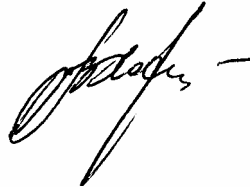


МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Харлан Володимир Іванович



УДК 625.113: 656.221.1

**ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ ШВИДКОСТЕЙ РУХУ ПАСАЖИРСЬКИХ
ПОЇЗДІВ НА ДІЛЯНКАХ МІЖНАРОДНИХ ТРАНСПОРТНИХ КОРИДОРІВ**

Спеціальність 05.22.06 – залізнична колія

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

Дніпропетровськ - 2010

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі „Колія та колійне господарство” Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства транспорту та зв'язку України.

- Науковий керівник** — доктор технічних наук, професор
РИБКІН Віктор Васильович,
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства транспорту та зв'язку України, завідувач кафедри “Колія та колійне господарство”, м. Дніпропетровськ.
- Офіційні опоненти** — доктор технічних наук, професор
Даніленко Едуард Іванович,
Державний економіко-технологічний університет транспорту Міністерства транспорту та зв'язку України, професор кафедри «Реконструкція та експлуатація залізниць і споруд», м. Київ.
- кандидат технічних наук, доцент
Шраменко Володимир Павлович,
Українська державна академія залізничного транспорту Міністерства транспорту та зв'язку України, завідувач кафедри «Колія та колійне господарство», м. Харків.

Захист відбудеться «__» _____ 2010 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: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Акад. В. Лазаряна, 2, ауд. 314.

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

Автореферат розісланий “__” _____ 200_ р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради Д 08.820.01,
д. т. н., професор

М. О. Костін

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Актуальною проблемою для України є інтеграція залізничного транспорту в загальноєвропейську транспортну мережу. Однак на сьогоднішній день міжнародні транспортні коридори в межах України не забезпечують необхідний рівень швидкості, комфортності пасажирів, термінів доставки. Вигідне, з погляду транспортних перевезень, геополітичне розташування України не використовується повною мірою.

В Україні розгорнуто широкомасштабну реалізацію перспективних програм. Серед них – організація пасажирських перевезень, пов'язаних із проектом «ЄВРО-2012».

Потенційні можливості країни у справі залучення додаткових міжнародних транспортних потоків досить великі і радикальним заходом, що може забезпечити як внутрішні, так і міжнародні пасажирські перевезення є створення швидкісної мережі залізничних магістралей з виходом на європейську мережу і країни СНД.

Впровадження прискореного руху (140...160 км/год) для українських залізниць – минулий етап. У 2002 році було відкрито рух денних експресів на напрямку Київ-Харків, у 2003 році – на напрямку Київ-Дніпропетровськ, з 2005 року між Києвом і Москвою курсує “Столичний експрес”, з 2007 року між Києвом і Львовом – „Київський експрес”. На вище вказаних напрямках найбільша маршрутна швидкість становить 88...92 км/год, що в 1,3...1,5 рази нижче ніж у сусідніх країнах. Досягти більшої маршрутної швидкості тільки за рахунок перерозподілу поїздопотоків на мережі, вдосконалення графіка руху поїздів, раціонального використання наявних технічних засобів неможливо, а тому необхідно впроваджувати більш дорогі заходи – модернізацію залізниць, що включає заміну колійної інфраструктури, перебудову кривих.

Організація швидкісного руху (160...200 км/год) для України найближча перспектива. Але умови роботи європейських і українських залізниць суттєво відрізняються, що вимагає додаткових досліджень, змін відповідних нормативів і підходів до реалізації програм. Необхідність скорочення терміну доставки вантажів і пасажирів, усунення постійно діючих і тривалих обмежень швидкості руху поставила перед практиками і науковцями задачу визначення рівня раціональної швидкості на перегонах і станціях. Аналіз напрацювань попередніх дослідників показав, що в умовах всесвітньої економічної кризи ряд пропозицій і підходів до вирішення проблеми потребують корінних змін.

Розв'язанню вказаних задач цієї важливої проблеми і присвячена дисертаційна робота.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана відповідно до головних напрямків розвитку транспорту України, які сформульовані у «Програмі створення та функціонування національної мережі міжнародних транспортних коридорів в Україні» (Постанова Кабінету Міністрів України від 20.03.98 за № 346) та «Концепції впровадження швидкісного та високошвидкісного руху пасажирських поїздів на залізницях України в 2005-2015 роках», затвердженій Міністерством транспорту та зв'язку України. Обраний

напрямок досліджень зв'язаний також з виконанням науково-дослідних робіт у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна згідно з планом НДДКР Укрзалізниці, де дисертант виступав у якості відповідального виконавця і є автором нормативних документів і звітів наведених науково-дослідних робіт:

„Норми допустимих швидкостей руху рухомого складу по залізничних коліях державної адміністрації залізничного транспорту України шириною 1520 (1524) мм” (затверджені наказом №72-Ц від 21.03.2003 р.), „Оптимізація стратегії підвищення швидкостей руху пасажирських поїздів на ділянці П'ятихатки-Дніпропетровськ” (договір з Придніпровською залізницею Пр/П-06175/НЮ від 02.02.2003 р., номер держреєстрації 0103U007767), „Розробка рекомендацій щодо підвищення пропускної й провізної спроможності напрямку Лозова-Севастополь (договір з Придніпровською залізницею Пр/П-06176/НЮ від 01.02.2006 р., номер держреєстрації 0107U003009), „Визначення швидкості руху поїздів в кривих ділянках колії на напрямку Красне-Тернопіль-Підволочиськ” (договір з Тернопільською дистанцією колії № 29/Л/ПЧ-8-0819 від 03.04.2008 р., номер держреєстрації 0109U002991).

Тема дисертації відповідає галузевій програмі модернізації колійного господарства та організації швидкісного руху поїздів на основних напрямках міжнародних транспортних коридорів.

Мета роботи. Обґрунтування раціональної стратегії перебудови залізничних напрямків для підвищення швидкості руху пасажирських поїздів, що в реальних умовах експлуатації забезпечує максимальне скорочення часу руху і мінімальні витрати на перебудову залізничної колії.

Задачі досліджень.

1. Встановити передумови щодо можливостей підвищення швидкості руху поїздів і визначити об'єкти дослідження – ділянок транспортних коридорів як елементів системи з урахуванням взаємозв'язків між ними.

2. Провести теоретичні й експериментальні дослідження силової дії рухомого складу на колію, комфортабельності та плавності руху поїздів в кривих.

3. Доповнити й відкорегувати технічні вимоги і норми до проектування реконструкції плану існуючих магістралей при впровадженні швидкісного руху з урахуванням особливостей роботи українських залізниць.

4. Вдосконалити існуючу методику визначення раціональної швидкості руху поїздів в залежності від інфраструктури і технічного стану залізничної колії.

5. Встановити сферу застосування рухомого складу з примусовим нахилом кузовів вагонів і, на цій основі, можливості підвищення швидкості руху поїздів на конкретних ділянках залізниць України.

6. Розробити оптимальну стратегію перебудови існуючих залізниць з використанням нових математичних моделей, що враховує сучасне фінансове положення при обмеженому інвестуванні проектів і життєвий цикл роботи залізничної колії.

Об'єкт дослідження – процес вибору раціональних швидкостей руху пасажирських поїздів.

Предмет дослідження – ділянки залізниці, що підлягають реконструкції з метою впровадження раціональних швидкостей руху.

Методи досліджень. В роботі використовували основні положення системного аналізу, статистичний аналіз і натурні спостереження для визначення параметрів плану й поздовжнього профілю, методи математичного моделювання, динамічний натурний експеримент. Обробку даних проводили з використанням програм Microsoft Excel, Statistica, Maple.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Знайшов подальший розвиток метод визначення раціональної швидкості руху поїздів, у якому на відміну від існуючих методів використано системний підхід, що враховує взаємозв'язок наявного стану колійної інфраструктури, тип і характеристики існуючого і перспективного рухомого складу. Такий підхід дозволяє отримувати раціональне рішення для кожного напрямку з урахуванням його особливостей.
2. Запропоновані доповнення до існуючої методики розрахунку допустимої швидкості руху в кривих і визначення підвищення зовнішньої рейки, які дозволяють враховувати експлуатацію рухомого складу з примусовим нахилом кузова вагонів.
3. Вперше розроблено і впроваджено оптимальну стратегію перебудови існуючих ділянок залізниць, яка базується на математичних моделях, що враховує сучасне фінансове положення (обмежене інвестування проектів) і життєвий цикл роботи залізничної колії і дозволяє отримати максимальне скорочення часу руху поїздів при мінімальних фінансових витратах.
4. Вперше в Україні дано обґрунтоване наукове визначення раціональної швидкості руху поїздів, впровадження якої дозволяє забезпечити оптимальне співвідношення між витратами на її реалізацію і отриманим прибутком.

Практичне значення отриманих результатів.

1. Нові методи, положення і результати досліджень використані при розробці й виданні нормативного документу Укрзалізниці „Норми допустимих швидкостей руху рухомого складу по залізничних коліях державної адміністрації залізничного транспорту України шириною 1520 (1524) мм” / наказ №72-Ц від 21.03.2003 р.– К., 2004. – 51 с.
2. Доповнені і відкориговані технічні вимоги і норми до проектування реконструкції плану існуючих магістралей при впровадженні швидкісного руху, які враховують особливості роботи українських залізниць в нових умовах.
3. Із застосуванням запропонованих автором нових підходів до вирішення поставлених в дисертації завдань і розроблених ним моделей встановлено раціональні рівні швидкостей на перегонах і станціях, визначені першочергові ділянки для впровадження швидкісного руху на напрямках П'ятихатки-Дніпропетровськ, Лозова-Симферополь Придніпровської залізниці, Львів-Підволочиськ Львівської залізниці, що дає можливість на 15...25 км/год збільшити маршрутну швидкість пасажирських поїздів.

4. Наукові результати використовуються під час проведення навчальних занять з підвищення кваліфікації керівників та фахівців Придніпровської і Львівської залізниць.

Особистий внесок здобувача. Постановку мети і задачі досліджень виконано разом з науковим керівником. Усі наукові положення, розробки й результати досліджень, що виносяться на захист, отримано особисто автором.

У публікаціях, в яких відображено основні результати дисертації і які написані в співавторстві, автору дисертації належить: у [1] – сформульована постановка задачі для визначення ефективних перегонів і послідовності виконання робіт з модернізації; у [2] – розроблено методику для визначення найбільш ефективних перегонів і послідовності виконання робіт із реконструкції залізниці; у [3] – запропоновано методику обґрунтування параметрів плану лінії з використанням моделей пасажирського і вантажного вагонів; у [5] – розроблено алгоритм для визначення допустимих швидкостей в кривих поїздів з примусовим нахилом кузовів вагонів; у [6] – проведено аналіз розрахунків і надано практичні рекомендації щодо перебудови бар'єрних місць, які стримують підвищення швидкості руху поїздів.

Робота [4] написана автором самостійно.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати роботи доповідалися й отримали схвалення на наступних міжнародних науково-практичних конференціях: «Проблеми безпеки на транспорті», Білорусь, БелГУТ, жовтень 2002 р.; присвяченій 90-річчю професора М. А. Фрішмана «Проблеми взаємодії колії та рухомого складу», Дніпропетровськ, ДІТ, жовтень 2003 р.; «Проблеми механіки залізничного транспорту», Дніпропетровськ, ДІТ, травень, 2004 р.; «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту», Дніпропетровськ, ДІТ, березень 2005 р.; «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту», Дніпропетровськ, ДІТ, березень 2006 р.; «Проблеми механіки залізничного транспорту: Безпека руху, динаміка, міцність рухомого складу та енергозбереження», Дніпропетровськ, травень, 2008; «Устройство и содержание пути и подвижного состава при тяжеловесном и скоростном движении поездов» «Колесо-рельс» Москва, ОАО «ВНИИЖТ», октябрь 2008; „Проблеми економіки транспорту”, Дніпропетровськ, ДІТ, травень, 2009; 67-й, «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту», Дніпропетровськ, ДІТ, травень 2009 р. У повному обсязі дисертація доповідалася у жовтні 2009 року на міжкафедральному науковому семінарі кафедр «Колія та колійне господарство», «Проектування і будівництво доріг», «Локомотиви і тяговий рухомий склад», «Мости, будівельне виробництво та геодезія» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна.

Публікації. Основний зміст дисертації опубліковано у 14 наукових працях, у тому числі 7 – у фахових виданнях, 7 – у матеріалах конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновку, переліку використаної літератури і чотирьох додатків. Основний текст роботи викладено на 151 сторінці. Дисертація містить 72 рисунки

і 30 таблиць. Список літератури з 116 найменувань, приведено на 13 сторінках, додатки – на 30 сторінках. Повний обсяг дисертації складає 199 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету і задачі досліджень, приведені основні наукові положення і результати, що винесені на захист, а також подано відомості про практичне значення результатів роботи, апробацію і публікацію матеріалів досліджень.

У **першому розділі** узагальнено багаторічний досвід щодо розвитку швидкісного залізничного транспорту за кордоном, проаналізовано сучасні підходи до організації швидкісного руху поїздів в Україні.

Науково-технічним вирішенням цього питання займаються фахівці залізниць, проектних інститутів, транспортних вузів України. Аналіз напрацювань за останні два роки показав, що в умовах всесвітньої економічної кризи ряд пропозицій і підходів до розв'язання проблеми потребують корінних змін.

За існуючими нормативами до категорії швидкісних належать ділянки залізниць, де поїзд хоча б на одному перегоні розвиває максимальну швидкість у межах від 160 до 200 км/год. У сучасних умовах такий підхід не можна вважати задовільним, оскільки кінцевий результат перевезення визначається не максимальною, а маршрутною швидкістю. Тому не правильно проводити оптимізацію по визначенню об'єктів, що підлягають реконструкції, орієнтуючись тільки на максимальну швидкість. Проведений аналіз графіків руху швидких поїздів між обласними центрами показав, що в даний час маршрутна швидкість складає $(0,48...0,53)V_{\max}$, що являється низьким показником. Співвідношення маршрутної швидкості до максимальної за кордоном складає 0,70...0,90.

З урахуванням вище викладеного, одне із головних завдань цієї роботи полягає в виборі раціональних швидкостей руху поїздів, тобто такого її рівня, при якому витрачені інвестиції на реконструкцію окупляться за рахунок доходів від перевезень. Впровадження в Україні швидкісного сполучення вимагає відповідних рішень як по пасажирському, так і по вантажному руху на таких напрямках як Львів-Київ, Київ-Дніпропетровськ, Київ-Харків, Київ-Москва, Харків-Сімферополь. Для вирішення цього питання Укрзалізницею з 2007 року проводиться робота по спеціалізації напрямків. Комплексні дослідження технічних, економічних і соціальних проблем підвищення швидкості руху поїздів у різні роки проводили і проводять науково-дослідні інститути й вищі навчальні заклади. Вирішення різних задач цієї багатопланової проблеми займалися професори В. Г. Альбрехт, С. В. Амелін, В. І. Ангелейко, Є. П. Блохін, А. А. Босов, М. Ф. Вериго, Б. Е. Глюзберг, Е. І. Даніленко, В. Д. Данович, О. П. Єршков, М. І. Карпущенко, М. Б. Курган, В. І. Новакович, В. О. Певзнер, В. В. Рибкін, Є. С. Свінцов, Е. М. Сокіл; І. В. Турбін; кандидати технічних наук В. І. Євграфов, М. І. Карпов, І. П. Корженевич, Д. М. Курган, О. М. Патласов, Л. З. Прасов; за кордоном – Н. Балух, Ф. Бірман, К. Мацубара, А. Тіль та ін.

Приймаючи все те позитивне, що було накопичено в дослідженнях вчених країн СНД і світу з організації швидкісного руху поїздів, поставлені в

дисертаційній роботі задачі вирішувались з урахуванням особливостей роботи залізниць у межах України, працездатності і життєвого циклу роботи залізничної колії.

У другому розділі теоретично і чисельно досліджено вплив параметрів плану і технічного стану колії на допустимі швидкості руху поїздів. Рівень допустимої швидкості залежить перш за все від параметрів плану лінії.

Методи, які використовують сьогодні в дистанціях колії для визначення фактичних параметрів кривих недосконалі, оскільки в кінцевий результат привноситься суб'єктивність, кваліфікація виконавця та інші фактори. Геометричні параметри кривих, що вказані на поздовжньому профілі, часто не відповідають фактичним даним, а якраз параметри і стан кривих впливають на визначення рівня максимальної швидкості.

В роботі проаналізовано різні способів зйомки залізничних кривих, для чого проведено статистичне й математичне моделювання процесів зйомки і дано порівняння їх точності. Еталонна крива була представлена у вигляді математичних рівнянь: перша перехідна крива $y = \frac{x^3}{6RL_1}$, кругова крива

$$y = \frac{1}{R} \left[\frac{L_1^2}{6} + \frac{L_1}{2} (x - L_1) + \frac{(x - L_1)^2}{2} \right], \quad \text{друга} \quad \text{перехідна} \quad \text{крива}$$

$$y = \frac{1}{R} \left[\frac{L_1^2}{6} + \frac{L_1 L_0}{2} + \frac{L_0^2}{2} + \left(\frac{L_1}{2} + L_0 \right) (x - L_1 - L_0) + \frac{(x - L_1 - L_0)^2}{2} - \frac{(x - L_1 - L_0)^3}{6L_2} \right].$$

Для наближення кривої до реального стану модель була ускладнена за рахунок синусоїдних нерівностей в плані $Y = y + \sum_{i=1}^3 A_i \sin k_i x$ з різними параметрами (рис. 1).

На рис. 2 показано графіки математичної кривизни (f_n) і кривизни, отриманої за допомогою моделювання зйомки методом стріл (f). Для оцінки точності вимірювань прийнято показник суми квадратів похибки між фактичним та виміряним значенням стріл. Встановлено, що кожен з розглянутих методів зйомки не дає абсолютно точної інформації з кривизни кривої навіть без урахування можливих похибок інструменту, людського фактору та ін. За прийнятим критерієм найменшу похибку можна отримати використовуючи метод

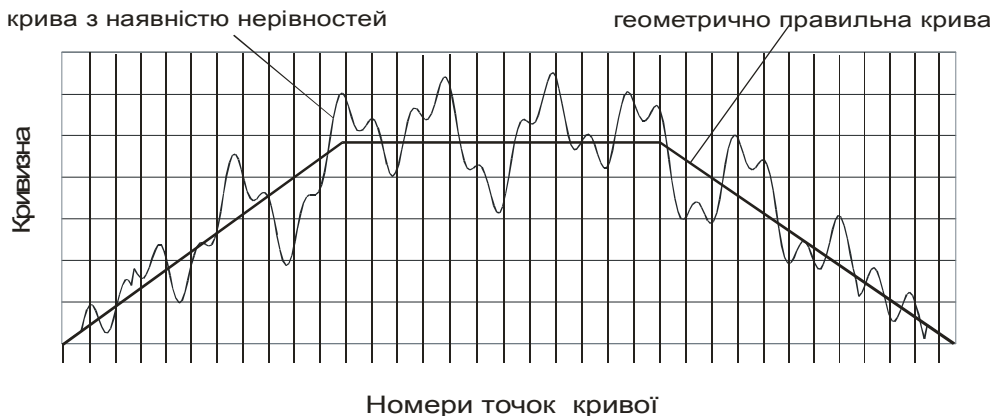


Рисунок 1 – Графіки кривизни колії в плані

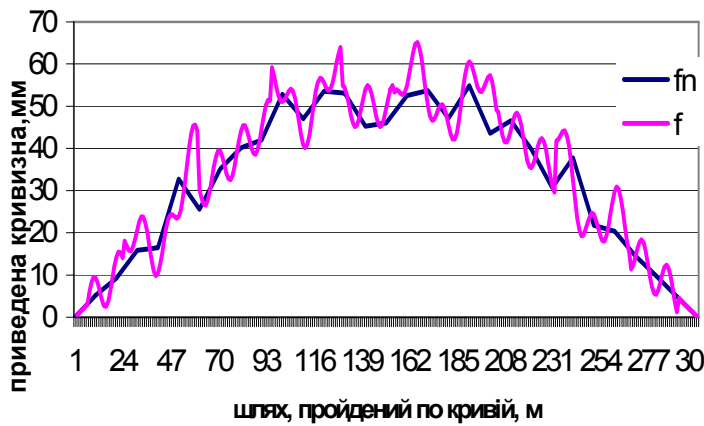


Рисунок 2 – Приведена кривизна колії в плані

виділено на кривій чотири характерних ділянки: перша – перехідна крива, друга ділянка – сполучення перехідної з круговою кривою з наявністю кута у плані, третя ділянка – не виправлена кругова крива, четверта ділянка – плавна кругова крива. Виміри сил проводили за загально прийнятою методикою проведення натурних експериментів: вертикальні сили вимірювали за допомогою вертикальних датчиків, встановлених на шийці рейки, горизонтальні сили визначали методом, запропонованим професором О.П. Єршковим, на основі вимірів кромочних напружень у трьох характерних точках перетину рейки. На підставі даних, отриманих за результатами експерименту, були побудовані графіки залежності середніх значень амплітуди коливань, дисперсії амплітуди та середніх значень ординат від швидкості руху для чотирьох ділянок кривої. Для прикладу, на рис. 3 наведено графіки горизонтальних прискорень для різних рівнів швидкості. Аналіз отриманих в експерименті результатів дозволив зробити такі висновки:

- максимальні горизонтальні прискорення спостерігаються на ділянці розладнаної перехідної кривої, а максимальні горизонтальні сили – на ділянці розладнаної кругової кривої;
- найменші значення прискорень і сил спостерігаються на ділянці, яка утримується відповідно до встановлених норм;
- на величину вертикальної сили стан кривої впливає несуттєво і величина цієї сили знаходиться в діапазоні 75...85 кН;
- значення амплітуди і дисперсії горизонтальних прискорень збільшуються при підвищенні швидкості руху.

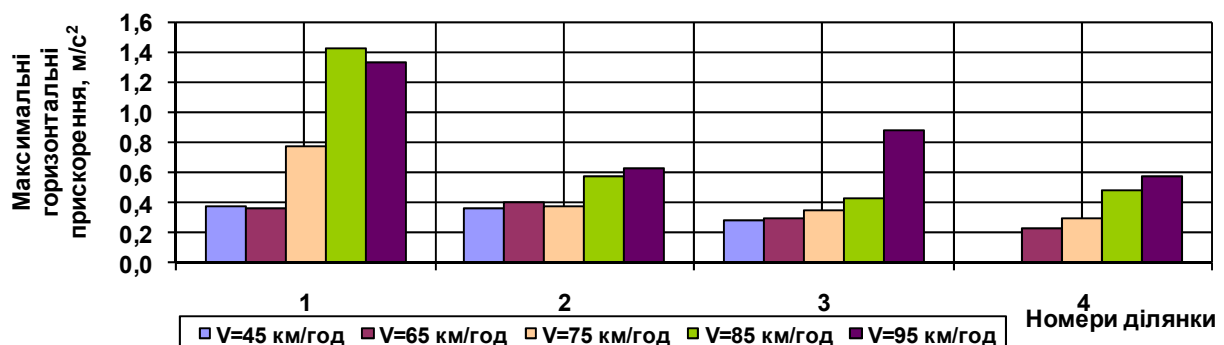


Рисунок 3 – Максимальні спостережені значення горизонтальних прискорень екіпажу

стріл, але за іншими параметрами, наприклад, за точністю кута повороту, результат порівняння може бути іншим.

Для дослідження характеру коливань екіпажів і горизонтальних сил, характеристик входу екіпажу в криву і виходу з кривої був проведений експеримент на перегоні Ігрен-Іларіонове Придніпровської залізниці.

Для подальших досліджень було

У *третьому розділі* досліджено особливості роботи колії в кривих на швидкісних ділянках залізниць. У якості оціночних розглядали показники міцності і стійкості колії, непогашені прискорення і комфорт пасажирів. Ці показники визначали теоретичними розрахунками та вимірювали в натурному експерименті. При виконанні розрахунків була використана математична модель і програма обчислень, розроблена в ДПТі під керівництвом професора В.Д. Дановича, за допомогою якої визначали переміщення, сили і прискорення при русі вагонів по інерційній пружно-дисипативній залізничній колії з вертикальною і горизонтальною нерівностями для різних екіпажів, рівнів швидкості, підвищення зовнішньої рейки і радіусів кривих. Вихідними даними для моделювання руху були геометричні й динамічні параметри вагона і колії. Крім того, задавали положення вісі колії в горизонтальній (план) і вертикальній (підвищення зовнішньої рейки) площинах і швидкість руху. Прийнято, що переміщення колісної пари у вертикальній площині відбувається без відриву від рейок.

Результатом розв'язання системи рівнянь на кожному кроці є лінійні й кутові переміщення всіх розглянутих тіл q_i , їхні швидкості $\frac{dq_i}{dt}$ і прискорення $\frac{d^2q_i}{dt^2}$. У залежності від поставленої задачі розглядали динаміку конкретного процесу (наприклад, горизонтальні прискорення кузова вагона) по довжині ділянки. Використовуючи методи статистичної обробки, отримані узагальнені характеристики: середнє значення, середньоквадратичне відхилення, спектр коливань за частотою чи амплітудою та ін.

Для знаходження бічної сили, що діє на рейки з боку коліс і рамних сил, що діють на колісні пари, обчислювали направляючу силу, що являє собою реакцію рейки на загальний опір повороту візка (екіпажа) при русі по кривій. Визначення цієї сили відноситься до класу задач геометричного вписування. Для візкових екіпажів найбільш типовим є перекисне положення, що змінюється після кожного імпульсу в зоні контакту гребеня колеса з рейками.

При відомих направляючих силах HN , бічні HB і рамні сили HR визначали за формулами:

$$HB_{(i,j,k)} = HN_{(i,j,k)} - Y_{(i,j,k)} \quad , \quad (4)$$

$$HR_{(i,j)} = HN_{(i,j,k)} - \sum_{k=1}^2 Y_{(i,j,k)} \quad , \quad (5)$$

де i – номер візка, j – номер колісної пари у візку, k – сторона (1 – ліва, 2 – права, якщо дивитися на вагон позаду);

$Y_{(i,j,k)}$ – поперечні сили тертя між рейкою і лівим чи правим колесом відповідної колісної пари і візка.

Крім бічних сил, було проаналізовано цілий спектр різних динамічних показників, отриманих при моделюванні просторових коливань пасажирського і вантажного вагона:

- $k_{VD(i,j,k)}$ – коефіцієнт вертикальної динаміки колії по силам взаємодії коліс з рейками (відношення динамічної добавки вертикальної сили до статичного тиску колеса на рейку);
- $k_{GD(i,j,k)}$ – коефіцієнт горизонтальної динаміки колії по горизонтальним силам взаємодії коліс з рейками;
- $SI_{(k)}$ – кромочні напруження в підшві рейки під колісьми першої колісної пари;
- $F_{(k)}$ – фактор зносу бічної грані бандажа колеса першої колісної пари першого візка;
- $\Pi_{(k)}$ – показник зносу поверхні кочення колеса першої колісної пари першого візка;
- $k_{VKO(i,j)}$ – коефіцієнт стійкості від сповзання колеса на рейку.

Програма здійснює інтегрування системи диференціальних рівнянь у процесі руху вагона на ділянці колії 100 м. Після виключення на довжині близько 50 м перехідного процесу, виконується розрахунок екстремальних і статистичних характеристик найбільших значень сил, переміщень і прискорень, що виникають при русі вагона по реальних нерівностях колії.

Для кожного з динамічних показників визначали:

- мінімальні значення F_{\min} і абсциса колії, при якій досягнуте X_{\min} ;
- максимальні значення F_{\max} і відповідна абсциса колії X_{\max} ;
- середнє значення показника на даній ділянці M ;
- дисперсія D ;
- середньоквадратичне відхилення S ;
- максимально ймовірне значення, що дорівнює $|M| + 2,5 * S$.

При підвищенні швидкостей руху поїздів зростає динамічний вплив на колію рухомого складу, в зв'язку з чим має місце зростання вертикальних і горизонтальних сил і, як наслідок, напружень в кромках підшви рейок. Наведені показники використовували як критерії для встановлення допустимих швидкостей.

На рис. 4 і 5 у чисельнику вказана величина підвищення зовнішньої рейки, в знаменнику – довжина перехідної кривої, а в квадратних дужках – максимально допустиме значення відповідного показника.

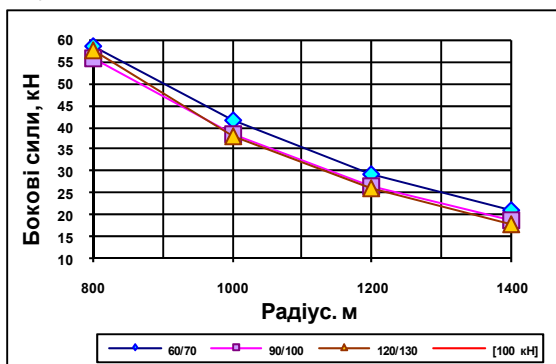


Рисунок 4 – Залежність бокових сил від радіусу кривої

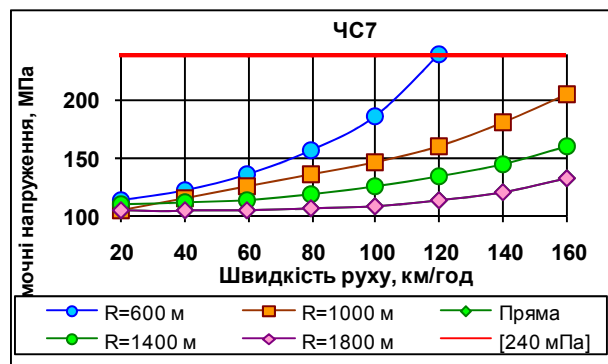


Рисунок 5 – Зміна коефіцієнту горизонтальної динаміки електровозу

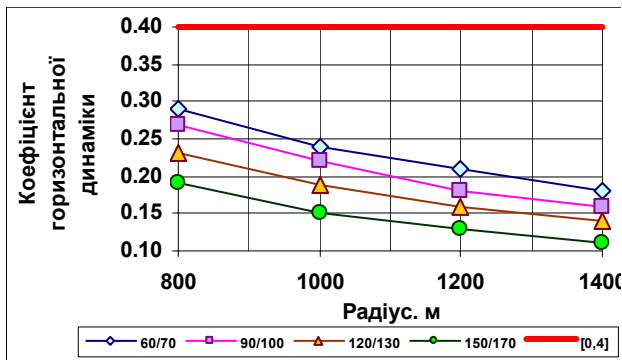


Рисунок 6 – Зміна коефіцієнту горизонтальної динаміки електровозу

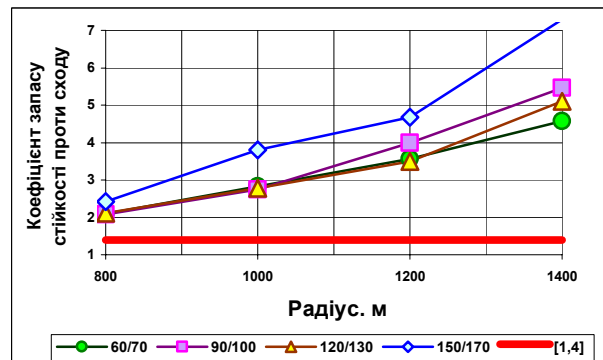


Рисунок 7 – Зміна коефіцієнту стійкості проти вкочування колеса електровозу на рейку

Аналіз графіків показав, що значення кромочних напружень інтенсивно зростають при підвищенні швидкості руху і досить точно апроксимуються поліномом 4-ї степені. Перехід до швидкісного руху призводить до збільшення напружень в середньому в 1,3 рази, але в кривих радіусом 1000 м і більше максимальні напруження не перевищують допустимих значень. Коефіцієнт горизонтальної динаміки, кромочні напруження, бокові сили та ін. показники були використані при обґрунтуванні мінімального радіуса кривих, для вибору підвищення зовнішньої рейки від потоку поїздів різних категорій тощо.

Стосовно напрямку Львів-Підволочиськ-Київ здобувачем виконано обґрунтування мінімального радіуса кривих. Методика враховує умови роботи колії, швидкість руху, спектр динамічних показників, а також вартість уположення кривих, що зв'язана з переносом вісі колії на нову трасу. На рис. 8 показано взаємозв'язок радіуса кривої з підвищенням зовнішньої рейки в кривій для пасажирських і вантажних поїздів.

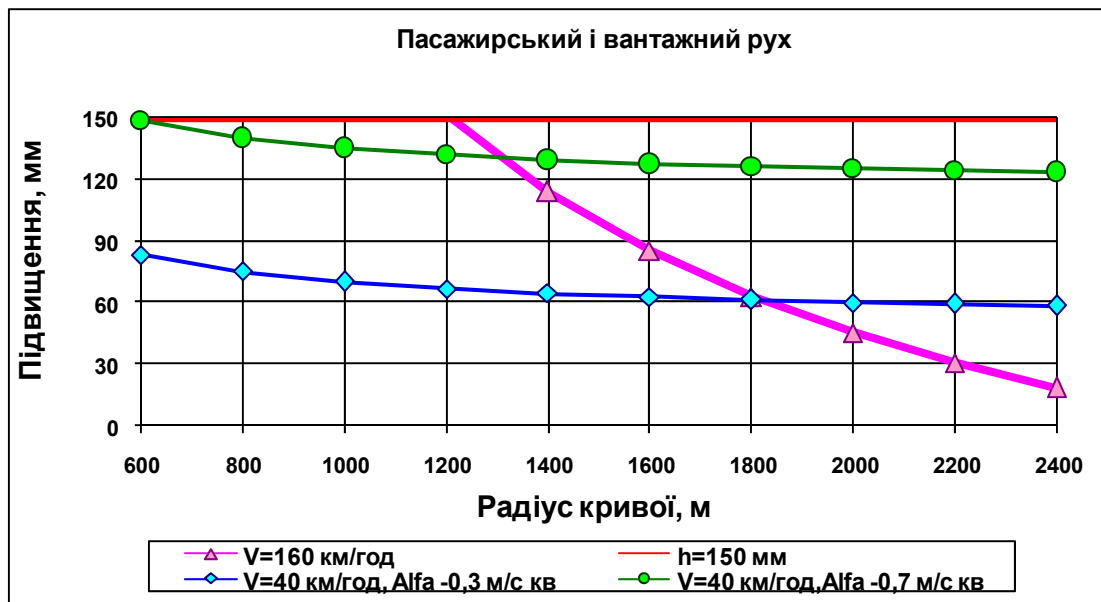


Рисунок 8 – Графіки зміни підвищення зовнішньої рейки ($V_{nac} = 160$ км/год, $V_{ван} = 40$ при $\alpha_{нп} = -0,3$ та $-0,7$ км/с²)

При великій розбіжності в швидкостях руху пасажирських (160 км/год) і вантажних (40 км/год) поїздів максимально допустима швидкість може бути реалізована тільки в кривих радіусом $R \geq 1800$ м при $\alpha_{нп}^{nac} = 0,7$ м/с² за умови

комфортабельної їзди і $\alpha_{nn}^{ван} = -0,3 \text{ м/с}^2$ за економічним принципом (зносом рейок). Якщо прийняти $\alpha_{nn}^{ван} = -0,7 \text{ м/с}^2$, то максимальну допустиму швидкість можна реалізувати на всіх кривих з $R \geq 1300 \text{ м}$. Недолік такого рішення в тому, що при збільшенні $\alpha_{nn}^{ван}$ зростають бокові сили, а отже і розлад колії, що приводить до необхідності частих ремонтів. Виходом з такої ситуації, здавалося б, повинно бути скорочення розбіжності в швидкостях руху пасажирських і вантажних поїздів. Якщо збільшити швидкість вантажних $V_{ван}$ до 90 км/год, то максимальну швидкість пасажирські поїзди зможуть реалізувати в кривих близьких до $R \geq 1300 \text{ м}$. Однак забезпечити таку швидкість сьогодні майже нереально. До того ж підвищення швидкості приводить до збільшення впливу вантажних поїздів на колію. На основі дослідження було рекомендовано прийняти $R_{min}=1500 \text{ м}$. Як показали розрахунки стійкість екіпажу в кривій з радіусом 1500 м при максимальній швидкості 160 км/год забезпечується, а коефіцієнт горизонтальної динаміки менше допустимого значення.

Проблеми експлуатаційного і технічного характеру, що виникають при сумісному русі, пов'язані перш за все з розладами верхньої будови колії. При підвищеннях, встановлених у кривих для пасажирських поїздів, щорічні втрати на ремонт колії складають 50...60 тис. грн. на кожен кілометр кривої. Несприятливі наслідки збільшення підвищення полягають у порушенні раціонального співвідношення швидкостей руху вантажних і пасажирських поїздів. За умови $h_{min}^{nac} = h_{max}^{ван}$ визначено співвідношення максимальної швидкості пасажирських поїздів і потоку вантажних поїздів визначається виразом $V_{max\,nac} \leq \sqrt{V_{cp.\,вант.\,ном.}^2 + 3,6^2 R}$, виходячи з якого при русі пасажирського поїзда в кривій радіусом 1500 м зі швидкістю 160 км/год швидкість потоку вантажних поїздів повинна складати не менш 80 км/год, що практично нереально. Отже, в цих умовах вантажні поїзди будуть інтенсивно впливати на колію, а тому на ділянках впровадження швидкісного руху необхідно розмежування руху вантажних і пасажирських поїздів.

У четвертому розділі виконано дослідження впливу типу рухомого складу на рівень максимальної швидкості. Перш за все розглянуто можливість реалізації високих швидкостей руху з використанням як сучасних локомотивів, так і рухомого складу з примусовим нахилом кузова типу Pendolino.

Найбільш розповсюджений метод у Європі – це примусовий нахил рухомого складу для досягнення максимальних швидкостей руху. В Україні при організації швидкісного руху буде використовуватись рухомий склад з електровозом ДС3 (конструкційна швидкість 160 км/год), в перспективі з електровозом ДС4 (максимальна швидкість 200 км/год). У 2003 р. представники Укрзалізниці ознайомились з досвідом впровадження швидкісного руху на залізницях Фінляндії з застосуванням поїздів типу Pendolino і було прийнято рішення провести техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження на залізницях України поїздів Pendolino з вагонами, що обладнані пристроями нахилу кузова.

В дисертаційній роботі розглянуто можливість застосування подібного типу рухомого складу на залізницях України, перш за все, на напрямках швидкісного руху Київ-Харків, Київ-Дніпропетровськ, Київ-Львів. З цією метою був проведений аналіз тягових характеристик Pendolino і близьких до нього за потужністю електровозів ЧС4 і ДС4 (рис. 9).

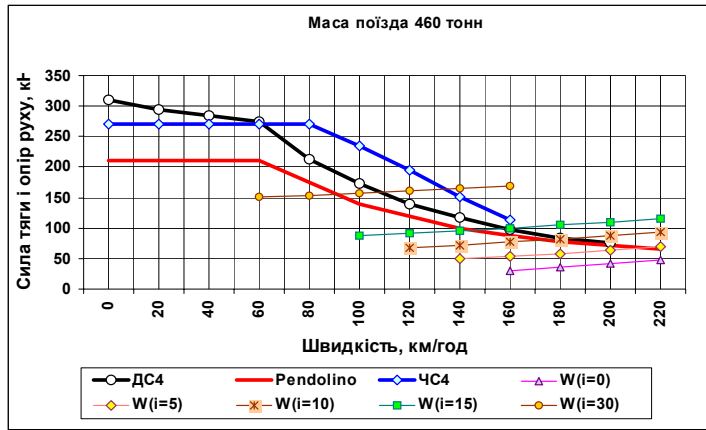


Рисунок 9. Тягові характеристики рухомого складу і криві опору руху

Абсциса точки перетину графіків $F_k(V)$ і $W(V)$ відповідає сталій швидкості руху поїзда на уклоні i . З рис. 12 випливає, що швидкість 200 км/год може бути реалізована на уклонах не більше 5...6 ‰, а швидкість 160 км/ч – на уклонах до 15 ‰. За умов неперевикнення непогашеного прискорення у $0,7 \text{ м/с}^2$ існуючий рухомий склад з ДС3 може реалізувати максимальну швидкість 160 км/год в кривих радіусом 1200...1500 м, а з ДС4 швидкість 200 км/год – в кривих радіусом 1900...2400 м при підвищенні зовнішньої рейки 100...150 мм.

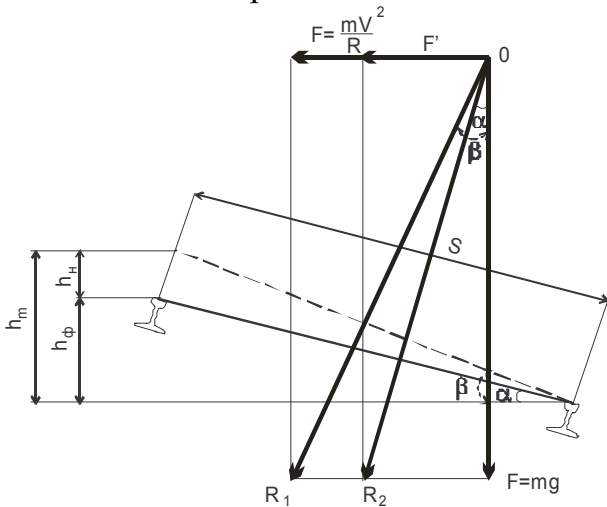


Рисунок 10 – Схема сил, що діють на одиницю рухомого складу в кривій

При проходженні кривих ділянок поїздом Pendolino кут нахилу кузова вагону регулюють від 0 до 8° в залежності від кривизни колії. Це дає змогу зменшити відцентрове прискорення, що діє на пасажирів. Таким чином у екіпажах, що при проходженні кривої мають примусовий нахил усередину кривої на кут $\beta - \alpha$ допустима швидкість збільшується завдяки уведенню в формулу підвищення h_n , що є додатковою компенсацією непогашеного прискорення (рис. 10).

$$\text{Тоді допустима швидкість дорівнює } V = 3,6 \sqrt{R \left([\alpha_{nn}]_{\text{умов}} + \frac{g}{S} (h_\phi + h_n) \right)},$$

де $h_n = S \sin(\beta - \alpha)$, $[\alpha_{nn}]_{\text{умов}}$ – умовно допустиме непогашене прискорення за рахунок нахилу кузова $[\alpha_{nn}]_{\text{умов}} = [\alpha_{nn}] + g(\beta - \alpha)$. Аналогічно можна записати формулу для визначення зміни непогашеного прискорення в часі

$$\frac{V^3}{3,6^3 R l} - \frac{g V h}{3,6 l S} \leq [\psi]_{\text{умов}}, \text{ де } [\psi]_{\text{умов}} = [\psi] + \frac{[\alpha_{nn}]_{\text{умов}}}{[\alpha_{nn}]}$$

З використанням наведених формул були встановлені швидкості руху і виконані тягові розрахунки на основних напрямках міжнародних транспортних коридорів. Для прикладу, на рис. 11 показано результати розрахунків на напрямку Київ-Дніпропетровськ.

В результаті проведеного дослідження встановлено, висновки щодо збільшення швидкості руху поїздів при впровадженні Pendolino слід робити для кожного з напрямків

залізниць окремо в залежності від складності плану лінії, частоти розташування роздільних пунктів та інших факторів. Наявність сполучених кривих, коротких перехідних кривих і крутих відводів підвищення зовнішньої рейки, недостатній рівень якості геометрії колії (див. розд. 2) не

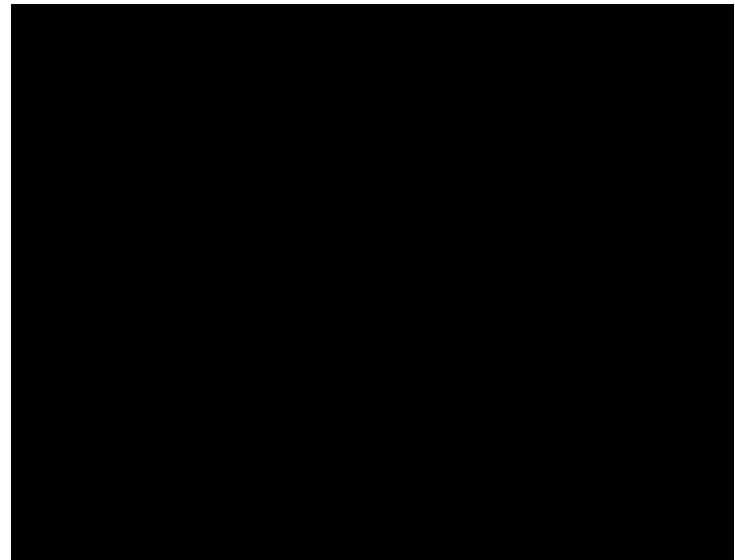


Рисунок 11 – Ефективність підвищення швидкості до 160 км/год при впровадженні Pendolino на напрямку Київ-Дніпропетровськ

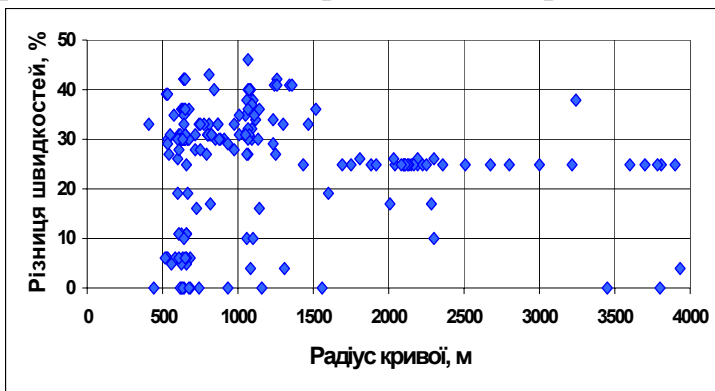


Рисунок 12 – Різниця швидкості руху для Pendolino і ДС4 в кривих різних радіусів на напрямку Київ-Дніпропетровськ

У розділі 5 запропоновано методику пошуку оптимальної стратегії перебудови існуючих ділянок залізниць з визначенням раціональної швидкості руху поїздів.

Постановка і розв'язання задачі потребує системного підходу. Інформаційне забезпечення про системну модель ділянки залізниці містить інформацію про транспортні потоки, технічні засоби транспорту, нормативну базу, засоби експлуатації та ін. Якість системної моделі ділянок залізниць визначається через технічну ефективність: безпеку руху, надійність перевезень, час доставки вантажів і пасажирів, тощо.

Враховуючи складність управління системою, було введено підсистему управління швидкісним рухом. Підсистема управління швидкісним рухом

дозволяють забезпечити високу швидкість руху на ділянках колії і скорочення часу руху в кривих радіусів до 1500 м може становити від 0 до 46 % (рис. 12).

На розглянутих ділянках швидкісного руху України реалізувати в повній мірі переваги рухомого складу з примусовим нахилом кузова неможливо.

містить у собі комплекс заходів та інформаційного забезпечення, що входять до діагностики, моніторингу, прогнозу і прийняттю рішення (рис. 13).



Рисунок 13 – Конфігурація підсистеми управління швидкістю руху поїздів

З урахуванням такого підходу необхідно визначити рівні раціональних швидкостей руху для всіх об'єктів, що складають ділянку, з розгляданням необхідності їх реконструкції і урахуванням зміни стану колії в часі в процесі експлуатації. Для вирішення такої задачі ділянку залізничної колії будемо представляти як множену об'єктів $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_i, \dots, \omega_n\}$. Кожен об'єкт ω_i характеризується встановленою швидкістю руху $V_{0i} \in [V_{\min i}; V_{\max i}]$, де $[V_{\min i}; V_{\max i}]$ – діапазон швидкостей, можливий на об'єкті за його існуючим станом. Нижнє обмеження може мати місце для деяких об'єктів для встановлення раціональної швидкості, наприклад за неперевищенням вантажними поїздами допустимого значення від'ємного непогашеного прискорення. Для кожного об'єкту треба встановити необхідну (раціональну) швидкість руху $V^* = \{V_{n.1}, V_{n.2}, \dots, V_{n.i}, \dots, V_{n.n}\}$. Якщо $V_{n.i} > V_{\max i}$, тоді на перебудову об'єкта потрібні капіталовкладення $K_i = f(V_{n.i} - V_{\max i})$. Такі зміни стану об'єкта можливі не завжди і, як правило, носять диференціальний характер $K_i = K_{0i} + \Delta K = f(V_{n.i} = V_{\max i} + \Delta V)$, $\forall \Delta K < \Delta K_{\min}, \Delta V = 0$. Для встановлення відповідних швидкостей $V^* = \{V_{n.1}, V_{n.2}, \dots, V_{n.i}, \dots, V_{n.n}\}$ на всіх об'єктах ділянки треба розв'язати задачу $V^* \rightarrow \begin{cases} \Delta t(V^*) \geq \Delta T \\ K(V^*) \rightarrow \min \end{cases}$, де ΔT – мінімальне скорочення часу при русі по ділянці після проведення реконструкції.

При подальшому утриманні ділянки треба враховувати погіршення стану об'єктів з часом. Швидкість зміни стану об'єкта буде залежати від умов експлуатації $S_i = f(V_{n.i}, \Gamma, \mathcal{C}_i)$, де Γ – вантажонапруженість; \mathcal{C}_i – час експлуатації i -го об'єкта (рис. 14).

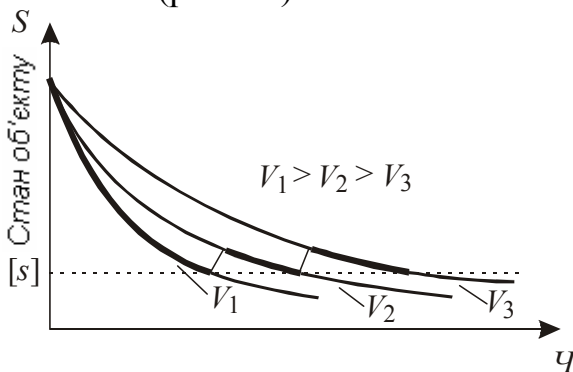


Рисунок 14 – Зміна стану об'єкта в часі для різних встановлених швидкостей руху

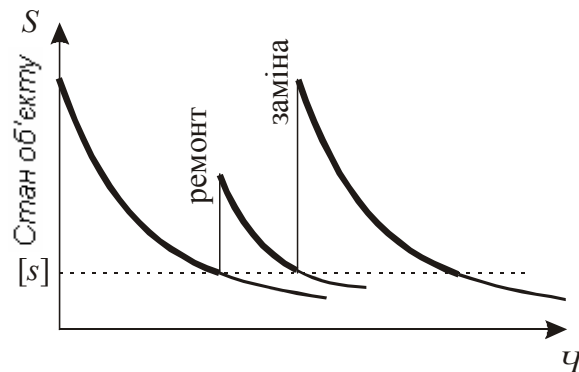


Рисунок 15 – Зміна стану об'єкта в часі при наявності його ремонту і (або) заміни

Під станом об'єкта будемо розуміти імовірність безвідмовної роботи, таким чином його експлуатація з встановленою швидкістю буде можлива, якщо імовірність його роботоспроможності не менше встановленого значення. Після часу експлуатації $q_i = f(s_i = [s])$ виникає потреба в коштах на ремонт або заміну об'єкта, рис. 15.

За умови тривалої експлуатації ділянки і врахування коефіцієнту дисконтування різночасових витрат

$$(\eta) K_i(\omega_i) = \begin{cases} 0, & V_{n,i} \leq V_{0,i} \\ K_i(V_{n,i} - V_{0,i}), & V_{n,i} > V_{0,i} \end{cases} + \begin{cases} 0, & S_i(q_i) \geq [s] \\ K_i(V_{n,i}) \cdot \eta(q_i), & S_i(q_i) < [s] \end{cases}. \quad \text{Кожен об'єкт } \omega_i \in \Omega,$$

може мати декілька умов експлуатації з різними швидкостями $V_i^{**} = \left\{ V_{i,1}, V_{i,2}, \dots, V_{0,i}, \dots, V_{i,j}, \dots, V_{n,i}, \dots, V_{i,n} \right\}$ (рис. 16). Кожній умові експлуатації $V_{i,j}$ буде відповідати

скорочення часу руху відносно вихідної швидкості $V_{0,i}$ $\Delta t(V_{i,j}) = t(V_{0,i}) - t(V_{i,j})$. Функція $\Delta t(V_{i,j})$ не є адитивною і може бути визначена тільки за результатами тягових розрахунків $\Delta t_i(V_{i,j}) = t(\Omega \leftarrow \forall V = V_0) - t(\Omega \leftarrow \forall V \setminus V_{i,j} = V_0)$. Швидкість повинна бути встановлена для кожного з об'єктів залізничної ділянки $\omega_i \in \Omega$, для кожного з об'єктів може бути встановлено тільки одне значення швидкості $\exists V_{i,j} \in V_i^{**}, V_{i,j} \in V', V_i^{**} \setminus V_{i,j} \notin V'$. Рішення задачі знаходиться на основі метода векторної оптимізації, розробленого професором А. А. Босовим, і остаточно може бути представлено у наступному вигляді

$$V^* = \left\{ V_{i,j} \in \{V_{i,j}\}: \frac{\Delta t(V_{i,j})}{K(V_{i,j})} - \frac{\Delta t(V_{i,1})}{K(V_{i,1})} \leq \mu \right\}, \quad (3)$$

$$\sum_{V_{i,j} \in V'(\mu)} \Delta t(V_{i,j}) \geq \Delta T, \quad (4)$$

$$\exists V_{i,j} \in V_i^{**}, V_{i,j} \in V^*, \quad (5)$$

$$V_i^{**} \setminus V_{i,j} \notin V^*, \quad (6)$$

$$V_i^{**} = \left\{ V_{i,j} \in \{V_{i,j}\}: \frac{\Delta t(V_{i,j})}{K(V_{i,j})} \right\}. \quad (7)$$

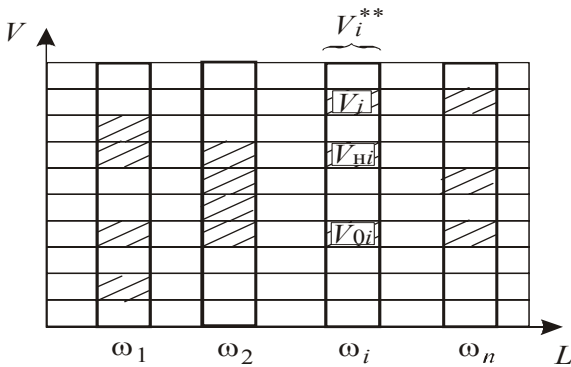


Рисунок 16 – Множини можливих швидкостей (умов експлуатації) для об'єктів

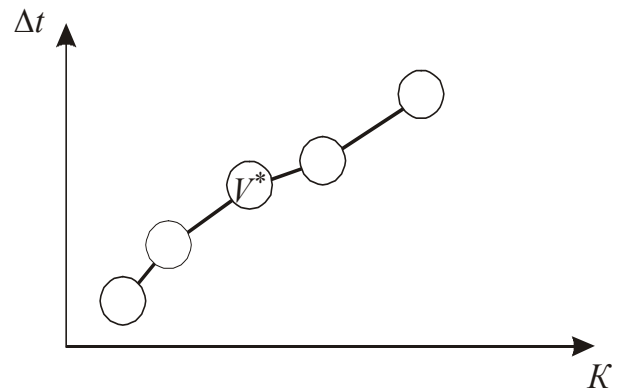


Рисунок 17. – Співвідношення Δt і K для можливих варіантів рішень V^*

Можна отримати всі можливі варіанти множини V^* , кожен з яких буде відповідати різному значенню часу руху по ділянці, але буде оптимальним з точки зору співвідношення часу руху і витрат на реконструкцію та подальше утримання, рис. 17.

В результаті проведеного дослідження вставлено, що методи оптимізації, які використовувалися раніше для підвищення швидкості руху поїздів, припускають адитивність критерію, тобто загальний ефект складається із суми одержуваного ефекту на кожній ділянці. Такий підхід вносить похибки, бо ділянки, що обмежують швидкість руху, можуть знаходитись на малій відстані одна від іншої і впливати на рівень швидкості. Запропонований в дисертації метод включає, крім математичного алгоритму, моделювання тягових розрахунків з використанням реальних даних про поздовжній профіль, план лінії й обмеження швидкості. Крім того, при оптимізації враховується життєвий цикл роботи колії, що дозволяє більш обґрунтовано знаходити раціональну швидкість на кожній ділянці за встановленим критерієм. Такий підхід дозволяє приймати найкраще рішення при обмежених ресурсах.

За розробленим алгоритмом була розв'язана задача щодо етапності реалізації заходів з підготовки залізничної колії до підвищення швидкостей руху пасажирських поїздів до 140...160 км/год на напрямках П'ятихатки-Дніпропетровськ Придніпровської залізниці і Підволочиськ-Львів, Красне-Здолбунів Львівської залізниці.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі виконаних теоретичних та експериментальних досліджень вирішена важлива науково-технічна задача встановлення раціональних швидкостей руху пасажирських поїздів на ділянках міжнародних транспортних коридорів, що буде сприяти реалізації державних перспективних програм, в тому числі проекту «ЄВРО-2012». Отримані результати в сукупності мають суттєве значення для залізничного транспорту. Основні наукові результати, висновки і практичні рекомендації полягають у наступному.

1. Критично аналізуючи існуючі наукові підходи, показана відсутність системного підходу до розв'язання задачі впровадження швидкісного руху, що було перешкодою в реалізації таких програм як “Швидкість”, “Прогрес”, “Прискорення” в колишньому Радянському Союзі. Підвищення швидкості розглядалось при суміщеному русі вантажних і пасажирських поїздів без оцінки можливостей спеціалізації напрямків.

2. На основних напрямках міжнародних транспортних коридорів, які проходять територією України, без перебудови плану і розмежування вантажного й пасажирського руху неможливо дотриматись встановлених європейських вимог, насамперед, максимальної швидкості руху.

3. На основі розробленої математичної моделі, що відображає зйомку кривих різними методами і дає можливість моделювати обрис кривої, враховуючи відступи від геометрично правильного положення, рекомендовано для оцінки стану кривої і визначення допустимої швидкості руху застосовувати метод стріл.

4. Найвпливовішими факторами на величину мінімального радіусу кривої є швидкості руху поїздів різних категорій, потужність локомотивів і маса рухомого складу. Розраховано значення мінімальних радіусів кривих в залежності від умов експлуатації для практичного використання.

5. Підвищення максимальних швидкостей руху пасажирських поїздів може бути ефективним на лініях із значною кількістю прискорених пасажирських поїздів при невисоких розмірах вантажного руху і мінімальній кількості місць обмеження швидкості, тобто, практично на пасажирських ходах, спеціально підготовлених для руху поїздів з високими швидкостями.

6. Застосування рухомого складу з примусовим нахилом кузова вагонів дозволяє збільшити швидкість проходження окремих кривих в середньому на 25...30 %. З урахуванням параметрів плану, якості геометрії колії та інших факторів реалізації швидкості 161...200 км/год в середньому становить 10...15 %, що робить застосування поїздів типу Pendolino на розглянутих напрямках Придніпровської і Львівської залізниць не ефективним.

7. Новий вдосконалений метод визначення раціональної швидкості руху поїздів відрізняється від попередніх тим, що враховує наявний стан колійної інфраструктури, тип і характеристики існуючого і перспективного рухомого складу, обмежене інвестування проектів і життєвий цикл роботи залізничної колії. Визначена за результатами розрахунків раціональна швидкість руху дозволяє забезпечити задане скорочення часу при зменшенні витрат на 15...20 %.

8. Визначено оптимальну стратегію перебудови ділянки Київ–Львів, що дозволяє при наявному обсязі інвестицій забезпечити найбільший технічний та економічний ефект.

9. Результати роботи реалізовано при впровадженні прискореного руху пасажирських поїздів на ділянках напрямків Київ–Дніпропетровськ Придніпровської залізниці і Київ–Львів Львівської залізниці.

Основні положення і результати дисертації опубліковані в таких роботах:

1. Босов А. А. Назначение этапности мероприятий в путевом хозяйстве по повышению скоростей движения поездов / А. А. Босов, В. В. Рыбкин, Н. Б. Курган, В. И. Харлан // Вестник Белорусского Государственного Университета Транспорта. Научно-производственный журнал “Наука и транспорт”. – 2002. – № 2(5). – С. 32-38.

2. Рибкін В. В. Раціоналізація перебудови кривих в плані при підвищенні швидкостей руху поїздів / В. В. Рибкін, М. Б. Курган В. І. Харлан // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Вип. 2. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2003. – С. 120–126.

3. Рибкін В. В. Обґрунтування параметрів плану лінії для ліквідації бар’єрних місць при реконструкції залізниці / В. В. Рибкін, М. Б. Курган, Н. В. Халіпова, В. І. Харлан // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Вип. 1. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2003. – С. 74–83.

4. Харлан В.І. Дослідження впливу параметрів траси залізниці і типу рухомого складу на рівень максимальної швидкості / В.І. Харлан // Вісник

Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Вип. 4. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2004. – С. 74–83.

5. Курган М. Б. Визначення допустимої швидкості руху поїздів з примусовим нахилом кузовів вагонів в кривих ділянках колії / М. Б. Курган, Д. М. Курган, В. І. Харлан // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУЗТ, 2006. – Вип. 12. – С. 47–52.

6. Харлан В. І. Вирішення задач вибору раціональних швидкостей руху поїздів за допомогою математичного моделювання процесу експлуатації залізничної ділянки / В. І. Харлан, Д. М. Курган, І. О. Бондаренко // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Вип. 16. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2007. – С. 41–44.

7. Рыбкин В.В. Организация ускоренного движения пассажирских поездов в Украине / В.В. Рыбкин, Н.Б. Курган, В.И. Харлан // Устройство и содержание пути и подвижного состава при тяжеловесном и скоростном движении поездов. Колесо-рельс: Сб. науч. тр. Научно-практической конференции ОАО «ВНИИЖТ». – М.: Интекст, 2008. – С. 88-89.

8. Босов А. А. Назначение этапности мероприятий в путевом хозяйстве по повышению скоростей движения поездов / А. А. Босов, В. В. Рыбкин, Н. Б. Курган, В. И. Харлан // Тез. докладов межд. научно-практ. конф. “Проблемы безопасности на транспорте”. – Гомель:, 2002. – С. 107.

9. Курган М.Б. Дослідження впливу структури поїздопотока на вибір довжини перехідних кривих при реконструкції залізниці / М.Б. Курган, В.І. Харлан // Тези 65 міжнар. наук-прак. конф. “Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту”. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2005. – С. 150-151.

10. Рибкін В.В. Вимоги до колійної інфраструктури при впровадженні рухомого складу з примусовим нахилом кузовів вагонів на швидкісних напрямках залізниць України / В.В. Рибкін, М.Б. Курган, В.І. Харлан // Тези 66 міжнар. наук-прак. конф. “Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту”. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2006. – С. 190.

11. Рибкін В.В. Вимоги до утримання колії при впровадженні швидкісного руху на залізницях України / В.В. Рибкін, М.Б. Курган, В.І. Харлан // Тези 66 міжнар. наук-прак. конф. “Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту”. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2006. – С. 207–208.

12. Харлан В.І. Вирішення задач вибору раціональних швидкостей руху поїздів / В.І. Харлан // Безпека руху, динаміка, міцність рухомого складу та енергозбереження. Матеріали XII Міжнародної конференції "Проблеми механіки залізничного транспорту". – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2008 – С. 164.

13. Харлан В.І. Вирішення задач вибору раціональних швидкостей руху поїздів / В.І. Харлан // Тези VIII Міжнародної наукової конференції „Проблеми економіки транспорту”. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2009 – С. 74.

14. Харлан В.І. Визначення раціональних швидкостей руху поїздів з урахуванням витрат на ремонт і утримання залізничної колії / В.І. Харлан // Тези 69 міжнар. наук-прак. конф. “Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту”. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2009. – С. 134–135.

АНОТАЦІЯ

Харлан В. І. Вибір раціональних швидкостей руху пасажирських поїздів на ділянках міжнародних транспортних коридорів. – 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, 2010.

Дисертація присвячена встановленню раціональних швидкостей руху пасажирських поїздів на міжнародних транспортних коридорах за рахунок впровадження системного підходу, що враховує наявний стан колійної інфраструктури, тип і характеристики існуючого і перспективного рухомого складу. Визначено умови і сфери застосування рухомого складу з примусовим нахилом кузовів вагонів. На основі проведених експериментів і теоретичних досліджень удосконалено нормативну базу для реконструкції плану швидкісних залізниць.

Вдосконалено існуючий метод визначення раціональної швидкості руху поїздів, для чого розроблено і впроваджено оптимальну стратегію перебудови існуючих ділянок залізниць, яка базується на математичних моделях, що враховує сучасне фінансове положення, обмежене інвестування проектів і життєвий цикл роботи залізничної колії.

Застосування методу векторної оптимізації надає можливість знаходити раціональну швидкість руху на кожному об'єкті чи ділянці за неадитивним критерієм.

Ключові слова: міжнародний транспортний коридор, швидкісний рух, реконструкція, план лінії, поздовжній профіль, норми проектування, математична модель, оптимізація.

АННОТАЦИЯ

Харлан В. И. Выбор рациональных скоростей движения пассажирских поездов на участках международных транспортных коридоров – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.06 – железнодорожный путь, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, Днепропетровск, 2010.

Диссертация посвящена установлению рациональных скоростей движения пассажирских поездов на международных транспортных коридорах на основе внедрения системного подхода, который учитывает состояние путевой инфраструктуры, тип и характеристики существующего и перспективного подвижного состава. Определено, что на основных направлениях международных транспортных коридоров, которые проходят по территории Украины, без переустройства плана и разделения грузового и пассажирского движения

невозможно обеспечить установленных европейских требований, прежде всего, максимальной скорости движения.

На основе разработанной математической модели, которая отображает съемку кривых разными методами и дает возможность моделировать очертание кривой в плане, учитывая отступления от геометрически правильного положения, дана оценка точности съемки положения кривой в плане методами стрел, методом Гоникберга и с помощью записи вагона-путеизмерителя. Рекомендовано для оценки состояния кривой и определения допустимой скорости движения, применять метод стрел, как такой, что дает наименьшую погрешность.

Выполнены теоретические и экспериментальные исследования взаимодействия пути и подвижного состава в кривых участках пути. Установлена величина минимального радиуса кривых, обеспечивающая при максимальной скорости движения пассажирских поездов допустимые параметры силового взаимодействия, безопасное движение подвижного состава по условию нескатывания колеса на головку рельса. Определена рациональная величина возвышения наружного рельса в кривых, которая обеспечивает максимальную скорость пассажирских поездов в условия совмещенного движения.

Разработана методика определения допустимой скорости движения по кривым подвижного состава с принудительным наклоном кузова. Определены условия и сферы применения таких экипажей и, на этой основе, установлены максимально допустимые скорости движения поездов на конкретных участках железных дорог Украины. Показано, что применение подвижного состава с принудительным наклоном кузова на рассмотренных участках международных транспортных коридоров экономически не эффективно.

На основе проведенных экспериментов и теоретических исследований усовершенствована нормативная база для реконструкции плана скоростных железных дорог.

Усовершенствован существующий метод определения рациональной скорости движения поездов для чего разработана методика определения оптимальной стратегии переустройства существующих участков железных дорог, которая базируется на математических моделях, учитывающих современное финансовое положение, ограниченное инвестирование проектов и жизненный цикл работы железнодорожного пути. Методика позволяет установить стратегию реконструкции железнодорожного направления и получить максимальный эффект от сокращения времени хода поездов при наличии ограниченного объема инвестиций.

Применение метода векторной оптимизации предоставляет возможность находить рациональную скорость движения на каждом объекте или участке по неаддитивному критерию.

Полученные теоретические результаты использованы при выполнении научно-исследовательских работ в Днепропетровском национальном

университете железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна по заданию Укрзализныци и вошли в нормативный документ.

Полученные практические рекомендации приняты и реализованы на Приднепровской и Львовской железных дорогах при подготовке пути к организации ускоренного движения пассажирских поездов на участках Киев-Днепропетровск и Киев-Львов.

Ключевые слова: международный транспортный коридор, скоростное движение, рациональная скорость, реконструкция, план линии, продольный профиль, нормы проектирования, математическая модель, оптимизация.

SUMMARY

Harlan V. I. The Choice of rational speeds for movement of passenger trains on the railway of the international transport corridors - The Manuscript.

Dissertation for the Degree of "Kandidat Nauk" (Candidate of Sciences) in the Specialty 05.22.06 - "Railway Track". Dnipropetrovsk Academician Lazaryan National University of Railway Transport; Dnipropetrovsk, Ukraine, 2010.

The dissertation is devoted an establishment of rational speeds of movement of passenger trains on the international transport corridors on the basis of introduction of the system approach which considers a condition of a travelling infrastructure, type and characteristics of an existing and perspective rolling stock. Conditions and spheres of application of a rolling stock with a compulsory inclination of bodies of cars. On the basis of the spent experiments and theoretical researches the standard base for reconstruction of the plan of high-speed railways is improved.

The existing method of definition of rational speed of movement of trains for what is improved optimum strategy of reorganization of existing sites of railways which is based on the mathematical models considering a modern financial position, the limited investment of projects and life cycle of work of a railway way is developed and applied.

Application of a method of vector optimization gives possibility to find rational speed of movement on each object or a site by not additive criterion.

Keywords: international transport corridor, increased-speed movement, reconstruction, track plan, longitudinal profile, designing norms, mathematical model, optimization.

Харлан Володимир Іванович

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ ШВИДКОСТЕЙ РУХУ ПОЇЗДІВ
НА ДІЛЯНКАХ МІЖНАРОДНИХ ТРАНСПОРТНИХ КОРИДОРІВ

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Підписано до друку 16 грудня 2009 р.
Формат 60x84 1/16. Папір для множних апаратів. Різограф.
Ум. друк. арк. 0,9. Обл.-видав. арк. 1,0. Тираж 100 прим.
Замовлення № ____.

Дніпропетровський національний
університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.
ДК № 1315 від 31.03.03

Адреса університету та ділянки оперативної поліграфії:
49010, Дніпропетровськ, вул. акад. В. Лазаряна, 2
www.diiit.dp.ua