

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

НОВІКОВ ВАДИМ ВОЛОДИМИРОВИЧ



УДК 625.031.32:625.17

**ПІДВИЩЕННЯ СТРОКУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ РЕЙОК В КРИВИХ
ДІЛЯНКАХ КОЛІЇ ЗІ СКРІПЛЕННЯМИ РОЗДІЛЬНОГО ТИПУ**

05.22.06 – Залізнична колія

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Українському державному університеті залізничного транспорту Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Скорик Олексій Олексійович
Український державний університет залізничного транспорту, доцент кафедри залізничної колії і транспортних споруд.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Даніленко Едуард Іванович,
завідувач кафедри залізничної колії та колійного господарства Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій;

кандидат технічних наук, доцент
Арбузов Максим Анатолійович
доцент кафедри транспортної інфраструктури Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Захист відбудеться «12» травня 2021 року об 11-00 на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.02 Українського державного університету залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Українського державного університету залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7 та сайті <http://kart.edu.ua>.

Автореферат розісланий «10» квітня 2021 р.

Учений секретар спеціалізованої вченої ради, к.т.н., доц.



О.В. Лобяк

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Представлена робота присвячена вирішенню науково-технічної проблеми підвищення строку експлуатації рейок безстикової колії з залізобетонною підрейковою основою та проміжними рейковими скріпленнями типів КБ-65 та СКД-65 в умовах експлуатації залізничних колій в кривих з радіусами 450 м та менше за рахунок встановлення науково обґрунтованої норми максимальної ширини рейкової колії. Актуальність теми обґрунтована високими значеннями бічного зносу рейок у безстиковій колії з залізобетонною підрейковою основою у кривих ділянках радіусом менше 450 м в складних умовах плану та профілю та скороченням через зменшення дозволеного «коридору» ширини рейкової колії з 25 мм (в кривих ділянках колії радіусом більше 450 м) до 10 мм (в кривих ділянках колії радіусом менше 450 м). Крім того, існуюча та діюча в нормативних документах норма максимальної небезпечної ширини рейкової колії (1548 мм), не зважаючи на те що з 1955 року на усіх вантажонапружених ділянках та напрямках впровадження швидкісного руху прийнято укладати безстикову колію з проміжними рейковими скріпленнями роздільного типу на залізобетонних шпалах, не враховує цих змін.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема дисертаційної роботи та її зміст пов'язані із виконанням науково-дослідних робіт кафедри «Колія та колійне господарство» та «Будівельні, колійні та вантажно-розвантажувальні машини» Українського державного університету залізничного транспорту, що спрямовані на удосконалення конструкції колії метрополітену, її утримання, ремонту та ресурсозбереження відповідно до заходів, визначених Програмами розвитку Харківського метрополітену державного та регіонального рівнів, а саме: Постановою Кабінету Міністрів України від 07.03.06 р. №257 «Про затвердження Державної програми будівництва та розвитку мережі метрополітенів на 2006-2010 роки».

Автор дисертаційної роботи приймав участь у науково-дослідних роботах, що виконувались на замовлення КП (Харківський метрополітен) за такими темами:

- «Розробка технічних вказівок на використання старопридатних рейок довжиною 12,5 та 25 м в коліях КП «Харківський метрополітен», державний обліковий номер ДРН№0216U006885, Харків, УкрДУЗТ, 2014-2016 рр.

- «Дослідження впливу параметрів фінішного рейкошліфування на розвиток домінуючих дефектів рейок метрополітену», державний обліковий номер ДРН№0216U009010, Харків, УкрДУЗТ, 2015-2016 рр.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення строку експлуатації рейок в складних умовах плану та профілю за рахунок визначення нормативів максимальної ширини рейкової колії, в тому числі, в прямих ділянках колії та кривих малих радіусів з проміжними рейковими скріпленнями роздільного типу за умови обов'язкового забезпечення схеми нормально-примусового вписування екіпажів (возиків) рухомого складу. Нормативи максимальної ширини рейкової колії повинні відповідати не лише вимогам забезпечення безпеки руху поїздів до реалізації найбільш допустимого

зносу головки рейки, а й враховувати вплив на формування ширини колії такого фактору, як обрис ремонтних профілів коліс, а також фактичний стан колії, що визначається конструкцією прикріплювачів, їх мінімальними поточними зусиллями притиснення та їх впливом на горизонтальні пружні бічні відтиснення при колісних навантаженнях.

У відповідності з поставленою метою в дисертаційній роботі поставлені та розв'язані **наступні задачі досліджень**:

1) провести аналіз існуючої методики визначення максимальної ширини рейкової колії та визначити напрями її удосконалення;

2) провести аналіз причин порушень безпеки руху в поїзній та маневровій роботі, допущених в колійному господарстві залізниць України, що пов'язані з розширенням колії;

3) провести дослідження факторів впливу на величину максимального розміру ширини рейкової колії;

4) виконати експериментальні дослідження величини горизонтальних люфтів в конструкції проміжного рейкового скріплення типу КБ-65;

5) виконати дослідження фактичного стану проміжних рейкових скріплень роздільного типу, який вони мають перед наступним черговим плановим суцільним підкріпленням прикріплювачів в залежності від вантажонапруженості безстикової колії;

6) провести експериментальні вимірювання пружних бічних відтиснень головки рейкової нитки при одночасній дії на неї вертикального та горизонтального навантажень;

7) виконати дослідження умов розпору колії з проміжними рейковими скріпленнями роздільного типу та його впливу на визначення максимальної ширини рейкової колії.

Об'єкт досліджень – процес взаємодії залізничної колії та рухомого складу з новими ремонтними профілями в кривих ділянках безстикової колії із залізобетонними шпалами та проміжними рейковими скріпленнями роздільного типу.

Предмет досліджень – процедура визначення максимальної ширини безстикової рейкової колії з проміжними рейковими скріпленнями роздільного типу (КБ-65, СКД65-Б).

Методи досліджень. В дисертаційній роботі використано комплексний метод досліджень, який включає аналітичну та експериментальну частини. Для аналітичних методів застосовано метод математичного моделювання. Обробку експериментальних досліджень горизонтальних люфтів проведено із застосуванням методів математичної статистики. Для експериментальних досліджень була розроблена та створена установка для відтворення одночасної дії вертикальних та бічних навантажень на головку рейкової нитки.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному.

1. Вперше отримано найбільш ймовірну величину горизонтальних люфтів або відбоїв рейкових ниток в проміжних рейкових скріпленнях роздільного типу при напруженні нормативного міжремонтного тоннажу по обом рейковим ниткам, що дозволило врахувати, додатково до відомих, ще один з найбільш впливових факторів у визначенні максимальної небезпечної ширини рейкової колії.

2. На основі визначення фактичних залежностей зміни монтажних зусиль натягіння клемних та закладних болтів в діючий залізничній колії вперше отримано розрахункові значення фактичних мінімальних зусиль притиснення рейок до шпал, за умови виконання вимог діючих нормативів поточного утримання залізничної колії. Отримані результати використані для встановлення емпіричних залежностей величин бічних горизонтальних відтискань головки рейкової нитки при одночасній дії вертикальних та горизонтальних сил від коліс рухомого складу. Це дозволило врахувати вплив конструкції підрейкової основи на визначення максимальної допустимої ширини рейкової колії.

3. Вперше запропоновано новий метод визначення максимальної допустимої ширини рейкової колії з урахуванням найбільш впливових факторів конструкції рейкової колії та рухомого складу, що дозволив запропонувати диференціацію норм максимальної допустимої безпечної ширини рейкової колії в залежності від умов експлуатації, таких як складний план та поздовжній профіль в прямих ділянках колії та кривих малих радіусів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у наступному.

1. Отримані в дисертації висновки та результати дозволять скоротити матеріальні витрати на поточному утриманні безстикової колії с проміжними рейковими скріпленнями роздільного типу.

2. Запропонований новий метод розрахунку визначення максимальної допустимої ширини рейкової колії, що базується на комплексному врахуванні конструкції колії та експлуатаційних факторів, умов взаємодії рухомого складу та елементів залізничної колії, може бути використаний при розробці нових нормативів ширини рейкової колії в прямих ділянках колії та кривих малих радіусів та впровадженні нових конструкцій рейкових скріплень.

3. Розроблені в дисертаційній роботі пропозиції щодо врахування геометричних характеристик поверхні кочення елементів ремонтних профілів коліс рухомого складу дозволять уникати виникнення небезпечного розпирання рейкової колії.

4. Одержані в дисертації результати використовуються під час викладання дисциплін «Улаштування та експлуатація залізниць», «Залізнична колія», «Організація і планування ремонтно-колійних робіт в умовах обмежених ресурсів» в курсовому та дипломному проектуванні при підготовці фахівців за освітньою програмою «Залізничні споруди та колійне господарство» в Українському державному університеті залізничного транспорту.

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

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій. Всі наукові положення, висновки і рекомендації, одержані в дисертаційній роботі, є обґрунтованими і достовірними. Вони отримані на основі використання методів і прийомів наукових досліджень, які базуються на принципах системності і включають:

- комплексний підхід до визначення максимальної небезпечної ширини рейкової колії з залізобетонною підрейковою основою та роздільними скріпленнями у кривих ділянках колії малих радіусів, що включає урахування

конструктивних особливостей підрейкової основи колії та геометричних характеристик поверхні кочення коліс рухомого складу, а також таких експлуатаційних факторів, як рух в кривих малих радіусів в умовах складного поздовжнього профілю;

- посилення на нормативні документи та результати наукових досліджень в галузі взаємодії колії з рухомим складом;

- проведення експериментальних досліджень на рейковій нитці, що дозволило урахувати найнебезпечніший стан притиснення рейкових плітей до підрейкової основи рейкової колії, виходячи з фактичних поточних зусиль притиснення рейок до шпал, які мають місце перед проведенням чергового суцільного підкріплення клемних та закладних болтів.

Достовірність досліджень підтверджується задовільною збіжністю теоретичних і експериментальних даних, які добре узгоджуються з результатами, отриманими іншими авторами.

Особистий внесок здобувача. Результати дисертаційної роботи, які виносяться на захист, отримані особисто автором. Особистий внесок здобувача в роботах, що опубліковані в співавторстві, полягає у наступному:

- аналіз існуючих досліджень, порівняння існуючих методик [6];
- розробка методики виконання досліджень умов розпору [1];
- підготовка експериментальної ділянки, виготовлення спеціального обладнання та проведення експериментальних досліджень [2];
- виконання експериментальних досліджень, статистична обробка отриманих результатів з визначення максимальної ймовірної величини горизонтальних люфтів [3];
- дослідження геометричних параметрів ободів та бандажів та термічного впливу гальмування на ширину колісної колії [4];
- дослідження факторів впливу на величину максимального розміру ширини рейкової колії [5];
- аналіз фактичних даних при відмові рейок безстикової колії [7];
- аналіз причин порушень безпеки руху на залізницях України [8];
- аналіз впливу ремонтних профілів на визначення максимальної ширини рейкової колії з урахуванням сил розпору [9];
- розробка процедури визначення максимальної ширини рейкової колії для умов складного плану та профілю [10];
- урахування досліджених факторів впливу в розробці процедури визначення максимальної ширини рейкової колії [11];
- дослідження впливу непогашених прискорень для певного рухомого складу на максимальну ширину рейкової колії [12];
- аналіз фактичного стану проміжних рейкових скріплень в залежності від вантажонапруженості ділянок колії [13].

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційних досліджень доповідались на наступних міжнародних науково-практичних конференціях:

- 67-й Міжнародній науково-практичній конференції Дніпропетровського інституту інженерів транспорту «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (м. Дніпропетровськ, 24.05-25.05.2007 р.);

-69-й Міжнародній науково-практичній конференції Дніпропетровського інституту інженерів транспорту «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (м. Дніпропетровськ, 21-22 травня 2009 р.);

- 78-й Міжнародній науково-технічній конференції «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті» (м. Харків, 26-28 жовтня 2016 р.);

- 6-й Міжнародній науково-технічній конференції Українського державного університету залізничного транспорту «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті» (м. Харків, 19-21 квітня 2017 р.);

- 80-й Міжнародній науково-технічній конференції «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті», (м. Харків, 24-26 квітня 2018);

- 7-й Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті» (м. Харків, 14-16 листопад 2018 р.).

Дисертаційна робота в повному обсязі доповідалась та обговорювалась на розширеному засіданні кафедри «Коля та колійне господарство» (ККГ) Українського державного університету залізничного транспорту (УкрДУЗТ) у січні 2021 р.

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 15 працях, з яких 6 статей у наукових фахових виданнях, рекомендованих МОН України, в тому числі – 2 у виданнях, що включено до міжнародних наукометричних баз; 8 праць апробаційного характеру, з яких 1 – у виданні, що індексується НМБД Scopus, 1 додаткова публікація.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, 4 розділів, основних висновків, списку використаних джерел із 131 найменувань на 14 сторінках, містить 153 сторінок основного тексту, 30 рисунків, 26 таблиць, 4 додатки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету і задачі дослідження, показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами, розглянуто наукову новизну, актуальність і практичне значення одержаних результатів. Надано інформацію про апробацію та публікації одержаних результатів. Наведено інформацію про структуру і обсяг дисертації.

В **першому розділі** сформульовано загальний підхід до визначення максимальної небезпечної ширини рейкової колії з проміжними рейковими скріпленнями роздільного типу на залізобетонній підрейковій основі з метою подальшого визначення максимальної безпечної ширини колії. Під максимальною безпечною шириною рейкової колії розуміється така ширина рейкової колії, яка забезпечує безпеку руху рухомого складу за умови недопущення втрати стійкості рейки за рахунок розпору колії з падінням (провалюванням) колеса у колію з подальшим розкатуванням в умовах руху у кривих ділянках колії.

Безпеці руху завжди приділяли найбільше уваги розробники як нових конструкцій залізничної колії так і нових конструкцій рухомого складу. Довгий час на всіх залізницях світу вважали небезпечною саме таку ширину колії, яка дорівнювала відстані між робочими гранями рейок у розрахунковій площині саме відстані від робочої грані гребеня, притиснутого до однієї рейки до початку фаски на зовнішньому колесі з зовнішнього боку другої рейки. Існуюча норма величини максимальної небезпечної ширини рейкової колії, яка первісно була визначена для конструкції колії з костильним рейковим проміжним скріпленням на дерев'яних шпалах Г.М. Шахунянцем, становила 1540 мм без прийняття спеціальних заходів для запобігання падіння коліс у колію. Ця норма була визначена для локомотивної колісної пари при мінімальній товщині гребеню – 25 мм, мінімальній насадці коліс – 1437 мм, нормативній ширині ободу та величині пружного зменшення ширини колісної колії за рахунок вигину вісі – на 2 мм, та відтисканню головки рейки на 8 мм, при горизонтальній проекції заокруглення робочої грані головки рейки – 12 мм (радіус = 15 мм). Небезпечним вважалося таке положення колеса на рейці, коли точка переходу конічності коліс 1/20 в 1/7 співпадає з початком заокруглення головки рейки (рисунок 1).

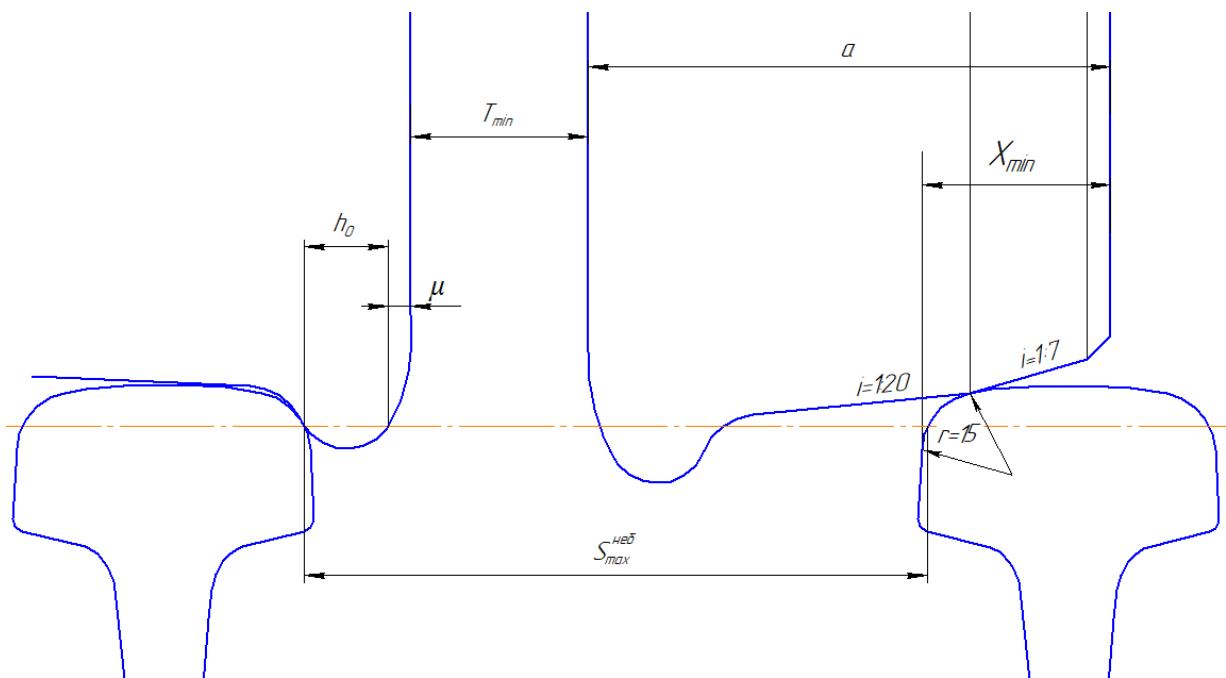


Рис. 1. Класична розрахункова схема визначення небезпечного значення ширини колії ($S_{max}^{неб}$) без урахування багатьох додаткових факторів впливу та явища розпору колії ($S_{max}^{неб} = h_0 + \mu + T_{min} + a - X_{min}$)

Враховуючи величину допусків на розширення колії при поточному утриманні колії +6 мм (ПТЕ, до 1996 р), далі без урахування попередження про обов'язкове застосування спеціальних заходів (контррейок та стягувачів) приймають в якості небезпечної ширини рейкової колії експлуатаційну норму колії – 1546 мм, додавши ще 6 мм, замість їх видалення. Далі, після 1996 року

було змінено норму допуску на улаштування та утримання ширини рейкової колії з +6 на +8 мм, що автоматично збільшило, без будь-яких спеціальних заходів, максимальну ширину рейкової колії до 1548 мм, яка стала нормою для усіх без винятку ділянок, незважаючи на конструкцію скріплень та шпал. Таким чином, будь-яких принципових змін в правилах визначення максимальної ширини рейкової колії за останні більш ніж 60 років, незважаючи на суттєві зміни в конструкції залізничної колії та норми її утримання та улаштування при впровадженні експлуатаційних та ремонтних профілів коліс рухомого складу, не відбулось.

Автором запропонована методика розрахунків розширення колії під час розпирання рейкової колії через одночасне бічне відтиснення обох рейкових ниток, що спирається на експериментальні дослідження, на що звертали увагу професори Г.М. Шахуняц, М.А., Чернишов, В.І.Тихомиров, С.В. Амелін, В.Ф. Яковлев, Є.П. Дудкін (ВНДІЗТ, СпДУШС, МІТ), М.А. Фрішман, В.І. Ангелейко, Е.І. Даниленко (ДНУЗТ, УкрДУЗТ) ще на початку впровадження залізобетонних шпал та безстикової колії. Науковий внесок вказаних вчених дозволив сформулювати напрямки подальших досліджень з метою врахування факторів впливу на максимальну небезпечну ширину рейкової колії роздільного типу. Також було проведено аналіз причин порушень безпеки руху в поїзній та маневровій роботі, допущених в колійному господарстві залізниць України на коліях з проміжними рейковими кріпленнями роздільного типу за матеріалами Міністерства інфраструктури України з 2004 року до 2018 року. Як показав огляд транспортних подій щодо порушення безпеки руху, можна зробити висновок, що головною причиною цих подій було розширення колії.

Встановлено, що максимальна ширина рейкової колії залежить від наступних факторів:

- вплив конструкції ходових частин рухомого складу, який оцінюється за допомогою графіків-паспортів бічного впливу коліс на головку рейки;
- величини вертикального колісного навантаження;
- конструкції колії (дерев'яні або залізобетонні шпали, конструкції рейкових скріплень);
- величини та напрямку непогашених прискорень, які залежать від улаштування колії в кривих ділянках та стану колії;
- особливостей деформації колісних пар під навантаженням;
- пропущеного тоннажу по колії, від якого залежить величина люфтів, які виникають за рахунок зносу всіх елементів рейкових скріплень та зносу підшви рейки;
- температурних деформацій ободів вагонних коліс при застосуванні службового або екстреного гальмування, досліджених вченими ВНДІЗТ;
- максимально ймовірної величини горизонтальних люфтів;
- допуск на виготовлення ободів вагонних коліс.

У **другому розділі** експериментально досліджено статистичні характеристики розподілу величин горизонтальних люфтів (відбоїв) рейкових ниток шляхом створення горизонтального розпирного зусилля за допомогою гідравлічного приладу, діючого одночасно на підшви обох рейкових ниток, на виробничій базі КМС-39, результати яких наведено в таблиці 1.

Результати вимірювання горизонтальних люфтів

Показники вимірювань	Статистичні характеристики		Загальні результати вимірювань
	Зовнішня рейка	Внутрішня рейка	
Загальна кількість вимірювань, n	85	112	197
Середньоарифметичне значення, $\bar{\varepsilon}_d$, мм	1,48	2,09	3,57
Середньоквадратичне відхилення, S_{ε_d} , мм	0,715	0,928	1,643
Максимально вірогідне значення люфту	3,27	4,41	7,68

Викладено методику та результати експериментальних досліджень впливу вертикальних та бічних сил від коліс рухомого складу на бічні відтиснення головки рейки на залізобетонній підрейковій основі. При проведенні експерименту вертикальне зусилля на головку рейки передавалося пасажирським вагоном за допомогою мостового гідравлічного домкрата, що дозволяє створювати зусилля до 2000 кН, а для передачі горизонтального зусилля на головку рейки був застосований шляховий розгіночний пристрій з динамометром ДОСМ-5 для контролю прикладеної бічної сили (рис. 2).



Рис 2. Устаткування для вимірювання горизонтальних люфтів

При виборі умов проведення експерименту, тобто при мінімальному натягненні клемних болтів, було використано умови інструкції ЦП-0266 (п.7.4.3) для довгих рейкових плитей. Для цього були застосовані результати експериментальних досліджень залежності фактичних зусиль натягу клемних і закладних болтів у скріпленнях роздільного типу від пропущеного по колії тоннажу, виконаних вченими ХПТУ наприкінці 70-х та на початку 80-х років минулого століття

На рис. 3 та рис. 4 наведено графічну інтерпретацію умов визначення напрацювання розрахункового тоннажу між суцільними підкріпленнями прикріплювачів проміжних рейкових скріплень роздільного типу. Суцільне підкріплення клемних та закладних болтів проводиться один раз на рік (на ділянках з вантажонапруженістю $\Gamma_0 < 25$ млн. ткм брутто/км рік), коли річний тоннаж дорівнює вантажонапруженості. А при підкріпленні два рази на рік клемних та закладних болтів (на ділянках з вантажонапруженістю $\Gamma_0 > 25$ млн. ткм брутто/км рік): перша підтяжка – річний тоннаж $0,375\Gamma_0$, друга

підтяжка клемних та закладних болтів – річний тоннаж $0,625\Gamma_0$. Потім $0,25\Gamma_0$ – очікування в зимовий час до чергової весняної підтяжки клемних болтів. Таким чином, до початку другої підтяжки від закінчення першої підтяжки пропущений тоннаж дорівнює $0,625\Gamma_0$, тобто до початку весняних колійних робіт.

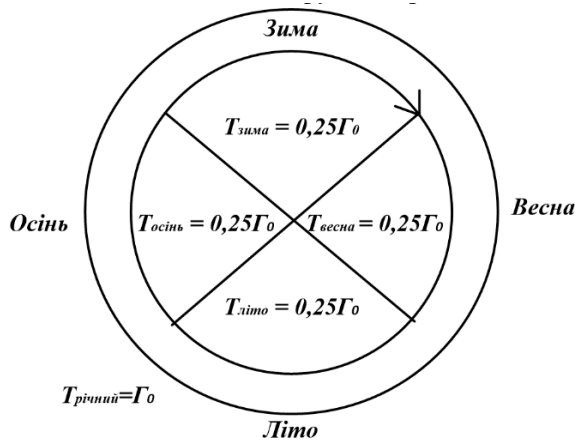


Рис. 3. Кільцевий графік напрацювання розрахункового тоннажу між суцільними підкріпленнями болтів проміжних рейкових скріплень роздільного типу ($\Gamma_0 < 25$ млн. ткм брутто/км рік)

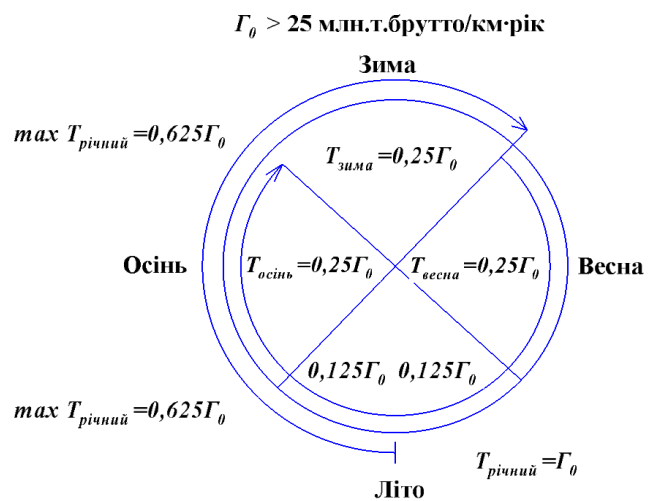


Рис. 4. Кільцевий графік напрацювання розрахункового тоннажу між суцільними підкріпленнями болтів проміжних рейкових скріплень роздільного типу ($\Gamma_0 > 25$ млн. ткм брутто/км рік)

На підставі аналізу експериментальних досліджень вченими НІЗТу отримано залежності пружних відтиснень головки рейки Р-65 (дерев'яні шпали та змішане костильне скріплення типу ДО) від сумарного впливу вертикального та бічного навантажень. В даних дослідженнях було обрано аналогічні умови проведення експерименту, але для колії з залізобетонними шпалами та проміжними рейковими кріпленнями роздільного типу.

Усі результати, отримані в ході виконання експериментальних досліджень, були апроксимовані лінійними функціональними залежностями для двох діапазонів вантажонапруженості (рис. 5 та рис. 6):

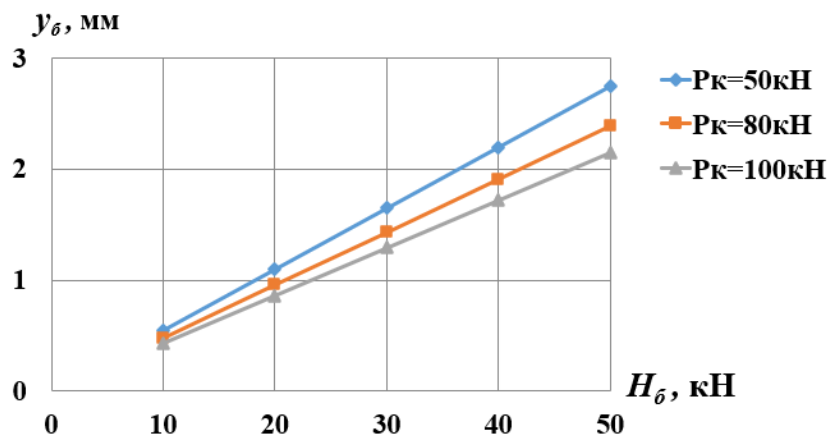


Рис. 5. Залежність пружних бічних відтискань головки рейки від дії вертикального та бічного навантаження ($\Gamma_0 < 40$ млн. ткм брутто/км рік)

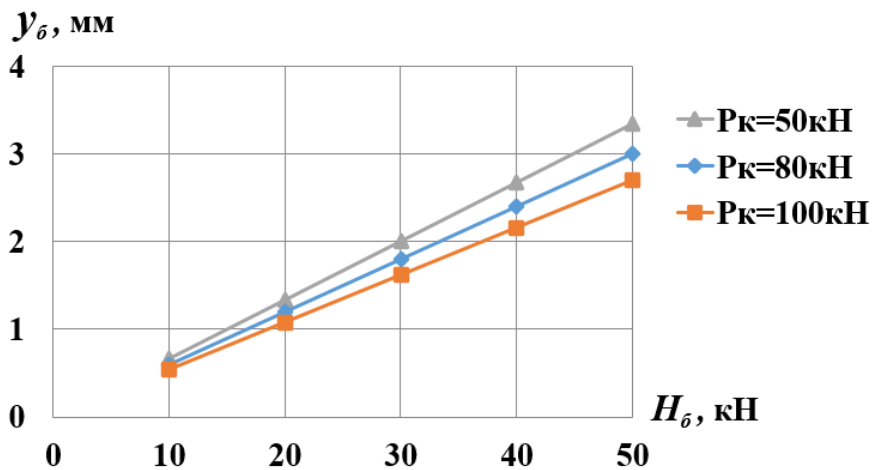


Рис. 6. Залежність пружних бічних відтискань головки рейки від дії вертикального та бічного навантаження ($\Gamma_\theta > 40$ млн. ткм брутто/км рік)

- для діапазону вантажонапруженості до 40 млн. ткм брутто/км рік

$$y_\delta = (6,7 \cdot 10^{-2} - 0,024 \cdot 10^{-2} \cdot P_k) \cdot H_\delta; \quad (1)$$

- для діапазону вантажонапруженості більше 40 млн. ткм брутто/км рік

$$y_\delta = (8,4 \cdot 10^{-2} - 3 \cdot 10^{-4} \cdot P_k) \cdot H_\delta. \quad (2)$$

Отримані результати дали можливість розглянути процес розпору рейкової колії з урахуванням бічного впливу існуючого рухомого складу.

У **третьому розділі** наведено методику виконання та результати досліджень розпору рейкової колії та його впливу на визначення максимальної небезпечної ширини рейкової колії.

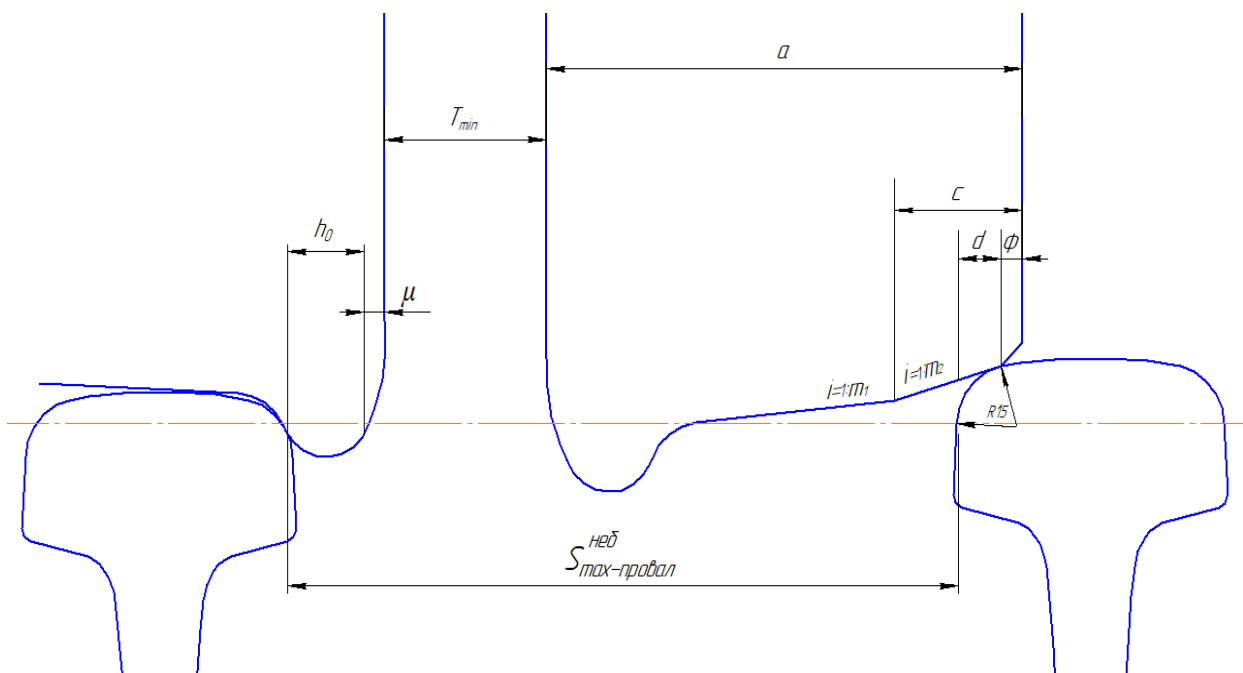


Рис. 7. Розрахункова схема для визначення максимальної небезпечної ширини рейкової колії

Сучасні уявлення про можливості розпирання колії з падінням (провалюванням) колеса в колію з залізобетонною підрейковою основою базуються на твердженні, що явище розпору колії виникає, коли обід колеса спирається фаскою на початок заокруглення голівки рейки. При цьому положенні колеса критична величина відтискання головки рейки в кривих ділянках з максимальною шириною колії 1545 мм, при якій дозволяється рух із встановленими швидкостями, становила 30 мм. Але не опубліковано жодного дослідження, де враховуються умови виникнення розпору колії, особливо при введенні в експлуатацію спеціальних ремонтних профілів з урахуванням розглянутих в даній роботі додаткових факторів впливу. Вихідні дані для виконання розрахунків небезпечної ширини рейкової колії наведені в таблиці 2 згідно з розрахунковою схемою, наведеною на рисунку 7.

Таблиця 2

Вихідні дані для виконання розрахунків небезпечної ширини рейкової колії

Ремонтні профілі (нормативна база)	Тип рух. складу	c , мм	a , мм	m_2	h_0 , мм	$P_{ст}$, кН	$\alpha_{ин}$, м/с ²	$\varepsilon_q(\Delta t)$, мм	μ , мм
ДПТ-УЗ (ЦТ-ЦЛ-0062, рис. 5а)	вантажні вагони	20	130	3,5	33	105,0	0,3	10,0	1,0
	пасажирські вагони	20	130	3,5	33	71,25	0,7	0,0	1,0
ГОСТ 9036-38 (ЦТ-ЦЛ-0062, рис.5б)	вантажні вагони	30	130	10	33	105,0	0,3	10,0	1,0
	пасажирські вагони	30	130	10	33	81,0	0,7	0,0	1,0
Профіль вантажних і рефрижераторних вагонів (ЦТ-ЦЛ-0062, рис.5в)	вантажні вагони	30	130	10	30	105,0	0,3	10,0	1,0
	рефрижераторні вагони	30	130	10	30	81,0	0,7	0,0	1,0
ДСТУ ГОСТ 11018- 2005 шабл. РЛ 1 МУ 23311.3514.002 (ВНД- 32.0:07.001-2001 рис. 6.16)	ЧС-4	40	140	3,5	33	102,5	0,7	0,0	0
	ТЕП-60	40	140	3,5	33	107,5	0,7	0,0	0
Кресл.4. ДСТУ ГОСТ 001ТУУ 23111.3534- 002 (ВНД-32.0:07. 001-2001 рис. 6.17)	вантажні вагони	30	130	3,5	32,318	81,0	0,7	0,0	1,0
	пасажирські вагони								
По кресленням 2 ГОСТ 9036 (ВНД- 32.0:07.001-2001 рис. 6.18)	вантажні вагони	30	130	10	32,318	105,0	0,3	10,0	1,0
	пасажирські вагони								

Для визначення максимальної небезпечної ширини рейкової колії, з урахуванням усіх факторів впливу, запропоновано наступну методику розрахунків згідно з розрахунковою схемою (рис. 8)

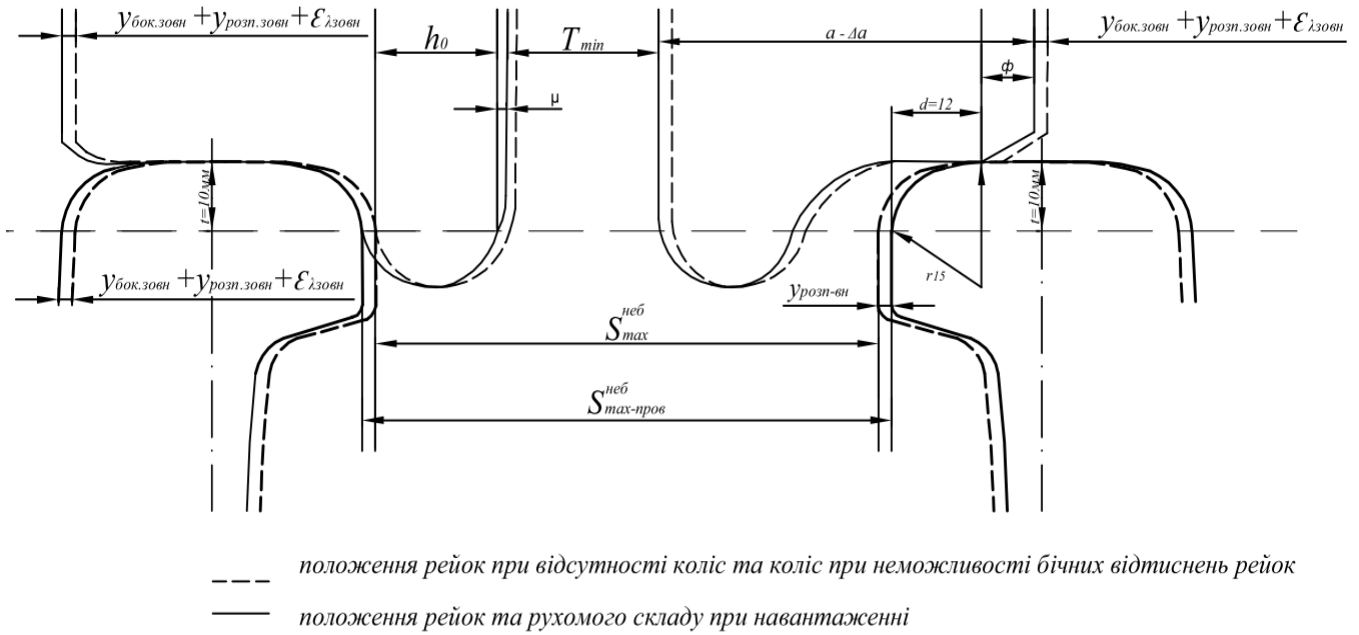


Рис. 8. Розрахункова схема для визначення максимальної небезпечної ширини рейкової колії

1. Максимальна ширина колії, за якою відбувається падіння (провалювання) колеса у колію, визначається за формулою:

$$S_{max-пров}^{неб} = q_{min} + a - \Delta a - \phi - d, \quad (3)$$

де q_{min} – мінімальна ширина колісної пари; a – ширина ободу по кресленням (наведено в таблиці 2); Δa – допуск на звуження ободу колеса при виготовленні (4 мм); ϕ – ширина фаски на ободі колеса (6 мм); d – горизонтальна проекція радіусу заокруглення бічної робочої грані головки рейки (12 мм).

Мінімальна ширина колісної пари q_{min} визначається за формулою:

$$q_{min} = h_0 + \mu + T_{min} - \varepsilon_q - \varepsilon_{q(\Delta t)},$$

де h_0 – товщина гребеня колеса, мм; μ – потовщення гребеня колеса; T_{min} – мінімальна ширина насадки коліс (1437 мм); ε_q – зміна ширини колісної пари за рахунок вигину вісі колісної пари (2 мм); $\varepsilon_{q(\Delta t)}$ – зміна ширини колісної пари за рахунок перегріву ободів коліс при службовому гальмуванні (10 мм).

2. Сила розпору визначається за формулою:

$$Y_m = \frac{P_\varepsilon}{m}, \quad (4)$$

де P_ε – вертикальне навантаження; m – конусність поверхні кочення колеса.

Твірна конусної поверхні кочення колеса створює кут α_m з площиною поверхні кочення головок рейок. Тоді $\operatorname{tg} \alpha_m = \frac{1}{m}$, та через подібність процесу розпору до процесу розклинення, сила розпору дорівнює $Y_m = P_\varepsilon \cdot \operatorname{tg} \alpha_m = \frac{P_\varepsilon}{m}$.

3. Величина бічної сили, що передається від колеса, що направляє:

$$H_{\sigma} = (a_{\sigma} + b_{\sigma} a_{\text{нп}}) \quad (5)$$

де a_{σ} , b_{σ} – коефіцієнти з графіків-паспортів та формули для визначення бічної сили і приймається згідно рухомого складу.

4. Величина сумарного розпору обох рейкових ниток визначається за виразом:

$$\begin{aligned} \Sigma y_{\text{розп}} &= y_{\text{бок-зовн}} + y_{\text{розп-зовн}} + y_{\text{розп-внутр}} = (A+B \cdot P_{\sigma})H_{\sigma} + (A+B \cdot P_{\sigma})Y_m + (A+B \cdot P_{\sigma})Y_m = \\ &= (A+B \cdot P_{\sigma})H_{\sigma} + 2(A+B \cdot P_{\sigma})Y_m = (A+B \cdot P_{\sigma})(H_{\sigma} + 2Y_m), \end{aligned} \quad (6)$$

де A , B – емпіричні коефіцієнти для визначення бічних відтиснень головки рейки при одночасній дії вертикальних та бічних сил; H_{σ} – бічна сила; P_{σ} – вертикальне навантаження; Y_m – сила розпору.

5. Теоретична максимальна ширина рейкової колії:

$$S_{\text{max-теор}}^{\text{неб}} = S_{\text{max-пров}}^{\text{неб}} - \Sigma y_{\text{розп}} - \varepsilon_{\lambda\text{-зовн}}; \quad (7)$$

6. Практична максимальна ширина рейкової колії:

$$S_{\text{max-практ}}^{\text{неб}} = S_{\text{max-теор}}^{\text{неб}} - \frac{b_{\text{ел}}}{2}. \quad (8)$$

Отримані результати розрахунків максимальної ширини рейкової колії для ділянок руху рухомого складу для умов застосування службового або екстреного гальмування та окремо для умов руху до застосування службового або екстреного гальмування. Окремо наведено сумарні величини пружних розширювань колії за рахунок відтиснень головок рейок під впливом бічної сили одночасно з силами розпору.

На підставі аналізу отриманих результатів з урахуванням того, що контакт колеса і рейки відбувається не в точці, а по еліпсу з шириною напіввісі $b_{\text{ел}} = 3$ мм, можна рекомендувати наступне значення максимальної ширини рейкової колії для ділянок, де застосовується службове або екстрене гальмування 1550 мм.

Саме при такій ширині колії, але не більше, можна дозволити рух зі встановленими швидкостями за умови, що всі зазначені одиниці рухомого складу допущено до руху на таких ділянках колії.

Встановлена норма максимальної ширини рейкової колії дозволяє визначити економічну ефективність впровадження в умовах експлуатації колії в кривих ділянках колії малих радіусів з обмеженим використанням максимального допустимого бічного зносу (15 мм) головки рейкової нитки за умови забезпечення нормально-примусового вписування екіпажів (возиків) рухомого складу.

В четвертому розділі проведено техніко-економічне обґрунтування використання максимальної ширини рейкової колії. Оцінено матеріальні витрати на зміну рейкових плітей, які будуть заощаджені за рахунок подовження термінів експлуатації рейкових плітей. Це досягається внаслідок повного вичерпання нормативної величини допустимого бічного зносу рейкової пліти, яка дозволяє рух при встановлених максимальних швидкостях.

Кількість змін рейкових плітей при різних умовах експлуатації, зведених до інтенсивності бічного зносу головки рейки, обчислюється за виразом:

$$N_{зм} = \frac{T_m}{\Delta t_{зм}} - 1, \quad (9)$$

де T_m – міжремонтний тоннаж, млн.т.брутто; $\Delta t_{зм}$ – напрацювання тоннажу рейкою до величини бічного зносу головки рейки $h_{\delta} = 15$ мм, млн.т.брутто.

Величина тоннажу напрацювання рейки до величини бічного зносу головки рейки (15 мм), визначено за виразом:

$$\Delta t_{зм} = \frac{h_{\delta}}{i_{зн}} \quad (10)$$

де $h_{\delta} = h_{\delta}^{баз}$ – фактична величина бічного зносу головки рейки, при досягненні якої не вимагається обмеження швидкості руху, $h_{\delta} = 10$ мм (1545 – 1535) при існуючій нормі небезпечної ширини рейкової колії (базовий варіант).

В таблиці 3 наведено результати розрахунків кількості суцільних змін рейкових плітей при інтенсивності бічного зносу 0,06-0,1 мм/млн.т.брутто, при напрацюванні величини бічного зносу при базовому варіанті ($S_{max} = 1545$ мм) та запропонованому варіанті ($S_{max} = 1550$ мм).

Таблиця 3

Результати розрахунків кількості суцільних змін рейкових плітей

$i_{зн}$, мм/млн.т.бр.	$S_{max} = 1545$ мм		$S_{max} = 1550$ мм	
	$\Delta t_{зм}$, млн.т.брутто	$N_{зм}$	$\Delta t_{зм}$, млн.т.брутто	$N_{зм}$
0,06	166	3,8	250	2,2
0,07	142	4,6	214	2,7
0,08	125	5,4	188	3,25
0,09	111	6,2	167	3,8
0,10	100	7,0	150	4,33

В таблиці 4 наведено економію кількості суцільних змін рейок зі зміною робочого канту на старопридатні при впровадженні нового значення небезпечної ширини рейкової колії $S_{max} = 1550$ мм.

Таблиця 4

Зменшення кількості суцільних змін рейок при $S_{max} = 1550$ мм

$i_{зн}$, мм/млн.т.бр.	Δn	кількість плітей
0,06	1,6	2
0,07	1,9	2
0,08	2,15	3
0,09	2,4	3
0,10	2,67	3

При ціні однієї тони рейки $C_p = 29000$ грн/т вартість пліті довжиною 1 км становить $C_{пл} = 1449648$ грн. Лише для умов $i = 0,05$ мм/млн.т.км.бр. очікувана економія коштів становитиме $E = 1449648$ грн. за міжремонтний термін експлуатації однієї пліті, ураженої бічним зносом. Для умов Південної залізниці щорічний обсяг змін становить в середньому 13 рейкових плітей, а загальна економія витрат при остаточній вартості старопридатної пліті становитиме 10 % від вартості нової. $E = 0,9 \cdot 13 \cdot 1449648$ грн = 21932352 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В дисертації вирішено науково-технічну задачу підвищення строку експлуатації рейок в кривих ділянках колії зі скріпленнями роздільного типу. Основні наукові результати наступні:

1. Існуючий метод визначення максимальної ширини рейкової колії без урахування конструкції підрейкової основи та деформаційних процесів відтиснення головки рейкової нитки внаслідок сукупної дії вертикальних та бічних сил дає суттєво занижений результат – 1543 мм, що свідчить про недосконалість процедури визначення існуючої норми.

2. Аналіз випадків порушення безпеки руху в поїзній та маневровій роботі довів, що основна причина сходів коліс рухомого складу мають місце на станційних коліях при виконанні маневрових робіт. Ці сходи безпосередньо пов'язані з тим, що на цих коліях, як правило, використовують старопридатну колійну решітку, в якій існують значні люфти, та на яких своєчасно не виконуються обов'язкові регламентні роботи з утримання проміжних рейкових скріплень. Наприклад, в період з 2004 року по 2018 рік щорічно зафіксовано до 20% випадків сходів рухомого складу на головних коліях та до 61% при маневрах на станційних коліях, пов'язаних з розширенням колії. У 2012 році на всій протяжності залізниць України було виявлено 63 відступи від норм утримання колії, через які швидкість руху поїздів було обмежено до 15 км/год та 36 відступів, через які рух поїздів було закрито.

3. Встановлено вплив на максимальну величину ширини колії геометрії поверхні кочення колеса, що дозволило визначити найнебезпечніші ремонтні профілі коліс, а саме:

- допуск на зменшення ширини ободу колеса – 4 мм;
- конусність опорної поверхні кочення колеса;
- відстань між краєм ободу до ділянки кочення колеса, де змінюється конусність з меншої ($1/20$) на більшу ($\geq 1/7$).

4. Експериментально визначена максимальна ймовірна величина горизонтальних люфтів (4 мм), як одна з найбільш впливових складових, дозволила сформулювати методика визначення максимальної ширини рейкової колії.

5. Визначення стану зусиль притиснення клемних та закладних болтів перед проведенням чергового суцільного підкріплення дозволило врахувати вплив конструктивних особливостей залізничної колії. Результати досліджень довели, що: для ділянок з вантажонапруженістю до 40 млн.т.брутто/км.рік – величина мінімального крутного моменту для клемних болтів становить 63 Нм; величина мінімального крутного моменту для закладних болтів становить 91 Нм. Для ділянок з вантажонапружені ставище 40 млн.т.брутто/км.рік – величина мінімального крутного моменту для клемних болтів становить 39 Нм; величина мінімального крутного моменту для закладних болтів становить 67 Нм.

6. Залежність величини бічного відтиснення головки рейкової нитки від одночасної дії вертикальних та бічних сил дозволило визначити максимальну допустиму ширини рейкової колії – 1550 мм, по якій дозволено рух зі швидкостями, встановленими наказами керівників РФ АТ «Укрзалізниця».

7. В результаті експериментальних та теоретичного досліджень умов розпору встановлено максимально допустимі величини небезпечної ширини рейкової колії на залізобетонних шпалах з клемно-болтовими скріпленнями, за яких може відбутися падіння (провалювання) колеса в колію та які за будь-якої вантажонапруженості ділянки складають для руху в режимі: тяги або без застосування гальм – 1556 мм; службового гальмування – 1552 мм.

Це підтверджує адекватність емпірично визначеної і встановленої чинними нормами з певним для колії на залізобетонних шпалах з клемно-болтовими скріпленнями запасом максимальної величини небезпечної ширини колії 1548 мм. Проте, оскільки в кривих малих радіусів від 300 до 450 м рух зі встановленими швидкостями спричиняє інтенсивний бічний знос головок рейок, для підвищення їх ресурсу та з урахуванням обпирання колеса на рейку не у точці, а по площині пружного зминання еліпсної форми рекомендовано для таких кривих встановити максимально допустиму безпечну ширину колії 1550 мм.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Новиков В. В., Скорик А. А., Панченко С. В. Исследование условий распора колеи со скреплениями типа КБ и его влияние на определение опасной ширины рельсовой колеи. *Зб. наук. праць УкрДУЗТ*. Харків: УкрДУЗТ, 2018. Вип. 178. С.14–20.

Особистий внесок: розробка методики виконання досліджень умов розпору.

2. Новіков В. В., Скорик О. О. Результати експериментальних вимірювань пружних бічних відтискань головки рейкової нитки при взаємодії горизонтального та вертикального. *Зб. наук. праць УкрДУЗТ*. Харків: УкрДУЗТ, 2015. Вип. 157. С.51–54.

Особистий внесок: підготовка експериментальної ділянки, виготовлення спеціального обладнання та проведення експериментальних досліджень.

3. Новіков В. В., Белорусов О. І., Думчиков С. В., Залевський В. О. Експериментальні дослідження величин горизонтальних люфтів у конструкції проміжного рейкового скріплення типу КБ-65. *Зб. наук. праць УкрДАЗТ*. Харків: УкрДАЗТ, 2008. Вип. 91. С. 136–140.

Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, статистична обробка отриманих результатів з визначення максимальної ймовірної величини горизонтальних люфтів.

4. Новіков В. В., Белорусов О. І. Дослідження факторів впливу на величину максимального небезпечного розміру ширини рейкової колії. *Вісник ДНУЗТ ім. академіка В. Лазаряна*. Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2008. Вип. 21. С. 78-79.

Особистий внесок: дослідження геометричних параметрів ободів та бандажів та термічного впливу гальмування на ширину колісної колії.

5. Новіков В. В., Белорусов О. І. Вплив конструктивних особливостей ходових частин рухомого складу на величину максимально небезпечної ширини рейкової колії. *Зб. наук. праць УкрДАЗТ*. Харків: УкрДАЗТ, 2007. Вип. 80. С.51–54.

Особистий внесок: дослідження факторів впливу на величину максимального розміру ширини рейкової колії.

6. Новіков В. В., Белорусов О. І. Визначення небезпечно максимального розміру ширини рейкової колії. *Зб. наук. праць УкрДАЗТ*. Харків: УкрДАЗТ, 2006. Вип. 72. С.137–141.

Особистий внесок: аналіз існуючих досліджень, порівняння методик.

Публікації апробаційного характеру:

7. Новіков В. В., Штомпель А.М., Скорик О.О., Кравченко Ю.М., Коростельов Є.М. Визначення рівня поодинокого виходу рейок у дефектні за показником їх надійності. Тези доповідей 7-ої міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті». Харків: УкрДУЗТ, 2018. С. 73-74.

Особистий внесок: аналіз фактичних даних при відмові рейок колії.

8. Новіков В.В., Скорик О.О., Кравченко Ю.М., Овчинников О.О. Техніко-економічна оцінка використання нових норм небезпечної ширини рейкової колії з проміжними рейковими скріпленнями типу КБ-65 в безстиковій колії з залізобетонними шпалами на залізницях України. *Тези доповідей 7-ої міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті»*. Харків: УкрДУЗТ, 2018. С. 65-66.

Особистий внесок: аналіз впливу нових норм ширини рейкової колії на збільшення ресурсу рейкових плітей.

9. Vadym Novikov, Anatolii Shtompel, Oleksii Skoryk, Yuliia Kravchenko, Yevhen Korostelov. Determination of the level of separate rail failure using the indicator of their reliability. *Transbud-2018. MATEC Web of Conferences*, 2018. 230. 01016.

Особистий внесок: аналіз фактичних даних при відмові рейок колії.

10. Новіков В. В., Скорик О. О. Аналіз причин порушень безпеки руху в поїзній та маневровій роботі, що пов'язані з розширенням колії. *Тези доповідей 80-ої міжнародної науково-технічної конференції «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті»*. Харків: УкрДУЗТ, 2018. Вип. 177. С. 105–106.

Особистий внесок: аналіз причин порушень безпеки руху на залізницях України.

11. Новіков В. В., Скорик О. О. Дослідження умов розпору колії зі скріпленням типу КБ та його впливу на визначення небезпечної ширини рейкової колії. *Тези доповідей 6-ої міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті»*. Харків: УкрДУЗТ, 2017. С. 211–212.

Особистий внесок: аналіз впливу ремонтних профілів на визначення максимальної ширини рейкової колії з урахуванням сил розпору.

12. Новіков В. В. Напрямки практичного використання експериментально отриманих функціональних залежностей величин бічного відтискання головки рейки від колеса рухомого складу. *Тези доповідей 78-ої міжнародної науково-технічної конференції «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті»*. Харків: УкрДУЗТ, 2016. С. 71.

Особистий внесок: розробка процедури визначення максимальної ширини рейкової колії для умов складного плану та профілю.

13. Новіков В. В., Белорусов О. І. До питання про величину максимального небезпечного розміру ширини рейкової колії. *Тези доповідей 69-ої міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту»*. Дніпропетровськ: ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна, 2009. С. 142.

Особистий внесок: розробка процедури визначення максимальної ширини рейкової колії з урахуванням досліджених факторів впливу.

14. Новіков В. В., Белорусов О. І. Дослідження факторів впливу на величину максимального небезпечного розміру ширини рейкової колії. *Тези доповідей 67-ої міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту»*. Дніпропетровськ: ДНУЗТ ім. академіка В. Лазаряна, 2007. С. 167–168.

Особистий внесок: дослідження впливу непогашених прискорень для певного рухомого складу на максимальну ширину рейкової колії.

Публікації, що додатково відображають матеріали дисертації:

15. Новіков В. В., Скорик О. О. Визначення умов проведення експериментальних досліджень впливу вертикальних та бічних сил від коліс рухомого складу на бічні відтиснення головки рейки при підрейковій основі з залізобетонними шпалами. *Научные труды SWorld*. Иваново: Научный мир, 2015. Вып. №2(39), Т.1. С. 47–50.

Особистий внесок: аналіз фактичного стану проміжних рейкових скріплень в залежності від вантажонапруженості ділянок колії.

АНОТАЦІЯ

Новіков В.В. Підвищення строку експлуатації рейок в кривих ділянках колії зі скріпленнями роздільного типу. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.06 – Залізнична колія (27-Транспорт). – Український державний університет залізничного транспорту, Харків.

Дисертація присвячена вирішенню науково-технічної проблеми підвищення терміну експлуатації рейок безстикової рейкової колії з залізобетонною підрейковою основою та проміжними скріпленнями роздільного типу шляхом комплексного аналізу конструктивних та експлуатаційних факторів, а також експериментальних досліджень взаємодії вертикальних та бічних сил, які діють на рейкову нитку та їх впливу на величину пружних горизонтальних відтиснень головки рейкової нитки. По розробленій та

приведеній автором методиці експериментальних вимірювань пружних бічних відтиснень головки рейки рейкової нитки виконані оригінальні дослідження, результати яких дозволяють аналітично розраховувати реальні бічні відтиснення при будь-яких значеннях вертикальних та бічних сил для колії зі скріпленнями роздільного типу. Автором наведено методику та результати дослідження умов розпору колії з проміжними рейковими скріпленнями роздільного типу та його впливу на визначення небезпечної ширини рейкової колії для найбільш небезпечних ремонтних профілів коліс сучасного рухомого складу залізниць України. Отримані результати розрахунків максимальної небезпечної ширини рейкової колії для ділянок руху рухомого складу для умов застосування службового або екстреного гальмування та окремо для умов руху до застосування службового або екстреного гальмування та приведено сумарні величини пружних розширювань колії за рахунок відтискань головок рейок під впливом бічної сили одночасно з силами розпору. Техніко-економічними розрахунками визначено економію матеріалу – старопридатних рейок та соціальний ефект від скорочення небезпечних умов праці при виконанні робіт зі зміни ушкоджених бічним зносом рейкових плітей старопридатними зі зміною робочого канту.

Ключові слова: небезпечна максимальна ширина колії, проміжні рейкові скріплення, вертикальні сили, бічні відтиснення головки рейки, зусилля притискання болтів, фактори впливу, горизонтальні люфти, порушення безпеки руху, службове гальмування, взаємодія коліс з рейками, розпір рейкової колії, залізобетонна підрейкова основа.

АННОТАЦІЯ

Новиков В.В. Повышение срока эксплуатации рельсов в кривых участках пути со скреплениями раздельного типа. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.06 - Железнодорожный путь (27-Транспорт). - Украинская государственная университет железнодорожного транспорта, Харьков.

Диссертация посвящена решению научно-технической проблемы повышения срока эксплуатации рельсов бесстыкового рельсового пути с железобетонным подрельсовым основанием и промежуточными скреплениями раздельного типа, а также экспериментальных исследований взаимодействия вертикальных и боковых сил, действующих на рельсовую нить и их влияния на величину упругих горизонтальных отжатий головки рельсовой нити. Выполнены оригинальные исследования, результаты которых позволяют аналитически рассчитывать реальные боковые отжатия при любых значениях вертикальных и боковых сил для пути со скреплениями раздельного типа. Исследованы условия распора колеи и его влияние на определение опасной ширины рельсовой колеи для наиболее опасных ремонтных профилей колес современного подвижного состава. Рассчитана максимальная опасная ширина рельсовой колеи для участков движения до и после служебного или экстренного торможения. Приведены суммарные величины упругих расширений пути за счет отжатий

головок рельсов под влиянием боковой силы одновременно с силами распора. Техничко-экономическими расчетами определено экономию материала – старогодных рельс и социальный эффект от сокращения опасных условий труда при выполнении работ по замене поврежденных боковым износом рельсовых плетей старогодных с изменением рабочего канта.

Ключевые слова: опасная максимальная ширина колеи, промежуточные рельсовые скрепления, вертикальные силы, боковые оттиск головки рельса, усилия прижима болтов, факторы влияния, горизонтальные люфты, нарушения безопасности движения, служебное торможение, взаимодействие колес с рельсами, распор рельсового пути, железобетонная подрельсовая основа.

ABSTRACT

Novikov V.V. Longer service life of rails with separate intermediate fastenings in curves. As a manuscript.

Thesis for Academic Degree of Candidate of Engineering Sciences (PhD) in Speciality 05-22-06 – Railway Track (27 – Transport). – Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, 2021.

The study deals with the solution to a longer operational life of continuous welded rails with the КБ-65 and СКД-65 intermediate rail fastenings on concrete foundation in curves with radii up to 450 m. It is achieved through scientifically substantiated requirements for the maximum safe track gauge. Especially, it is of great significance for sections with intensive side wear of continuous welded rails on concrete foundation in the curves with radii less than 450 m. The maximum permissible track gauge disregards rail foundation material, elastic parameters of intermediate rail fastening, new re-profiled wheels put into operation, operational factors impacting the physical state of intermediate rail fastenings, effect from braking modes of a locomotive regarding temperature deformations of wheel treads, excising tolerances taken during their production, lateral pressure of the track, etc.

Content of the thesis. The **Introduction** section scientifically substantiates the relevance of the subject matter and its value for introduction of modern structures of track and rolling stock with implementation of new re-profiled wheels. It deals with the factors which impact the object and the subject of the research, presents the objective and the tasks of the research, shows connection with research programs, plans, subject matters, describes the academic novelty, the practical value of the results obtained, and approbation of the results together with personal contribution of the applicant and his publications.

Section 1 deals with the historical stages in formation of the modern rolling profile surface and basic principles for determination of the maximum safe rail track gauge regulated by technical requirements for the rail track. The section presents the experiments during which the horizontal gaps in the КБ intermediate rail fastening were determined for the first time. It was concluded that calculation of the allowable rail track gauge should include the type of rail fastening, and maximum potential values of all gaps with consideration of their distribution along the rail track.

Section 2 presents the technique and results of the experimental research into the impact of the vertical and lateral forces from the rolling stock wheels on the lateral displacements of the rail head for a rail track on concrete foundation.

The existing scientific and technical literature does not provide information on the value of horizontal gaps in the КБ-65 intermediate rail fastening. The statistic characteristics for distribution were researched experimentally on the track maintenance train KMC-39. The research was made on the rails with inter-repair tonnage, which were removed from rail sections during track modernization. The technique presented stipulates measurement of horizontal gaps of track rails used for curves.

Chapter 3 presents the technique and the results of the research into the lateral pressure to the track with intermediate rail fastenings, and the impact of this lateral pressure to determination of the allowable track gauge for the most unsafe re-profiled wheels of modern rolling stock used on Ukrainian railways. The study presents the results of the research into the maximum allowable rail track for sections before and during application of the service and emergency braking, and the total values of elastic pressure of the track due to the displacements of the rail head due to lateral and pressure forces.

Section 4 gives the feasibility study for new standards for a safe track gauge with the КБ-65 intermediate rail fastening for continuous welded rails on concrete sleepers for Ukrainian railways. For the Southern Railway with its average annual 13-km rail replacement the annual cost saving may reach 90% out of the new rails and account for 21,932,352 hrn per year; by comparison, the residual cost of used rails for the track is just 10% out of the new rails.

Keywords: maximum allowable rail track gauge, maximum safe track gauge, intermediate rail fastenings, vertical forces, lateral displacements of rail head, clamping force, impact factors, horizontal gaps, static forces, dynamic forces, experimental research, fail-safe motion, service braking, side wear intensity of rail head, wheel/ rail interaction, curve radii, lateral pressure to rail track, concrete rail foundation, rail КБ-65 fastenings, rail СКД-65 fastenings, track re-laying.

НОВІКОВ ВАДИМ ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 625.031.32:625.17

ПІДВИЩЕННЯ СТРОКУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ РЕЙОК В КРИВИХ
ДІЛЯНКАХ КОЛІЇ ЗІ СКРІПЛЕННЯМИ
РОЗДІЛЬНОГО ТИПУ

05.22.06 – Залізнична колія

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

Новікова М.А.

КВ № 21515 - 11415ПР від 27.07.2015 р. Підписано до друку 24.03.2021 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн. друк. арк. 1,3 Тираж 100. Замовлення № 156.

Видавець Український державний університет залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018р.