

МІНІСТЕРСТВО ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

ГУБАР ОЛЕКСІЙ ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 625.144.2:625.142.4:004.5

ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМ УЛАШТУВАННЯ ТА УТРИМАННЯ КОЛІЇ
ДЛЯ КРИВИХ З РАДІУСАМИ МЕНШЕ 350 МЕТРІВ

Спеціальність 05.22.06 – залізнична колія

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2011

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі «Колія та колійне господарство» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства інфраструктури України.

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор
РИБКІН Віктор Васильович,
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
Міністерства інфраструктури України, завідувач
кафедри «Колія та колійне господарство».

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, старший науковий співробітник
РАДЧЕНКО Микола Олексійович,
Інститут транспортних систем і технологій
НАН України, провідний науковий співробітник;

кандидат технічних наук, доцент
ШРАМЕНКО Володимир Павлович,
Українська державна академія залізничного
транспорту, м. Харків Міністерства інфраструктури
України, завідувач кафедри «Колія і колійне
господарство».

Захист відбудеться «__» _____ 2011 р. о _____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.820.01 у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: вул. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ, 49010, ауд. 314

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Автореферат розіслано «__» _____ 2011 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
д.т.н., професор

М. О. Костін

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ. Залізничний транспорт є важливою частиною економіки України, оскільки забезпечує реалізацію приблизно 75 % вантажообігу і більше 40 % пасажирообігу від всіх транспортних перевезень країни. Інтеграція українських залізниць в міжнародну систему транспортних коридорів, що з'єднують Україну із Західною і Центральною Європою, Російською Федерацією та країнами Середньої Азії і Кавказу, зумовлюють потребу до подальшого підвищення швидкостей руху і вагової норми поїздів. Це можливо лише з розвитком і впровадженням на магістральних лініях технічного прогресу та модернізації колії, нових технологій колійного господарства, збільшенням протяжності безстикової колії, впровадженням залізобетонних шпал і брусів замість дерев'яних при безумовному дотриманні безпеки руху поїздів.

На жаль, на залізницях України щороку відбуваються сходи рухомого складу з рейок. Значна частина сходів відбувається у кривих ділянках, переважно у кривих радіусом менше 350 м. Стан колії у кривих ділянках, є одним з основних факторів, що стримують впровадження високих швидкостей руху. Підвищення швидкостей змінює умови експлуатації як рухомого складу, так і колії. Головною вимогою до утримання колії в сучасних умовах є недопущення розвитку відхилень від норм до розмірів, що порушують плавність та безпеку руху.

Завданням даної дисертаційної роботи є дослідження процесів взаємодії рухомого складу і колії в кривих радіусом менше 350 метрів з урахуванням всіх факторів, що суттєво впливають на процес взаємодії, і з можливістю використання цих уточнень для обґрунтування норм улаштування та утримання колії у таких кривих.

Актуальність теми. Існуючі на сьогодні норми ширини колії у кривих ділянках розраховані виходячи з умов вписування жорсткої бази масового залізничного екіпажу. Розрахунки обґрунтування цих норм розроблялися з урахуванням наявності на той час у вагонному парку довгобазних двовісних вагонів, вісі яких розташовані безпосередньо в головній рамі екіпажа, і вантажних вагонів з тривісними візками.

На сьогоднішній день як на залізницях України, так і країн СНД відсутні обґрунтовані норми улаштування колії на залізобетонних шпалах у кривих ділянках колії з радіусами кругових кривих менше 350 м. Такі обґрунтування відсутні, насамперед, через те, що відсутні конструкції колії, що відповідали б вимогам для таких кривих, а саме, можливістю складання колії із заданою та обґрунтованою шириною колії в межах кругової кривої і забезпечення відводу розширення в межах перехідних кривих. Крім того, така конструкція повинна передбачати можливість регулювання ширини колії, що змінюється в процесі експлуатації.

Про необхідність норм улаштування колії для залізобетонних шпал у кривих ділянках колії з радіусами менше 350 м свідчить кількість дерев'яних шпал, що лежать у колії і можуть бути замінені на залізобетонні шпали.

Так, на Львівській залізниці вкрито 4 млн. 554 тис. дерев'яних шпал, що складає 48 відсотків від загальної кількості шпал, а на решті залізниць частка дерев'яних шпал складає від 22 до 30 % їх загальної кількості. Найбільшу кількість дерев'яних шпал мають так звані гірські дистанції, де багато кривих радіусом менше 350 м. Крім того, фактичний термін служби залізобетонних шпал відповідає розрахунковому і складає біля 40 років, а фактичний термін служби дерев'яних шпал складає біля 7–7,5 років, що у 2–2,5 рази менше від розрахункового.

Наведене вище вказує на актуальність розробки норм улаштування та утримання колії для кривих з радіусами менше 350 метрів на залізобетонних шпалах. Цим питанням і присвячена дисертація.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема дисертації пов'язана з планом виконання науково-дослідних робіт кафедри «Колія та колійне господарство» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ) в галузі удосконалення технічних норм улаштування і утримання колії та розробки технічної документації. Автор дисертації брав участь в науково-дослідних роботах, що виконувались за завданням Головного управління колійного господарства Укрзалізниці: "Аналіз причин сходів рухомого складу в кривих ділянках колії радіусом до 350 м і розробка конструкцій з метою їх запобігання" (державний реєстраційний номер 0106U010229, договір №103/06-ЦТех-239/06-ЦЮ 53.180 від 21.07.2006 р.), "Дослідження експлуатаційних характеристик ділянок колії зі скріпленням типу APC-4 та визначення напружено-деформованого стану колії" (державний реєстраційний номер 0107U006735, договір №062/07-ЦТех-766-ЦЮ 53.189 від 23.05.2007 р.), а також у розробці нормативно-технічного документа «Інструкція зі складання та поточного утримання колії зі скріпленнями типу СКД65» ЦП-0199, затвердженого наказом Укрзалізниці від 10.12.2008 р. № 534-Ц.

Мета роботи. Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності експлуатації та якості улаштування залізничної колії шляхом обґрунтування норм утримання колії для кривих з радіусами менше 350 метрів з розробкою, обґрунтуванням і впровадженням нових конструкцій рейкових скріплень, які дають можливість регулювати ширину колії.

Задачі досліджень.

1. Провести системний аналіз існуючих методів дослідження процесів взаємодії рухомого складу і колії та причин сходів рухомого складу, що мали місце на залізницях України; дослідити розподіл сходів за факторами впливу, такими як: радіус кривої, швидкість руху рухомого складу, тип рухомого складу, що зійшов, та причини сходів.

2. Вибрати критерії для оцінки взаємодії рухомого складу і колії та розробити математичну модель і програмне забезпечення до ПЕОМ для комплексного аналізу основних показників взаємодії та обґрунтування норм утримання колії для кривих ділянок радіусом менше 350 м.

3. Розробити і обґрунтувати норми улаштування колії на залізобетонних шпалах у кривих ділянках колії з радіусами кругових кривих менше 350 м.

4. Виконати наукове обґрунтування технічних вимог і вибір раціональних конструкцій рейкових скріплень для кривих ділянок радіусом менше 350 м.

5. Розглянути аспекти впровадження нових конструкцій і технологій укладання та експлуатації верхньої будови колії для залізниць України.

6. Дати техніко-економічну оцінку використання нових конструкцій і технологій укладання та експлуатації колії у порівнянні із існуючими.

Об'єкт досліджень – процеси взаємодії залізничної колії та рухомого складу в кривих з радіусом менше 350 м.

Предмет досліджень – криві ділянки залізничної колії з радіусами менше 350 м.

Методи досліджень. В роботі використано комплексний метод досліджень, який включає аналітичну і експериментальну частини. Для аналітичних досліджень застосовано метод математичного моделювання. Обробку експериментальних даних проведено на ПЕОМ із застосуванням методів математичної статистики для визначення горизонтальних та вертикальних сил, що діють на колію. Для цього за допомогою вимірювальних приладів, активним елементом яких є тензорезистори, вимірювали напруження в рейках та їх деформації за прийнятою в Колієвипробувальній ГНДЛ методикою.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Розроблено математичну модель комплексного аналізу показників силової взаємодії рухомого складу і колії, комфортабельності їзди і безпеки руху, а також для факторного аналізу основних показників взаємодії екіпажу і колії в залежності від різних факторів, яка відрізняється від існуючих моделей врахуванням ширини колії та розподілом вертикальних сил, що передаються від рухомого складу на колію, як між колісними парами, так і між колесами у парі, що дозволяє більш точно розв'язувати задачі обґрунтування норм улаштування та утримання колії в кривих ділянках колії з радіусами менше 350 м.

2. Встановлено аналітичні залежності між шириною колії і силами взаємодії рухомого складу і колії, які відрізняються від існуючих залежностей врахуванням розподілу вертикальних сил, що передаються від рухомого складу на колію, як між колісними парами, так і між колесами у парі, що дозволило розробити програмний комплекс для визначення розрахункових значень полюсної відстані при вписуванні візка екіпажа і розв'язати задачу оптимального устрою залізничної колії.

3. Обґрунтовано теоретичні підходи до параметрів проміжних рейкових скріплень для залізобетонних шпал, які відрізняються від існуючих додатковими конструктивними вимогами, що дозволило розширити сферу застосування залізобетонних шпал і обґрунтувати відсутні на теперішній день норми улаштування ширини колії для кривих з радіусами менше 350 м, враховуючи відсутність довгобазних двовісних вагонів і вагонів з тривісними візками у вагонному парку.

4. Вперше для умов українських залізниць розв'язана наукова задача щодо можливості і доцільності введення нової технології зі складання

та поточного утримання колії з рейковими скріпленнями на залізобетонних шпалах з можливістю регулювання ширини колії у кривих ділянках, що дозволило розширити сферу застосування залізобетонних шпал, яка була обмежена величиною радіусу через необхідність обов'язкового розширення ширини колії у кривих ділянках з радіусами менше 350 м.

Практичне значення отриманих результатів.

1. Отримані в дисертації висновки та результати використано у науково-дослідних розробках кафедри «Колія та колійне господарство» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за напрямками дослідження експлуатаційних характеристик ділянок колії із новими скріпленнями та визначення напружено-деформованого стану колії та аналізу причин сходів рухомого складу в кривих ділянках колії радіусом до 350 м і розробка конструкцій з метою їх запобігання, що виконувалися за завданням Укрзалізниці.

2. Використання інженерної методики розрахунку ширини колії у кривих ділянках колії дозволяє залежно від радіусу кривої ділянки і конструктивних особливостей екіпажів, які обертаються на даній ділянці, встановити оптимальну ширину колії, що дозволило розробити конструктивні вимоги до рейкових скріплень для сучасних умов експлуатації у кривих ділянках колії, де необхідно розширення колії, які використані при розробці конструкції рейкових скріплень на залізобетонних шпалах з можливістю регулювання ширини колії.

3. На основі теоретичних розрахунків і дослідної експлуатації розробленої автором конструкції рейкових скріплень видано рекомендації Головному управлінню колійного господарства Укрзалізниці по використанню скріплень типу СКД65 на мережі залізниць України.

4. Розроблені методики суцільного та локального регулювання ширини колії використані при розробці нормативно-технічного документа Укрзалізниці «Інструкція зі складання та поточного утримання колії зі скріпленнями типу СКД65» ЦП-0199.

5. Встановлені в роботі нові наукові положення є базою для вирішення важливої задачі – підвищення ефективності експлуатації залізничної колії при дотриманні нормативів її устрою і утримання.

Особистий внесок здобувача. Усі наукові положення, розробки й результати досліджень, що виносяться на захист, отримані особисто автором. У наукових працях, що опубліковані у співавторстві, особистий внесок автора такий: у роботах [1, 9] – аналіз матеріалів розслідування сходів рухомого складу у кривих ділянках колії радіусом менше 350 м, методика проведення експериментальних досліджень, обробка і аналіз результатів експериментального дослідження дії тепловоза М62 на колію в кривій ділянці радіусом 192 м, висновки; у роботах [2, 10] – обробка і аналіз результатів експериментального дослідження експлуатаційних характеристик ділянок колії зі скріпленням типу АРС-4; у патентах [4 – 7] та тезах [13, 14] – ідея і розробка конструкції проміжного рейкового скріплення для залізобетонних шпал; у роботі [8] – ідея і розробка технології суцільного і локального регулювання

ширини колії зі скріпленнями типу СКД65-Б, розробка і написання тексту звіту, визначення ділянки відводу розширення колії у межах перехідної кривої при застосуванні скріплень типу СКД65; у роботах [3, 11, 12] – визначення витрат пов'язаних з утриманням верхньої будови колії. Робота [15] написана без співавторів.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертації доповідалися на: Міжнародній науково-практичній конференції з митної політики та актуальних проблем економічної та митної безпеки України на сучасному етапі (Дніпропетровськ, листопад, 2007 р.); 12-ій Міжнародній конференції з проблем механіки залізничного транспорту (Дніпропетровськ, травень, 2008 р.); 8-ій Міжнародній науковій конференції з проблеми економіки транспорту (Дніпропетровськ, квітень, 2009 р.); 67, 69, 70, 71-ій Міжнародних науково-практичних конференціях з проблем та перспектив розвитку залізничного транспорту (Дніпропетровськ, травень, 2007 р., травень, 2009 р., квітень, 2010 р., квітень, 2011 р.).

Повністю дисертаційна робота доповідалась на міжкафедральному науковому семінарі кафедр «Колія та колійне господарство», «Проектування і будівництво доріг», «Тунелі, основи і фундаменти» та Колієвипробувальної галузевої науково-дослідної лабораторії Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна 24 травня 2011 р.

Публікації. Основні положення дисертації опубліковані в 14-ти наукових працях у тому числі: 3 – у фахових виданнях, 7 – у матеріалах конференцій, 1 – патент на винахід та 3 – патенти на корисну модель.

Структура дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і шести додатків. Повний обсяг складає 240 сторінок друкованого тексту, в тому числі: 60 рисунків на 52 сторінках, 62 таблиці на 50 сторінках, список літератури з 133 найменувань на 14 сторінках, та 6 додатків на 52 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету й задачі досліджень, відображено наукову новизну результатів, їх практичне значення.

У першому розділі проведено історичний огляд розвитку досліджень взаємодії колії і рухомого складу у кривих ділянках залізничної колії, основ розрахунків вписування рухомого складу у криві ділянки, зміні норм ширини колії у кривих ділянках та вирішення проблеми проміжних скріплень для залізобетонних шпал.

Теоретичні основи досліджень руху рухомого складу було закладено ще у XIX сторіччі. Для розрахунків використовувались способи, розроблені Роєм і Пуші, а також способи Юбілакера, Вілле і Вантца, Фогеля, Местра, Плясе, Холла, Портера, Якобі, Кармінського, що були удосконалені В.В. Моничем, К.П. Корольовим, А.В. Солом'янським, В.М. Панським, П.А. Слітіковим, І.І. Ніколаєвим та інш.

У роботах С.Н. Смирнова, А.А. Холодецького, К.Ю. Цеглинського, Г. Юбелакера, А.Е. Раєвського, Х. Мелік-Асланова, Н.Т. Мітюшина, А.М. Годицького-Цвірко, Г. Марьє, С.А. Стьопкіна, Д.Г. Голованова, В.Б. Медея, С.М. Куценко, Т. Мюллера, М.Ф. Веріго, О.П. Єршкова, О.Я. Когана, М.А. Фрішмана, Г.М. Шахунянца, М.А. Чернишова, І.П. Граве, М.О. Радченко та інш. розглянуто питання взаємодії колії і рухомого складу.

За час існування залізниць неодноразово мінялися як методи підходу до обґрунтування норм і допусків, так і їхні абсолютні значення. Цими питаннями займалися проф. А.Л. Васютинський, А.А. Холодецький, К.Ю. Цеглинський.

Теоретичні дослідження з можливості уніфікації рейкової колії у прямих і кривих ділянках колії було проведено у Радянському Союзі професорами П.Г. Козійчуком і К.П. Корольовим. Ці дослідження, а також роботи проф. М.А. Фрішмана і доц. Т.М. Шпака і достатньо докладні дослідження ЦНИИ МПС 1951 – 1955 рр., що виконані під керівництвом і при участі докт. техн. наук О.П. Єршкова, дали можливість прийняти норми ширини колії, що діють і сьогодні.

Питаннями вдосконалення конструкцій верхньої будови колії та рейкових скріплень свого часу займалося багато вітчизняних вчених: докт. техн. наук В.Г. Альбрехт, А.Ф. Золотарський, С.В. Амелін, Г.М. Шахунянц, М.А. Фрішман, М.Ф. Веріго, В.І. Ангелейко, Г.Е. Андрєєв, Ю.Д. Волошко, М.І. Карпущенко, В.І. Новаковіч, Е.І. Даніленко, В.В. Рибкін, М.Д. Кравченко; канд. техн. наук В.В. Серебряніков, Т.А. Лапідус, Л.Г. Крисанов, В.Ф. Афанасьєв, В.С. Лисюк, В.В. Говоруха, Г.К. Жилін, О.М. Жученко, В.П. Гнатенко, А.М. Орловський, А.П. Татуревич, В.В. Циганенко, М.І. Уманов, А.І. Белорусов, М.П. Настечик, М.Д. Костюк, В.М. Твердомед та інш.

Аналіз роботи колії із залізобетонними шпалами в Україні показує, що проблему проміжних скріплень слід розв'язувати як в напрямку пошуку нових конструкцій, так і в напрямку удосконалення існуючих.

У другому розділі аналізуються сходи, що мали місце на залізницях України, починаючи з 1994 року. Було зібрано матеріали розслідувань сходів рухомого складу з шести залізниць: Донецької, Львівської, Одеської, Південної, Південно-Західної та Придніпровської залізниць. Разом 78 сходів, з матеріалу розслідування яких було вибрано дані стосовно радіусу та підвищення зовнішньої рейки ділянки колії, на якій мав місце схід, встановленої швидкості на ділянці руху та швидкості рухомого складу у момент сходу, виду рухомого складу, що зійшов, та причини сходу. Відібрані дані були також згруповані по залізницях.

Основними причинами сходів найчастіше вважається порушення норм по крутизні відводів підвищення рейок у кривих, велика різниця стріл вигину в суміжних точках, неправильне встановлення підвищення зовнішньої рейки у кривих. В багатьох випадках сходів у колії зафіксовано відхилення одночасно за кількома параметрами. Найчастіше сходи відбувалися шляхом перекошування гребеня колеса через головку рейки.

Проведено аналіз стану 114 кривих радіусом менше 350 м за даними вагонів-колесовимірювачів і вибіркове натурне обстеження окремих кривих. Серед них радіусом до 179 м – 9 кривих, від 180 м до 199 м – 3 кривих, від 200 м до 299 м – 80 кривих, від 300 м до 350 м – 22 кривих. Виділені основні відхилення в стані кривих III – IV ступенів за рівнем, напрямом у плані рейкової нитки, шириною колії та осіданням рейкової нитки.

Проаналізовані дані показують, що основна частина сходів має місце на станціях у кривих з радіусом менше 350 м при виконанні маневрових робіт. В більшості випадків сходили з рейок локомотиви з тривісними візками.

Третій розділ присвячено обґрунтуванню норм ширини колії у кривих ділянках радіусом менше 350 м.

У розрахунках по визначенню ширини колії необхідно знати відстань від центра повороту до геометричної вісі першої колісної пари. У випадку заклиненого і хордового вписування ця величина може бути прийнята рівною половині величини жорсткої бази візка (при візковому екіпажі). Але в залежності від виникаючих при русі силових взаємодій екіпажу й колії центр повороту може приймати різні положення. Найбільше своє значення полюсна відстань може прийняти тоді, коли залізничний екіпаж (його жорстка база) своїм зовнішнім колесом передньої вісі притискається до зовнішньої рейки кривої, а задня вісь жорсткої бази або займає радіальне положення, або прагне його зайняти; при цьому центр повороту екіпажа перебуває на перетині цього радіуса з поздовжньою геометричною віссю жорсткої бази (схема вільного вписування). При практичному вирішенні вказаної задачі за звичай виходять з умови забезпечення найкращого вписування для масового виду рухомого складу. Масовим видом екіпажу є вантажний чотиривісний вагон.

В існуючих схемах вписування вважається, що при набіганні колісної пари на рейку горизонтальна направляюча сила діє по вісі колісної пари (перпендикулярно поздовжній вісі). Але аналіз результатів теоретичних та експериментальних досліджень виконаних В. Ф. Яковлевим, Е. П. Дудкіним показує, що при набіганні колісної пари на рейку під деяким кутом горизонтальна направляюча сила у контакті колеса і рейки діє не по вісі колісної пари, а по нормалі до площадки контакту. Цю силу називають радіально-поперечним зусиллям Y_{rp} , яке може бути розкладено на направляюче зусилля Y_H , що діє вздовж вісі колісної пари і визначає поворот візка, і поздовжнє зусилля Y_{π} , що заважає повороту візка і викликає угон упорних ниток і опір руху екіпажу у кривих ділянках.

Вертикальні сили, що передаються від колісних пар на рейки, можливо визначати згідно «Правил розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість». При русі відбувається зменшення або збільшення вертикальних навантажень від коливань кузова на ресорах. Так, при русі колісної пари рухомого складу по колії відбувається розвантаження однієї і довантаження другої рейки, а величину цього розвантаження можливо визначити згідно рекомендацій Г.М. Шахунянца.

Виникла необхідність розроблення такої розрахункової схеми, яка б дозволила виконати теоретичний аналіз впливу нерівномірного завантаження як колісних пар, так і окремих коліс у парі.

Схема розташування візка у кривій і прикладені до нього сили приведені на рис. 1.

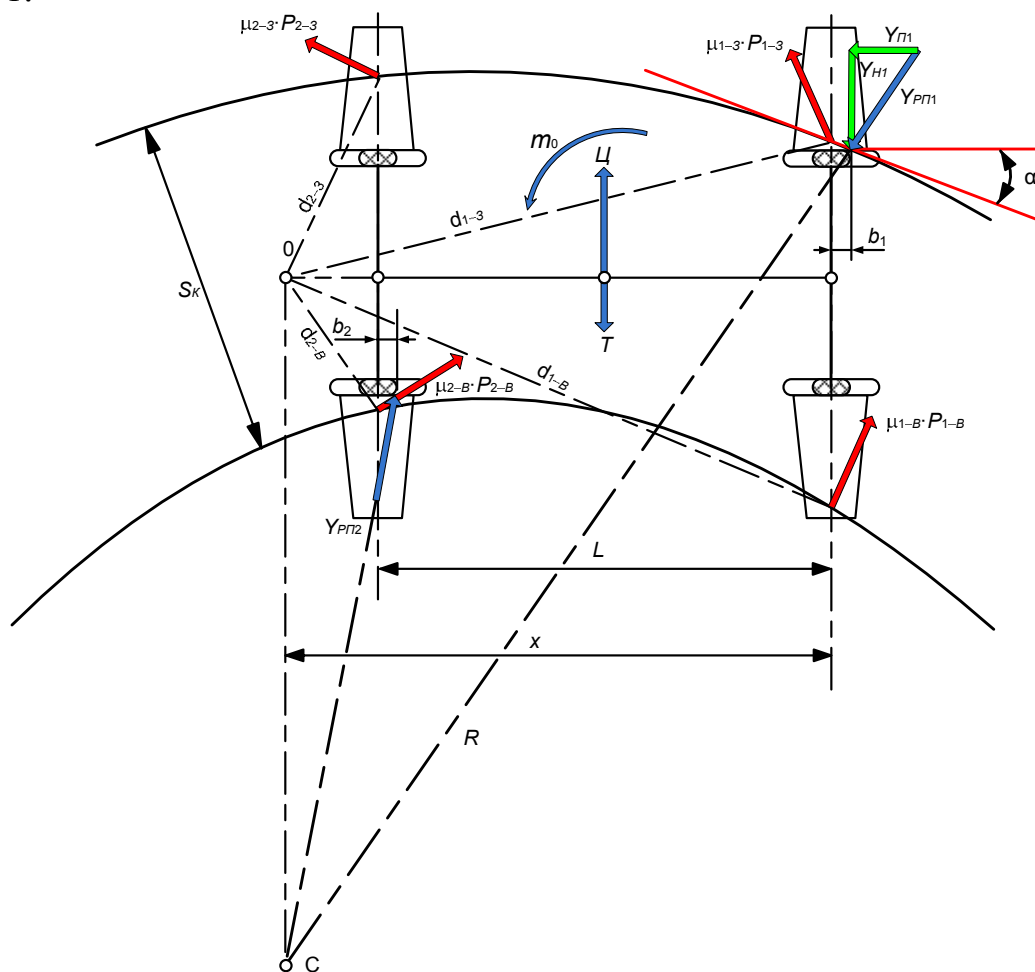


Рис. 1. – Схема розташування візка у кривій

На основі розрахункової схеми, що пропонується складені наступні рівняння рівноваги візка:

$$\sum Y = \Pi - T + H_{1-3} + H_{2-3} + H_{1-B} + H_{2-B} - Y_{H1} + Y_{H2} = 0, \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \sum M = & Y_{H1} \cdot (x + b_1) - Y_{H2} \cdot \frac{S_K}{2} - Y_{H2} \cdot (x - L + b_2) + Y_{H2} \cdot \frac{S_K}{2} - \\ & - P_{1-3} \mu_{1-3} \cdot d_{1-3} - P_{2-3} \mu_{2-3} \cdot d_{2-3} - P_{1-B} \mu_{1-B} \cdot d_{1-B} - P_{2-B} \mu_{2-B} \cdot d_{2-B} + \\ & + T \cdot \left(x - \frac{L}{2} \right) - \Pi \cdot \left(x - \frac{L}{2} \right) - m_0 = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

де H_{i-j} – проекція сил тертя i -ої колісної пари на вісь, що перпендикулярна вісі екіпажа;

x – відстань направляючої вісі до центра повороту (полюсна відстань).

У рівняннях полюсну відстань визначають із співвідношення розмірів колії і візка, а величини T і Π – в залежності від непогашеного прискорення $\alpha_{\text{нп}}$ та умовами руху з відомого виразу.

Для визначення і аналізу результатів взаємодії рухомого складу та колії розроблено програмне забезпечення в програмній оболонці EXCEL.

Загальна схема моделі зображена на рис. 2.



Рис. 2. – Блок-схема вирішення і аналізу результатів задачі взаємодії рухомого складу і колії

Для чотиривісного вагону на візках моделі 18.100 визначено значення полюсних відстаней в залежності від радіуса кривої ділянки і величини непогашеного прискорення. Визначення полюсних відстаней навантажених вантажних вагонів виконували за результатами теоретичних досліджень за допомогою описаної вище математичної моделі при русі вагона у кривих різних радіусів. Для розрахунків було вибрано криві радіусом від 150 до 350 м.

Порівняння результатів розрахунків полюсної відстані для вантажного напіввагона з жорсткою базою довжиною 1,85 м, отриманих по моделі, що пропонується в даному розділі та отриманих О.П. Єршковим в залежності від непогашеного прискорення та радіусу кривих ділянок колії, відображено у табл. 1.

Таблиця 1.

Результати розрахунків величини полюсної відстані для вантажного напіввагона

Радіус кругової кривої, R , м	Розрахункові значення полюсної відстані, x_1 , м			
	за методикою, що пропонується при $\alpha_{нп}$, м/с ²		за методикою, розробленою О.П. Єршковим при $\alpha_{нп}$, м/с ²	
	–0,3	0,0	–0,3	0,0
1	2	3	4	5
150	2,4056	2,3824	2,501	2,330
200	2,4269	2,4007		
250	2,4506	2,4211		
300	2,4702	2,4374		
350	2,4917	2,4554		
650	2,6002	2,5318		

Порівняння результатів, наведених у табл. 1, дозволяють говорити про те, що запропонована модель розрахунків більш детально враховує параметри взаємодії рухомого складу і колії, насамперед в залежності від радіусу. Інтервал значень полюсної відстані, розрахований за допомогою методики, що пропонується, складає $x_1 = 2,38 - 2,60$ м, а значення, отримане О.П. Єршковим, було розраховано для кривої радіусом $R=650$ м, а потім розповсюджено на інші радіуси кривих і в залежності від непогашеного

прискорення $\alpha_{\text{нп}}$ полюсна відстань x_1 складає 2,50 м, 2,33 м та 2,23 м при значеннях $\alpha_{\text{нп}} = -0,3$; $\alpha_{\text{нп}} = 0,0$ та $\alpha_{\text{нп}} = +0,3$ м/с² відповідно.

Різниця значень в залежності від радіусів і непогашеного прискорення знаходиться у межах 4% для кривих радіусом менше 350 м при величині непогашеного прискорення $\alpha_{\text{нп}} = -0,3$ (що використовується для розрахунку ширини колії в моделі, що пропонується). Тому її застосування можливо рахувати обґрунтованим і використовувати для розв'язку відповідних задач.

Для встановлення норм ширини колії для кривих ділянок колії з радіусами менше 350 м розраховано величини ширини рейкової колії для вантажного вагона з двовісними візками і мінімально допустимі ширини рейкової колії для найбільш розповсюджених магістрального і маневрового локомотивів, з довгобазними тривісними візками, що обертаються на мережі залізниць. У всіх випадках ширина колії забезпечує від провалу коліс між рейковими нитками, тобто менше 1548 мм.

На основі розрахунків пропонуються норми ширини колії для кривих ділянок колії з радіусами менше 350 м (табл. 2).

Таблиця 2.

Норми ширини колії, що пропонуються

Радіус кривої, м	Норма ширини колії, мм
350 і більше	1520
менше 350 до 230	1530
менше 230 до 160	1535
менше 160	1540

Оцінка стійкості проти вкочування гребеня колеса на рейку виконується по значенню коефіцієнта стійкості – відношенням сили, що перешкоджає підйому колеса, до сили що викликає цей підйом.

Значення коефіцієнта стійкості забезпечується при виконанні умови

$$k = \frac{H_B}{P} \leq [k], \quad (3)$$

де P і H_B – відповідно вертикальна і бокова сила, що одночасно передаються від колеса на рейку, кН.

Коефіцієнту $k=1,0$ відповідає граничний стан стійкості. Гарантована стійкість для вантажних вагонів забезпечується при $[k]=1,3$.

Оскільки найбільш несприятливим, за умови загрози, вкочування набігаючого колеса на головку рейки буде варіант, в якому коефіцієнт запасу стійкості проти вкочування гребеня колеса на головку рейки буде меншим, тобто, варіант з меншим значенням завантаження набігаючої вісі. Тому подальший розрахунок для визначення коефіцієнту стійкості проти вкочування ведеться для цього варіанту. У всіх випадках коефіцієнт запасу стійкості проти вкочування гребеня колеса на головку рейки отримано більше 1,3, тобто, забезпечується безпека руху поїздів.

Для оцінки інтенсивності зносів коліс і рейок використано узагальнений показник – фактор зносу, що дорівнює добутку направляючої сили і кута набігання, запропонований проф. С.М. Андрієвським.

Визначення фактору зносу Φ гребенів набігаючих коліс для масового рухомого складу, яким прийнято вантажний вагон на візках моделі 18.100, розраховано у табличному вигляді, а результати розрахунків при $\alpha_{\text{нп}} = \pm 0,3 \text{ м/с}^2$ наведено у графічному вигляді на рис. 3 і 4.

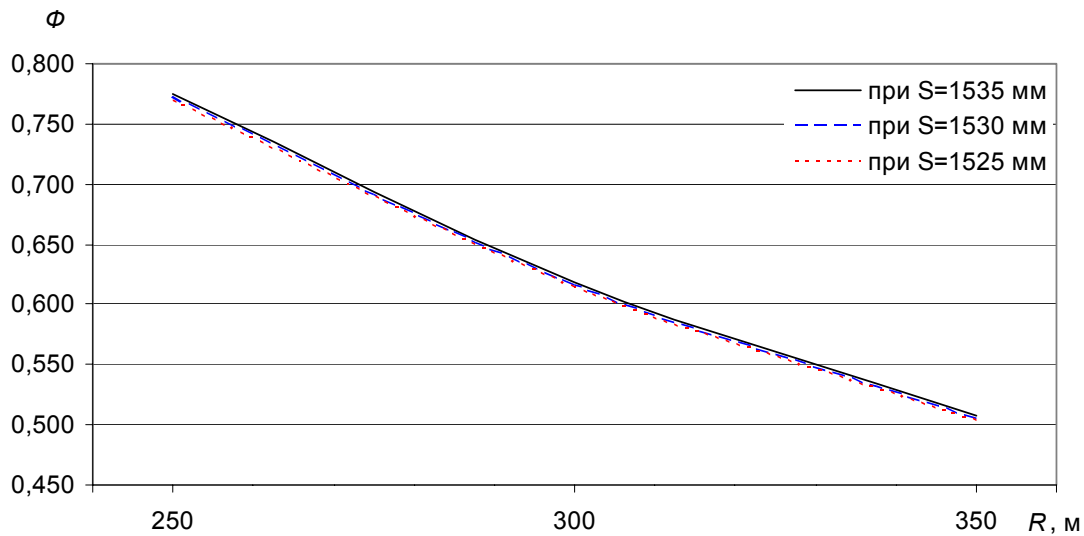


Рис. 3. – Порівняння величин фактору зносу Φ гребенів набігаючих коліс при величині непогашеного прискорення $\alpha_{\text{нп}} = +0,3 \text{ м/с}^2$ для вантажного напіввагону на візках моделі 18.100 в залежності від радіусу і ширини колії

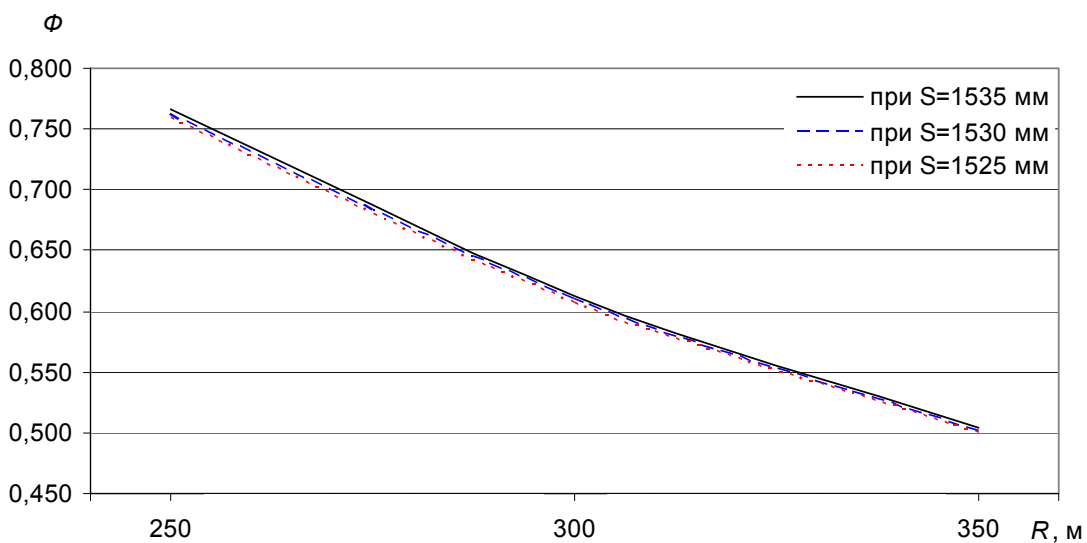


Рис. 4. – Порівняння величин фактору зносу Φ гребенів набігаючих коліс при величині непогашеного прискорення $\alpha_{\text{нп}} = -0,3 \text{ м/с}^2$ для вантажного напіввагону на візках моделі 18.100 в залежності від радіусу і ширини колії

Аналіз графіків свідчить про закономірне зменшення величини фактору зносу при збільшенні величини радіуса кривої ділянки колії. Крім того, слід відзначити, що ширина колії не має значного впливу на величину фактору зносу. Отже, при зміні норми ширини колії небезпеки збільшення величини зносу гребенів коліс і рейок по зовнішній рейковій нитці не наступає. Але грубі відхилення від норм утримання елементів верхньої будови колії та ходових частин рухомого складу можуть впливати на збільшення величини фактору зносу на окремих ділянках.

У *четвертому розділі* приведено програму і методику проведення експериментального дослідження впливу тепловоза М62 на колію в кривій ділянці радіусом 192 м і надано аналіз результатів цих досліджень.

З матеріалів експериментальних досліджень було вибрано дані стосовно напружень у кромках підшви рейок, горизонтального впливу на колію, віджимі головки рейки, вертикальний вплив на колію. Проведено аналіз експериментальних досліджень впливу тепловоза М62 на колію і порівняння теоретичних досліджень і результатів експерименту. Аналіз показав, що на дослідній ділянці спостерігається залежність величин бокових сил і горизонтальних віджимів головки рейки від швидкості дослідного состава. По зовнішній нитці бокові сили, передані на колію, збільшуються з ростом швидкості, а по внутрішній нитці їхня величина з ростом швидкості зменшується. Теж відбувається з величинами горизонтальних віджимів головки рейки в кривій ділянці колії.

На напруження в підшві впливають в першу чергу вертикальні і горизонтальні поперечні (бокові) сили, що передаються від коліс тепловоза на рейки. Дані свідчать про закономірне зростання навантаження на зовнішню рейкову нитку при збільшенні швидкості по направляючій вісі від 77 до 105 кН за середніми і від 82 до 141 кН за максимальними значеннями. В той же час мінімальні вертикальні сили становили 65...77 кН при статичному навантаженні 90...95 кН.

Вимірювання під поїздами, що рухаються за графіком, також свідчать про широкий діапазон зміни вертикальних навантажень. Так, середні значення вертикальних сил від направляючих осей змінюються від 45 до 76 кН, а найменші – від 16 до 72 кН. Тривожним є той факт, що в багатьох випадках вертикальні навантаження становлять 16...35 кН. Це означає, що на рейки діє тільки вага колісної пари і тягового двигуна і опір вкочуванню гребеня колеса на рейку при наявності горизонтальної поперечної сили значно знижується.

Горизонтальні поперечні навантаження на рейки оцінюються за величиною бокових сил. Бокові сили за середніми значеннями дорівнюють 79...81 кН, а за максимальними – 106...110 кН під направляючими вісями тепловозів дослідного поїзда. Найбільше значення бокової сили було зафіксовано для направляючих осей дослідного поїзда 110,7 кН і для поїздів, що рухаються згідно графіка, 126 кН. Рамні сили в цих випадках становлять 86,9 кН і 102,2 кН відповідно, що менше допустимого значення і загрози зрушення колії немає. Для колії з рейками типу Р50 допустиме значення рамної сили становить 92,2 кН, що менше значення 102,2 кН, одержаного під поїздами, що рухаються за графіком.

Стосовно вертикальних сил, що передаються від колеса тепловоза на рейку, слід відзначити дуже широкий діапазон їх зміни. Так, під дослідним поїздом по зовнішній рейковій нитці максимальні сили, що діють від колеса на рейку, становлять 141...154 кН, при осьовому навантаженні – 190 кН, а мінімальні – 77...84 кН. Під поїздами, що рухаються за графіком, зафіксовано мінімальні навантаження від колеса на рейку в діапазоні 16...33 кН, що відповідає вазі колісної пари і тягового двигуна.

У п'ятому розділі на основі комплексних експериментально-теоретичних досліджень надано обґрунтування теоретичних підходів і розроблені додаткові конструктивні вимоги до роздільних скріплень для кривих ділянок колії радіусом менше 350 м та розроблено рекомендації зі складання та поточного утримання колії у таких кривих.

Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна при безпосередній участі автора разом з Головним управлінням колійного господарства Укрзалізниці розроблена, запатентована й впроваджена конструкція проміжного рейкового скріплення для рейок типу Р65 для кривих ділянок колії з радіусами 350 м і менше, що одержала назву «тип СКД65» (скріплення для кривих ділянок): для залізобетонних шпал – СКД65-Б, а для дерев'яних шпал – СКД65-Д. Конструкція скріплення СКД65-Б (рис. 5) практично не відрізняється від скріплення КБ65 і призначена для застосування в колії із залізобетонними шпалами Ш-1-1 та Ш-6.

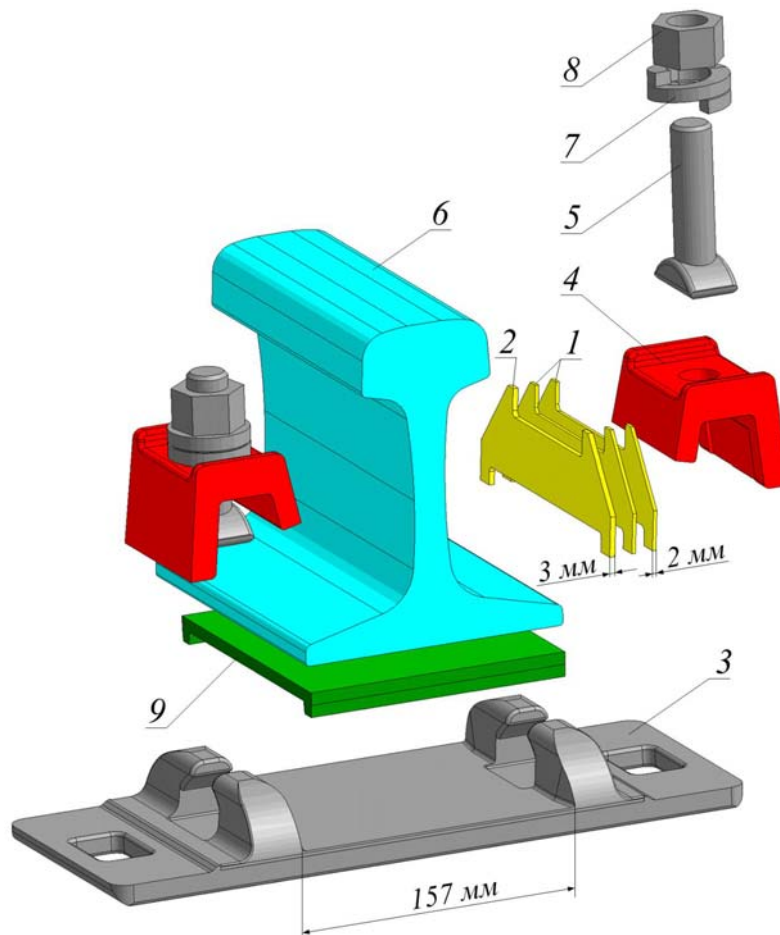


Рис. 5. – Роздільне скріплення СКД65-Б

- 1 – регулююча картка товщиною 2 мм; 2 – регулююча картка товщиною 3 мм;
 3 – підкладка 2КБЛ-65; 4 – клема ПКЛ-10; 5 – болт М22; 6 – рейка Р65;
 7 – шайба двовиткова; 8 – гайка М22; 9 – прокладка ПРБ-4.

У кожне проміжне скріплення одночасно вкладається набір із трьох карток товщиною 2 мм та 3 мм. Сумарна товщина трьох карток складає 7 мм. Картки виготовляються сталеві. Від руху вздовж рейки картки фіксуються конструктивно клемою. Для цього використовують пази верхньої частини картки.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі виконаних теоретичних та експериментальних досліджень вирішена важлива науково-технічна задача підвищення ефективності експлуатації та якості улаштування залізничної колії у кривих ділянках. Отримані результати у сукупності мають суттєве значення в області рейкового транспорту та його колійного господарства. Основні наукові результати, висновки та практичні рекомендації полягають у наступному.

1. При масовому впровадженні конструкції колії на залізобетонних шпалах, що обґрунтовано техніко-економічними показниками (термін служби залізобетонної шпали більше за дерев'яну на 62%, а вартість – менше на 46%), сфера застосування залізобетонних шпал обмежена на кривих ділянках з радіусом менше 350 м через відсутність обґрунтованих норм улаштування колії з такою конструкцією.

Зазначене обумовлено, по-перше, тим, що є необхідність обов'язкового розширення ширини колії в кривих ділянках при відсутності конструктивного рішення цього питання, а саме, можливості улаштування колії із обґрунтованою шириною колії в межах кругових кривих та відводу розширення в межах перехідних кривих. По-друге, така конструкція повинна передбачати можливість регулювання ширини колії, яка змінюється в процесі експлуатації. Нарешті, існуючі на сьогодні норми ширини колії у кривих ділянках встановлені для умов вписування застарілого парку рухомого складу (довгобазні вагони та вантажні вагони з тривісними візками) й тим самим не відповідають сучасним умовам експлуатації і задачам поліпшення якості колії.

2. Найбільш ефективним і достовірним методом аналізу процесів взаємодії в системі «колесо-рейка» є метод силової взаємодії, що базується на математичній моделі системи, в якій враховано зміну ширини колії, а також розподіл вертикальних сил, що передаються від рухомого складу на колію, як між колісними парами, так і між колесами у парі.

3. За розрахунками по моделі розподілу вертикальних сил, що передаються від коліс рухомого складу на колію, максимальна різниця у завантаженні колісних пар у візку вантажного напіввагону може досягати 63,9 кН, що складає 28,0% у порівнянні із паспортним статичним навантаженням від колісної пари на рейку 228,0 кН. При величині допустимого непогашеного поперечного прискорення для поїздів з вантажними вагонами ($[\alpha_{\text{нп}}] = \pm 0,3 \text{ м/с}^2$) відбувається додаткове розвантаження одного і довантаження іншого колеса у колісній парі на величину до 5,06 кН, що складає 4,44% відносно статичного навантаження. При цьому різниця між максимальною і мінімальною вертикальною силою, що передається від колеса на рейку у візку, може досягати величини у 42,0 кН, що складає 36,9% у порівнянні з статичним навантаженням від колеса на рейку 114,0 кН, що обумовлено як величиною непогашеного прискорення, так і величиною полюсної відстані при вписуванні візка.

4. Обчислення величини полюсної відстані до тепер було ускладнено, через що значення величини полюсної відстані в інженерних розрахунках ширини колії приймалося рівним величині жорсткої бази вагона з тривісними візками. Удосконалення алгоритму розрахунку, розробленої в дисертації моделі, силового вписування для масового виду рухомого складу, якими є вагони з двовісними візками із жорсткою базою 1,85 м, показують, що полюсні відстані у двовісних візків відрізняються від величини жорсткої бази у бік більших значень до 2,49 м (при довантаженні набігаючої колісної пари) у круговій кривій з радіусом кривої 350 м, а для вантажних вагонів з тривісними візками – полюсна відстань співвимірною із значенням величини жорсткої бази 3,50 м у круговій кривій з тим самим радіусом, але такі вагони відсутні у вагонному парку України.

5. Найменші значення коефіцієнта стійкості проти вкочування колеса на головку рейки в кривих з радіусами кривих менше 350 м отримано при менших значеннях завантаження набігаючого колеса вертикальною силою 108,98 кН і допустимій величині непогашеного прискорення $[\alpha_{\text{нп}}] = -0,3 \text{ м/с}^2$ в залежності від радіуса кривої ділянки: при $R=350 \text{ м}$ – $k=2,44$; при $R=300 \text{ м}$ – $k=2,31$; при $R=250 \text{ м}$ – $k=2,18$; при $R=200 \text{ м}$ – $k=2,06$. Зі збільшенням величини непогашеного прискорення до $[\alpha_{\text{нп}}] = +0,3 \text{ м/с}^2$ значення коефіцієнта k в залежності від радіуса кривої ділянки – збільшуються: при $R=350 \text{ м}$ – $k=2,64$; при $R=300 \text{ м}$ – $k=2,50$; при $R=250 \text{ м}$ – $k=2,37$; при $R=200 \text{ м}$ – $k=2,24$.

Стійкість колеса вантажного вагона гарантується при значеннях коефіцієнта $k \geq 1,3$; при умові задовільного стану колії і екіпажа.

6. Фактор зносу гребенів набігаючих коліс Φ зменшується при збільшенні величини радіусу R кривої ділянки колії (якщо $[\alpha_{\text{нп}}] = +0,3 \text{ м/с}^2$ та $S=1530 \text{ мм}$): при $R=250 \text{ м}$ – $\Phi=0,773$; при $R=300 \text{ м}$ – $\Phi=0,617$; при $R=350 \text{ м}$ – $\Phi=0,506$. Фактор зносу збільшується при збільшенні величини непогашеного прискорення $\alpha_{\text{нп}}$ (якщо $S=1525 \text{ мм}$ та $R=350 \text{ м}$): при $[\alpha_{\text{нп}}] = -0,3 \text{ м/с}^2$ – $\Phi=0,501$; при $\alpha_{\text{нп}}=0,0 \text{ м/с}^2$ – $\Phi=0,503$; при $[\alpha_{\text{нп}}] = +0,3 \text{ м/с}^2$ – $\Phi=0,505$. Фактор зносу збільшується при збільшенні ширини колії S в межах кривої ділянки колії (якщо $[\alpha_{\text{нп}}] = +0,3 \text{ м/с}^2$ та $R=250 \text{ м}$): при $S=1525 \text{ мм}$ – $\Phi=0,771$; при $S=1530 \text{ мм}$ – $\Phi=0,773$; при $S=1535 \text{ мм}$ – $\Phi=0,775$.

7. На величину фактору зносу суттєво впливає радіус кривої, а вплив непогашеного прискорення впливає менше ніж на 0,5%, вплив ширини колії також біля 0,5%. Отже, при зміні норми ширини колії небезпеки значного збільшення величини зносу гребенів коліс і рейок по зовнішній рейковій нитці не наступає. Але грубі відхилення від норм утримання елементів верхньої будови колії та ходових частин рухомого складу можуть впливати на збільшення величини фактору зносу на окремих ділянках.

8. На основі досліджень, отриманих за допомогою розробленої моделі комплексного аналізу показників силової взаємодії рухомого складу і колії, безпеки руху, а також факторного аналізу основних показників взаємодії екіпажа і колії обґрунтовано та запропоновано норми ширини рейкової колії

для кривих ділянок з радіусами менше 350 м на залізобетонних шпалах:

- при радіусах 350 м і більше 1520 мм;
- при радіусах менше 350 м до 230 м 1530 мм;
- при радіусах менше 230 м до 160 м 1535 мм;
- при радіусах менше 160 м 1540 мм.

9. Комплексні експериментально-теоретичні дослідження дозволили обґрунтувати теоретичні підходи і розробити додаткові конструктивні вимоги до рейкових скріплень для сучасних умов експлуатації у кривих ділянках колії:

– можливість застосування з існуючими типовими конструкціями залізобетонних шпал, насамперед, типу Ш-1, та Ш-6;

– установити шаблон колії від 1520 до 1535 мм із залізобетонними шпалами;

– передбачати можливість плавної зміни ширини колії у зоні перехідної кривої з відводом розширення в межах 1 мм на 1 пог. м колії;

– при поточному утриманні надавати можливість регулювати ширину колії у кривих ділянках на звуження – від 1 до 28 мм із кроком 1 мм;

– на ділянках колії, де існує звуження колії (наприклад, при застосуванні старопритатних рейок), скріплення повинно дозволяти регулювати ширину колії на розширення від 1 до 14 мм із кроком розширення 1 мм;

– можливість регулювання колії у плані у вузьких місцях, наприклад, на металевих мостах із плитами БМП шляхом поперечного переміщення рейок у межах від 1 до 7 мм із кроком регулювання 1 мм;

– для розрядки кущової гнилої колії з дерев'яними шпалами в зоні кривих ділянок із застосуванням залізобетонних шпал.

Розроблені конструктивні вимоги у повному обсязі використані автором при розробці проміжних рейкових скріплень типу СКД65 для залізобетонних шпал.

10. На основі теоретичних розрахунків і дослідної експлуатації розробленої автором конструкції рейкових скріплень дані рекомендації Головному управлінню колійного господарства Укрзалізниці по використанню скріплень типу СКД65 на мережі залізниць України.

За допомогою скріплення СКД65-Б можна вирішити такі задачі:

– створити колію із залізобетонними шпалами Ш-1-1 на кривих ділянках радіусом від 450 до 200 м, із шириною колії від 1520 до 1534 мм, у тому числі змінної ширини в зоні перехідної кривої з кроком змінності ширини 1 мм;

– при поточному утриманні за допомогою карток скріплення СКД65-Б можна регулювати ширину колії в кривих ділянках на звуження від 1 до 28 мм при застосуванні шпал Ш-1-1; і від 1 до 14 мм – при застосуванні шпал Ш-6;

– на ділянках колії, де існує звуження колії (наприклад, при застосуванні старопритатних рейок), скріплення СКД65-Б дозволяє регулювати ширину колії на розширення від 1 до 14 мм із кроком розширення 1 мм;

– на металевих мостах із плитами БМП існує можливість регулювання колії у плані шляхом поперечного переміщення рейок у межах від 1 до 7 мм із кроком регулювання 1 мм;

– для розрядки кущової гнилої колії з дерев'яними шпалами в зоні кривих ділянок із застосуванням шпал Ш-1-1 і Ш-6.

11. Результати дисертаційної роботи використано в науково-дослідних розробках кафедри «Колія та колійне господарство» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за напрямками дослідження експлуатаційних характеристик ділянок колії із новими скріпленнями та визначення напружено-деформованого стану колії та аналізу причин сходів рухомого складу в кривих ділянках колії радіусом до 350 м і розробки конструкцій з метою їх запобігання, що виконувалися за завданням Укрзалізниці.

Розроблені в дисертаційній роботі методики суцільного та локального регулювання ширини колії використані при розробці нормативно-технічного документа Укрзалізниці «Інструкція зі складання та поточного утримання колії зі скріпленнями типу СКД65» ЦП-0199.

12. Сумарний економічний ефект від впровадження залізобетонних шпал зі скріпленням типу СКД65 при збереженні рейок типу Р65 на 1 км колії дорівнює 285,93 тис. грн./км; різниця склала 7,50%, що відповідає 8,32% від вартості повного оновлення (тобто модернізації) 1 км колії.

13. Сумарний економічний ефект по фактичним показникам при використанні залізобетонних шпал замість дерев'яних, скріплень типу СКД65 замість типових Д65 складає на кожний 1 км колії: по шпалам (по вартості шпал) 202,00 тис. грн./км; по скріпленням (по вартості скріплень) –43,52 тис. грн./км; по протиугонам 102,61 тис. грн./км; разом на 1 км колії 261,09 тис. грн./км.

Основні положення та результати дисертації опубліковано у таких роботах:

1. Губар О.В. Аналіз матеріалів розслідування сходів рухомого складу в кривих ділянках колії радіусом менше 350 м. [текст] / О.В. Губар, Н.В. Халіпова, Циганенко В.В., В.В. Рибкін // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. тр-ту ім. акад. В. Лазаряна, – 2008. – Вип. 24. – С. 94–99.

2. Андреев В.С. Дослідження деформативної роботи колії зі скріпленнями типу АРС-4 [текст] / В.С. Андреев, О.В. Губар, М.П. Настечик, В.В. Рибкін // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2009. – Вип. 27. – С. 125–129.

3. Губар О.В. Витрати, пов'язані з опором руху [текст] / О.В. Губар, Р.С. Ліповський, М.І. Уманов, О.С. Чернишова // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2009. – Вип. 28. – С. 58–60.

4. Пат. 2398923 Российская федерация, МПК⁷ Е 01 В 9/44 Рельсовое скрепление / А.В. Губарь, Н.П. Настечик, П.В. Рагулин, В.В. Рыбкин, К.В. Корноухова, В.А. Яковлев; заявители и патентообладатели А.В. Губарь, Н.П. Настечик, П.В. Рагулин, В.В. Рыбкин, К.В. Корноухова, В.А. Яковлев – № 2008120277/11; заявл. 21.05.2008; опубл. 10.09.2010, Бюл. №25.

Додаткові праці:

5. Пат. 31032 Україна МПК⁷: Е 01 В 9/44 Рейкове скріплення / О.В. Губар, М.П. Настечик, П.В. Рагулин, В.В. Рибкін, К.В. Корноухова, В.О. Яковлев; заявники та власники О.В. Губар, М.П. Настечик, П.В. Рагулин, В.В. Рибкін,

- К.В. Корноухова, В.О. Яковлев – № 200712086; заявл. 01.11.2007, опубл. 25.03.2008, Бюл. №6.
6. Пат. 35693 Україна МПК⁷ Е 01 В 9/44 Комплект регулюючих елементів / Є.В. Губар, О.В. Губар, В.В. Циганенко; заявники та власники Є.В. Губар, О.В. Губар, В.В. Циганенко – № 200807464; заявл. 30.05.2008, опубл. 25.09.2008, Бюл. №18.
7. Пат. 79103 Российская федерация, МПК⁷ Е 01 В 9/44 Рельсовое скрепление / А.В. Губарь, Н.П. Настечик, П.В. Рагулин, В.В. Рыбкин, К.В. Корноухова, В.А. Яковлев; заявители и патентообладатели А.В. Губарь, Н.П. Настечик, П.В. Рагулин, В.В. Рыбкин, К.В. Корноухова, В.А. Яковлев – № 2008120213/22; заявл. 21.05.2008; опубл. 20.12.2008, Бюл. №35.
8. Інструкція зі складання та поточного утримання колії зі скріпленнями типу СКД65 / О.В. Губар, М.П. Настечик ЦП-0199: затверджено наказом Укрзалізниці від 10.12.2008 р. № 534-Ц – К.: Транспорт України, 2008. – 44 с.
9. Губар О.В. Результати експериментального дослідження дії тепловоза М62 на колію в кривій ділянці / О.В. Губар, В.В. Циганенко / [Тези доповідей 67 Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту». – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2007. – С. 185–186.
10. Губар О.В. Дослідження безпеки руху вантажних вагонів у кривих ділянках колії малого радіусу [текст] / О.В. Губар, Н.В. Халіпова, В.В. Циганенко // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Митна політика та актуальні проблеми економічної та митної безпеки України на сучасному етапі» Д.: Вид-во Акад. митн. служби України, 2008. – С. 252–254.
11. Арбузов М.А. Техніко-економічне обґрунтування можливості використання колії на залізобетонних шпалах у кривих радіусом менше 350 м / М.А. Арбузов, О.В. Губар, О.С. Набоченко, М.П. Настечик, М.П. Сисин, О.В. Чорноволенко / [Тези доповідей XII Міжнародної конференції «Проблеми механіки залізничного транспорту»]. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2008. – С. 113.
12. Губар О.В. Витрати, пов'язані з опором руху від колії / О.В. Губар, М.І. Уманов, О.С. Чернишова // [Тези доповідей VIII Міжнародної наукової конференції «Проблеми економіки транспорту»]. – Д.: – 2009. – С. 71.
13. Губар О.В. Конструкція скріплення СКД65-Б, можливості його застосування та визначення ділянки відводу розширення колії у межах перехідної кривої / О.В. Губар, М.П. Настечик // [Тези доповідей 69 Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту»]. – Д.: – 2009. – С. 155.
14. Губар О.В. До удосконалення скріплення КБ та СКД / О.В. Губар, Р.В. Маркуль, М.П. Настечик, / [Тези доповідей 70 Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту». – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2010. – С. 193–194.
15. Губар О.В. Обґрунтування норм ширини колії у кривих ділянках колії з радіусами менше 350 метрів колії / О.В. Губар // [Тези доповідей 71 Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту»]. – Д.: 2011. – С. 71.

АНОТАЦІЯ

Губар О.В. Обґрунтування норм улаштування та утримання колії для кривих з радіусами менше 350 метрів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.06 – залізнична колія, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпропетровськ, 2011.

Дисертація присвячена обґрунтуванню норм улаштування та утримання колії для кривих з радіусами менше 350 м шляхом впровадження конструкції рейкових скріплень з можливістю складання та регулювання ширини колії у як в межах кругових, так і перехідних кривих для типових залізобетонних шпал.

Розроблено математичну модель взаємодії рухомого складу і колії та програмне забезпечення, які дозволили в дисертації встановити раціональні обґрунтовані норми ширини колії та розробити технологію складання колії з залізобетонними шпалами. Надано методики суцільного і локального регулювання ширини колії зі скріпленням СКД65-Б.

Отримані теоретичні й практичні результати використано в розробці конструкції колії на залізобетонних шпалах для кривих ділянок радіусом менше 350 м.

Ключові слова: криві ділянки колії, ширина колії, радіус кривих, вписування рухомого складу, взаємодія колії і рухомого складу, безпека руху, рейкове скріплення.

АННОТАЦИЯ

Губарь А.В. Обоснование норм устройства и содержания пути для кривых с радиусами менее 350 м. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.06 – железнодорожный путь, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, Днепропетровск, 2011.

Диссертация посвящена обоснованию норм устройства и содержания пути для кривых с радиусами менее 350 м путем внедрения конструкции рельсовых скреплений с возможностью устройства и регулирования ширины колеи как в пределах круговых, так и переходных кривых для типовых железобетонных шпал.

Выполнен анализ материалов расследования сходов подвижного состава. Установлено, что основная часть сходов имеет место на станциях в кривых с радиусом менее 350 м при выполнении маневровых работ. В большинстве случаев сходили с рельсов локомотивы с трехосными тележками.

Существующие на сегодня нормы ширины пути в кривых участках рассчитаны исходя из условий вписывания жесткой базы массового железнодорожного экипажа. Расчеты обоснования этих норм разрабатывались

с учетом наличия, на то время, в вагонном парке длиннобазных двухосных вагонов и грузовых вагонов с трехосными тележками.

При массовом внедрении железобетонных шпал норма ширины колеи на прямых и кривых при радиусе 300 м и больше на железобетонных шпалах установлена одинаковой, равной 1520 мм. Область применения железобетонных шпал ограничена величиной радиуса из-за необходимости обязательного расширения ширины колеи в кривых участках меньших радиусов.

На сегодняшний день как на железных дорогах Украины, так и стран СНГ отсутствуют обоснованные нормы устройства пути на железобетонных шпалах в кривых участках пути с радиусами круговых кривых менее 350 м. Такие обоснования отсутствуют, в первую очередь, из-за того, что отсутствуют конструкции пути, которые отвечали бы требованиям для таких кривых, а именно возможностью устройства пути с заданной и обоснованной шириной колеи в пределах круговой кривой и обеспечения отвода расширения в пределах переходных кривых. Кроме того, такая конструкция должна предусматривать возможность регулирования ширины колеи, которая изменяется в процессе эксплуатации.

Вопросом возможности внедрения железобетонных шпал в кривых участках с радиусами менее 350 м непрерывно занимались еще с 70-тых годов прошлого столетия. Как результат – в круговых кривых с радиусами от 200 м до 450 м было разрешено укладывать специальные железобетонные шпалы (типа Ш-6) с нормой ширины колеи 1535 мм, но опыт их эксплуатации оказался достаточно неудачным, из-за отсутствия как возможности регулирования ширины колеи, так и отсутствия возможности создания отвода ширины колеи в пределах переходных кривых.

Автором разработана конструкция рельсовых скреплений для типовых железобетонных шпал (Ш-1, Ш-6), что дает возможность устройства и регулирования ширины колеи в кривых участках любого радиуса как в пределах круговых, так и переходных кривых. Эта конструкция прошла опытную эксплуатацию на сети железных дорог Украины и введена в постоянную эксплуатацию приказом Государственной администрации железных дорог Украины.

В настоящее время при отсутствии длиннобазных двухосных вагонов и вагонов с трехосными тележками в вагонном парке и наличием разработанной автором конструкции, что позволяет собрать путь с шириной колеи до 1535 мм (1540 мм со шпалами типа Ш-6) появилась техническая возможность установления и регулирования ширины колеи в кривых, где необходимое ее расширение. Это вызывает необходимость обоснования норм устройства и содержания колеи для кривых с радиусами менее 350 м.

О необходимости таких норм для железобетонных шпал в кривых участках пути с радиусами кривых менее 350 м свидетельствует количество деревянных шпал, уложенных в путь и которые могут быть заменены на железобетонные шпалы. Например, на Львовской железной дороге уложено 4 млн. 554 тыс. деревянных шпал что составляет 48 процентов от общего количества шпал, а на остальных железных дорогах доля деревянных шпал

составляет от 22 до 30 % от их общего количества. Больше всего деревянных шпал имеют так называемые горные дистанции, где много кривых радиусом менее 350 м. Кроме того, фактический срок службы железобетонных шпал отвечает расчетному и складывается около 40 лет, а фактический срок службы деревянных шпал составляет около 7–7,5 лет, что в 2–2,5 раза меньше от расчетного. Основная причина сокращения срока службы связана с механическими повреждениями древесины в результате частых перешивок рельсовых нитей. По этой причине 33 процента деревянных шпал непригодны для дальнейшего использования. Кроме того, закупки деревянных шпал ограничены малым объемом предложений от поставщиков, из-за чего шпал катастрофически не хватает не только для проведения плановых, но и текущих ремонтов.

Разработана математическая модель взаимодействия подвижного состава и пути и программное обеспечение, которые позволили в диссертации установить рациональные обоснованные нормы ширины пути и разработать технологию устройства и содержания пути с железобетонными шпалами.

Полученные теоретические и практические результаты использованы в разработке конструкции пути на железобетонных шпалах для кривых участков радиусом менее 350 м и использованы в нормативно-техническом документе Укрзализныци «Инструкция по устройству и текущему содержанию пути со скреплениями типа СКД65» ЦП-0199.

Ключевые слова: кривые участки пути, ширина колеи, радиус кривых, вписывание подвижного состава, взаимодействие пути и подвижного состава, безопасность движения, рельсовое скрепление.

ANNOTATION

Gubar O.V. Grounding of the standards of conformation and maintenance of track for curves with radiuses less than 350 m. – Manuscript.

Thesis for the degree of candidate of technological sciences, specialty 05.22.06. – railway track. – Dnipropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan. – Dnipropetrovsk, 2011.

The present thesis grounds the standards of conformation and maintenance of track for curves with radiuses less than 350 m by introducing the rail clips device with the option of setting railway gauge within the ambit of both circular and transition curves for typical concrete ties.

The mathematical model of interaction of rolling stock and track and the software that allowed setting properly grounded standards of railway gauge and developing the technology of conformation and maintenance of track with concrete ties are worked out in the thesis. Methods of general and local adjustment of railway gauge with the help of СКД65-Б rail clip are given.

Theoretical and practical educts were used in the development of conformation of track with concrete ties for curves with radiuses less than 350 m.

Keywords: curved track section, railway gauge, radius of curves, negotiation of rolling stock, interaction of track and rolling stock, railway traffic safety, rail fasteners.

ГУБАР ОЛЕКСІЙ ВАСИЛЬОВИЧ

**ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМ УЛАШТУВАННЯ ТА УТРИМАННЯ КОЛІЇ
ДЛЯ КРИВИХ З РАДІУСАМИ МЕНШЕ 350 МЕТРІВ**

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано до друку 18.07.2011 р.
Формат паперу 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 1,0.
Зам. № 1166. Тираж 100.

Видавництво Дніпропетровського національного університету залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Свідоцтво суб'єкта видавничої діяльності ДК № 1315 від 31.03.2003

Адреса видавництва та дільниці оперативної поліграфії:
вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, 49010
www.diitrvv.dp.ua