

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

КАЛЕНИК КОСТЯНТИН ЛЕОНІДОВИЧ



УДК 625.151.2:625.033.36

**УДОСКОНАЛЕННЯ НОРМАТИВІВ УТРИМАННЯ БОКОВОГО
НАПРЯМКУ СТІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ ЗА ШИРИНОЮ КОЛІЇ ТА
У ПЛАНІ**

Спеціальність 05.22.06 – залізнична колія

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2012

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства освіти і науки, молоді та спорту

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

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
ПЕТРЕНКО Володимир Дмитрович,
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
завідувач кафедри «Тунелі, основи та фундаменти»;

кандидат технічних наук, доцент
ХАЛІПОВА Наталя Володимирівна,
Академія митної служби України, доцент кафедри
«Транспортні системи та технології»,
м. Дніпропетровськ.

Захист відбудеться «18» жовтня 2012 р. о 14³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.820.01 у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: вул. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ, 49010, ауд. 314

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

Автореферат розіслано « » _____ 2012 р.

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



А. М. Муха

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ. Залізничний транспорт є однією з найважливіших ланок Української економіки. Саме залізничним транспортом виконується абсолютна більшість вантажних перевезень в найбільш потужних галузях української промисловості: вугільній та металургійній. Крім того, завдяки своєму вигідному географічному положенню, українські залізниці виконують значний обсяг транзитного вантажообігу.

Одним з стратегічних напрямків технічної політики Укрзалізниці є використання нових ресурсозберігаючих підходів при поточному утриманні інфраструктури. Залізнична колія є структурним елементом інфраструктури, який безпосередньо забезпечує процес перевезень пасажирів та вантажів.

Стрілочні переводи є дуже відповідальною ланкою залізничного транспорту взагалі і колійного господарства зокрема. Стан стрілочних переводів суттєво впливає на пропускну спроможність лінії. Тому від технічного стану стрілочного переводу залежить злагодженість всіх ланок процесу вантажних та пасажирських перевезень на залізничному транспорті.

Стрілочні переводи працюють в більш важких умовах експлуатації, в порівнянні зі звичайною конструкцією колії. Це обумовлене як самою конструкцією переводу так і рівнем вертикального та горизонтального навантаження від рухомого складу, що передається на рейкові елементи переводу. Тому ефективне використання ресурсів конструкції стрілочного переводу є запорукою забезпечення безперервного та безпечного процесу перевезень з встановленими швидкостями руху.

Актуальність теми. Стратегічним напрямком розвитку колійного господарства є використання ресурсозберігаючих технологій утримання залізничної колії, для досягнення найбільшого економічного ефекту від її експлуатації. Досягнення цієї мети можливо за рахунок модернізації конструкції, використання ефективних методів та технологій утримання, а також удосконалення нормативів утримання залізничної колії. Удосконалення нормативів утримання є найбільш відповідальною ланкою з перелічених шляхів підвищення ефективності експлуатації колії, бо саме нормативи утримання дають змогу використовувати потенціал тієї чи іншої конструкції колії, а також раціональні терміни проведення робіт з її поточного утримання.

Значна кількість сходів рухомого складу з рейок в межах станцій виникає через причини, що обумовлені станом бокового напрямку стрілочних переводів за шириною колії та у плані. Ця обставина свідчить про першочергову необхідність проведення аналізу впливу ширини колії та положення у плані бокового напрямку на безпеку руху.

Діюча система нормативів утримання стрілочних переводів враховує лише норми та допуски утримання за шириною колії та у плані. В цій системі не існують, як це прийнято для звичайної колії, нормованих ступенів відступів від допусків утримання. Ці нормативи були розроблені без врахування впливу особливостей взаємодії колії та рухомого складу на безпеку руху в межах стрілочних переводів. Крім того в основу діючих нормативів були покладені

результати досліджень стрілочних переводів лише на дерев'яних брусах. Тому задача удосконалення нормативів утримання бокового напрямку по ширині колії та у плані за критеріями безпеки руху та впливу на колію є актуальною. Вирішенню цієї задачі і присвячена дисертація.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема дисертації пов'язана з планом виконання науково–дослідних робіт кафедри «Колія та колійне господарство» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.А. Лазаряна в сфері удосконалення нормативів утримання залізничної колії. Автор дисертації приймав участь як співвиконавець в науково–дослідній роботі, що виконувались за завданням Міністерства транспорту та зв'язку України, за темою «Проведення досліджень та встановлення допустимих швидкостей руху по стрілочних переводах, що мають відхилення від встановлених допусків по ширині колії» (державний реєстраційний номер 0108U010674).

Мета роботи. Метою даної дисертаційної роботи є обґрунтування нормативів утримання бокового напрямку стрілочних переводів за шириною колії та у плані за критеріями безпеки руху та впливу на колію рухомого складу.

Задачі досліджень.

1. Провести експлуатаційні дослідження стану бокового напрямку стрілочних переводів на залізобетонних брусах за шириною колії та у плані.
2. Розробити математичну модель взаємодії колії та рухомого складу в межах бокового напрямку стрілочного переводу, яка б дозволяла моделювати геометрію колії у плані реального окреслення.
3. Провести динамічний експеримент в межах стрілочного переводу для обґрунтування використання розробленої математичної моделі у подальших дослідженнях.
4. Визначити особливості взаємодії колії та рухомого складу в межах стрілочних переводів, які не враховувались в раніше розроблених нормативах утримання.
5. З врахуванням виявлених особливостей провести теоретичні дослідження по розробці нових нормативів утримання стрілочних переводів за шириною колії та у плані.
6. Розробити практичні рекомендації щодо нормативів утримання бокового напрямку стрілочних переводів та визначити економічну ефективність від їх впровадження.

Об'єкт досліджень – процеси взаємодії залізничної колії та рухомого складу в межах бокового напрямку стрілочних переводів.

Предмет досліджень – залізнична колія в межах бокового напрямку стрілочних переводів

Методи досліджень. У роботі використано комплексний метод досліджень, який включає теоретичну і експериментальну частини. Для теоретичних досліджень застосовували методи математичного моделювання взаємодії колії та рухомого складу, основою яких є системи нелінійних

диференційних рівнянь, а також методи математичної статистики для обробки результатів експлуатаційних досліджень та динаміко-міцностних випробувань стрілочного переводу. Всі теоретичні дослідження виконувались на ПЕОМ у операційній системі АлтЛінукс на базі вільного програмного забезпечення. Математичне моделювання взаємодії виконувались у системі Scilab. Обробку експериментальних даних проводили з допомогою програми Calc системи OpenOffice.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Вперше визначено ступінь відповідності стану стрілочних переводів типу Р65 на залізобетонних брусах марки 1/9 та 1/11 за шириною колії та ординатам перевідної кривої чинним нормативам.
2. Удосконалена методика математичного моделювання взаємодії колії та рухомого складу в межах бокового напрямку стрілочних переводів. Методика відрізняється від існуючих тим, що боковий напрямок вводиться до математичної моделі піввагона не у вигляді прямої ділянки з імітацією дії відцентрової сили, а за допомогою ординат зовнішньої та внутрішньої рейкової ниток бокового напрямку стрілочного переводу відповідно. Дана методика дозволила досягти якісного збігу результатів моделювання з експериментальними.
3. Встановлено вплив стану бокового напрямку стрілочних переводів за шириною колії та у плані на взаємодію колії та рухомого складу. На основі цих результатів удосконалено діючі нормативи утримання стрілочних переводів.
4. Вперше використано диференційований підхід при розробці норм утримання колії в межах бокового напрямку стрілочних переводів в залежності від встановленої швидкості руху. Даний підхід дозволив більш повно, в порівнянні з діючим, використовувати експлуатаційні ресурси конструкції стрілочного переводу за рахунок врахування впливу швидкості руху на силову взаємодію колії та рухомого складу.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що розроблені нормативи утримання за шириною колії та у плані дають можливість більш повно, в порівнянні з діючими, використовувати принципи ресурсозбереження при експлуатації бокового напрямку стрілочних переводів.

Розроблені й удосконалені наукові рішення дозволяють підвищити ефективність експлуатації стрілочних переводів, що є важливим у сучасних ринкових умовах. А саме в даній дисертації:

- 1) розроблені нормативи утримання бокового напрямку стрілочних переводів за шириною колії та у плані рекомендовані до впровадження як доповнення Додатка 8 “Допустимі швидкості руху поїздів” нормативного документу “Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України”, ЦП/0269;
- 2) запропоновані методи контролю ширини колії в межах бокового напрямку стрілочних переводів рекомендовані до впровадження як доповнення розділу 3.8 “ Утримання стрілочних переводів” нормативного

документу “Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України”, ЦП/0269 ;

- 3) результати досліджень використовуються у навчальному процесі при підготовці спеціалістів і магістрів на кафедрі «Колія та колійне господарство», а також при підготовці фахівців колійного господарства Укрзалізниці в центрі підвищення кваліфікації Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Особистий внесок здобувача. Постановку мети і задачі досліджень виконано разом з науковим керівником. Усі наукові положення, розробки й результати досліджень, що виносяться на захист, отримані особисто автором. У наукових працях, що опубліковані в співавторстві, особистий внесок автора такий: [1] - розроблено математичну модель взаємодії колії та вантажного піввагону в межах бокового напрямку стрілочних переводів; [2] - проаналізовано вплив ширини колії та ухилу її відводу по зовнішній нитці перевідної кривої на взаємодію; [3] – встановлено вплив швидкості руху на взаємодію в межах нерівності у плані по боковому напрямку стрілочних переводів; [4] – отримано результати експлуатаційних досліджень бокового напрямку стрілочних переводів за шириною колії та у плані, проаналізовано відповідність їх натурного стану діючим нормативам утримання; [5]- розроблено нормативи утримання бокового напрямку стрілочних переводів по ширині колії та у плані за критеріями безпеки руху та впливу рухомого складу на колію, а також розраховано економічний ефект від впровадження розроблених нормативів; [6] – розроблено методику моделювання бокового напрямку стрілочного переводу; [7] – наведено недоліки діючої системи контролю ширини колії та ординат перевідної кривої в межах бокового напрямку; [8] – проведено аналіз особливостей впливу відступів за шириною колії та у плані в межах бокового напрямку стрілочних переводів на взаємодію, а також кореляційний аналіз між зазначеними відступами; [9] - визначено вплив нерівностей у плані бокового напрямку стрілочних переводів на допустиму ширину колії в межах цих нерівностей.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертації докладалися на таких Міжнародних науково-практичних конференціях: «Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта» (Дніпропетровськ, травень, 2009 р.); “Инфраструктура 2009” (ВНИИЖТ, Росія, м. Щербінка, листопад, 2009 р.); «Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта» (Дніпропетровськ, квітень, 2010 р.); «Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта» (Дніпропетровськ, квітень, 2011 р.); на кафедральному науковому семінарі кафедри «Колія та колійне господарство» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, жовтень, 2010 р.); у повному обсязі дисертаційна робота доповідалася на міжкафедральному семінарі кафедр «Колія та колійне господарство», «Проектування та будівництво доріг» та «Колієвипробувальної науково-дослідної галузевої лабораторії» (Дніпропетровськ, травень 2012 р.).

Публікації. Основні положення дисертації опубліковано у 9-и наукових працях, у тому числі: 5 – у фахових виданнях, затверджених МОНмолодьспорт України, 4 роботи є тезами наукових міжнародних конференцій.

Структура дисертації. Дисертація складається з вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і чотирьох додатків. Повний обсяг складає 220 сторінок друкованого тексту, в тому числі: 107 рисунків викладено на 83 сторінках, 19 таблиць на 17 сторінках, список літератури з 103 найменувань займає 12 сторінок, та 5 додатків викладено на 43 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету й задачі досліджень, відображена наукова новизна результатів, їх практичне значення.

У першому розділі проведено аналіз: теоретичних та експериментальних досліджень по визначенню впливу ширини колії та положення у плані стрілочних переводів на взаємодію колії та рухомого складу; історичного розвитку нормативів утримання стрілочних переводів за шириною колії та у плані; матеріалів розслідування сходів рухомого складу в межах бокового напрямку стрілочних переводів; критерії встановлення допустимих швидкостей руху по стрілочних переводах. Визначені завдання дослідження.

Значний вклад у розвиток нормативів утримання стрілочних переводів внесли вчені І. Я. Манос, Г. М. Шахунянц, С. В. Амелін, В. Ф. Яковлев, Г. І. Іващенко, Л. Г. Крисанов, М. М. Єлсаков, Б. Е. Глюзберг, А. Н. Трофимов, Ю. Н. Радигін, Г. Г. Желнін, А. П. Татуревич, А. М. Орловський, В. В. Рибкін, П. В. Ковтун, Е.І. Даниленко, К. В. Мойсеєнко. Крім того, неможливо не відмітити дослідження по впливу ширини колії на взаємодію В. О. Певзнера та Ю. С. Ромена.

Практично всі раніше розроблені редакції нормативів утримання стрілочних переводів за шириною колії та за напрямком у плані були розроблені на базі математичної статистики, теорії надійності, взаємодії колії та рухомого складу у кінематичній постановці. Але зазначені методи досліджень не дають змоги встановити вплив якісної картини взаємодії, при відступах від норм утримання, на безпеку руху та дію рухомого складу на колію.

Критичний аналіз робіт, присвячених впливу відступів від норм утримання стрілочних переводів на взаємодію колії та рухомого складу, показав відсутність врахування окремих факторів, що могли б скорегувати результати досліджень. Основними неврахованими факторами є: одночасний збіг нерівностей у плані та профілі; взаємодія колії та порожнього піввагону; якісний характер взаємодії. Врахування зазначених факторів дозволить більш повно, в порівнянні з попередніми дослідженнями, врахувати особливості взаємодії колії та рухомого складу при розробці нормативів утримання стрілочних переводів. Крім того, в жодній з попередніх робіт не досліджувалась зміна ширини колії та положення у плані і профілі по довжині бокового напрямку стрілочних переводів на залізобетонних брусах.

Аналіз матеріалів розслідування сходів рухомого складу в межах бокового напрямку засвідчив, що більшість 61,54 % сходів обумовлена станом

бокового напрямку стрілочних переводів за шириною колії та у плані. Кількість сходів обумовлена станом у профілі, а також збігом несправностей у плані та профілі однакова - 15%. Наведені результати свідчать про необхідність проведення першочергового аналізу впливу ширини колії та положення у плані бокового напрямку на безпеку руху.

Отже, головна задача цієї роботи полягає у одночасному врахуванні позитивного досвіду, накопиченого в попередніх дослідженнях, видатними вченими колійниками, а також зазначених вище недоліків при удосконаленні діючих нормативів утримання стрілочних переводів за шириною колії та у плані.

У другому розділі приведено результати експлуатаційних досліджень стану бокового напрямку стрілочних переводів на залізобетонних брусах марки 1/11 та 1/9 за шириною колії, напрямком у плані і профілі.

Експлуатаційні дослідження включали наступні етапи: вибір дослідних ділянок; розробка методики вимірів ширини колії та положення у плані і профілі; статистична обробка результатів досліджень; аналіз відповідності натурального стану стрілочних переводів діючим нормативам утримання. Для виконання вимірів використовувалась схема розбивки стрілочного переводу (рис. 1), що дозволила визначити зміну ширини колії, положення у плані та за рівнем по довжині бокового напрямку.

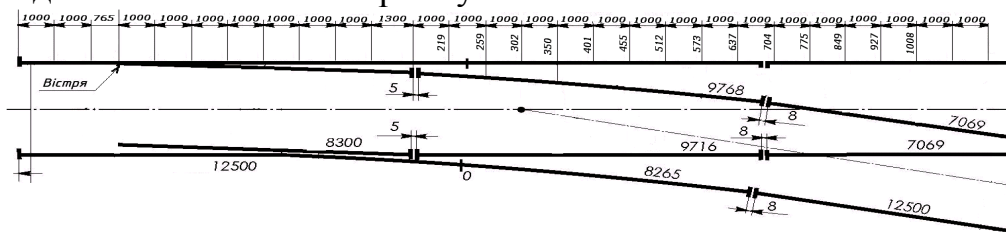


Рис. 1. - Схема розбивки бокового напрямку стрілочного перевалу по перетинах

Однією з задач експлуатаційних досліджень було виявлення стрілочних переводів з максимальними відступами від норм утримання. Практика експлуатації колії свідчить, що максимальні відступи від норм утримання спостерігаються на ділянках з великою вантажонапруженістю. Тому для досліджень було обрано стрілочні переводи, які укладені на головних та станційних коліях ділянки Придніпровської залізниці, яка має вантажонапруженість парної та непарної головних колій 64 та 80 млн. т.бруто/км на рік відповідно.

Окремо проводили дослідження щодо достатньої кількості натурних вимірів для надання статистично надійних висновків, що стосуються стану бокового напрямку стрілочних переводів. На наступному етапі було визначено закон розподілу вимірюваних величин по перетинах для всього обсягу досліджень. Результати даного етапу засвідчили: виконаний обсяг досліджень є достатнім; в кожному перетині спостерігається нормальний закон розподілу.

Аналіз відповідності натурального стану бокового напрямку стрілочних переводів за шириною колії та у плані діючим нормативам утримання представлено на рис. 2.

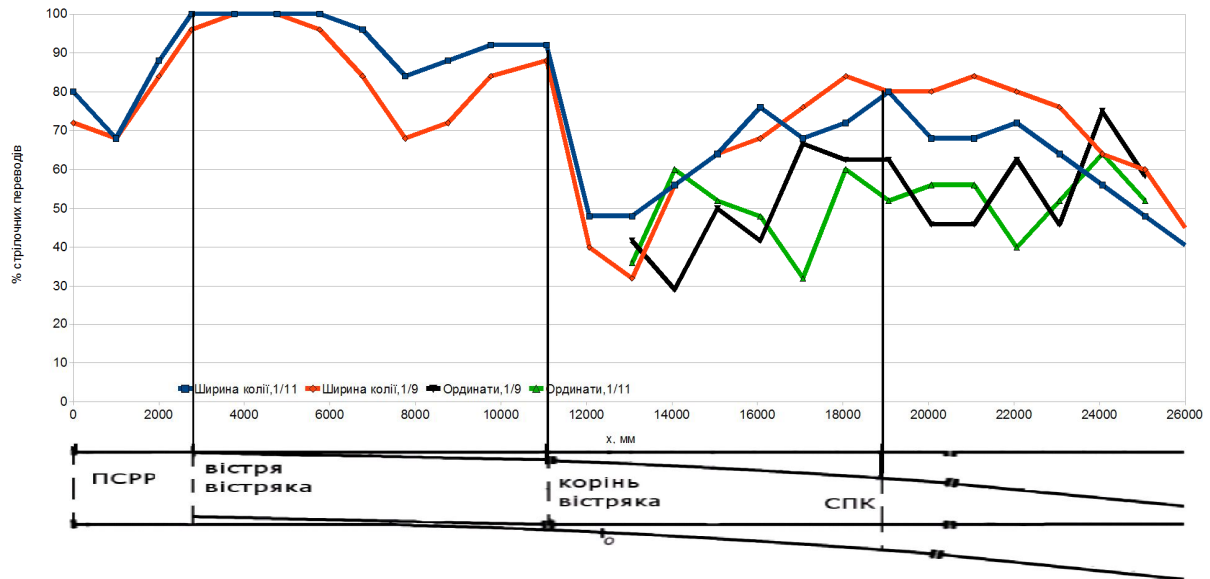


Рис. 2. - Відсоток стрілочних переводів, що мають відступи від допусків утримання за шириною колії та у плані

Результати експлуатаційних досліджень засвідчили, що стрілочні переводи утримуються зі значними відступами від допусків утримання по ширині колії та ординатам перевідної кривої. В межах кожного стрілочного переводу одночасно присутні відступи за шириною колії, у профілі та плані. Отримані результати вказують на невідповідність чинних допусків утримання колії бокового напрямку стрілочних переводів умовам експлуатації.

Третій розділ присвячено удосконаленню методики математичного моделювання взаємодії колії та рухомого складу в межах бокового напрямку стрілочних переводів.

В раніше розроблених математичних моделях взаємодії в межах бокового напрямку, які ґрунтуються на системі диференціальних рівнянь Ромена Ю. С., боковий напрямок стрілочного переводу вводився до моделі у вигляді прямої, а вплив кривої на рухомий склад моделювався лише відцентровим прискоренням, що діє на кузов. Зазначене спрощення призводить до значних (20 % і більше) похибок, особливо при моделюванні входу екіпажу на боковий напрямок. У даній роботі було удосконалено методику моделювання бокового напрямку стрілочних переводів. Згідно розробленої методики боковий напрямок вводиться за допомогою ординат зовнішньої та внутрішньої рейкових ниток. Відцентрове прискорення визначається безпосередньо під час моделювання, а не вводиться окремо до моделі, як це було прийнято в попередніх дослідженнях.

У якості інструменту теоретичних досліджень було розроблено просторову математичну модель вантажного піввагона на візках 18-100, найбільш розповсюджений тип рухомого складу в межах України. Модель піввагону представлена механічною системою (рис. 3), що складається з 7 твердих тіл (кузов два візки та 4 колісні пари). Верхня будова колії в моделі є безмасовою балкою з перемінною жорсткістю по довжині у вертикальній та горизонтальній площині.

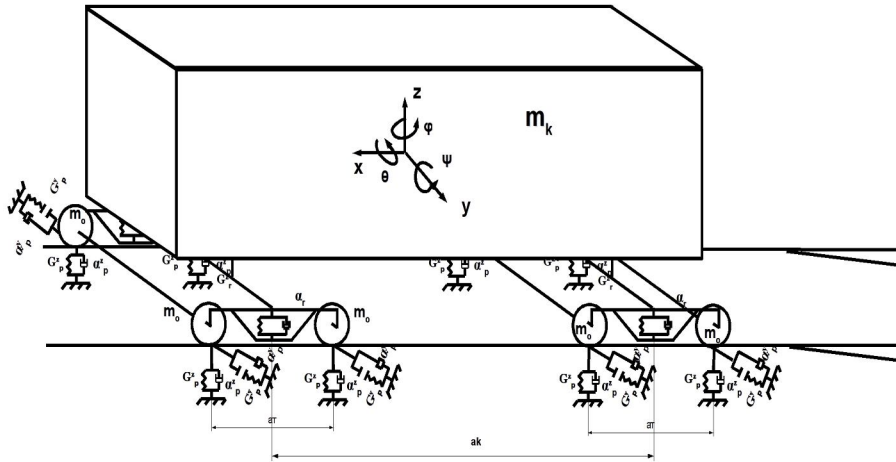


Рис. 3. - Схема просторової математичної моделі вантажного піввагона

Взаємодія колії та рухомого складу в межах стрілочного перевалу описується рівняннями Лагранжу другого роду

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_s} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_s} + \frac{\partial \Pi}{\partial q_s} = Q_s, \quad (1)$$

Де: T – кінетична енергія системи;

Π – потенційна енергія системи;

Q_s – узагальнена сила по координаті;

q_s – узагальнена координата.

Диференціальні рівняння, які відповідають розрахунковій схемі, складено на основі принципу д'Аламбера.

Основні рівняння у вертикальній площині мають вигляд:

Рівняння галопування кузова

$$\frac{d^2 \psi}{dt^2} \cdot I_{y_k} = 0.5 \cdot a_k \cdot \left(\sum_{j=1}^2 P_{1,j} - \sum_{j=1}^2 P_{2,j} \right). \quad (2)$$

Рівняння бокової качки кузова

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} \cdot I_{x_k} = h \cdot \sum_{i=1}^2 Y_{u,i} + b_p \cdot \sum_{i=1}^2 (P_{i,2} - P_{i,1}). \quad (3)$$

В наведених рівняннях прийнято наступні позначення:

i, j, k - номер візка, колісної пари та колеса відповідно; h - відстань між центром мас кузова та центром п'ятника над осями колісних пар; S_0 - відстань між кругами кочення коліс; b_p - половина відстані між ресорними комплектами; a_k — половина бази кузова; a_m - половина бази візка; m_k - маса кузова; m_{kn} - маса колісної пари; G_z^p - жорсткість ресорного комплекту у вертикальній площині; Y^u - поперечна сила від кузова, яка діє на шкворінь візка, визначається за формулою:

$$Y_{i,1}^u = G_y^p (y_{ti} - y_{ki}) + Ft \cdot \text{sign}(\dot{y}_{ti} - \dot{y}_{ki}), \quad (4)$$

де G_y^p - жорсткість ресорного комплекту у вертикальній площині; Ft - сила тертя у шкворні; y_{ki} – переміщення кузова над i -тим шкворнем; y_{ti} – переміщення i -того візка;

P_{ijk} — вертикальна сила в системі колесо-колія визначається за формулою:

$$P_{i,j,k} = G_z^n \cdot (z_{i,j,k} - \eta_{l,n} \pm S_0 \cdot \theta_{i,1}^{kn}) + \alpha_z^n \cdot (\dot{z}_{i,j,k} - \dot{\eta}_{l,n} \pm S_0 \cdot \dot{\theta}_{i,1}^{kn}) - m_{kn} \cdot \ddot{\eta}_{l,n}, \quad (5)$$

де: $\eta_{l,n}$ - ордината вертикальної нерівності лівої або правої рейкових ниток; $z_{i,j,k}$ - пружне переміщення системи колесо-рейка; P_{ij} — сила в відповідному ресорному комплекті визначається за формулою:

$$P_{i,j} = G_z^P \cdot (z_{i,j} - (z_{i,j,1} + z_{i,j,2}) \pm b_p \cdot \theta^k) \pm S_0 \cdot (\theta_{i,1}^{kn} - \theta_{i,2}^{kn}) + F_z^k \cdot \text{sign}((z_{i,j} - (z_{i,j,1} + z_{i,j,2}) \pm b_p \cdot \theta^k) \pm S_0 \cdot (\theta_{i,1}^{kn} - \theta_{i,2}^{kn})), \quad (6)$$

де $z_{i,j}$ - пружне переміщення відповідної ресори.

Рівняння бокового відноса кузова має вигляд:

$$\frac{d^2 y_{k1}}{dt^2} + \frac{d^2 y_{k2}}{dt^2} = 2 \left[(Y_{u1} + Y_{u2}) - m_k (h_k - h_t) \frac{d^2 \varphi_k}{dt^2} - m v^2 \frac{k_1 + k_2}{2} \right] / m_k. \quad (7)$$

Рівняння вилання кузова має вигляд:

$$\frac{d^2 y_{k1}}{dt^2} - \frac{d^2 y_{k2}}{dt^2} = \frac{2 a_k^2}{I_{zk}} (Y_{u1} + Y_{u2}) - v^2 (k_1 - k_2). \quad (8)$$

Рівняння вилання візка:

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} = \left[a t \sum_{j=1}^2 (Y_{11i} - Y_{12i}) + M_{t1} - M_{tr1} \right] / I_{zt}. \quad (10)$$

В наведених рівняннях прийнято такі позначення:

h_t – висота п'ятника над осями колісних пар; h_k – висота центру мас кузова над осями колісних пар; κ_i – кривизна колії під і-тою колісною парою; $I_{zk,t}$ - моменти інерції кузова та візка відповідно відносно вертикальної осі; $\varphi_{k,t}$ - кут вилання кузова та візка відповідно; Y_{li} – бокова сила від колеса на рейку; y_{ki} – поперечне переміщення кузова над і-тим шкворнем; y_{ti} – поперечне переміщення і-того візку; M_{ti} – момент від дії поздовжніх сил тертя коліс і-того візку визначається за формулою:

$$M_{ti} = -x \cdot \sum_{i,j,k=1}^4 P_{i,j,k} (S_0^2 \frac{1}{v} \dot{\varphi} + 2 S_0 \frac{\mu}{R} y_{ti}), \quad (11)$$

де M_{tri} - момент тертя у і-тому шкворні визначається за формулою:

$$M_{tri} = A_{tr} \cdot \text{sign}(\varphi_k - \varphi_{ti}), \quad (12)$$

де A_{tr} - амплітудне приведенне значення моменту тертя у шкворені.

У четвертому розділі приведено результати експериментальних динаміко-міцностних випробувань стрілочного переводу проекту Дн 345 марки 1/11 на залізобетонних брусах, апробовано математичну модель взаємодії колії та рухомого складу в межах бокового напрямку стрілочних переводів по результатам експериментальних досліджень.

Вертикальні сили визначали за методикою «Колієвипробувальної науково-дослідної галузевої лабораторії» ДНУЗТу, для їх реєстрації використовувалися підсилювачі. Величини бокових сил розраховувалися за методикою проф. Єршкова О.П. з корективами доцента кафедри «Колія та

коліїне господарство» ДНУЗТу Мойсеєнко К. В. Основою для визначення вертикальних та бокових сил є експериментально отримані напруження у рейці.

Верифікація проводилась як по чисельним результатам (рис.4) так і по якісному характеру зміни сил взаємодії по довжині бокового напрямку (рис.5).

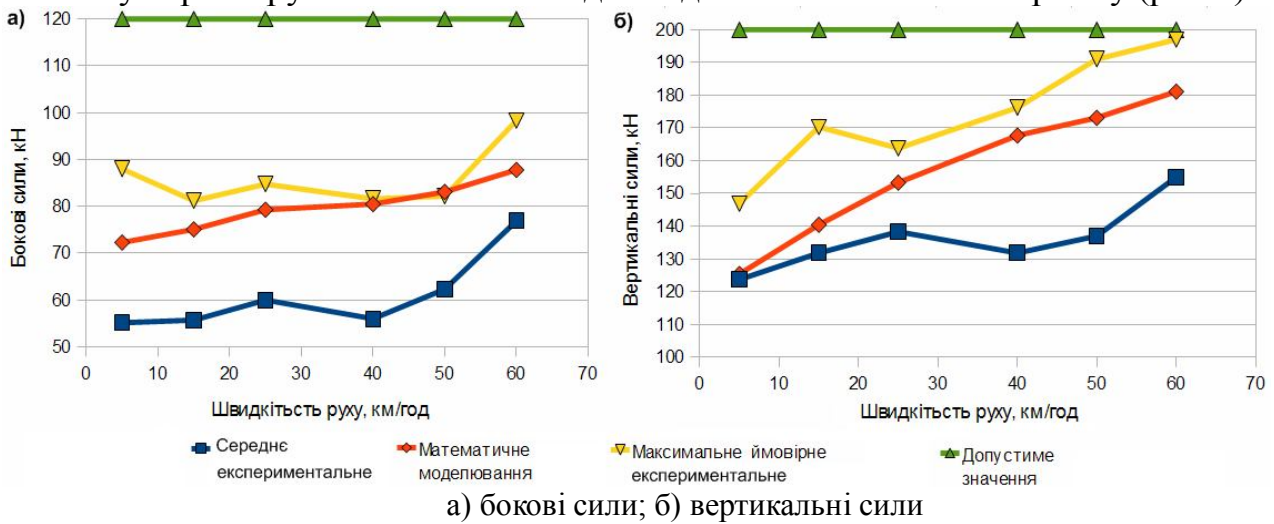


Рис. 4. - Результати чисельної верифікації

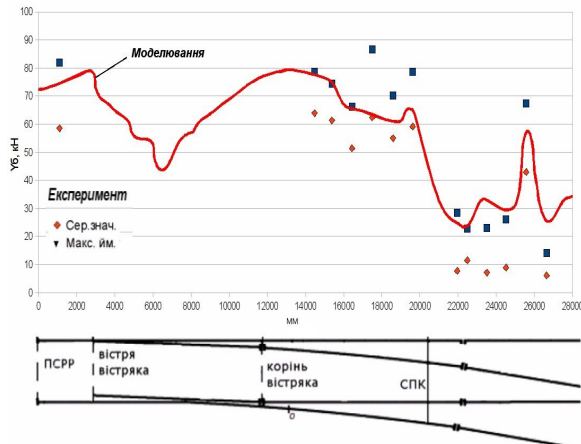


Рис. 5. - Результати якісної верифікації

У п'ятому розділі проаналізовано результати впливу стану бокового напрямку стрілочних переводів за шириною колії та у плані, а також швидкості руху та відцентрового прискорення на взаємодію колії та рухомого складу. Обґрунтовано необхідність контролю ширини колії по характерних ділянках бокового напрямку стрілочних переводів (стрілка та перевідна крива) та доцільність врахування встановленої швидкості руху при розробці нормативів утримання за шириною колії та у плані.

Для надання обґрунтованих рекомендацій по удосконаленню нормативів утримання необхідно під час досліджень врахувати весь спектр характеристик стрілочних переводів (геометрія, встановлена швидкість, тип, вид підрейкової основи), що експлуатуються на Україні. Проаналізувавши зазначені вище характеристики стрілочних переводів для колії шириною 1520 мм, до теоретичних досліджень було прийнято 6 проектів стрілочних переводів, серед яких: два симетричні (2063, 2064); проект Дн600 для підвищення швидкості на бокову колію; Дн060 марки 1/18; проекти 1740 та 2215 та їх аналоги є найбільш

розповсюдженими в межах України.

Для вказаних проектів було проаналізовано вплив ширини колії та нерівностей у плані на взаємодію колії та рухомого складу в межах бокового напрямку. Дослідження виконувались наступним чином: до математичної моделі вводилась ширина колії (1520...1548 мм) чи амплітуда нерівності у плані (0...10 мм). Далі фіксувалась величина бокових сил при зміні ширини колії та амплітуди нерівності у плані. По цим результатам проводився аналіз впливу стану за шириною колії та у плані на взаємодію.

Результати експлуатаційних досліджень дозволили виділити, по характеру зміни ширини колії, в межах бокового напрямку дві характерні ділянки: стрілка та перевідна крива. Тому вплив ширини колії на зміну бокових сил визначався окремо для кожної з зазначених ділянок.

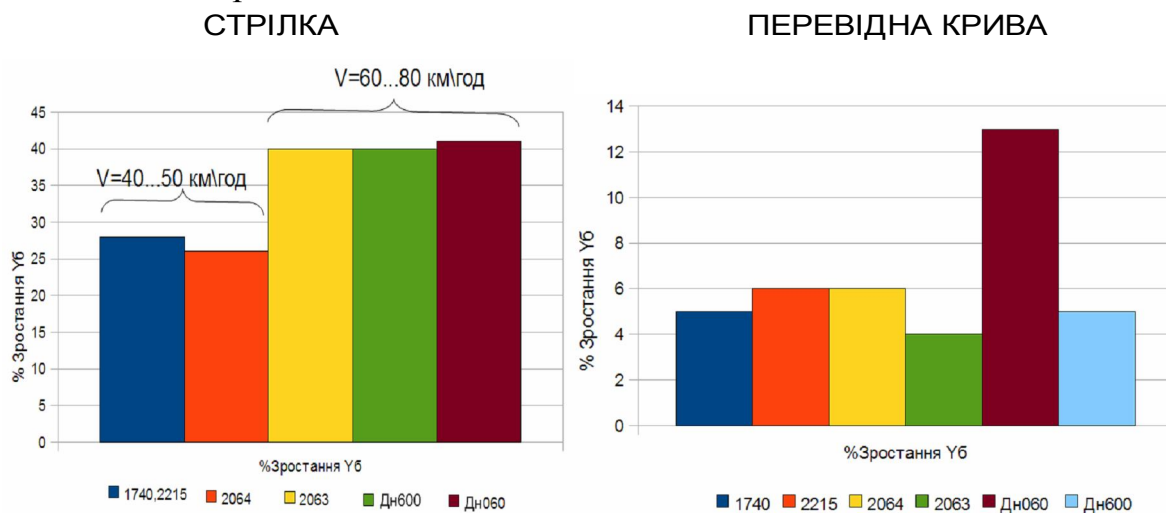


Рис. 6. - Відсоток зростання бокової сили в межах стрілки та перевідної кривої.

Проведений аналіз впливу ширини колії на характер і на величину бокових сил взаємодії дозволив підтвердити необхідність контролю ширини колії в межах бокового напрямку по характерних ділянках: стрілка та перевідна крива. В межах перевідної кривої ширина колії несуттєво впливає на зростання бокової сили, в середньому на 4-6 %, лише для проекту Дн060 зростання складає 13%, а в межах стрілки бокові сили зростають на 26-41%, в залежності від встановленої швидкості. Крім того, аналіз засвідчив доцільність диференційованого, по встановленим швидкостях руху, підходу до розробки нормативів утримання по ширині колії в межах стрілки.

На наступному етапі було проведено аналіз впливу нерівностей у плані в межах бокового напрямку на зміну сил взаємодії. Нерівність у плані моделювалась за допомогою різниці відступу у суміжних ординатах. Згідно досліджень проф. Б. Е. Глюзберга цей показник безпосередньо характеризує вплив стану бокового напрямку у плані на безпеку руху. Параметри нерівностей були обрані за результатами експлуатаційних досліджень.

Підвищення швидкості руху та відповідно відцентрових прискорень призводить до нелінійного зростання бокової сили в межах нерівності у плані. Тому, як і у випадку з шириною колії в межах стрілки, доцільно використовувати диференційований підхід по встановленій швидкості руху, до

призначення нормативів утримання бокового напрямку стрілочних переводів у плані. Крім того, більшість стрілочних переводів, що експлуатуються в Україні, мають встановлену швидкість на бокову колію 40 км/год. Тому призначення одних і тих же нормативів для всіх стрілочних переводів може призвести до необґрунтованого, з точки зору взаємодії, зростання обсягу робіт з поточного утримання більшості стрілочних переводів.

Врахування зазначених результатів дозволило в подальших дослідженнях по удосконаленню нормативів утримання за шириною колії і у плані в межах стрілочних переводів науково обґрунтовано скоротити витрати на поточне утримання, при безумовному забезпеченні безпеки руху.

У шостому розділі проведені дослідження по встановленню допустимих відступів за шириною колії та у плані за критеріями безпеки руху та впливу на колію, розроблено практичні рекомендації щодо нормативів утримання бокового напрямку стрілочних переводів за шириною колії та у плані, визначено річний економічний ефект від впровадження розроблених нормативів утримання бокового напрямку стрілочних переводів за шириною колії та у плані.

Дослідження виконувались за допомогою просторової математичної моделі взаємодії вантажного піввагона на візках 18-100 (в порожньому 5,5 т/вісь та завантаженому стані: 23,5 т/вісь) з колією в межах стрілочного переводу, яка пройшла апробацію на міжнародних наукових конференціях та експериментальну верифікацію.

Після аналізу відповідних досліджень та нормативних документів по встановленню допустимих швидкостей руху було обрано критерії, які характеризують вплив рухомого складу на колію у горизонтальній площині (бокова сила) та рівень безпеки руху - коефіцієнт запасу стійкості колеса на рейці та довжина ділянки на якій цей коефіцієнт є меншим за допустимий (далі довжина ділянки втрати стійкості).

Дослідження по визначенню найбільш несприятливого напрямку руху та виду вертикальної нерівності по боковому напрямку засвідчили:

- 1) з точки зору взаємодії та експлуатації колії протишерстний (ПРШ) напрямок є більш несприятливий в порівнянні з пошерстним (ПШ);
- 2) найбільш несприятливим видом вертикальної нерівності, з точки зору безпеки руху, є одностороння просадка по упорній нитці перевідної кривої.

Тому в подальших дослідженнях аналізували лише ПРШ напрямок руху та одночасна присутність нерівностей у плані та профілі (одностороння просадка и нерівність у плані по упорній нитці).

На рис. 7 наведено результати по визначенню допустимої ширини колії, що не вимагає обмеження швидкості руху в межах стрілки по критеріях безпеки руху та впливу рухомого складу на колію.

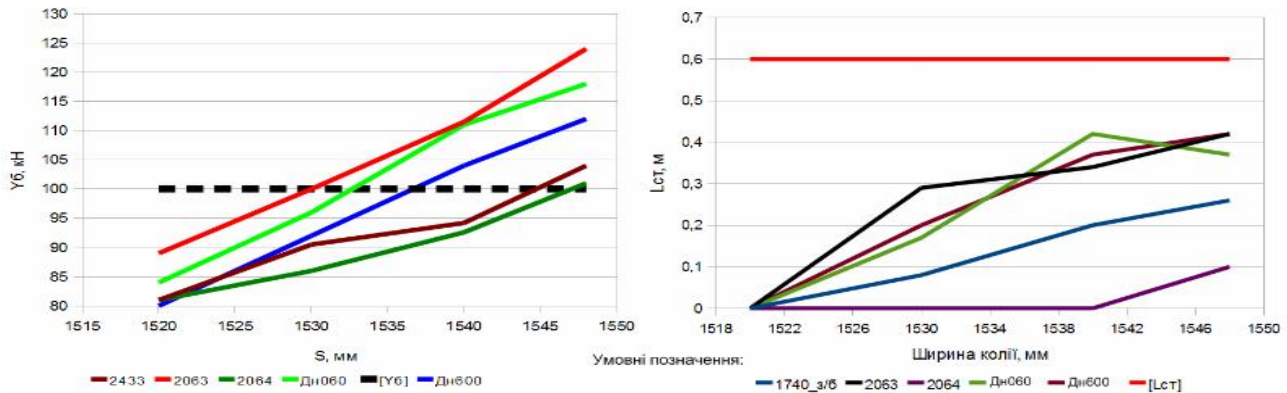
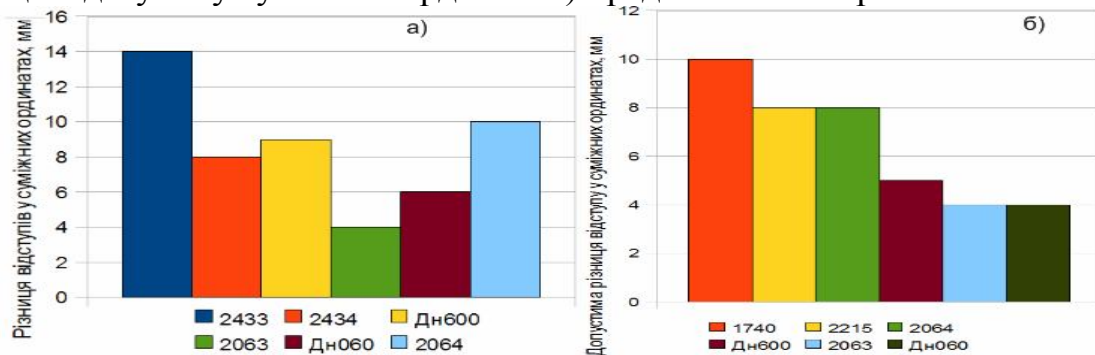


Рис. 7. - Визначення допустимої ширини колії в межах стрілки.

Результати свідчать, що для всіх проектів стрілочних переводів, які досліджуються довжина ділянки втрати стійкості не перевищує допустиму - 0.6 м. Тобто причини обмеження ширини колії за критеріями безпеки руху відсутні, але за критеріями допустимого бокового впливу на колію мають місце наступні обмеження:

- встановлена швидкість 40...50 км/год – 1543...1546 мм;
- встановлена швидкість 60...80 км/год – 1530...1536 мм;

Результати по визначенню допустимих відступів за напрямком у плані (різниця відступів у суміжних ординатах) представлено на рис. 8



а) критерії впливу на колію; б) критерії безпеки руху

Рис. 8. - Допустима амплітуда нерівності у плані.

Найменші допустимі відхилення у плані отриманні в усіх випадках для порожнього вагону за критерієм безпеки руху (рис. 8, б). Тому нормативи утримання колії у плані приймаються саме для порожнього вагону. Допустима різниця відступів у суміжних ординатах, що не вимагає зменшення швидкості руху:

- при встановленій швидкості руху 40...50 км/год - 8 мм;
- при встановленій швидкості руху 60...80 км/год - 4 мм.

Отже, в межах стрілки критерієм, який лімітує призначення допустимих відступів по ширині колії, є величина бокової сили, а за напрямком у плані – довжина ділянки втрати стійкості для порожнього піввагона.

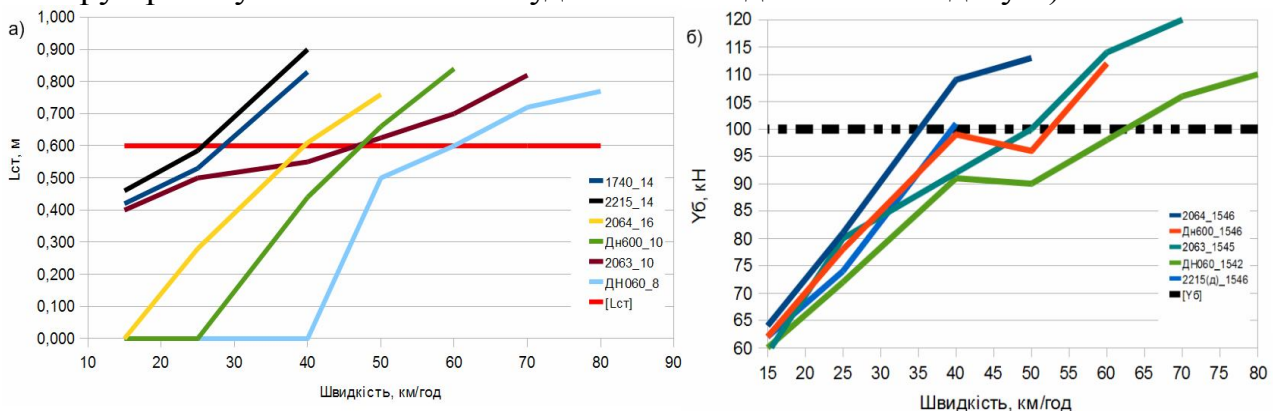
На наступному етапі було визначено допустиму ширину колії та нерівності у плані по критеріях безпеки руху та впливу на колію, що вимагають обмеження швидкості руху. Даний етап досліджень виконували за наступною методикою:

- 1) вибір обмежень швидкості, які б використовувались у діючих нормативних документах для звичайної колії з метою уніфікації запропонованих обмежень з чинними;
- 2) для кожного кроку обмежень швидкості визначити допустимі величини відступів за критеріями безпеки руху та впливу на колію.

Кроки обмеження швидкості були обрані наступні:

- при встановленій швидкості руху 40...50 км/год - 25 та 5 км/год;
- при встановленій швидкості руху 60...80 км/год - 50 та 15 км/год.

На рисунку 9 наведено приклади визначення допустимої різниці відступів у суміжних ординатах та за шириною колії (в умовних позначеннях після номеру проекту зазначена амплітуда з якою моделювався відступ).



а) відступи у плані; б) відступи за шириною колії.

Рис. 9. - Визначення допустимої швидкості руху при відступах у плані.

Далі були розроблені відповідні практичні рекомендації у вигляді ступенів несправностей за шириною колії та у плані з відповідними обмеженнями швидкості (табл. 1 та 2 відповідно). Перша ступінь – діючі допуски утримання; друга ступінь – перевищення по показникам допустимого впливу та безпеці руху відсутні; третя ступінь – перевищення по допустимому впливу на колію, показники безпеки руху в нормі; четверта ступінь – перевищення як допустимого впливу на колію так і показників безпеки руху.

Таблиця 1

Нормативи утримання за шириною колії бокового напрямку стрілочних переводів

Ділянка стрілочного переводу	Ступені несправностей			
	1	2*	3*	4**
	Допуски утримання	Допустима ширина колії, мм		
Боковий напрямок в межах вістряка	+6;-4	понад допуск до $\frac{1542}{1532}$ включно	понад $\frac{1542}{1532}$ до $\frac{1546}{1540}$ включно	понад $\frac{1546}{1540}$
Перевідна крива	+10;-4	понад допуск до 1546 включно		понад 1546
Допустимі швидкості руху, км/год	Встановлена		$\frac{25}{50}$	$\frac{5}{15}$

Примітки: у чисельнику - показники для стрілочних переводів з встановленої швидкістю по боковому напрямку 40-50 км/год, а в знаменнику - для діапазону 60-80 км/год.

* - Допустима ширина колії встановлена з врахуванням бокового зносу рейок.

** - У всіх випадках ширина колії з урахуванням бокового зносу рейок не повинна перевищувати 1548 мм

Таблиця 2

Нормативи утримання за напрямком у плані бокового напрямку стрілочних переводів

Встановлена швидкість руху, км/год	Ступені несправностей			
	1	2*	3*	4**
	Різниця відступів у суміжних ординатах (включно)			
40-50	±2	±8	±14	±20
60-80		±4	±8	±14
Допустимі швидкості руху, км/год	Встановлена		$\frac{25}{50}$	$\frac{5}{15}$

Примітки: у чисельнику - показники для стрілочних переводів з встановленої швидкістю по боковому напрямку 40-50 км/год, а в знаменнику - для діапазону 60-80 км/год.

* - Допустима різниця відступу у суміжних ординатах встановлена з врахуванням бокового зносу рейок.

** - Якщо величина відступу перевищує допустиму для 4 ступеня значення, то рух закривається.

Після розробки практичних рекомендацій щодо нормативів утримання бокового напрямку стрілочних переводів за шириною колії та у плані був визначений річний економічний ефекту від впровадження розроблених нормативів. Річний економічний ефект від удосконалення норм утримання колії в межах стрілочних переводів був визначений в відповідності за типовою методикою: «Методичні вказівки з визначення економічної ефективності нової техніки, винаходів та раціоналізаторських пропозицій на залізничному транспорті».

Впровадження розроблених у даній роботі нормативів при поточному утриманні колії надасть змогу скоротити обсяг стрілочних переводів боковий напрямом яких утримуються поза межами діючих нормативів утримання за шириною колії на 65%, а різницею відступу у суміжних ординатах на 50 %. Річний економічний ефект складає 23,59 млн. грн. за рахунок скорочення витрат на поточне утримання, при безумовному забезпеченні безпеки руху поїздів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі виконаних теоретичних та експериментальних досліджень вирішена важлива науково-технічна задача удосконалення нормативів утримання бокового напрямку стрілочних переводів за шириною колії та у плані. Отримані результати у сукупності мають суттєве значення для колійного господарства залізничного транспорту України.

Основні наукові результати, висновки та практичні рекомендації полягають у наступному.

1. Експлуатаційні дослідження засвідчили, що чинні допуски утримання колії в межах бокового напрямку не відповідають умовам експлуатації стрілочних переводів. Стрілочні переводи утримуються зі значними відступами від допусків утримання по ширині колії та ординатах перевідної кривої. В межах кожного стрілочного перевodu одночасно присутні відступи по ширині колії, у профілі та плані. Причини такого стану бокового напрямку обумовлені одночасним збігом двох факторів: значним рівнем бокового навантаження від рухомого складу на рейкові елементи та слабким опором конструкції проміжних скріплень залишковим деформаціям від цього навантаження. Крім того, діюча методика контролю ширини колії не дозволяє виявляти ділянки з максимальними відступами від допусків утримання.
2. Моделювання бокового напрямку стрілочних переводів у вигляді прямої ділянки з імітацією дії кривої ділянки, за рахунок вводу розрахункового відцентрового прискорення, що діє на кузов екіпажу, призводить до значних похибок (до 20% і більше) при моделюванні взаємодії колії та рухомого складу.
3. Застосування розробленої методики моделювання динамічного вписування екіпажу в межах бокового напрямку стрілочних переводів дозволяє підвищити точність теоретичних розрахунків взаємодії за рахунок якісного збігу результатів моделювання з експериментальними.
4. Зростання ширини колії з 1520 до 1546 мм в межах стрілки призводить до підвищення бокових сил на 26 - 41 %, а в межах перевідної кривої в середньому на 5 %, що вказує на недоцільність призначення однакових нормативів утримання за шириною колії для зазначених ділянок бокового напрямку. Встановлена швидкість руху по боковому напрямку стрілочних переводів суттєво впливає на зростання бокових сил в межах стрілки та нерівностей у плані, причому інтенсивність зростання сили значно вище для стрілочних переводів з встановленою швидкістю руху 60...80 км/год (35-87%) ніж для 40...50 км/год (25-30%). Врахування впливу встановленої швидкості руху на силову взаємодію колії та рухомого складу, при розробці нормативів утримання, дозволяє більш повно, в порівнянні з діючими, використовувати експлуатаційний ресурс конструкції стрілочного перевodu.
5. Критерієм, що лімітує допустиму ширину колії, є величина бокової сили. В межах стрілки допустима ширина колії, що не вимагає обмеження швидкості руху складає: для встановленої швидкості 40...50 км/год – 1542...1546 мм; для 60...80 км/год – 1530...1536 мм. В межах перевідної кривої ширина колії практично не впливає на силову взаємодію колії та рухомого складу. Критерієм, що лімітує відступи у плані є довжина ділянки втрати стійкості. Найменші допустимі відступи у плані, що не вимагають обмеження швидкості руху, отримані для порожнього

- піввагону: для встановленої швидкості 40...50 км/год – 8...10 мм; для швидкості 60...80 км/год – 4...5 мм.
6. Розроблені нормативи утримання бокового напрямку стрілочних переводів мають 4 ступені несправностей за шириною колії та у плані, причому 1-2 ступінь не вимагає обмеження швидкості руху, а 3-4 вимагає. Ширина колії нормується не допусками, а конкретною величиною, що дозволяє усунути неточності при встановленні в експлуатації допустимої швидкості руху. Встановлені допустимі відхилення за напрямком у плані в межах бокового напрямку, які вимагають закриття руху, що дозволяє підвищити рівень безпеки руху.
Розроблені нормативи дозволяють встановлювати допустимі швидкості руху по боковому напрямку стрілочних переводів в залежності від їх стану за шириною колії та у плані, тим самим підвищуючи експлуатаційний ресурс конструкції стрілочного переводу.
 7. Результати дисертаційної роботи прийнято до використання у вигляді рекомендацій по доповненню Додатка 8 «Допустимі швидкості руху поїздів» «Інструкції з улаштування та утримання колії залізниць України», ЦП/0269.
 8. Річний економічний ефект від впровадження розроблених нормативів при поточному утриманні залізничної колії в межах стрілочних переводів складає 23,59 млн. грн.

Основні положення та результати дисертації опубліковано у наступних роботах:

1. Рибкін, В. В. Особливості математичної моделі взаємодії колії та рухомого складу в межах стрілочного переводу [Текст] / В. В. Рибкін, К. Л. Каленик // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. тр-ту ім. акад. В. Лазряна, - 2009. -Вип. 30. - С. 204-207.
2. Рибкін, В. В. Вплив ширини колії в межах перевідної кривої звичайних стрілочних переводів на взаємодію колії та рухомого складу [Текст] / В. В. Рибкін, К. Л. Каленик // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. тр-ту ім. акад. В. Лазряна, - 2010. -Вип. 31. - С. 204-207.
3. Рибкін, В. В. Аналіз впливу відступів за шириною колії та за напрямком у плані в межах бокового напрямку стрілочних переводів за критеріями безпеки руху та впливу на колію [Текст] / В. В. Рибкін, К. Л. Каленик // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. тр-ту ім. акад. В. Лазряна, - 2010. -Вип. 34. - С. 116-122.
4. Рибкін, В. В. Експлуатаційні дослідження ширини колії та положення за напрямком у плані бокового напрямку стрілочних переводів [Текст] / В. В. Рибкін, К. Л. Каленик // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. тр-ту ім. акад. В. Лазряна, - 2010. -Вип. 35. - С. 129-134.
5. Рибкін, В. В. Нормативи утримання бокового напрямку стрілочних переводів по ширині колії та за напрямком у плані [Текст] / В. В. Рибкін, К. Л.

Каленик // Збірник наукових праць Донецького ін-ту залізн. тр-ту, - 2011. № 25. - С. 179-190.

Додаткові праці:

6. Рибкін, В. В. Особенности математического моделирования взаимодействия пути и подвижного состава в пределах стрелочного перевода [Текст] / В. В. Рибкін, К. Л. Каленик // Тези доповіді на 69 Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» ДНУЗТ 2009. - Д., 2009.

7. Рибкін, В. В. Совершенствование методики контроля положения стрелочных переводов в плане [Текст] / В. В. Рибкін, К. Л. Каленик // Сб. наук. праць. науково-практичної конференції ОАО «РЖД». Инфраструктура 2009. - М.: Интекст, 2009. - С. 79

8. Рибкін, В. В. Аналіз впливу ширини колії в межах стрілочних переводів на допустиму швидкість руху за критеріями безпеки руху та силової дії від рухомого складу на колію [Текст] / В. В. Рибкін, К. Л. Каленик // Тези доповіді на 70 Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» ДНУЗТ 2010. - Д., 2010.

9. Рибкін, В. В. Вплив нерівностей у плані на допустиму ширину колії в межах бокового напрямку стрілочних переводів [Текст] / В. В. Рибкін, К. Л. Каленик // Тези доповіді на 71 Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» ДНУЗТ 2011. - Д., 2011.

10. Каленик, К. Л. Обґрунтованість схеми укладання залізобетонних шпал замість непридатних дерев'яних [Текст] / К. Л. Каленик // Тези доповіді на 68 Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» ДНУЗТ 2008. - Д., 2008. - С. 133

11. Каленик, К. Л. Обґрунтованість схеми укладання залізобетонних шпал замість непридатних дерев'яних [Текст] / К. Л. Каленик // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. тр-ту ім. акад. В. Лазряна, - 2008. - Вип. 22. - С. 72-75.

12. Орловський, А. М. Оценка эффективности применения стрелочных переводов с криволинейной крестовиной [Текст] / А. М. Орловський, В. В. Рибкін, К. Л. Каленик // Тези доповіді на 71 Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» ДНУЗТ 2011. - Д., 2011. - С. 203

АНОТАЦІЯ

Каленик К.Л. Удосконалення нормативів утримання бокового напрямку стрілочних переводів за шириною колії та у плані. – **Рукопис.**

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

Дисертація присвячена удосконаленню нормативів утримання бокового напрямку стрілочних переводів за шириною колії та у плані шляхом врахування особливостей взаємодії колії та рухомого складу, які не враховані в чинних нормативах.

Досліджено натурний стан бокового напрямку стрілочних переводів на залізобетонних брусах марки 1/11 та 1/9 за шириною колії, напрямком у плані і профілі.

Розроблено методику моделювання динамічного вписування екіпажу в перевідні криві реального окреслення в плані.

Визначено вплив стану бокового напрямку стрілочних переводів за шириною колії та у плані на взаємодію колії та рухомого складу в залежності від встановленої швидкості руху.

Розроблено нормативи утримання бокового напрямку стрілочних переводів по ширині колії та у плані за критеріями безпеки руху та впливу на колію.

Ключові слова: стрілочний перевід, боковий напрямок, ширина колії, план колії, безпека руху, вплив на колію, нормативи утримання.

АННОТАЦИЯ

Каленик К.Л. Усовершенствование нормативов содержания бокового направления стрелочных переводов по ширине колеи и в плане. - **Рукопись.**

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

Диссертация посвящена усовершенствованию нормативов содержания бокового направления стрелочных переводов по ширине колеи и в плане путем учета особенностей взаимодействия пути и подвижного состава, которые не учтены в действующих нормативах.

Анализ теоретических и экспериментальных исследований по определению влияния ширины колеи и положение в плане стрелочных переводов на взаимодействие пути и подвижного состава выявил ряд недостатков: отсутствие одновременного учета возможности совпадения неровностей в плане и профиле; отсутствие исследований для порожнего полувагона; ввод геометрии бокового направления при моделировании с помощью лишь кривизны.

В действующих нормативах содержания существует норма и допуски содержания по ширине колеи и в плане, а степени отступления от допусков содержания отсутствуют. Кроме того для отступлений в плане отсутствует предельное допустимое, с точки зрения безопасности движения, значение.

Указанные выше результаты показали необходимость проведения исследований по определению влияния состояния бокового направления стрелочных переводов по ширине колеи и в плане на безопасность движения и воздействие подвижного состава на путь. При этом особое внимание необходимо

уделять характеру изменения показателей взаимодействия в зависимости от состояния по ширине колеи и в плане.

Исследования натурального положения бокового направления стрелочных переводов на железобетонных брусках марки 1/11 и 1/9 по ширине колеи, направлению в плане и профиле свидетельствуют о существенных отступлениях от допусков содержания.

Анализ соответствия натурального состояния бокового направления стрелочных переводов по ширине колеи и в плане действующим нормативам содержания показал несоответствие действующих нормативов условиям эксплуатации.

Результаты эксплуатационных исследований показали корреляционную связь, характеризующуюся по критерию значимости как очень существенная, между отступлениями по ширине колеи и в плане в 40...46 % обследованных стрелочных переводов. Указанное обстоятельство было учтено при разработке нормативов содержания.

Разработана методика моделирования динамического вписывания экипажа в переводные кривые реального очертания в плане, которая лягла в основу пространственной математической модели взаимодействия пути и подвижного состава в пределах бокового направления стрелочных переводов. В данной методике усовершенствован ввод бокового направления. Боковое направление вводится с помощью ординат обеих рельсовых нитей. Математическая модель была апробирована в пределах бокового направления стрелочных переводов по результатам экспериментальных динамико-прочностных испытаний стрелочного перевода проекта Дн345 марки 1/11. Апробация показала хорошую сходимость как численных так и качественных результатов моделирования с экспериментальными.

Особое внимание в работе уделено вопросам влияния состояния бокового направления стрелочных переводов по ширине колеи и в плане, а также скорости движения и центробежного ускорения на взаимодействие пути и подвижного состава. Данная задача решалась теоретически, с помощью разработанной и верифицированной математической модели. По результатам данного этапа обосновано: необходимость контроля ширины колеи по характерным участкам бокового направления стрелочных переводов: стрелка и переводная кривая; целесообразность учета установленной скорости движения по боковому направлению стрелочных переводов при разработке нормативов содержания по ширине колеи и в плане.

Исследования по совершенствованию нормативов содержания бокового направления стрелочных переводов показали необходимость учета совпадения неровностей в плане и профиле. Показателем взаимодействия, лимитирующим допустимую ширину колеи, является боковая сила, а касательно положения в плане – критерии безопасности движения для порожнего вагона.

Разработанные нормативы учитывают возможность содержания пути в пределах бокового направления стрелочных переводов с отступлениями от допусков по ширине колеи и в плане. Кроме того нормирование ширины колеи производится по конкретным значениям, что дает возможность значительно

упростить процесс установления допустимой ширины колеи для каждого конкретного проекта стрелочного перевода. Впервые в нормативах по положению в плане определены предельно допустимые значения после превышения которых движение по стрелочному переводу закрывается. Как для ширины колеи так и для положения в плане учтена установленная скорость движения по стрелочному переводу, что дало возможность установить различные величины отступления, исходя из влияния скорости на силовое взаимодействие.

Годовой экономический эффект от внедрения разработанных нормативов содержания бокового направления стрелочных переводов по ширине колеи и в плане составляет 23,59 млн. грн. Полученный экономический эффект достигается за счет сокращения затрат рабочей силы на текущее содержание стрелочных переводов.

Ключевые слова: стрелочный перевод, боковое направление, ширина колеи, план пути, безопасность движения, воздействие на путь, нормативы содержания.

ANNOTATION

Kalenyk K. L. Improving standards in the maintenance side switches for gauges and in the plan. - Manuscript.

Thesis for the degree of Ph.D. in the specialty 05.22.06 - railways, Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Dnepropetrovsk, 2011.

The thesis is dedicated to improving standards in the maintenance side switches and gauges on the plan by taking into account the peculiarities of interaction of track and rolling stock that are not reflected in existing regulations.

Investigated the state of full scale lateral direction switches on reinforced concrete bars mark 1 / 11 and 1 / 9 the width of the track direction in the plan and profile.

A method for modeling dynamic crew in bridging the real definition of curves in the plan.

The influence of lateral direction switches for gauges and in terms of interaction of track and rolling stock, depending on the set speed. Norms of maintenance of the lateral direction switches and track width in terms of criteria for safety and impact on the track.

Key words: the switch, side direction, track width, track plan, traffic safety, influence on the track, maintenance standards

КАЛЕНИК КОСТЯНТИН ЛЕОНІДОВИЧ

**УДОСКОНАЛЕННЯ НОРМАТИВІВ УТРИМАННЯ БОКОВОГО
НАПРЯМКУ СТІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ ЗА ШИРИНОЮ
КОЛІЇ ТА У ПЛАНІ**

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Формат паперу 60x48 1/16. Ум. друк. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 1,0.
Тираж 100.

Дніпропетровський національний університет залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна.

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