

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ЕКОНОМІКО - ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ТРАНСПОРТУ

Бугаєць Наталія Володимирівна



УДК. 625.143.482

**ПІДВИЩЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ РЕЙКОШПАЛЬНОЇ
ОСНОВИ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІЙ НЕЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ**

Спеціальність 05.22.06. – залізнична колія

АВТОРЕФЕРАТ

дисертація на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Київ – 2014

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі "Колія і колійне господарство" Української державної академії залізничного транспорту Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Даренський Олександр Миколайович, Українська
державна академія залізничного транспорту,
завідувач кафедри колії та колійного господарства

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Курган Микола Борисович
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна,
завідувач кафедри «Проектування та будівництво доріг»;

кандидат технічних наук,
Харлан Володимир Іванович
Начальник дирекції будівництва Бескидського тунелю
Львівської залізниці

Захист відбудеться «26» червня 2014 р. о 13.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 26.820.01 в Державному економіко-технологічному університеті транспорту за адресою: 03049, м. Київ, вул. М. Лукашевича, 19, ауд. № 115

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Державного економіко-технологічного університеті транспорту за адресою: 03049, м. Київ, вул. М. Лукашевича, 19

Автореферат розісланий « » травня 2014 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради К 26.820.01
к.т.н., доцент



В.М. Твердомед

Загальна характеристика роботи

Актуальність теми. Колії незагального користування є важливою складовою транспортної системи України. Більше половини вантажів, що перевозяться магістральними дорогами, вантажиться на коліях незагального користування підприємств. Розгорнута довжина колій незагального користування перевищує 20 тис км. Використання в цій сфері ефективних і ресурсозберігаючих технологій і конструкцій може дати значний економічний ефект.

Досвід експлуатації колій незагального користування і дослідження, проведені науково-дослідними і проектними організаціями, показали, що для специфічних умов експлуатації колій незагального користування (високі осьові навантаження, криві малих радіусів, великі ухили) несуча здатність рейкошпальної основи існуючих конструкцій верхньої будови колії є недостатньою; це призводить до швидкого накопичення залишкових деформацій, розвитку несправностей, величина яких може швидко перевищувати допустимі значення. В умовах перевезення особливо небезпечних вантажів (розплавлених металів, шлаку, гарячих злитків сталі) такі несправності створюють загрозу для життя і здоров'я працівників підприємств, які знаходяться в безпосередньому контакті з технологічним рухомим складом. Такий стан справ ускладнюється ще й тим, що останнім часом на коліях незагального користування широко використовується конструкція ланкової колії на залізобетонних шпалах, жорсткість яких збільшує рівень динамічних дій і призводить до ще більшого розвитку несправностей.

Таким чином, підвищення несучої здатності рейкошпальної основи, яка включає баластний шар і земляне полотно, є важливим і актуальним завданням, вирішення якого має поліпшити стан колії, підвищити термін служби всіх її конструктивних елементів, скоротити потребу в матеріалах, витрат праці і дати значний економічний ефект.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота узагальнює дослідження автора, які виконувалися з 2006 по 2013 роки, відповідно до плану науково-дослідних робіт Української державної академії залізничного транспорту, розробленою відповідно до Державної програми розвитку і модернізації залізничного транспорту України на 1998–2010 роки і Програми розвитку фундаментальних досліджень і їх використання, що прийняте Кабінетом Міністрів на підставі Закону України "Про основи державної політики у сфері науки і науково-технічної діяльності", в рамках тематичного плану Міністерства транспорту і зв'язку України, тема: «Розробка теорії та методів оптимізації несучих конструкцій транспортних споруд» (номер державної реєстрації 0110U002127).

В 2013 році робота виконувалася відповідно до держбюджетної науково-дослідної теми «Теоретичні і експериментальні дослідження дії електрокорозійного і напружено-деформованого стану залізничних споруд і колії на їх надійність і безпеку руху» (номер державної реєстрації 0113U001031).

Мета і задачі досліджень. Метою дисертаційної роботи є вирішення науково-технічної проблеми підвищення несучої здатності рейкошпальної основи залізничної колії в особливих умовах експлуатації колії незагального користування. Для досягнення цієї мети були вирішені наступні завдання:

- виконаний аналітичний огляд існуючих способів і методів підвищення несучої здатності рейкошпальної основи як в умовах магістральних доріг, так і колій незагального користування;

- теоретичними й експериментальними дослідженнями встановлено вплив конструкцій рейкошпальної основи колій незагального користування на пружно-дисипативні характеристики рейкових опор і виконано прогнозу оцінку змін цих параметрів у процесі експлуатації;

- досліджені чисельними методами просторові сили, які діють на рейкошпальну основу в різних умовах експлуатації;

- досліджено напружено-деформований стан рейкошпальної основи в різних експлуатаційних умовах за допомогою моделей, які були розроблені за допомогою методу кінцевих елементів;

- проведено експериментальні дослідження роботи рейкошпальної основи колій незагального користування для перевірки даних теоретичних розрахунків і уточнення пружно-дисипативних характеристик рейкошпальної основи і вібраційних процесів, що відбуваються в ній;

- визначено раціональні способи підсилення рейкошпальної основи колій незагального користування залізниць і сферу їх застосування в цих умовах.

Об'єкт дослідження – несуча здатність рейкошпальної основи колій незагального користування залізниць.

Предмет дослідження – підвищення несучої здатності рейкошпальної основи в різних умовах експлуатації колій незагального користування.

Методи досліджень. В роботі використано комплексний підхід до вирішення поставлених задач, який базується на:

- аналітичних методах теоретичної і будівельної механіки з використанням просторових моделей для визначення сил взаємодії колії та рухомого складу і навантажень на рейкошпальну основу;

- методах кінцевих елементів для розрахунку й аналізу просторового напружено-деформованого стану рейкошпальної основи;

- методах експериментальних досліджень роботи як колії в цілому, так і рейкошпальної основи.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. На підставі теоретичного аналізу і експериментальних досліджень вперше встановлено вплив конструкції рейкошпальної основи на просторові пружно-дисипативні характеристики рейкових опор колій незагального користування з урахуванням рівнів діючих навантажень. Дано прогнозу оцінку змін пружно-дисипативних характеристик рейкошпальної основи у процесі експлуатації.

2. На підставі досліджень чисельними й експериментальними методами визначено рівень навантажень на рейкошпальну основу при обігу спеціального і спеціалізованого рухомого складу залізниць незагального користування. Вперше

встановлено вплив на напружено-деформований стан конструкцій рейкошпальної основи швидкостей руху, радіусів кривих, наявність нерівностей колії, рейкових стиків.

3. З використанням методу кінцевих елементів досліджено напружено-деформовані стани рейкошпальної основи колій незагального користування. Допрацьовано визначення впливу на рейкошпальну основу конструктивних особливостей спеціального і спеціалізованого рухомого складу і конструктивних особливостей колій незагального користування.

4. Експериментальними дослідженнями встановлено рівень вібраційних дій в рейкошпальній основі в умовах колій незагального користування. Вперше встановлено вплив осьових навантажень, швидкостей руху, конструктивних особливостей колії на величини віброприскорень у баласті і на основній площадці земляного полотна.

5. Отримали подальший розвиток наукові підходи до визначення допустимих напружень у баласті і на основній площадці земляного полотна, які враховують особливості експлуатації колій незагального користування.

6. Вперше визначено раціональні, з погляду підвищення несучої здатності, методи підсилення рейкошпальної основи колій незагального користування залізниць.

Практичне значення одержаних результатів.

1. Результати досліджень дисертаційної роботи дозволили встановити обґрунтовані і раціональні методи підсилення рейкошпальної основи колій незагального користування залежно від їх технічних і експлуатаційних характеристик.

2. Ефективність розроблених моделей розрахунків напружено-деформованого стану рейкошпальної основи дозволяє безпосередньо їх використовувати в розрахунках і практиці проектування колій незагального користування залізниць.

3. Застосування результатів досліджень дозволить поліпшити технічний стан колії, забезпечити безпеку руху потягів, сприятимуть скороченню витрат на поточне утримання і ремонти колії.

4. Одержані в дисертації результати використовуються при викладанні дисциплін «Колійне господарство», «Улаштування і експлуатація залізниць», в курсовому і дипломному проектуванні при підготовці фахівців за спеціальностями «Залізничні споруди та колійне господарство», «Організація та управління процесами перевезень на залізничному транспорті», «Підйомно-транспортні, будівельні дорожні меліоративні машини і обладнання» Української державної академії 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 одержані на основі

використання методів і прийомів наукових досліджень, які базуються на принципах системності і включають:

- комплексний підхід до вирішення проблеми підвищення несучої здатності рейкошпальної основи в умовах колій незагального користування;
- використання відомих точних методів теоретичної і будівельної механіки;
- моделювання рейкошпальної основи методом кінцевих елементів з урахуванням особливостей їх роботи в умовах колій незагального користування, конструктивних особливостей колії в цих умовах.

Достовірність результатів підтверджується задовільною збіжністю теоретичних і експериментальних даних досліджень, результати добре узгоджуються з даними інших дослідників, які були одержані в порівняльних умовах.

Особистий внесок здобувача. Всі наукові результати які виносяться на захист, одержані особисто автором. Особистий внесок здобувача в роботах, які опубліковані у співавторстві полягає у наступному:

- проведенні чисельних досліджень параметрів жорсткості проміжних скріплень, залізобетонних шпал, приведеної жорсткості рейкових ниток, аналізі одержаних результатів [1, 3, 6, 7, 15];
- участі в проведенні експериментальних робіт з визначення просторових жорсткостей рейкошпальної основи в умовах колій незагального користування, статистична обробка результатів, встановленні емпіричних залежностей [4,10,16];
- моделювання рейкошпальної основи методом кінцевих елементів [9];
- розробка математичної моделі для вимірювання горизонтальних поперечних переміщень елементів колії, для відеоцифрової системи переміщень [5,13,14].

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертації докладалися на: 70-й Міжнародній науково-технічній конференції кафедр академії і фахівців залізничного транспорту і підприємств (УкрДАЗТ, м. Харків, 2008 р.); 70-й Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми і перспективи розвитку залізничного транспорту» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.А. Лазаряна (м. Дніпропетровськ, 2010 р.); 73-й Міжнародній науково-технічній конференції кафедр академії, інженерно-технічних працівників залізниць, підприємств і організацій України та інших країн (УкрДАЗТ, м. Харків, 2011 р.); 3-й Міжнародній науково-технічній конференції по будівельних матеріалах, конструкціях і спорудах «Проблеми надійності і довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті» (м. Харків, 2011 р.); II-й Міжнародній науково-практичній конференції «Технології, матеріали, транспорт і логістика: перспективи розвитку» (Східноукраїнський національний університет ім. В.Далія, м. Луганськ, 2012 р.); на 75-й Міжнародній науково-практичній конференції кафедр академії, інженерно-технічних працівників залізниць, підприємств і організацій України та інших країн (УкрДАЗТ, м. Харків, 2013 р.) «Проблеми і перспективи розвитку залізничного транспорту».

Повністю дисертаційна робота докладалася і обговорювалася на розширеному науково-технічному семінарі кафедр «Колія та колійне

господарство», «Будівельні матеріали, конструкції та споруди» і «Будівельна механіка та гідравліка», «Будівельні, колійні та вантажо–розвантажувальні машини» УкрДАЗТ 31 березня 2014 року.

Публікації. Основний зміст дисертації опублікований в 16 роботах, у тому числі 11 статей надрукованих у виданнях з переліку, рекомендованого ДАК МОН України, 1 статтю у виданні, включеному в наукометричну базу РІНЦ, в додатковий список внесено 2 патенти та 2 тези доповідей на наукових конференціях.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і 5 додатків. Повний обсяг роботи становить 272 сторінки друкарського тексту, з них основного тексту–165 стор.; у тому числі: 62 рисунки і 32 таблиці на 23 сторінках, список літератури з 171 найменування на 18 сторінках і 5 додатків на 89 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовується актуальність поданої теми, формуються цілі й задачі даного дослідження, показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Розглянуто наукову новизну, актуальність і практичне значення одержаних результатів. Приведено інформацію про апробацію і публікації одержаних результатів. Висловлено коротку характеристику даних розділів.

В **першому розділі** роботи виконано аналіз основних експлуатаційних характеристик колій незагального користування, наведено основні використовувані типи верхньої будови колії, характеристики баласту і земляного полотна. Розглянуто рухомий склад, який обертається на цих коліях, і його технічні характеристики.

Приведено основні характеристики матеріалів, які використовуються для баласту і земляного полотна колій незагального користування.

В першому розділі також було виконано аналіз існуючих теоретичних моделей визначення напружено-деформованого стану колії в цілому і рейкошпальної основи.

Перші дослідження у сфері розрахунків колії були проведені відомими вітчизняними і зарубіжними вченими, зокрема П.П. Мельниковим, який в 1835 р. вперше здійснив розрахунок рейки як балки на жорстких опорах, завантаженої вертикальним навантаженням. В 1867–1888 рр. німецькі вчені Вінклер і Циммерман розробили теорію розрахунку рейки як нерозрізної балки, що лежить на чотирьох пружних опорах. В 1888 р. російський вчений професор А.А. Холодецький розробив один з перших способів розрахунку рейки на загальну дію вертикальних і горизонтальних сил. В 1903–1906 рр. академік Н.П. Петров вперше прийняв у розрахунках загальну схему рейки як балки нескінченної довжини, що лежить на суцільній пружній основі.

Викладені вище ідеї й основи розрахунків колії як балки, що лежить на суцільних пружних опорах, набули розвитку в роботах професорів В.І. Ангелейка,

Е.М. Бромберга, М.Ф. Веріго, А.Х. Ветченка, А.М. Годицького-Цвірка, В.Н. Данилова, О.П. Єршкова, Р. Мар'є, С.Н. Попова, С.П. Тимошенка, А. Франка, Г.М. Шахунянца і ряду інших видатних учених.

Основа сучасних інженерних розрахунків колії була розроблена в 1954 р. колективом авторів, у складі: Е.М. Бромберга, М.Ф. Веріго, А.Х. Ветченко, В.Н. Данилова, С.Н. Попова. Їх праця стала основою для створення «Правил виконання розрахунків верхньої будови залізничної колії на міцність».

В 1986 р. на підставі теоретичних робіт проф. М.Ф. Веріго і проф. А.Я. Когана була видана фундаментальна робота, в якій створений програмний пакет «Взаємодія екіпажа і колії при просторових коливаннях рухомого складу» (ВЕІК), в основу якого було покладено розрахункову схему колії як балки на суцільній пружній основі.

На підставі фундаментальних досліджень, в 2004 році вперше в Україні була розроблена і видана нова сучасна редакція правил розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість під керівництвом доктора технічних наук, професора, Е.І. Даніленко, в співавторстві д.т.н., проф. В.В. Рибкіна. В цьому документі вперше у практиці наукових досліджень були приведені жорсткісні характеристики підрейкової основи, а також розроблені принципово нові підходи до розв'язання задачі стійкості безстикової колії.

Проте, оскільки експлуатаційні умови на коліях незагального користування істотно відрізняються від умов магістральних доріг, використання цих розрахункових схем не завжди є виправданим.

Вперше практичні розрахунки рейки як балки на пружних опорах були запропоновані проф. С.П. Тимошенко 1910-1920р.

Проф. Ю.Д. Волошко в роботі виконав статичний розрахунок рейки як балки на пружних опорах, жорсткість яких має статистичний характер. На підставі розрахунків одержано, що зміна жорсткостей опор і відстаней між ними, може викликати збільшення згинальних моментів у рейках на 12%, а навантаження на шпалах - до 29%. У 80-х роках проф. В.В. Рибкін та інж. В.И. Клімов ввели до статичного розрахунку рейки як балки на дискретних опорах нелінійність їх жорсткості.

Вказане вище, а також результати інших робіт, змушують учених знову звертатися до розрахунків колії на дискретній основі. Слід вказати на оригінальне розв'язання задачі розрахунку колії як осьової системи, з урахуванням нерівнопружності основи опор-осей, виконане Л.В. Клименком.

О.М. Даренський у своїх роботах розглянув питання прогнозування напружено-деформованого стану залізничної колії в умовах промислового транспорту шляхом розвитку теоретичних основ і методів досліджень, які, на відміну від відомих раніше, враховують дискретність підрейкової основи, нелінійність просторових пружно-динамічних характеристик підрейкової основи, нелінійність просторової жорсткості рейкових опор, вплив рівня навантажень, умов і термінів експлуатації колії на ці параметри, їх статистичний характер.

Таким чином, на підставі аналізу висловленого вище, можна вважати обґрунтованим використання в дисертації загальної розрахункової схеми колії як

просторової конструкції, що складається з балок–рейок, які спираються на багато пружно-дисипативних опор з нелінійними характеристиками.

Розглянуто використовувані інженерні методи розрахунків напруженого стану рейкошпальної основи. Виконано аналіз існуючих методів підвищення несучої здатності рейкошпальної основи на підставі досвіду досліджень, як вітчизняних, так і зарубіжних доріг. Зроблено висновок про наявність недостатньої несучої здатності рейкошпальної основи для колій незагального користування.

В кінці розділу сформульовано мету і задачі досліджень.

У другому розділі виконано дослідження впливу характеристик рейкошпальної основи на характеристики жорсткості й дисипації рейкових опор і дослідження змін цих впливів у процесі експлуатації колії.

Для чисельних досліджень цих процесів просторові жорсткості рейкових опор були представлені як системи з послідовно і паралельно сполучених жорсткостей пружних елементів які входять до складу цих опор: прокладок і пружинних шайб проміжних скріплень типу КБ, згинальних жорсткостей шпал і жорсткостей рейкошпальної основи. В основу цих моделей було покладено концепцію багатошарової підрейкової основи, провідні положення якої були сформульовані проф. Г.М. Шахунянцем, а теоретичні розрахунки характеристик цієї основи розроблені проф. Е.І. Даніленко.

На підставі цих моделей було визначено перелік характеристик пружних елементів і перелік залежності їх зміни у процесі експлуатації колії, які потрібно було встановити експериментально.

Експериментальними дослідженнями, які було проведено в лабораторних умовах і безпосередньо у колії, було встановлено жорсткості пружних елементів скріплення типу КБ при їх навантаженні вертикальними і горизонтальними поперечними навантаженнями. Випробуваннями пружних елементів, які експлуатувались протягом 8–18 років, встановлено зміни їх жорсткостей у процесі експлуатації колії. Це дозволило не тільки визначити просторові жорсткості скріплення типу КБ при вертикальному, горизонтальному і поперечному навантаженні та крученні рейки, але і спрогнозувати зміни цих параметрів у процесі експлуатації (таблиці 1 і 2).

Таблиця 1

Жорсткості прокладок скріплення КБ при стисненні і залежності їх змін від термінів експлуатації (років)

Тип прокладки	Статична жорсткість (кН/м)	Динамічна жорсткість (кН/м)			Емпіричні залежності $U_{np}^{\text{дин}} = f(t)$
		Діапазони навантажень (кН)			
		40–60	60–80	80–100	
1	2	3	4	5	6
ЦП-143	$8,63 \cdot 10^4$	$11,9 \cdot 10^4$	$12,9 \cdot 10^4$	$13,4 \cdot 10^4$	$U_{np}^{\text{дин}}(t) = U_{np}^{\text{дин}} + 0,08 \cdot 10^4 t$
ЦП-260	$11,83 \cdot 10^4$	$17,3 \cdot 10^4$	$19,0 \cdot 10^4$	$19,9 \cdot 10^4$	$U_{np}^{\text{дин}}(t) = U_{np}^{\text{дин}} + 0,16 \cdot 10^4 t$
ЦП-153	$15,96 \cdot 10^4$	$22,3 \cdot 10^4$	$24,9 \cdot 10^4$	$26,2 \cdot 10^4$	$U_{np}^{\text{дин}}(t) = U_{np}^{\text{дин}} + 0,28 \cdot 10^4 t$
ЦП-163	$12,45 \cdot 10^4$	$17,5 \cdot 10^4$	$19,3 \cdot 10^4$	$20,2 \cdot 10^4$	$U_{np}^{\text{дин}}(t) = U_{np}^{\text{дин}} + 0,17 \cdot 10^4 t$

Основну увагу в другому розділі приділено експериментальним дослідженням жорсткостей рейкошпальної основи, які проводились на 9 ділянках колії незагального користування металургійних і гірничодобувних підприємств, які різняться типами рухомого складу, що обертається, термінами експлуатації колії, значеннями вантажонапруженості.

Таблиця 2

Залежність змін жорсткостей прокладок при зсуві від величини їх стиснення Δh (м) і термін їх служби в колії (років)

Тип прокладки	$U_{np}^z = f_1(\Delta h)(\kappa H / м)$	$U_{np}^z(t) = f(t)$
1	2	3
ЦП-143	$2,8 \cdot 10^4 + 166,4 \cdot 10^5 \Delta h^{0,981}$	$U_{np}^z(t) = U_{np}^z + 0,11 \cdot 10^4 t$
ЦП-260	$4,3 \cdot 10^4 + 337,3 \cdot 10^5 \Delta h^{0,985}$	$U_{np}^z(t) = U_{np}^z + 0,22 \cdot 10^4 t$
ЦП-153	$5,07 \cdot 10^4 + 2354 \cdot 10^5 \Delta h^{0,983}$	$U_{np}^z(t) = U_{np}^z + 0,31 \cdot 10^4 t$
ЦП-163	$2,12 \cdot 10^4 + 1402 \cdot 10^5 \Delta h^{0,982}$	$U_{np}^z(t) = U_{np}^z + 0,25 \cdot 10^4 t$

На підставі виконаних досліджень були встановлені жорсткості рейкошпальної основи при вертикальних навантаженнях (коефіцієнти постілі), жорсткість шпальної основи при дії горизонтальних поперечних сил і зміни цих параметрів у процесі експлуатації колії (рис. 1, 2).

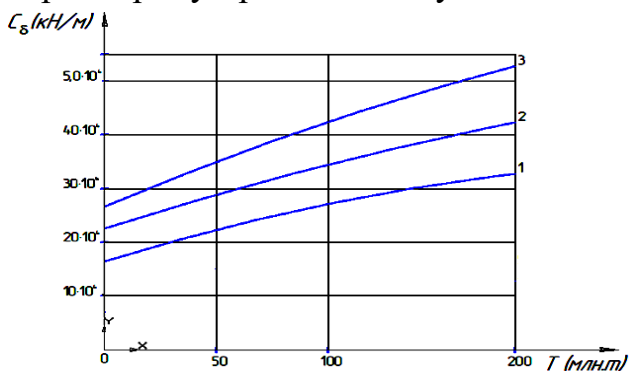


Рис. 1. Залежності змін коефіцієнтів постілі шпал від величини пропущеного тонуажу 1, 2, 3 – осьові навантаження від 205 кН, до 294 кН і більше 294 кН відповідно

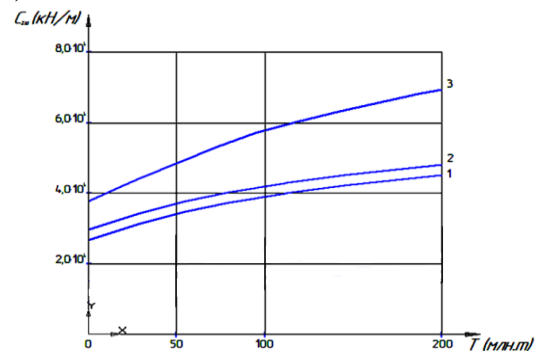


Рис. 2. Залежності змін горизонтальної поперечної жорсткості рейкошпальної основи від величини пропущеного тонуажу: 1, 2, 3 – осьові навантаження 265, 294 і 450 кН

Встановлено, що жорсткість рейкошпальної основи справляє значний вплив на формування вертикальної і горизонтальної поперечної жорсткостей опор. За діючих на коліях незагального користування осьових навантажень від 37 до 46% пружних вертикальних деформацій відбуваються за рахунок деформації підшпальної основи. У формуванні горизонтальних поперечних жорсткостей баластного шару, що зростає від 33 до 65% у міру його ущільнення і засмічення. Головними експлуатаційними чинниками, що впливають на зміну просторової жорсткості опор колії незагального користування, є терміни служби колії, рівень осьових навантажень. Після 10 років експлуатації вертикальна жорсткість опор зростає на 40–48%, горизонтальна поперечна – на 23–26%, жорсткість опор при крученні рейки – на 20–41%. Ці зміни відбуваються в основному за рахунок змін характеристик рейкошпальної основи. Зміна рівня осьових навантажень

265–450 кН, за інших рівних умов, викликає збільшення просторової жорсткості опор на 14–79 %. В зимових умовах просторові жорсткості опор зростають в 1,3–1,5 рази і це можна пояснити тільки зміною характеристик рейкошпальної основи при її замерзанні.

На підставі експериментальних досліджень встановлені також характеристики непружних опорів рейкошпальної основи при її навантаженні вертикальними і горизонтальними поперечними силами.

В дисертаційній роботі було використано методика, запропоновану О.М. Даренським, відповідно до якої непружні опори визначені у вигляді еквівалентного коефіцієнта дисипації, що визначається в'язким тертям, пропорційним швидкості деформації рейкошпальної основи, оскільки сухе тертя описується розривними функціями. Еквівалентний коефіцієнт дисипації як розрахункова величина характеризує розсіювання енергії при всіх видах тертя в підшпальній основі.

Методика базується на використанні експериментальних залежностей між динамічними деформаціями і силами, які їх викликають, при навантаженні і розвантаженні (петля гістерезису) (рис. 3).

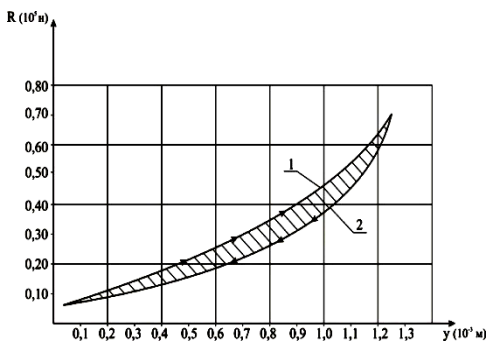


Рис. 3. Петля гістерезису рейкової опори при русі чавуновоза вантажопідйомністю 80 т:
1 – навантаження опори;
2 – розвантаження.

Використання методів кореляційного аналізу дозволило встановити, що найбільш значущим впливом на еквівалентні коефіцієнти дисипації є вплив кількості пропущеного по ділянках вантажу, як узагальнюючий чинник дії рухомого складу на колію. Так, зі зростанням тоннажу від 0 до 300 млн. т значення коефіцієнтів дисипації збільшуються в 1,5–1,9 рази, в основному за рахунок змін дисипативних властивостей рейкошпальної основи (таблиця 3).

Одержані на підставі статистичної обробки емпіричні залежності еквівалентних коефіцієнтів дисипації рейкових опор у вертикальній та горизонтальній площинах від величини пропущеного по ділянках тоннажу наведені у таблиці 3.

Таблиця 3

Залежності змін еквівалентних коефіцієнтів дисипації рейкошпальної основи від величини пропущеного на ділянці тоннажу

Параметр	Осьові навантаження (кН)	Залежність $\beta_{\text{екв}}$ (кН · с / м)
1	2	3
Вертикальний еквівалентний коефіцієнт дисипації	<265	$\beta_{\text{екв в}} = 26,5 + 0,313 \cdot T^{0,662}$
	265–294	$\beta_{\text{екв в}} = 31,3 + 0,329 \cdot T^{0,686}$
	294–450	$\beta_{\text{екв в}} = 34,5 + 0,336 \cdot T^{0,729}$
Горизонтальний еквівалентний коефіцієнт дисипації	<265	$\beta_{\text{екв г}} = 18,0 + 0,292 \cdot T^{0,515}$
	265–294	$\beta_{\text{екв г}} = 23,4 + 0,288 \cdot T^{0,580}$
	294–450	$\beta_{\text{екв г}} = 25,2 + 0,188 \cdot T^{0,673}$

Експериментальні роботи, проведені в зимових умовах, показали, що еквівалентний коефіцієнт дисипації зростає в 1,5–1,9 разу за рахунок зміни характеристик рейкошпальної основи.

У третьому розділі чисельними методами виконано дослідження сил дії на рейкошпальну основу навантажень при русі спеціальних і спеціалізованих вагонів і досліджено напружено-деформовані стани цієї основи. В розрахунках сил дії прийняті математичні моделі просторової динамічної системи "екіпаж-колія". В основу математичних моделей покладено концепцію дискретної підрейкової основи з нелінійними просторовими пружно-дисипативними характеристиками рейкових опор, положення якої розробив проф., д.т.н. О.М. Даренський.

Раніше проведені дослідження показали, що моделі, які враховують дискретність опору рейок дозволяють враховувати додаткові динамічні сили, викликані нерівножорсткістю підрейкової основи, відмінностями у пружних і дисипативних характеристиках окремих опор та їх нелінійністю. Для умов залізниць незагального користування величина таких додаткових динамічних сил може перевищувати 15% від рівня статичних колісних навантажень.

Автором у розрахункові моделі внесені зміни характеристик рейкошпальної основи при вертикальних і горизонтальних вигинах та крученні рейки з урахуванням рівня діючих навантажень. Таким чином, основна система диференціальних рівнянь просторової динамічної системи «екіпаж-колія» розв'язувалася в нелінійній постановці задачі.

В моделі враховані пружно-дисипативні сили, які виникають у точці контакту колеса і рейки, динамічні сили в зоні стиків. Модель враховує ширину колісної пари, колії, підуклонку рейки, конічність поверхні кочення коліс, можливість наявності горизонтальних і вертикальних нерівностей колії. Аналітично одержана умова появи нелінійних напрямних сил при контакті гребеня колеса з робочою гранню головки рейки. Математична модель реалізована в сучасній програмній системі Mathcad.

Математичні моделі і програма розрахунків дозволяють досліджувати сили, що впливають на рейкошпальну основу при русі по колії спеціального і спеціалізованого рухомого складу. Для виявлення особливостей таких дій були виконані багатоваріантні розрахунки. Як розрахункові екіпажі були прийняті чавуновози 80 т і 140 т, шлаковози з об'ємом ковша 16,5 м³, думпкари ВС-85 і 6-ВС-60, чавуновозна платформа і візок для ізложниць И-120-5500.

Розрахунки показали, що на величини сил вертикальної взаємодії рухомого складу і колії в основному впливає (окрім характеристик рухомого складу) стан рейкошпальної основи, короткі (до 6 м) нерівності профілю і нерівножорсткість підрейкової основи. Коефіцієнт динамічності таких сил може досягати значень 1,2–1,25; а абсолютні значення колісних навантажень можуть перевищувати 300 кН (рис. 4). На величини горизонтальних поперечних сил, що діють на колію, впливають як характеристики рухомого складу і його швидкість, так і характеристики колії, у тому числі характеристики рейкошпальної основи, характеристики плану лінії, терміни служби колії. Навіть на прямих ділянках колії, за наявності горизонтальних нерівностей, можуть виникати поперечні

сили, що досягають 80 кН для деяких типів вагонів (рис. 5); у кривих ділянках колії горизонтальні поперечні сили можуть перевищувати 100 кН.

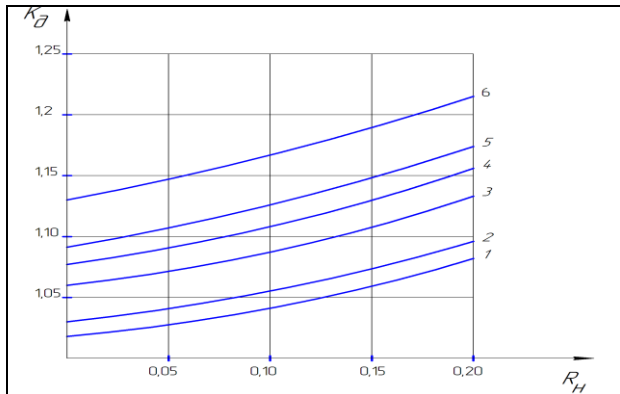


Рис. 4. Графіки залежностей коефіцієнтів динамічності екіпажів від коефіцієнта нерівнопружності рейкових опор (залізобетонні шпали, швидкість руху 10 км/год):
 1 – напіввагон моделі 12-1000;
 2 – думпкар 6-BC-60; 3 – думпкар BC-85;
 4 – платформа чавуновозна 70 т;
 5 – чавуновоз 140 т;
 6 – візок для ізложниць И-120-5500

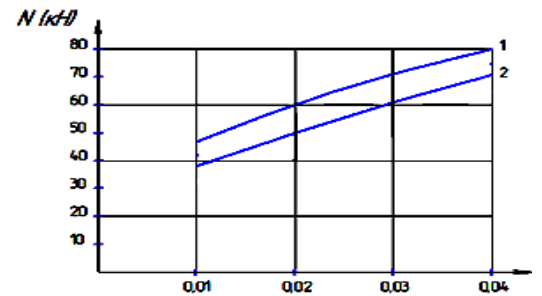


Рис. 5. Графіки залежностей горизонтальних поперечних сил від амплітуди горизонтальної нерівності при русі чавуновозів вантажопідйомністю чавуновозів 140 т зі швидкістю 10 км/год:
 1 – довжина нерівностей 2;
 2 – довжина нерівностей 4 м

Подальші дослідження напружено-деформованого стану рейкошпальної основи були виконані із застосуванням просторової моделі, розробленої з використанням методу кінцевих елементів (МКЕ).

В основу моделювання було покладено модульний принцип, при якому модуль складається з двох відрізків рейок, двох шпал, баластної призми та земляного полотна з можливими варіантами посилення рейкошпальної основи. Модульний принцип дозволив розв'язати задачу обумовленості матриці жорсткості, збіжності ітераційного методу розрахунків і скоротити час розрахунку в 3,5–4 рази.

Моделювання рейок виконане з використанням кінцевих елементів (КЕ) для розрахунків напружено-деформованого стану об'єктів з однорідного лінійно-пружного матеріалу. Передача навантажень від коліс виконувалася через грані КЕ розміщених на поверхні кочення і бічних робочих гранях головки, розмір майданчиків контакту встановлювався залежно від зносу рейок і коліс.

В моделі залізобетонних шпал, крім КЕ, які моделюють бетон, введені елементи, що моделюють роботу арматури, у тому числі й зусилля попереднього натягу.

Моделі баластного шару, земляного полотна й елементи їх посилення складаються з КЕ, призначених для моделювання односторонньої роботи цих матеріалів на стиснення з урахуванням зсуву, і КЕ, призначених для розрахунку на міцність тонких оболонок з жорсткістю на вигин для моделювання елементів посилення. До розрахункових параметрів КЕ входять модуль деформації, коефіцієнт Пуассона, питома вага, питоме зчеплення, кут внутрішнього тертя тощо.

Для кожного шару баласту або земляного полотна ці характеристики різняться і задаються окремо. Загальна кількість елементів у модулі перевищує 21000 штук, розрахункову модель приведено на рисунку 6.

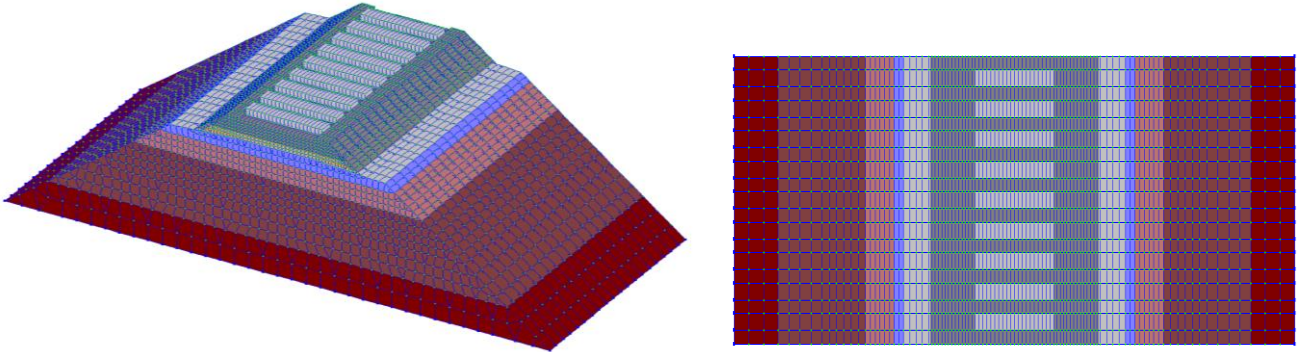


Рис. 6. Розрахункова модель рейкошпальної основи

Для розрахунків прийняті конструкції колії як зі звичайною, так і із заглибленою баластною призмою без посилення і посиленою із застосуванням геотекстилю, геомембран, георешіток, шарів баласту, стабілізованого бітумними емульсіями або поліфілізаторами, а також комбінаціями цих способів.

На сьогоднішній день у практиці інженерних розрахунків прийняті допустимі напруження, в баласті і на основній площадці земляного полотна, такі ж, як використовуються для магістральних залізниць. Проте досліди проектування, експлуатація колій незагального користування, незадовільний їх стан у частині геометрії колії показують, що для умов залізниць незагального користування допустимі напруження, повинні бути іншими, такими що враховують роботу рейкошпальної основи в таких умовах. Ґрунтуючись на теоретичних дослідженнях Варизгіна Е.С. і на підставі даних експериментальних робіт з визначення вібраційних прискорень у баласті і на основній площадці земляного полотна (розділ 4), запропоновано методику визначення значень допустимих напружень, в рейкошпальній основі, що враховує рівень осьових навантажень і конструктивні особливості колії (табл. 4).

Таблиця 4

Рекомендовані значення напружень стиску, кН

Параметр	Значення параметрів при осьовому навантаженні, кН					
	≤ 265		> 265–294		> 295–450	>450
	Швидкості руху, км/год					
	<10	>40	<10	25–40	<10	<10
- на основній площадці земляного полотна	0,14	0,11	0,1	0,08	0,07	0,06
- в баласті:	0,7	0,55	0,55	0,5	0,45	0,38
- щебінь високої міцності	0,52	0,42	0,45	0,36	0,32	0,27
- щебінь слабкої міцності	0,56	0,47	0,48	0,40	0,36	0,30
- шлаковий баласт	0,38	0,32	0,30	0,26	0,24	0,20
- гравій						

Використання для досліджень моделей розроблених із застосуванням методу кінцевих елементів, дозволило визначати не тільки напружено-деформований стан рейкошпальної основи, але і встановлювати місця концентрації напружень і нерівномірність її напружено-деформованого стану (рис. 7).

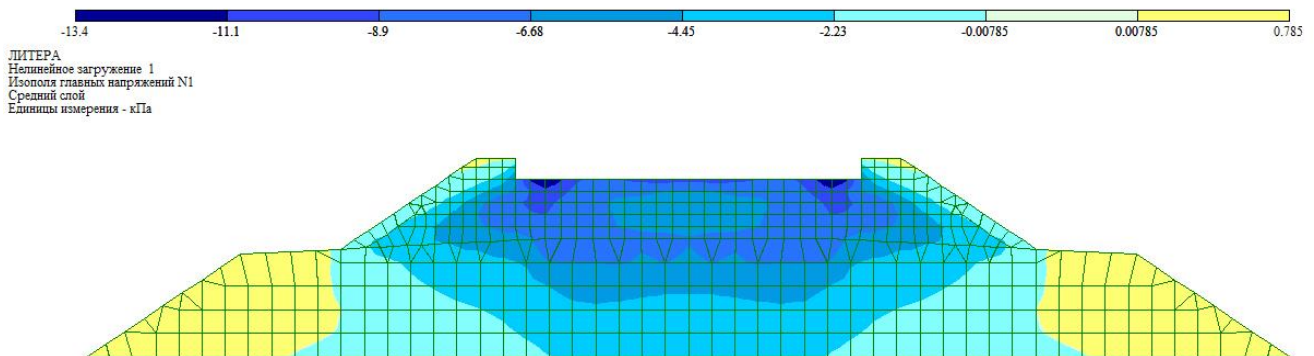


Рис. 7. Напружений стан баластної призми без посилення

Розрахунки показали, що для прийнятих екіпажів діючі напруження є меншими за допустимі рекомендовані для щебеневого і шлакового баласту і перевищують ці значення для гравійного (табл. 5).

Таблиця 5

Максимальні розрахункові напруження в рейкошпальній основі (кПа)

Характеристики основи	Тип рухомого складу					
	Думпкар 60		Чавуновоз 140т		Візки для ізложниць И – 120 - 550	
	В баластній призмі, кПа	На поверхні основної площадки, кПа	В баластній призмі, кПа	На поверхні основної площадки, кПа	В баластній призмі, кПа	На поверхні основної площадки, кПа
Без підсилення	-61,9	- 40,8	-113,5	-66,2	-117	-66,5
Геотекстиль	-62,9	-40,5	-113	-65,8	-117,3	-64,8
Георешітка	-74,3	-35,4	-134	-55,1	-136	-54,6
Піщано - щебенева суміш із бітумом	-62	-41,3	-112	-67,5	-116	-67,4
Піщано - щебенева суміш із полімером	-62,3	-39,6	-112	-63,5	-115	-67,5
Георешітка + геомембрана + стабілізований баластний шар	-71,4	-29,2	-129	-49,3	-132	-49,2

Проте максимальні напруження на основній площадці земляного полотна за осьових навантажень вище 300 кН перевищують для конструкцій допустимі без посилення рейкошпальної основи. Таким чином, теоретичними розрахунками

встановлено основну причину недостатньої несучої здатності рейкошпальної основи колій незагального користування.

Розрахунки також показали, що посилення геотекстилем основи дає незначний ефект і може бути використана для поліпшення фільтрувальних здатностей баласту і земляного полотна.

Підсилення баластного шару георешіткою знижує діючі напруження на основній площадці більш ніж на 18%. Укладання піщано-щебеневого шару, підсиленого бітумом або поліфілізаторами, знижує діючі напруження на 25–32%. Найбільшу ефективність дає підсилення комбінованими способами, з укладанням стабілізуючого шару з геомембраною і георешіткою. Зниження напруження може досягати 35%.

Розрахунки конструкцій колії із заглибленим баластом дали приблизно такі самі результати.

В четвертому розділі виконано аналіз експериментальних досліджень роботи рейкошпальної основи в умовах залізниць незагального користування.

При проведенні експериментальних робіт на діючих коліях металургійних і гірничодобувних підприємств і міжгалузевих підприємств залізничного транспорту визначалися сили, які передаються від рейки на шпалу у вертикальній і горизонтальній поперечній площинах, переміщення шпал при цих навантаженнях, напруження, що виникають у баластному шарі і на основній площадці земляного полотна, віброприскорення в баласті і на основній площадці земляного полотна.

Силкові параметри визначалися електротензометричними способами із застосуванням аналогово-цифрових перетворювачів і ноутбука для їх реєстрації, переміщеннями шпал за допомогою відеоцифрової системи, в розробці якої брав участь здобувач. На цю систему було одержано два патенти України. Віброприскорення в баласті й на основній площадці визначалися за допомогою вібродатчиків ИС–312 С із рідинним демпфуванням.

Результати експериментальних робіт з визначення навантажень на шпали, їх просторових переміщень, напружень у баласті й на основній площадці були використані для визначення впливу рейкошпальної основи на формування просторових пружно-дисипативних характеристик рейкових опор (розділ 2).

Виконаний аналіз змін навантажень на шпалу, напружень у баластному шарі й на основній площадці земляного полотна залежно від осьових навантажень, швидкостей руху, товщини баластного шару та інших параметрів (рис. 8,9).

Виконано аналіз просторових віброприскорень, що виникають у баластному шарі й на основній площадці земляного полотна. Аналіз, зокрема, показав, що в зоні рейкових стиків вертикальні і горизонтальні поперечні віброприскорення в 4–5 разів вище, ніж у середній частині ланки, збільшення осьових навантажень від 216–359 кН викликає зростання віброприскорень на 35–45% причому залежність цих віброприскорень є близькою до лінійної. Одержано інформацію про значення віброприскорень, їх зміни при змінах осьових навантажень і швидкостей руху. Ці дані використано для визначення рекомендованих значень допустимих напружень у рейкошпальній основі (розділ 3).

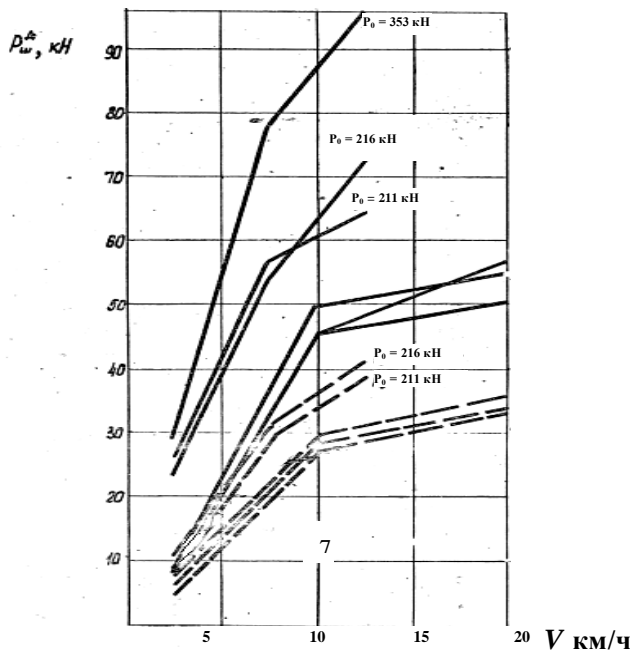


Рис. 8. Залежності змін додаткових динамічних навантажень на шпали від швидкості рухомого складу при осьових навантаженнях відповідно
1 – $P_0 = 211$ кН;
2 – $P_0 = 216$ кН;
3 – $P_0 = 353$ кН.

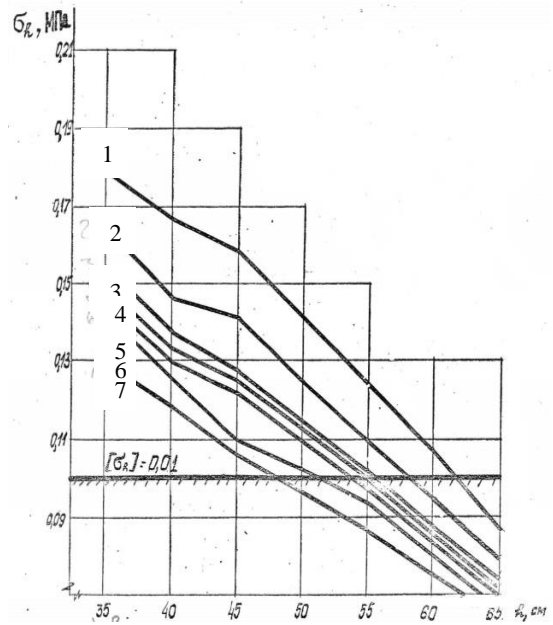


Рис. 9. Залежності змін максимальних напружень на основній площадці земляного полотна від товщини баластного шару
1 – $P_{ос} = 353$ кН, $V_{движ} = 15$ км/год;
2 – $P_{ос} = 353$ кН, $V_{движ} = 10$ км/год;
3 – $P_{ос} = 216$ кН, 300 кН, $V_{движ} = 15$ км/год;
4 – $P_{ос} = 353$ кН, $V_{движ} = 5$ км/год;
5 – $P_{ос} = 216$ кН, 300 кН, $V_{движ} = 10$ км/год;
6 – $P_{ос} = 216$ кН, $V_{движ} = 5$ км/год;
7 – $P_{ос} = 211$ кН, $V_{движ} = 5$ км/год.

Для перевірки адекватності використовуваних моделей і методів, обґрунтованості рекомендацій були проведені експериментальні роботи на ділянці під'їзної колії міжгалузевого підприємства залізничного транспорту, на якому й було закладено досліджувану ділянку, рейкошпальну основу яку було підсилено георешіткою і шаром, стабілізованим поліфілізаторами.

Зіставлення напружень у баластному шарі й на основній площадці земляного полотна, які було одержано в результаті розрахунків і експериментів, мають добру збіжність, розбіжність не перевищує 15%.

На підставі виконаних у дисертаційній роботі досліджень щодо можливих способів підсилення рейкошпальної основи на ділянках доріг незагального користування.

Висновки

В дисертації сформульовано і вирішено важливу науково-технічну проблему підвищення несучої здатності рейкошпальної основи в особливих умовах експлуатації колії незагального користування. На підставі проведених досліджень зроблено наступні висновки:

1. На підставі аналізу норм проектування і фактичного стану колій незагального користування промислового транспорту встановлено, що найбільш

поширеною конструкцією рейкошпальної основи в цих умовах є традиційні конструкції баластного шару і земляного полотна.

Аналіз показав, що конструкції рейкошпальної основи, рекомендовані нормативними документами, не мають достатньої несучої здатності в умовах високих осьових навантажень, кривих малих радіусів, роботи колії за підвищеної вологості. Це призводить до швидких розладів колії, появи несправностей, створює загрозу для життя і здоров'я працівників колії незагального користування, які знаходяться в безпосередньому контакті з особливо небезпечними вантажами – розплавленим металом і шлаком, гарячими злитками сталі. На підставі аналізу вітчизняного і зарубіжного досвіду визначено можливі для умов колій незагального користування способи посилення рейкошпальної основи.

2. Розроблено наукові підходи до вирішення проблеми посилення несучої здатності рейкошпальної основи в умовах колій незагального користування залізниць.

3. Набула подальшого розвитку концепція багатошарової підрейкової основи за рахунок встановлення впливу параметрів рейкошпальної основи колій незагального користування на пружно-дисипативні характеристики рейкових опор. Виконано прогнозу оцінку зміни цього впливу в процесі експлуатації колії і з урахуванням рівня діючих динамічних навантажень. Встановлено, що у формуванні просторової жорсткості рейкових опор частка рейкошпальної основи становить 35–67%. У процесі експлуатації колії жорсткості і дисипативні характеристики рейкових опор зростають в 1,48–1,9 рази за рахунок змін характеристик підрейкової основи.

В зимовий час вплив рейкошпальної основи зростає в 1,8–1,9 рази при її замерзанні.

4. Для умов колій незагального користування чисельними методами виконано дослідження навантажень на рейкошпальну основу при обігу різних типів спеціального і спеціалізованого рухомого складів. Використання просторової схеми динамічної системи "екіпаж-рейкова колія" при дискретній підрейковій основі з нелінійними характеристиками дозволило виявити динамічні навантаження, які викликані саме цими параметрами.

Встановлено, що вплив дискретності спирання рейок на опори становить 17–24% від рівня просторових динамічних сил.

5. Для визначення об'ємного напруженого стану рейкошпальної основи в умовах доріг незагального користування розроблялися функціональні моделі залізобетонних шпал, баласту і ґрунтів земляного полотна на основі використання методу кінцевих елементів. Розроблені моделі дозволяють, на відміну від методів, використовуваних у практиці інженерних розрахунків, визначити об'ємний напружено-деформований стан рейкошпальної основи під дією просторових сил, встановити місця концентрації напружень, умови й особливості взаємного контакту елементів рейкошпальної основи і шпал.

6. Запропоновано методику визначення допустимих напружень в елементах рейкошпальної основи, яка враховує рівень осьових навантажень і швидкостей руху в різних умовах експлуатації доріг незагального користування.

7. Експериментальні роботи, виконані на ділянках колії незагального користування показали добру збіжність даних теоретичних розрахунків і експериментів. Відмінності не перевищують, як правило, 15%.

8. Запропоновані раціональні, з погляду підвищення несучої здатності, способи посилення рейкошпальної основи для різних умов експлуатації доріг незагального користування при обігу спеціального і спеціалізованого рухомого складів з осьовими навантаженнями більше 300 кН.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні роботи:

1. Даренський О.М. Оцінка рівня впливу на колію поздовжніх сил, які виникають в поїзді в умовах промислового транспорту [Текст] / О.М. Даренський, Н.В. Бугаєць // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2006– №72. – С.119–124.

2. Бугаєць Н.В. Аналіз способів підвищення несучої здатності рейко – шпальної основи промислових залізниць [Текст] / Н.В. Бугаєць // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2007. – №87. – С.178–184.

3. Даренський О.М. Визначення сил опору щебеневого баласту поперечному переміщенню залізобетонних шпал [Текст] / О.М. Даренський, В.Г. Витольберг, А.Н. Штомпель, Н.В. Бугаєць // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2008. – № 91. – С.89-96.

4. Даренский А.Н. Результаты экспериментальных работ по определению сил сопротивления железобетонных шпал продольным перемещениям [Текст] / А.Н. Даренский, В.Г. Витольберг, Н.В. Бугаец // Збірник наукових праць ДонІЗТ. – 2009. – №17. – С.157–171.

5. Даренский А.Н. Видеоцифровая система элементов измерения перемещений железнодорожного пути [Текст] / А.Н. Даренский, Н.В. Бугаец, В.Г. Витольберг // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2009. – № 109. – С.222–231.

6. Даренський О.М. Зміни деяких параметрів жорсткості рейкових скріплень типу КБ при їх експлуатації [Текст] / О.М. Даренський, Н.В. Бугаєць // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2009. – № 111. – С.282–294.

7. Даренський О.М. Визначення приведеної вертикальної жорсткості рейкової нитки при використанні розрахункової схеми рейки як балки на пружних опорах з випадковими характеристиками [Текст] / О.М. Даренський, Н.В. Бугаєць, В.Г. Витольберг // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2010. – № 115. – С.151–162.

8. Бугаєць Н.В. Результати експериментальних робіт з визначення напружень у баластному шарі і на основній площадці земляного полотна в умовах промислового залізничного транспорту [Текст] / Н.В. Бугаєць // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2010. – № 119. – С.199–204.

9. Даренський О.М. Моделювання елементів верхньої будови колії методом кінцевих елементів [Текст] / О.М. Даренський, О.В. Лобяк, Н.В. Бугаєць, Л.Г. Волчок // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2011. – № 122. – С. 270 – 279.

10. Даренський О.М. Експериментальне визначення коефіцієнтів постілі шпал в умовах промислового залізничного транспорту [Текст] / О.М. Даренський, Н.В. Бугаєць // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2011. – № 127. – С. 193–199.

11. Бугаєць Н.В. Вплив експлуатаційних характеристик промислових залізниць на змінення коефіцієнта постілі шпал [Текст] / Н.В. Бугаєць // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2012. – № 9 (180) Ч.2 – С. 254–257.

12. Бугаєць Н.В. Экспериментальные исследования виброускорений основной площадки земляного полотна в условиях промышленного транспорта [Текст] / Н.В. Бугаєць // Сб. научных трудов, SWorld (РИНЦ SCIENCE INDEX). – Том № 3. – 2013. – С. 77–81.

Додаткові публікації:

13. Система для вимірювання переміщень в елементі інженерних конструкцій і споруд під дією навантажень [Текст] / пат. № 70477 Україна: МПК G05D 5/00; E01B 35/00 / Даренський О.М., Астахов В.М., Бугаєць Н.В., Витольберг В.Г., Беліков Є.А.; Власник Українська державна академія залізничного транспорту. № у 201114788; заявл.13.12.2011; публ. 11.06.2012, Бюл.№11. – 5 с.

14. Пристрій для вимірювання переміщень елементів інженерних конструкцій або споруд під дією навантажень. [Текст] / пат. № 74779 Україна: МПК G01D 5/00, E01B 35/00/ Даренський О.М., Астахов В.М., Клименко А.В., Беліков Є.А., Витольберг В.Г., Бугаєць Н.В.; Власник Українська державна академія залізничного транспорту. № у 201205038; заявл.23.04.2012; публ. 12.11.2012, Бюл.№21. – 3 с.

15. Даренський О.М. Розрахунок рейки як балки на пружних опорах під дією рухомого навантаження [Текст] / О.М. Даренський, Н.В. Бугаєць, В.Г. Витольберг // ДІТ, тези доповідей. – 2010. – С.171.

16. Даренський О.М. Визначення напруженого стану баласту в умовах металургійних підприємств [Текст] / О.М. Даренський, Н.В. Бугаєць, // УкрДАЗТ, тези доповідей. – 2013 – С.364.

Анотація

Бугаєць Н.В. Підвищення несучої здатності рейкошпальної основи залізничних колій незагального користування. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.06. – залізнична колія. Державний економіко-технологічний університет транспорту МОН України, Київ, 2014.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню наукової проблеми підвищення несучої здатності рейкошпальної основи, що включає в себе баластний шар і земляне полотно, залізничних колій незагального користування.

Виконані дослідження впливу характеристик рейкошпальної основи на характеристики жорсткості та дисипації рейкових опор та дослідження змін цих впливів у процесі експлуатації колії. Чисельними методами дослідженні сили

впливу на рейкошпальну основу при русі спеціальних та спеціалізованих вагонів та напружено-деформований стан цієї основи.

Запропоновано методику визначення допустимих напружень в елементах рейкошпальної основи для умов колії незагального користування з урахуванням специфіки її роботи. Зіставлення результатів теоретичних і експериментальних робіт показали їх достатню збіжність. Розбіжності не перевищують, як правило, 15%.

Запропоновано способи посилення рейкошпальної основи для умов колії незагального користування.

Ключові слова: несуча здатність колій незагального користування, рейкошпальна основа, напружено-деформований стан колії, жорсткість і дисипація рейкових опор, взаємодія колії і рухомого складу.

Аннотація

Бугаец Н.В. Повышение несущей способности рельсошпального основания железнодорожных путей необщего пользования. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.06. – железнодорожный путь. Государственный экономико-технологический университет транспорта, Киев, 2014.

Диссертационная работа посвящена решению научной проблемы повышения несущей способности рельсошпального основания, включающего в себя балластный слой и земляное полотно, железнодорожных путей необщего пользования.

На основании анализа существующих теоретических моделей определения напряженно-деформированного состояния пути в целом и рельсошпального основания в диссертации принята общая расчетная схема пути как пространственной конструкции, состоящей из балок–рельсов, опирающихся на многие упруго-диссипативные опоры с нелинейными характеристиками.

Выполнены исследования влияния характеристик рельсошпального основания на характеристики жесткости и диссипации рельсовых опор и исследования изменений этих влияний в процессе эксплуатации пути. Численными методами исследованы силы воздействия на рельсошпальное основание при движении специальных и специализированных вагонов и напряженно-деформированные состояния этого основания.

Разработана пространственная модель рейкошпального основания с использованием метода конечных элементов. В основу моделирования был взят модульный принцип, при котором модуль состоит из двух отрезков рельсов, двух шпал, отрезка балластной призмы, отрезка земляного полотна с возможными конструкциями усиления рельсошпального основания.

Предложена методика определения допустимых напряжений в элементах рельсошпального основания для условий дорог необщего пользования с учетом специфики их работы. Сопоставление результатов теоретических и

экспериментальных работ показало их хорошую сходимость. Расхождения не превышают, как правило, 15%.

Предложены способы усиления рельсошпального основания для условий дорог необщего пользования.

Ключевые слова: несущая способность путей необщего пользования, рельсошпальное основание, напряженно-деформированное состояние пути, жесткость и диссипация рельсовых опор, взаимодействие пути и подвижного состава.

Abstract

Bugaec N.V. Increase of carrying capacity of the rail and sleeper substructure of non-public railway tracks. - The Manuscript.

Ph.D. Thesis in engineering science in the specialty 05.22.06. – The railroad track.; State Economy and Technology University of Transport; Kyiv, 2014.

The thesis work is devoted to the solution of the scientific problem of increase of the carrying capacity of rail and sleeper substructure of non-public railway tracks including ballast bed and road bed.

Researches of influence of rail and sleeper substructure characteristics on rigidity and dissipation characteristics of rail supports and research of changes of these influences in the railroad track operational process are fulfilled. Forces of impact on of the rail and sleeper substructure during the movement of special and specialized cars are investigated by numerical methods, and stress-deformed conditions of this substructure are investigated.

The methods of identification of the permissible stress in the elements of rail and sleeper substructure for conditions of non-public railway tracks with account of specifics of their operation are offered. The comparison of the results of theoretical and experimental works has shown their good convergence. The divergence doesn't exceed 15% as a rule.

Ways of strengthening of the rail and sleeper substructure for non-public railway tracks are offered.

Keywords: carrying capacity non-public tracks, rail and sleeper substructure, stress-deformed conditions of way, rigidity and dissipation of rail supports, cooperation of way and mobile composition.

Бугаєць Наталія Володимирівна

ПІДВИЩЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ РЕЙКОШПАЛЬНОЇ ОСНОВИ
ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІЙ НЕЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано до друку _____ 2014р.
Формат 20x48 1/16. Папір для розмножувальних апаратів.
Друк офсетний. Умовн.-друк. арк. 0,9. Обл.-видав. арк. 1,0.
Замовлення № _____. Тираж 100.

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК №2874 12.06.2007 р.
Друкарня УкрДАЗТу,
61050, Харків–50, пл. Фейєрбаха, 7