пути при движении по прямым участкам пути, которая дополнена уравнениями, описывающими движение в участках переменной кривизны, упруго-вязким основанием в горизонтальном и вертикальном направлении с сосредоточенными массами и возможностью задавать неровности пути для оценки основных показателей взаимодействия экипажа и пути реального состояния. Модель позволяет получить и проанализировать обобщенные координаты и обобщенные скорости тел системы, силы в соединительных элементах системы «экипаж - путь», перемещения и скорости перемещения силовых элементов, деформации, проскальзывания и силы на поверхности катания и на гребне колеса в зоне его контактирования с рельсом;

б) осуществляется комплексный анализ показателей силового взаимодействия подвижного состава и пути, износа рельсов, комфортабельности езды и безопасности движения и факторный анализ основных показателей взаимодействия экипажа и пути в зависимости от различных факторов, таких как скорость, вид неровностей, параметры кривой и др.;

- разработано математическое обеспечение и программы для ПЭВМ, позволяю-

щие решать широкий круг задач, связанных с взаимодействием экипажа и пути;

- проведены экспериментальные исследования взаимодействия подвижного состава и пути в переходных кривых с несовпадениями отводов для определения их влияния на показатели взаимодействия;

- при помощи разработанной математической модели проведены теоретические исследования взаимодействия пассажирского вагона и пути при движении по переходной кривой с несовпадениями отводов кривизны и возвышения наружного рельса, которые позволили:

- а) выявить и проанализировать закономерности появления дополнительных горизонтальных колебаний, которые вызваны набеганием колесных пар на наружный рельс в переходной кривой в зависимости от параметров конкретной кривой, скорости движения, отклонений в содержании переходных кривых и пр., а также условия, при которых показатели взаимодействия – коэффициенты горизонтальной и вертикальной динамики, поперечные ускорения и коэффициенты устойчивости против вкатывания гребня колеса на головку рельса – достигают максимальных допустимых значений;

- б) получить новые аналитические выражения для определения скорости движения вагона в переходной кривой с несовпадениями отводов кривизны и возвышения с учетом дополнительных колебаний кузова, обусловленных этими несовпадениями;

- в) оценить основные показатели взаимодействия и обосновать нормы содержания пути в переходных кривых, которые имеют несовпадения отводов кривизны и возвышения;

- достоверность теоретических исследований подтверждена путем сопоставления с данными экспериментальных исследований.

На основе экспериментальных и теоретических исследований решена актуальная научно-техническая задача по обоснованию норм содержания пути в процессе его эксплуатации и норм допускаемых скоростей движения в переходных кривых с несовпадениями отводов кривизны и возвышения наружного рельса.

Полученные теоретические и практические результаты использованы при выполнении НИР по заказу Укрзалізниця.

Ключевые слова: отвод возвышения, отвод кривизны, несовпадение отводов, переходные кривые, взаимодействие подвижного состава и пути, непогашенное ускорение, допускаемые скорости.

THE SUMMARY

Khalipova N.V. Substantiation of the norms of the contents of a track in transitional curves on a straddling of removals of curvature and elevation. – Manuscript.

Thesis on competition of a scientific degree of the candidate of engineering science on a speciality 05.22.06 – Railway. – Dnipropetrovsk national university of a railway transport, Dnipropetrovsk, 2002.

The thesis is dedicated to development of the project of the norms of maintaining of a track in transitional curves with straddlings of removals of curvature both elevation of an outside rail and norms of permissible running speeds in transitional curves with such deviations. It is executed in investigation :

- the criteria for an estimation of interaction of rolling stock and track in transitional curves with straddlings of removals of curvature and elevation of an outside rail are determined;
- the model of oscillations of the carriage on a straight section of a track, which was earlier designed in Dnipropetrovsk state technical university of a railway transport, is supplemented by the equations, which describe motion of a vehicle in sections of variable curvature;
- the software and computer programs for the comprehensive analysis of the main parameters of interaction of a vehicle and track are designed;
- the model is applied for an estimation of the main parameters of interaction and development of the norms of maintaining of a track in transitional curves, which has straddlings of removals of curvature and elevation;
- the experimental researches of interaction of rolling stock and track in transitional curves with straddlings of removals are conducted;
- the results of the analytical investigation is verified by comparison with the data of experimental researches.

The obtained results were used for development of the norms of track maintaining and for the research work ordered Ukrzaliznytsya. The mathematical model can be used for a solution of the broad range of practical problems.

Keywords: removal of elevation, removal of curvature, straddling of removals, transitional curves, interaction of carriage and track, nonextinguished acceleration, permissible speeds.

Халіпова Наталія Володимирівна

**ОБГРУНТУВАННЯ НОРМ УТРИМАННЯ КОЛІЇ
В ПЕРЕХІДНИХ КРИВИХ ПО НЕСПІВПАДІННЮ
ВІДВОДІВ КРИВИЗНИ ТА ПІДВИЩЕННЯ**

05.22.06 Залізнична колія

**Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Підписано до друку 11.09.02 р. Формат 60X84 1/16. Папір для множних апаратів.
Ум. друк. арк. 1,0. Обл. – вид. арк. 1,1. Тираж 100 прим. Замовлення №1070

Безкоштовно.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту.
Адреса університету та дільниці оперативної поліграфії ДНУТ: 49010 ,
м.Дніпропетровськ, 10, вул.Акад. В.А. Лазаряна, 2.