

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ  
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

ЧЕРНИШОВА ОКСАНА СЕРГІЇВНА

УДК 625.1.004.67

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ ЗІ ЗМЕНШЕННЯ  
ОБМЕЖЕНЬ ШВИДКОСТІ РУХУ ПОЇЗДІВ, ЗУМОВЛЕНИХ СТАНОМ  
ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ**

Спеціальність 05.22.06 – залізнична колія

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

Дніпропетровськ – 2010

**Дисертацією є рукопис.**

Робота виконана на кафедрі «Проектування і будівництво доріг» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства транспорту та зв'язку України.

**Науковий керівник** – доктор технічних наук, професор  
***КУРГАН Микола Борисович,***  
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства транспорту та зв'язку України, професор, завідувач кафедри «Проектування і будівництво доріг».

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

кандидат технічних наук, доцент  
***МАТВІЄНКО Олександр Олександрович,***  
Українська державна академія залізничного транспорту Міністерства транспорту та зв'язку України, доцент кафедри «Колія і колійне господарство», м. Харків.

Захист відбудеться «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2010 р. о \_\_\_\_\_ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.820.01 у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: вул. Лазаряна, 2, ауд. 314, м. Дніпропетровськ, 49010.

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

Автореферат розіслано «\_\_» \_\_\_\_\_ 2010 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради,

д.т.н., професор

***М. О. Костін***

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

*Актуальність теми* визначається необхідністю забезпечення безперебійного перевізного процесу на залізницях України, підвищення швидкості руху поїздів, зниження питомих витрат енергоресурсів, зменшення строку доставки вантажів.

На існуючих напрямках міжнародних транспортних коридорів, що проходять територією України, маршрутна швидкість пасажирських поїздів становить 80...90 км/год. Досягти більшої маршрутної швидкості тільки за рахунок перерозподілу поїздопотоку на мережі, вдосконалення графіка руху поїздів, раціонального використання наявних технічних засобів неможливо. Необхідно впроваджувати більш дорогі заходи – реконструкцію залізниць, що включає роботи з перебудови кривих, зменшення постійних і тривалих обмежень швидкості руху.

Наявність «бар'єрних» місць практично на кожній залізниці викликає обмеження швидкості, вимагає в кожному окремому випадку індивідуальних рішень. Необхідність скорочення терміну доставки вантажів і пасажирів, усунення постійнодіючих і тривалих обмежень швидкості руху поїздів поставила перед практиками і науковцями завдання підвищення ефективності заходів зі збільшення рівня швидкості руху поїздів і зменшення кількості обмежень, зумовлених, перш за все, станом залізничної колії.

Стан залізничної колії та пристроїв залізниці завжди повинен гарантувати безпеку руху поїздів. У разі виявлення несправностей у колії виконуються роботи, які дозволяють відновити технічний стан залізниці, у протилежному випадку встановлюється обмеження швидкості або закривається рух поїздів. Наявність попереджень з обмеження швидкості руху поїздів знижує пропускну і провізну спроможність ділянок та призводить до втрат. Тому питання зменшення кількості обмежень і збільшення рівня швидкості руху поїздів заслуговує підвищеної уваги. До того ж умови ринкової економіки потребують впровадження нових підходів щодо оцінки ефективності капітальних вкладень та обґрунтування вибору найбільш ефективних варіантів.

Аналіз напрацювань попередніх дослідників показав, що існуючі методи оцінки ефективності заходів зі зменшення кількості обмежень і підвищення рівня швидкості руху поїздів дають можливість отримувати приблизні результати, оскільки не враховують у повній мірі характеристики ділянок і умови експлуатації, де виникають постійні та тривалі обмеження швидкості. В умовах всесвітньої економічної кризи ряд пропозицій і підходів до вирішення проблеми потребують корінних змін. Отже, встановлення ділянок, на яких обмеження швидкості руху призводять до найбільших експлуатаційних втрат через зростання витрат електроенергії та палива, додаткових витрат на поточне утримання колії на ділянках гальмування та розгону поїздів – перед і після «бар'єрного» місця, а також визначення оптимальної стратегії розподілення

інвестицій для досягнення максимального ефекту, є актуальною задачею теоретичних і практичних досліджень на залізничному транспорті.

Вирішенню вказаних питань і присвячена дисертаційна робота.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконана відповідно до головних напрямків, які сформульовані в «Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року» (Постанова Кабінету Міністрів України від 16.12.2009 за № 1555-р). Обраний напрямок досліджень пов'язаний також з виконанням науково-дослідних робіт у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, де дисертант була виконавцем і автором розділів у звітах таких науково-дослідних робіт.

1. Розробка рекомендацій щодо підвищення пропускної й провізної спроможностей напрямку Лозова-Севастополь (Договір з Придніпровською залізницею Пр/П-06176/НЮ від 01.02.2006 року, номер держреєстрації 0107U003009).

2. Проведення досліджень та розробка методики економічної оцінки впливу інтенсивності вантажного та пасажирського руху на знос інфраструктури залізничного транспорту (Договір № 61/07-Цтех-756/07-ЦЮ від 17.05.2007 року, номер держреєстрації 0107U010379).

3. Визначення проектних параметрів плану ділянки залізниці Львів-Красне-Зборів з мінімальними витратами на перебудову кривих для організації швидкісного руху (Договір з Підзамчівською дистанцією колії Л/ПЧ-2-09-13 від 30.12.2010 року, номер держреєстрації 0109U002991).

**Мета роботи.** Метою дисертаційної роботи є вибір раціональних заходів зі зменшення обмежень швидкості, зумовлених станом залізничної колії, що передбачає встановлення раціональної послідовності усунення обмежень швидкості руху поїздів при мінімальних інвестиціях.

**Завдання досліджень:**

1. Проаналізувати причини, що зумовлюють виникнення обмежень швидкості руху поїздів на залізницях України.

2. Визначити оціночні критерії на основі технічних та економічних показників впливу обмежень швидкості руху поїздів на процес перевезень.

3. Провести аналіз існуючих методів визначення ефективності усунення обмежень швидкості руху поїздів та розробити модель оцінки впливу попереджень на технічні та економічні показники роботи залізниць.

4. Удосконалити існуючі методи оцінки ефективності усунення обмежень швидкості руху поїздів шляхом врахування додаткових факторів, що викликають такі обмеження.

5. Розробити пропозиції щодо раціональної послідовності усунення обмежень швидкості руху із забезпеченням максимального економічного ефекту.

**Об'єкт досліджень** – процес зменшення кількості обмежень і підвищення рівня швидкості руху поїздів на ділянках залізниць.

**Предмет досліджень** – технічні та економічні показники ділянок залізниць, на яких встановлені обмеження швидкості.

**Методи досліджень.** У роботі використано комплексний метод досліджень. Для аналітичних досліджень застосовано методи структурного моделювання, опрацювання та оцінки результатів досліджень, а також методи векторної оптимізації. Дослідження ґрунтуються на аналізі фактичних даних щодо обмежень швидкості, які закладено до графіка руху поїздів. Обробку даних виконували на ЕОМ за допомогою програм *Microsoft Excel, Statistica, Maple* із застосуванням кореляційного аналізу та методів математичної статистики.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в такому.

1. Набув подальшого розвитку метод визначення ефективності заходів з відміни обмежень швидкості руху поїздів, у якому на відміну від існуючих використано системний підхід, що враховує наявний стан залізничної колії, тип і характеристики рухомого складу. Такий підхід дозволяє отримувати раціональне рішення з урахуванням особливостей ділянок, де діють обмеження швидкості.

2. Встановлено аналітичні залежності, які дозволяють прогнозувати очікувані додаткові витрати залізниці, пов'язані зі станом залізничної колії, для ділянок з простроченими ремонтами. Отримані результати враховано під час розробки методу раціональної послідовності зняття обмежень швидкості руху поїздів.

3. Вперше розроблено математичну модель, що дозволяє оцінювати втрати від дії обмежень швидкості за причиною їх виникнення, враховувати характеристики дослідної ділянки і умови експлуатації, що пов'язані зі станом колії та масами вантажних поїздів.

4. Розроблено і впроваджено метод раціональної послідовності відміни обмежень швидкості руху поїздів, який базується на математичній моделі і відрізняється від існуючих тим, що дозволяє раціонально розподіляти кошти з урахуванням обмеженого інвестування проектів, що буде сприяти реалізації державних програм в галузі залізничного транспорту з питань підвищення швидкості руху і економії енергоресурсів на тягу поїздів.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в такому:

1. Отримані в дисертації висновки та результати використано в науково-дослідних розробках кафедри «Проектування і будівництво доріг» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за напрямками модернізації залізничної колії та підвищення швидкостей руху поїздів на існуючих коліях залізниць України, що виконувалися за замовленням Укрзалізниці.

2. Із застосуванням запропонованих автором нових підходів до вирішення поставлених в дисертації завдань і розроблених ним моделей визначено найбільш обґрунтовані, раціональні заходи й послідовність їх проведення під час виконання ремонтно-колійних робіт на напрямках Лозова-Севастополь

Придніпровської залізниці і Львів-Підволочиськ Львівської залізниці, що дозволило за наявного обсягу інвестицій забезпечити найбільший технічний та економічний ефект.

3. Вирішена важлива науково-технічна задача вибору раціональних заходів з відміни обмежень швидкості руху поїздів, зумовлених станом залізничної колії, буде сприяти реалізації державних програм в галузі залізничного транспорту, у тому числі проекту «ЄВРО-2012».

**Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій** підтверджується адекватно обраним математичним апаратом, а також достатньою збіжністю одержаних теоретичних та практичних результатів, позитивними результатами використання розробок на діючій залізничній колії.

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

У публікаціях, у яких відображено основні результати дисертації і які написані у співавторстві, автору належить: оцінка впливу обмежень швидкості руху поїздів на енергетичні показники [1]; визначення втрат часу руху поїздів на ділянках обмеження швидкості при різних характеристиках поздовжнього профілю [2]; оцінка економічної ефективності від зняття обмежень швидкості на ділянках з різною інтенсивністю руху та різними масами рухомого складу, що обертається [3]; встановлення аналітичних залежностей для прогнозування зростання витрат на матеріали при поточному утриманні залізничної колії на ділянках з понаднормативним пропущеним тоннажем [5]; розробка моделі для прогнозування змін тягово-енергетичних показників при виникненні обмежень швидкості руху поїздів [6]; розробка рекомендацій щодо встановлення послідовності зняття обмежень швидкості руху поїздів [7]; розробка рекомендацій щодо врахування опору руху від колії при оцінці ефективності відміни обмежень швидкості руху поїздів, а також встановлення додаткових витрат залежно від стану колії [8].

Робота [4] написана автором самостійно.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення й результати дисертації доповідалися на 66-й Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, травень 2006 р.); 67-й Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, травень 2007 р.), XII Міжнародній конференції «Проблеми механіки залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, травень 2008 р.); VIII Міжнародній науковій конференції «Проблеми економіки транспорту» (Дніпропетровськ, квітень 2009 р.), 69-й Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, травень 2009 р.), 70-й Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту»

(Дніпропетровськ, квітень 2010 р.). Повністю дисертаційна робота доповідалася на науково-практичному міжкафедральному семінарі кафедр «Колія і колійне господарство», «Тунелі, основи та фундаменти» і «Проектування і будівництво доріг» (Дніпропетровськ, червень, 2010 р.).

**Публікації.** Основні положення дисертації опубліковані в 17 наукових працях, у тому числі: 8 – у фахових виданнях, 9 – у матеріалах конференцій.

**Структура й обсяг дисертаційної роботи.** Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновків, переліку використаних джерел і 11 додатків. Основний текст роботи викладено на 123 сторінках. Дисертація містить 49 рисунків і 28 таблиць; рисунки і таблиці, розташовані на окремих сторінках, займають 21 сторінку. Список літератури із 118 найменувань приведений на 14 сторінках, додатки – на 50 сторінках. Повний обсяг дисертації становить 208 сторінок.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету і задачі досліджень, наведено основні наукові положення й 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 досліджень з питань підвищення швидкості руху поїздів і усунення обмежень, що викликають зниження встановленого максимального рівня швидкості.

Сьогодні практично в усіх розвинених країнах ведуться роботи щодо підвищення швидкості руху поїздів. Вимоги європейського співтовариства до залізничної інфраструктури міжнародних транспортних коридорів, що проходять територією України, достатньо жорсткі. Головна з них – забезпечення швидкості 160 км/год. Вирішення цієї проблеми неможливе без усунення обмежень швидкості руху поїздів, які на залізницях України є поширеним явищем.

Поява попереджень з обмеження швидкості руху поїздів на тих чи інших ділянках залізниці залежить від багатьох факторів: пропущеного тоннажу, вантажонапруженості, осьових навантажень, поздовжнього профілю тощо. Обсяги робіт з усунення обмежень і ефективність таких заходів різні.

З метою вибору напрямків досліджень автором дисертації були проаналізовані наукові праці, по-перше, з питань підвищення швидкості руху поїздів і підготовки залізничної колії й рухомого складу до впровадження прискореного та швидкісного руху; по-друге, з питань впливу обмежень швидкості на техніко-економічні показники діяльності залізниці; по-третє, з оцінки ефективності реконструктивних і ремонтно-колійних робіт у різних умовах експлуатації, надійності роботи технічних засобів та безпеки руху поїздів.

Вирішенню різних задач цієї багатопланової проблеми займалися доктори технічних наук: В. І. Ангелейко, Е. І. Даніленко, О. П. Єршков, М. І. Карпущенко, Ф. П. Кочнев, М. Б. Курган, В. І. Новакович, В. О. Певзнер, М. О. Радченко, В. В. Рибкін, С. С. Свинцов, І. В. Турбін, М. А. Фрішман, М. А. Чернишов, Б. В. Яковлев, кандидати технічних наук М. І. Карпов, М. В. Колодяжний, І. П. Корженевич, Р. С. Липовський, Ю. В. Малишев, О. О. Матвієнко, Л. З. Прасов, В. І. Харлан та ін. Вагомий внесок у дослідження теорії розподілу відмов та відновлень у потоці поїздів, впливу обмежень швидкості на рух поїздів, а також пов'язаних з цим економічних показників діяльності залізниці зробили: Г. Л. Аккерман, О. М. Баль, І. О. Бондаренко, А. А. Босов, О. В. Гавриленков, О. Є. Гібшман, Г. Д. Ейтутіс, А. І. Іоаннісян, Д. М. Курган, О. Л. Мойсеєнко та ін.

Аналіз робіт показав, що вирішення питання підвищення швидкості руху поїздів безпосередньо пов'язане з усуненням «бар'єрних» місць. Під «бар'єрним» місцем будемо розуміти ділянку чи об'єкт, проходження яких потребує зменшення швидкості руху поїзда. При цьому особливої гостроти набуває проблема підвищення ефективності заходів зі зменшення обмежень і встановлення раціональної послідовності виконання робіт з їх усунення.

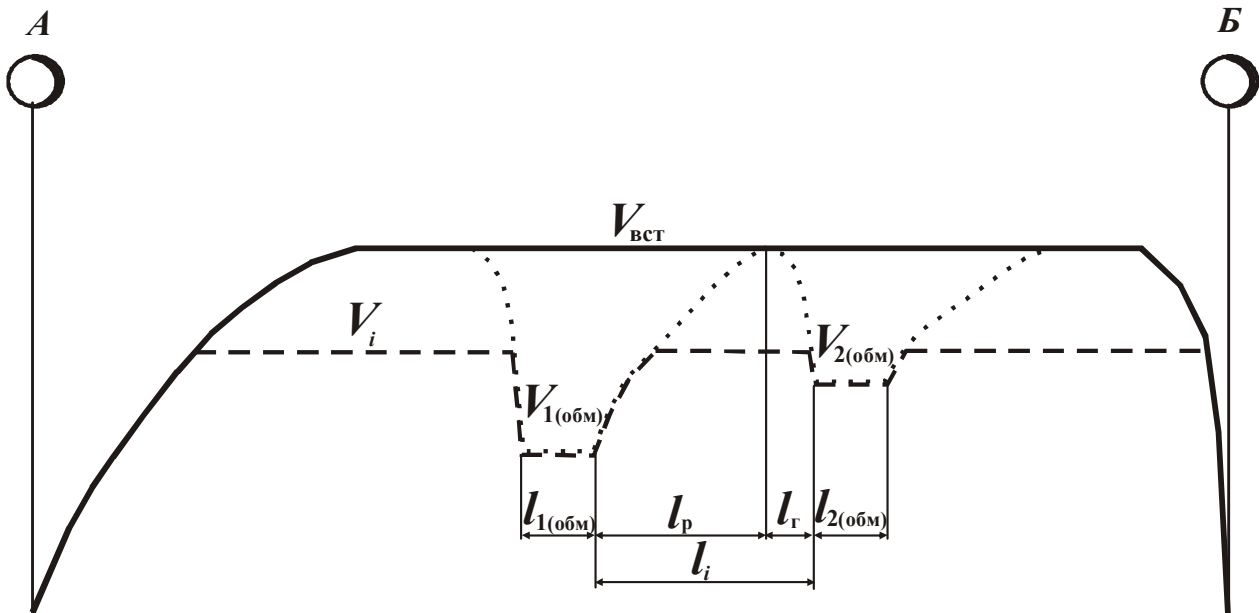
На основі обробки статистичного матеріалу встановлено, що понад 70 % складають обмеження, пов'язані зі станом залізничної колії, серед яких близько 80 % зумовлені простроченням виконання ремонтів колії, дефектністю і непридатністю елементів верхньої будови колії, а також деформаціями земляного полотна. У той же час відсутні будь-які рекомендації щодо встановлення черговості виконання ремонтно-колійних робіт на таких ділянках. Існуючі методи оцінки економічної ефективності заходів з усунення обмежень швидкості руху поїздів дають приблизну оцінку, бо не враховують в повній мірі параметри плану й профілю ділянок з діючими обмеженнями, ряд інших показників, пов'язаних зі станом залізничної колії на ділянках з простроченими ремонтами. Усе вищезазначене вказує на необхідність проведення додаткових досліджень.

*У другому розділі* проведено аналіз розповсюдження обмежень швидкості на Придніпровській і Львівській залізницях. Було виділено 110 дослідних ділянок, які відрізняються довжиною, параметрами плану й поздовжнього профілю, видом тяги, розмірами руху й масами вантажних поїздів та ін. Для всіх ділянок було визначено такі тягово-енергетичні показники, як час руху, ходова швидкість, механічна робота локомотива та робота сил опору, витрати електроенергії. Перелічені показники визначали при діючих обмеженнях швидкості руху поїздів, а також за умови їх відміни. На основі порівняння отриманих результатів надана оцінка і визначено вплив того чи іншого обмеження швидкості на додаткові витрати залізниці.

Беручи до уваги характеристики ділянок з обмеженнями швидкості, встановлено, що збільшення витрат на паливно-енергетичні ресурси відбувається через вплив характеристик профілю та місць розташування ділянок обмеження

упродовж перегону. Несприятливими типами профілю з точки зору ефективності усунення обмежень є підйоми та спуски з ухилами понад 8‰, їх чергування. Подібний розподіл за типом профілю і пов'язаний з цим режим руху поїзда дозволив не включати в подальшу оптимізацію неефективні варіанти.

Подальша оптимізація передбачає можливість встановлення максимально допустимої швидкості не тільки в межах кожного перегону, але й по кожному об'єкту («бар'єрному» місцю). Вирішення такого завдання є складним уже тому, що необхідно розглядати взаємозалежні ділянки (об'єкти). Для таких ділянок (рис. 1) характерним є те, що сума скорочень часу руху поїзда, отримана на кожній ділянці після усунення обмеження швидкості руху, не дорівнює виграшу в часі, якщо зняти всі обмеження швидкості. Тобто, критерій неадитивний і отримати достовірні дані для оптимізації можна тільки після виконання тягових розрахунків. При цьому враховували відстань між обмеженнями швидкості  $l_i$  і довжину ділянки розгону  $l_p$ , яка залежить від параметрів поздовжнього профілю.



———— рух поїзда за відсутності обмежень

..... рух поїзда за наявності обмежень (обм)

— — — примусовий режим ведення поїзда за діючих обмежень (реж)

Рис. 1. Приклад взаємозалежних ділянок обмеження швидкості

З метою визначення взаємозалежних ділянок (об'єктів) були виконані тягові розрахунки при різних комбінаціях зняття обмежень швидкостей руху для таких вихідних даних: маса пасажирських поїздів 1 000 т, максимальні рівні швидкості руху по ділянці 100 і 120 км/год; для вантажних поїздів – маса рухомого складу 3 500 і 4 000 т, максимальна швидкість 80 км/год. Середня довжина ділянки обмеження приймалася 1 км при рівні обмеження швидкості 25 і 40 км/год, як найбільш несприятливому. Ухили поздовжнього профілю розглядали в діапазоні від 0 до 12‰ при різноманітних комбінаціях елементів: підйом – спуск, спуск – підйом, спуск – спуск, підйом – підйом, горизонтальна

площадка – спуск (або підйом), спуск (або підйом) – горизонтальна площадка і т. інш.

За результатами досліджень було побудовано графіки залежності довжини ділянки розгону від ухилу поздовжнього профілю, рівня допустимої швидкості та маси вантажного поїзда. Використання цих графіків дозволило визначати взаємозалежні об'єкти з обмеження швидкості залежно від характеристик поздовжнього профілю за довжиною ділянки розгону. У дисертації наведено також графіки зростання часу руху, механічної роботи локомотива та роботи сил опору при виникненні обмежень швидкості руху поїздів від ухилу поздовжнього профілю, маси вантажного поїзда та рівня швидкості, що обмежує рух. Отримані результати в сукупності дозволили приймати правильні рішення при оцінці економічного ефекту від зняття обмежень швидкості руху.

Також було встановлено, що наявність обмеження швидкості може впливати на масу вантажного поїзда і призвести до додаткових витрат залізниці  $C_Q$  (до 20% від загальних витрат). Це відбувається в тих випадках, коли обмеження швидкості руху поїздів встановлене на зтяжному підйомі, що призводить до необхідності зменшення маси вантажного поїзда або надання локомотивів-штовхачів. Додаткові витрати визначали за формулою:

$$C_Q = 365 \cdot n_{\text{вант}} \cdot (B_A + B_{\text{л}} + B_{\text{бр}} + B_{\text{зуп}}), \quad (1)$$

де  $n_{\text{вант}}$  – кількість пар вантажних поїздів, що пропускає ділянка залізниці за добу;

$B_A$  – додаткові витрати на паливно-енергетичні ресурси, тис. грн;

$B_{\text{л}}$  – додаткові витрати на локомотиви-штовхачі, що надаються, тис. грн;

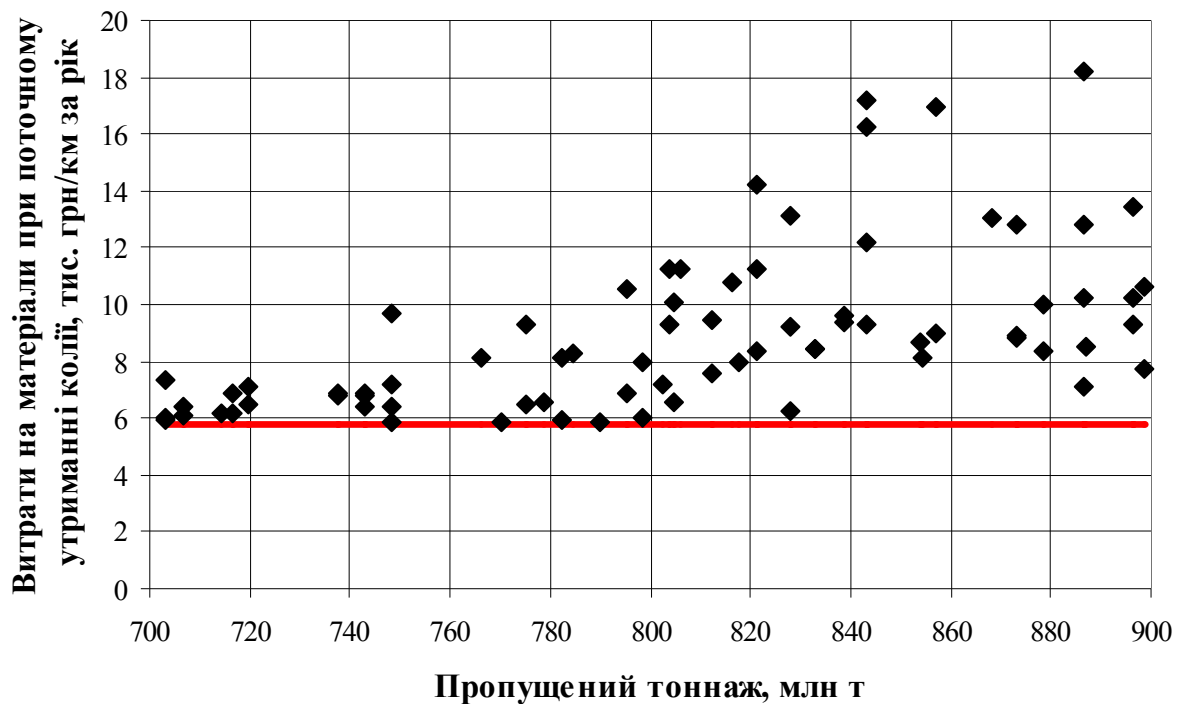
$B_{\text{бр}}$  – додаткові витрати на локомотивні бригади, що обслуговують локомотиви-штовхачі, тис. грн;

$B_{\text{зуп}}$  – додаткові витрати, що зумовлені вимушеною зупинкою на станціях для надання локомотивів-штовхачів та їх відчеплення, тис. грн. Визначення перелічених складових наведено в таблиці 1.

Витрати матеріалів при поточному утриманні колії на залізницях України регламентуються ЦП-0123 «Середні норми витрат матеріалів і виробів на поточне утримання та ремонт колії й інших пристроїв колійного господарства залізниць України». Даний нормативний документ передбачає зміну норм витрат матеріалів залежно від конструкції верхньої будови колії, виду тяги та інших показників. У той же час експлуатується чимала кількість ділянок (близько 50 % від загальної протяжності обмежень швидкості руху поїздів, що діють на Придніпровській і Львівській залізницях) з простроченим капітальним ремонтом та модернізацією колії. Витрати матеріалів на таких ділянках перевищують значення, встановлені нормативним документом ЦП-0123. Узагальнені результати для ділянок з простроченим капітальним ремонтом та модернізацією колії наведено на рис. 2.

Визначення додаткових витрат  $C_Q$ , що пов'язані з масою вантажного поїзда

Величина	Розрахункова формула	Позначення
$B_A$	$B_A = A_{\text{дод}} \cdot e_e$	$A_{\text{дод}}$ – додаткові витрати електроенергії (кВт·год) або дизельного палива (т); $e_e$ – вартість паливно-енергетичних ресурсів, тис. грн; $t$ – час, на який потрібно надати локомотив-штовхач, год; $e_{\text{л}}$ – вартість 1 поїздо-години, тис. грн; $e_{\text{бр}}$ – вартість 1 бригадо-години, тис. грн; $e_{\text{зуп}}$ – вартість однієї зупинки поїзда, тис. грн; $K_e$ – витрати електроенергії на 1 ткм механічної роботи, кВт·год (а при тепловозній тязі – витрати палива на 1 ткм механічної роботи, т); $\Delta R_{\text{мех}}$ – зміна механічної роботи сили тяги локомотива при наданні локомотива-штовхача, ткм.
$B_{\text{л}}$	$B_{\text{л}} = t \cdot e_{\text{л}}$	
$B_{\text{бр}}$	$B_{\text{бр}} = t \cdot e_{\text{бр}}$	
$B_{\text{зуп}}$	$B_{\text{зуп}} = 2 \cdot e_{\text{зуп}}$	
$A_{\text{дод}}$	$A_{\text{дод}} = K_e \cdot \Delta R_{\text{мех}}$	



— середні нормативні витрати на матеріали

◆ фактичні витрати на ділянках з простроченими ремонтами колії

Рис. 2. Витрати на матеріали при поточному утриманні залізничної колії на ділянках з понаднормативним значенням пропущеного тоннажу Придніпровської залізниці

Результати проведеного аналізу показали, що на ділянках з понаднормативним пропущеним тоннажем зростають витрати на поточне утримання колії, але в існуючій методиці оцінки втрат від дії обмежень швидкості така складова витрат не врахована. Наприклад, на Придніпровській

залізниці протяжність ділянок з простроченими ремонтами колії, що викликають необхідність обмеження швидкості руху, складає 30 % від усіх обмежень швидкості й не може ігноруватися. Тому метою подальших досліджень є встановлення факторів, що впливають на додаткові витрати, пов'язані з поточним утриманням колії на ділянках з простроченими ремонтами, а також розробка моделей, які дозволять встановлювати додаткову складову економічної ефективності, що залежить від стану колії.

Для оцінки додаткових витрат залізниці від дії обмежень швидкості руху поїздів автором дисертації запропоновано класифікацію обмежень швидкості руху поїздів, у якій ділянки розподілені на категорії залежно від причини виникнення обмеження.

**У третьому розділі** проаналізовано існуючі методи оцінки ефективності усунення обмежень швидкості руху поїздів. Автором була удосконалена методика визначення загального річного економічного ефекту від зняття попередження з обмеження швидкості руху поїздів на ділянці за таким виразом:

$$\Delta C = C_A + C_t + C_k + C_Q, \quad (2)$$

де  $C_A$  – зменшення витрат на додаткове споживання паливно-енергетичних ресурсів тис. грн;

$C_t$  – зменшення витрат на додаткові поїздо-години, тис. грн;

$C_Q$  – зменшення витрат, пов'язаних з масами вантажних поїздів визначають за виразом (1);

$C_k$  – зменшення витрат, пов'язаних зі станом колії, тис. грн, що визначають за виразом:

$$C_k = (E_{ny} + E_w) \cdot L_{обм}, \quad (3)$$

де  $E_{ny}$  – зменшення витрат на поточне утримання колії під час виконання робіт з усунення обмежень швидкості, тис. грн/км, визначають з виразу, який отримано за результатами проведеного статистичного дослідження (розд. 2) з використанням методу структурного моделювання:

$$E_{ny} = a_0 + a_1 \cdot \Gamma + a_2 \cdot K^2 + a_3 \cdot (T_\phi - T_n)^2, \quad (4)$$

де  $\Gamma$  – вантажонапруженість ділянки, млн ткм бр/км за рік;

$K$  – протяжність кривих ділянок колії радіусом до 1 000 м, %;

$T_\phi$  – фактичний пропущений тоннаж на дослідній ділянці, млн т;

$T_n$  – нормативний пропущений тоннаж, при якому призначається капітальний ремонт або модернізація колії, млн т;

$a_0, a_1, a_2, a_3$  – сталі величини, значення яких знайдено за методом найменших квадратів і наведено в табл. 2.

$E_w$  – щорічні витрати, пов'язані зі зростанням опору руху від колії, яке спостерігається на ділянках з простроченими ремонтами колії та визначають за виразом:

$$E_w = C \cdot \Delta W \cdot \Gamma, \quad (5)$$

де  $C$  – витратна ставка, що оцінює витрати на 1 млн ткм механічної роботи, тис. грн;

$\Delta W$  – щорічне зростання опору руху, яке залежить від стану колії (нова верхня будова колії, верхня будова перед модернізацією або капітальним ремонтом та верхня будова колії при прострочених ремонтах);

$L_{\text{обм}}$  – довжина ділянки обмеження, км:

$$L_{\text{обм}} = \ell_{\text{обм}} + \ell_{\text{г}} + \ell_{\text{р}}, \quad (6)$$

де  $\ell_{\text{обм}}$  – безпосередньо довжина обмеження, км;

$\ell_{\text{г}}$  – довжина ділянки гальмування перед обмеженням швидкості

(приймається рівною 1 км);

$\ell_{\text{р}}$  – довжина ділянки розгону за обмеженням швидкості, км (приймається за результатами, що встановлені в розд. 2 залежно від маси поїзда і ухилу поздовжнього профілю). Визначення довжини ділянки обмеження зумовлено проведеним аналізом (розд. 1), який показав, що колія розладнується не лише на ділянках з обмеженнями швидкості, але й особливо на ділянках гальмування та розгону.

Таблиця 2

Коефіцієнти до побудованих моделей

Коефіцієнти	Прострочена модернізація колії	Прострочений капітальний ремонт
$a_0$	-1,603	-1,098
$a_1$	0,06693	0,09756
$a_2$	0,00097	0,00025
$a_3$	0,00013	0,00010

**У четвертому розділі** на основі проведеного кореляційного аналізу за результатами, що були отримані в розд. 3, встановлено показники, які впливають на складові економічної ефективності кожної окремо, а також суттєвість їх впливу. За складові додаткових витрат залізниці прийнято витрати, що зумовлені зростанням часу руху, маси вантажних поїздів, опору руху від колії, витрат матеріалів при поточному утриманні колії, підвищеним споживанням паливно-енергетичних ресурсів. Отримані результати використано для побудови моделі, що дозволяє оцінити вплив обмежень швидкості руху поїздів на додаткові витрати залізниці.

Для кожного з впливових факторів визначено інтервали, при яких виникають додаткові витрати від дії обмежень швидкості (табл. 3). При цьому для різних категорій додаткових витрат інтервали можуть бути різними. Такий підхід дозволяє при відомих характеристиках дослідної ділянки та причинах, що зумовлюють виникнення обмежень швидкості (або допустимий рівень швидкості) встановлювати фактори, що призводять до зростання витрат залізниці. Діапазони швидкостей прийнято відповідно до класифікації обмежень за причинами виникнення (розд. 2).

Таблиця 3

## Вплив обмежень швидкості на додаткові витрати залізниці

Інтервали допустимої швидкості руху поїздів, зумовленої станом залізничної колії, км/год	Позначення додаткових витрат залізниці	Показники, що впливають на додаткові витрати залізниці при виникненні обмежень швидкості											
		Довжина ділянки $L_{\text{діл}}$ , км	Вантажна напруженість ділянки $\Gamma$ , млн ткм бр/км за рік	Середній радіус кривих на дослідній ділянці $R_{\text{ср}}$ , м	Кількість вантажних поїздів $n_{\text{вант}}$ , пар поїздів/за добу	Кількість пасажирських поїздів $n_{\text{пас}}$ , пар поїздів/за добу	Маси вантажних поїздів $Q_{\text{вант}}$ , т	Довжина обмеження $L_{\text{обм}}$ , км	Кількість обмежень на дослідній ділянці $n_{\text{обм}}$	Ухил за обмеженням $i_{\text{за обм}}$ , ‰	Протяжність кривих $K$ , %	Пропущений тоннаж, що перевищує норму на величину $\Delta T$ , млн т	Значення перелічених показників, що виходять за вказаний інтервал
до 15	$C_t$	$\geq 10$	$> 10$	$> 700$	$\geq 4$	$\geq 5$	-	$> 1$	$\geq 2$	-	-	-	Значення додаткових витрат залізниці незначне
	$C_A$	$\geq 10$	$> 10$	$> 1\ 000$	$\geq 4$	$\geq 5$	$\geq 3\ 500$	-	$\leq 2$	$\geq 3$	-	-	
	$C_Q$	-	-	-	$> 2$	-	$\geq 3\ 800$	-	-	$> 6$	-	-	
16-30	$C_t$	$\geq 10$	$> 10$	$> 700$	$\geq 5$	$\geq 6$	-	$> 1$	$\geq 2$	-	-	-	
	$C_A$	$\geq 10$	$> 10$	$> 1\ 000$	$\geq 5$	$\geq 6$	$\geq 3\ 800$	-	$\leq 2$	$\geq 4$	-	-	
	$C_Q$	-	-	-	$> 2$	-	$> 3\ 800$	-	-	$> 6$	-	-	
31-45	$C_t$	$\geq 15$	$> 20$	$> 700$	$\geq 8$	$\geq 6$	-	$> 1$	$\geq 3$	-	-	-	
	$C_A$	$\geq 15$	$> 20$	$> 1\ 000$	$\geq 7$	$\geq 7$	$\geq 4\ 000$	-	$\leq 2$	-	-	-	
	$E_w$	-	$> 15$	-	$\geq 5$	-	-	$\geq 0,5$		$\geq 7$	-	$\geq 50$	
	$E_{\text{пу}}$	-	$> 30$	-	-	-	-	$\geq 2$	$\geq 2$	$\geq 4$	$\geq 50$	$\geq 50$	
46-60	$C_t$	$\geq 15$	$> 25$	$> 700$	$\geq 10$	$\geq 10$	-	$> 1$	$\geq 3$	-	-	-	
	$C_A$	$\geq 15$	$> 25$	$> 1\ 000$	$\geq 10$	$\geq 10$	$\geq 4\ 200$	-	$\leq 2$	$\geq 10$	-	-	
	$E_w$	-	$> 15$	-	$\geq 5$	-	-	$\geq 0,5$	-	-	-	$\geq 50$	
	$E_{\text{пу}}$	-	$> 30$	-		-	-	$\geq 2$	$\geq 2$	$\geq 6$	$\geq 50$	$\geq 50$	

Розроблена модель застосовується для попередньої оцінки економічної ефективності від усунення обмежень швидкості. Особливо це має значення при великій кількості ділянок обмеження і обмежених фінансових ресурсах на їх усунення. Використання моделі дозволяє виключати неефективні або малоефективні варіанти без виконання громіздких розрахунків.

У *п'ятому розділі* викладено методику встановлення раціональної послідовності зменшення кількості обмежень і підвищення швидкості руху поїздів, а також надані пропозиції щодо використання розробленої моделі при вирішенні практичних задач. З метою встановлення послідовності відміни обмежень швидкості розв'язано задачу векторної оптимізації на списках. За об'єкт дослідження прийнято залізницю, яка характеризується сукупністю ділянок  $\{\omega_i\}, i=1, N$ , де  $N$  – кількість ділянок з діючими обмеженнями. Кожний з елементів списку  $\omega_i$  (ділянка залізниці з діючими обмеженнями швидкості руху поїздів) характеризується такими показниками:

- $Z_{i1}$  – витрати, пов'язані зі станом залізничної колії, тис. грн;
- $Z_{i2}$  – витрати на додаткові поїздо-години, тис. грн;
- $Z_{i3}$  – витрати на додаткові паливно-енергетичні ресурси, тис. грн;
- $Z_{i4}$  – витрати, пов'язані з масами вантажних поїздів, тис. грн;
- $KV_i$  – капітальні вкладення, за рахунок яких забезпечується

ефективність  $(Z_{i1}, Z_{i2}, Z_{i3}, Z_{i4}), i=1, N$ , тис. грн;

- $D$  – розміри фінансування, тис. грн;
- $\Delta_i$  – недовикористаний грошовий ресурс, тис. грн.

Алгоритм розв'язання задачі векторної оптимізації наведено в табл. 4.

Отримані результати й надані рекомендації дають змогу вирішувати задачу розподілу коштів залізниці на ремонтно-колійні роботи, при якому досягається найбільший економічний ефект, а також планувати виконання ремонтів колії у такій послідовності, що забезпечує якомога менші втрати залізниці від обмежень швидкості.

Для зручності використання запропонованої методики в середовищі Maple написано програму, яка дозволяє формувати списки ділянок, на яких в першу чергу планується виконувати ремонтно-колійні роботи. При цьому автоматично розраховується економічний ефект та недовикористаний грошовий ресурс.

## Алгоритм розв'язання задачі

1. Введення вихідної інформації:					
$N$	$Z_{i1}$	$Z_{i2}$	$Z_{i3}$	$Z_{i4}$	$KV_i$
2. Формування матриці $ZK = \{Z_{ij}, KV_i\}, i=1, N$					
3. Упорядкування матриці за правилом: $k_1 > k_2 \Rightarrow \sum_j Z_{k_1j} \leq \sum_j Z_{k_2j}$ , якщо для ділянок $\omega_m$ і $\omega_n$ виконується одна з умов:					
$\left( \sum_j Z_{mj} = \sum_j Z_{nj} \right) \wedge (KV_m < KV_n)$ , тоді ділянка $\omega_n$ з подальшого розгляду виключається			$\left( \sum_j Z_{mj} = \sum_j Z_{nj} \right) \wedge (KV_m = KV_n)$ у цьому випадку дві ділянки $\omega_m$ і $\omega_n$ вважаються рівнозначними з точки зору отриманого ефекту та необхідних для цього капітальних вкладень		
4. При заданому значенні фінансових ресурсів на усунення обмежень кожному елементу $\omega_i$ поставлено у відповідність величину $\Delta_i = D - KV_i$ . Елементи $\omega_i$ , для яких $\Delta_i < 0$ з подальшого розгляду виключаються					
5. Формування множини допустимих списків елементів, на яких планується виконання ремонтно-колійних робіт. Кожному елементу поставлено у відповідність $Z$ та $\Delta_i$					
6. Вибір списку множин варіантів ділянок, що підлягають відновленню. При цьому задача зводиться до вибору таких варіантів, для яких сумарний економічний ефект $Z$ якомога більший, а недовикористаний грошовий ресурс $\Delta_i$ – якомога менший					
7. Варіант $\begin{pmatrix} Z(\mathbf{V}(i)) \\ \Delta D(\mathbf{V}(i)) \end{pmatrix}$ кращий, ніж варіант $\begin{pmatrix} Z(\mathbf{V}(j)) \\ \Delta D(\mathbf{V}(j)) \end{pmatrix}$ , якщо $\begin{pmatrix} Z(\mathbf{V}(i)) \\ \Delta D(\mathbf{V}(i)) \end{pmatrix} \leq \begin{pmatrix} Z(\mathbf{V}(j)) \\ \Delta D(\mathbf{V}(j)) \end{pmatrix}$ , при цьому серед нерівностей $\begin{pmatrix} Z(\mathbf{V}(i)) \geq Z(\mathbf{V}(j)) \\ \Delta D(\mathbf{V}(i)) \leq \Delta D(\mathbf{V}(j)) \end{pmatrix}$ повинна бути хоча б одна строга					
8. З отриманих непорівнянних за Парето варіантів формується остаточний список ділянок, що підлягають відновленню, у встановленій послідовності					

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі виконаних досліджень вирішено важливу науково-технічну задачу підвищення ефективності заходів зі зменшення обмежень швидкості руху поїздів, зумовлених станом залізничної колії, що буде сприяти реалізації державних перспективних програм, у тому числі проекту «ЄВРО-2012».

Отримані результати в сукупності мають суттєве значення для залізничного транспорту. Основні наукові результати, висновки й практичні рекомендації такі.

1. Нормативи, які сьогодні застосовують для призначення ремонтно-колійних робіт, не в повній мірі враховують умови експлуатації, наприклад, наявність обмежень швидкості руху, пов'язаних зі станом залізничної колії, а

також режими ведення поїздів, характеристики плану й поздовжнього профілю, що призводить до додаткових експлуатаційних витрат.

2. Під час визначення додаткових витрат на паливно-енергетичні ресурси за наявності на перегоні ділянок, що обмежують швидкості руху, необхідно враховувати тип і характеристики поздовжнього профілю. Несприятливими типами профілю з точки зору ефективності усунення обмежень є круті підйоми та спуски з ухілами понад 8 %. Виникнення обмежень швидкості руху поїздів на таких ділянках може викликати необхідність зменшення маси вантажного поїзда або надання додаткових локомотивів-штовхачів, що призводить до підвищення витрат залізниці.

3. Запропонована класифікація обмежень швидкості руху поїздів, у якій ділянки з діючими обмеженнями розподіляються на категорії залежно від причини виникнення, спрощує подальші оцінки додаткових витрат залізниці від дії тих чи інших обмежень швидкості.

4. Розроблена математична модель дозволяє встановлювати параметри ділянок обмеження швидкості, реконструкція яких призводить до зниження витрат залізниці, що пов'язані з часом руху поїзда, до 24 %, витратами паливно-енергетичних ресурсів до 20 %, витратами на поточне утримання до 15 %, витратами, пов'язаними з масами вантажних поїздів, до 20 % та зниженням опору руху від колії до 22 %.

5. При оцінці економічної ефективності відміни обмежень швидкості руху поїздів потрібно враховувати додаткові витрати, зумовлені станом залізничної колії: витрати на поточне утримання ділянок з понаднормативним пропущеним тоннажем та витрати, пропорційні опору руху від колії.

6. Новий вдосконалений метод визначення раціональної послідовності усунення обмежень швидкості руху поїздів враховує наявний стан залізничної колії, тип і характер рухомого складу, обмежене інвестування проектів. Визначена раціональна послідовність усунення обмежень швидкості дозволяє обґрунтовано розподіляти кошти в межах залізниці та досягти зменшення витрат на 12...20 %.

7. Властивості кривих функцій корисності від розмірів виділених інвестицій свідчать, що невеликі розміри капіталовкладень, які спрямовуються на ремонти, дають мінімальний ефект, при максимальних вкладеннях настає ефект «насичення» і найкращий результат знаходиться в середній зоні інвестування. Запропонований розподіл інвестицій при проведенні ремонтно-колійних робіт дозволяє визначати раціональні заходи й послідовність їх реалізації з метою отримання найбільшого галузевого та соціального ефекту.

8. Результати роботи реалізовано при впровадженні прискореного руху пасажирських поїздів під час виконання ремонтно-колійних робіт на напрямках Лозова – Сімферополь Придніпровської залізниці і Львів – Підволочиськ Львівської залізниці, що дозволило за наявного обсягу коштів залізниці забезпечити найбільший технічний та економічний ефект. Застосування розробленої методики дає можливість збільшити швидкість на перегонах і

станціях на 8...12 % та скоротити питомі витрати електроенергії на тягу поїздів на 9-14 кВт·год/км, що сприяє виконанню державного завдання з економії енергоресурсів.

***Основні положення та результати дисертації опубліковано в таких роботах.***

1. Курган М. Б. Вплив обмеження швидкості на енергетичні показники руху поїздів / М. Б. Курган, О. С. Маркова // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 16. – С. 29–36.
2. Курган М. Б. Втрати часу руху поїздів на ділянках обмеження швидкості / М. Б. Курган, О. С. Маркова // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 18. – С. 54–61.
3. Курган М. Б. Економічна ефективність від усунення обмежень швидкості руху поїздів, що зумовлені простроченням ремонтів / М. Б. Курган, О. С. Маркова // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 19. – С. 84–87.
4. Чернишова О. С. Зниження експлуатаційних витрат при відміні попереджень з обмеження швидкості руху поїздів / О. С. Чернишова // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 20. – С. 78–81.
5. Курган М. Б. Вплив пропущеного тоннажу та плану лінії на витрати при поточному утриманні колії / М. Б. Курган, О. С. Чернишова // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. 2008. – Вип. 24. – С. 88-90.
6. Курган М. Б. Прогнозування зміни тягово-енергетичних показників при виникненні обмежень швидкості / М. Б. Курган, Н. А. Мухіна, О. С. Чернишова // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 27. – С. 121–124.
7. Курган М. Б. Встановлення раціональної послідовності усунення обмежень швидкості, зумовлених станом залізничної колії / М. Б. Курган, Н. А. Мухіна, О. С. Чернишова // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 25. – С. 72–75.
8. Губар О. В. Витрати, пов'язані з опором руху від колії / О. В. Губар, Р. С. Ліповський, М. І. Уманов, О. С. Чернишова // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 28. – С. 58–60.

***Додаткові праці:***

9. Курган М. Б. Залежність експлуатаційних витрат від рівня швидкості на ділянках, що обмежують рух поїздів / М. Б. Курган, О. С. Маркова // [Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: тези 66-ї Міжнародної науково-практ. конф.]. – Д., 2006. – С. 211–212.
10. Курган М. Б. Втрати часу руху поїздів на ділянках обмеження швидкості / М. Б. Курган, О. С. Маркова // [Проблеми та перспективи розвитку

залізничного транспорту: тези 67-ї Міжнародної науково-практ. конф.]. – Д., 2007. – С. 206–207.

11. Курган М. Б. Фактори, що впливають на першочерговість усунення обмежень швидкості руху поїздів, пов'язаних зі станом залізничної колії / М. Б. Курган, О. С. Чернишова // [Проблеми механіки залізничного транспорту: тези доп. 12-ї Міжнародної наукової конф.]. – Д., 2008. – С. 90.

12. Губар О. В. Витрати, пов'язані з опором руху від колії / О. В. Губар, М. І. Уманов, О. С. Чернишова // [Проблеми економіки транспорту: тези доповідей 8-ї Міжнародної наукової конф.]. – Д., 2009. – С. 71.

13. Курган М. Б. Економічна оцінка витрат на поточне утримання залізничної колії на ділянках з простроченими ремонтами / М. Б. Курган, О. С. Чернишова // [Проблеми економіки транспорту: тези доповідей 8-ї Міжнародної наукової конф.]. – Д., 2009. – С. 41.

14. Курган М. Б. Економічна оцінка ефективності усунення обмежень швидкості руху поїздів, зумовлених станом залізничної колії / М. Б. Курган, О. С. Чернишова // [Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: тези 69-ї Міжнародної науково-практ. конф.]. – Д., 2009. – С. 156-157.

15. Курган М. Б. Раціональна послідовність усунення обмежень швидкості руху поїздів / М. Б. Курган, О. С. Чернишова // [Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: тези 69-ї Міжнародної науково-практ. конф.]. – Д., 2009. – С. 157-158.

16. Курган М. Б. Додаткові витрати залізниці, зумовлені виникненням обмежень швидкості / М. Б. Курган, О. С. Чернишова // [Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: тези 70-ї Міжнародної науково-практ. конф.]. – Д., 2010. – С. 187-188.

17. Курган М. Б. Додаткові витрати залізниці, пов'язані з масами вантажних поїздів, на ділянках з діючими обмеженнями швидкості / М. Б. Курган, О. С. Чернишова // [Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: тези 70-ї Міжнародної науково-практ. конф.]. – Д., 2010. – С. 186-187.

## АНОТАЦІЯ

Чернишова О. С. Підвищення ефективності заходів зі зменшення обмежень швидкості руху поїздів, зумовлених станом залізничної колії. – 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.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі підвищення ефективності заходів зі зменшення обмежень швидкості руху поїздів.

Розроблено методику оцінки економічної ефективності від усунення обмежень швидкості руху поїздів, яка відрізняється від існуючих тим, що враховує додаткові витрати, пов'язані зі станом залізничної колії (на поточне утримання ділянок з простроченими ремонтами колії, а також витрати, пропорційні опору руху від колії) та масами вантажних поїздів.

Розроблено модель, яка дозволяє прогнозувати очікувані втрати залізниць від дії обмежень швидкості руху поїздів за причиною їх виникнення.

Запропоновано метод визначення раціональної послідовності усунення обмежень швидкості руху поїздів, пов'язаних зі станом залізничної колії. Метод враховує наявний стан колійної інфраструктури, тип і характер рухомого складу, обмежене інвестування проектів.

Запропоноване розподілення інвестицій при проведенні ремонтно-колійних робіт дозволяє визначати раціональні заходи та послідовність їх реалізації з метою отримання найбільшого економічного та галузевого ефекту.

Результати, отримані в дисертаційній роботі, використані в науково-дослідних роботах, які виконувалися на замовлення Придніпровської та Львівської залізниць.

Ключові слова: обмеження швидкості руху поїздів, стан залізничної колії, ремонтно-колійні роботи, модель, метод структурного моделювання, додаткові витрати залізниць, економічний ефект, оптимізація на списках.

## АННОТАЦИЯ

Чернышова О. С. Повышение эффективности мероприятий по уменьшению ограничений скорости движения поездов, обусловленных состоянием железнодорожного пути. – 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.

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научно-технической задачи повышения эффективности мероприятий по уменьшению ограничений скорости движения поездов.

На железных дорогах Украины параметры плана и продольного профиля, ограничения скорости на станциях и ряд других причин приводят к необходимости снижения скорости относительно ее максимального уровня. Особенно большие изменения скоростей имеют место на существующих линиях с интенсивным пассажирским и грузовым движением. Наличие «барьерных» мест практически на каждой железной дороге вызывает ограничения скорости и требует в каждом отдельном случае индивидуальных решений.

Для решения проблемы уменьшения количества «барьерных» мест в диссертационной работе, в первую очередь, были проанализированы причины, которые вызывают необходимость введения ограничений скорости движения поездов. Проведенный анализ показал, что более 70 % ограничений скорости

вызваны состоянием железнодорожного пути. Следующим шагом стало определение потерь железных дорог от действия ограничений скорости движения поездов. При этом установлено, что существующие методики оценки эффективности устранения ограничений скорости движения поездов дают приближенные результаты и не учитывают ряд факторов.

Проведенные автором диссертации исследования позволили сделать вывод, что возникновение ограничений скорости движения поездов на затяжных подъемах может вызвать необходимость уменьшения массы грузового поезда или предоставления дополнительных локомотивов (толкачей) и соответственно привести к дополнительным затратам железной дороги.

Анализ участков с действующими ограничениями скорости показал, что несвоевременное выполнение ремонтов пути может привести к увеличению затрат на текущее содержание, особенно на участках с высокой грузонапряженностью и существенной протяженностью кривых малого и среднего радиусов. На основе проведенного статистического анализа с применением метода структурного моделирования были получены аналитические зависимости, которые позволяют прогнозировать ожидаемое возрастание затрат на текущее содержание пути на участках со сверхнормативным значением пропущенного тоннажа.

Разработана методика оценки экономической эффективности устранения ограничений скорости движения поездов, которая отличается от существующих тем, что учитывает дополнительные затраты, связанные с состоянием пути и массами грузовых поездов. Дополнительные затраты, связанные с состоянием пути, включают: затраты на текущее содержание участков со сверхнормативным значением пропущенного тоннажа, а также затраты, пропорциональные сопротивлению движения от пути.

Разработана модель, которая позволяет прогнозировать ожидаемые потери железных дорог от действия ограничений скорости движения поездов по причине их возникновения. При этом все ограничения скорости движения поездов, которые могут устанавливаться на железных дорогах Украины по тем или иным причинам, были классифицированы по уровню допустимой скорости.

Предложен метод определения рациональной последовательности устранения ограничений скорости движения поездов, связанных с состоянием железнодорожного пути. Метод учитывает состояние путевой инфраструктуры, тип и характер подвижного состава, ограниченное инвестирование проектов. Предложено программное обеспечение, которое позволяет формировать списки участков с указанием очередности выполнения ремонтно-путевых работ с целью устранения ограничений скорости движения поездов, а также рассчитывает экономический эффект в этих случаях.

Выявлены три важнейшие экономические особенности кривых функций полезности от размеров выделенных инвестиций: небольшие размеры инвестиций, которые направлены на ремонты, дают минимальный эффект, при максимальных вложениях наступает момент «насыщения» и наилучший вариант

находится в средней зоне инвестирования. Предложенное распределение инвестиций при проведении ремонтно-путевых работ позволяет определять рациональные мероприятия и последовательность их реализации с целью получения наибольшего экономического и отраслевого эффекта.

Результаты, полученные в диссертации, использованы в научно-исследовательских работах, которые выполнялись по заказу Львовской и Приднепровской железных дорог.

Ключевые слова: ограничение скорости, железнодорожный путь, путевые работы, структурное моделирование, дополнительные затраты, экономический эффект, оптимизация.

### **ABSTRACT**

Chernyshova O. S. The increase of the measures efficiency on the reduction of train speed limits determined by the railway track condition. – Manuscript.

Thesis for the scientific degree of the Candidate of Technical Sciences in speciality 05.22.06 – The railway track. – Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, 2010.

The dissertation presents the solving of topical scientific technical task of the increase of the efficiency of measures on the reduction of train speed limits.

The estimation methodology of saving rate of the elimination of train speed limits has been developed which differs from existing methodologies in taking into consideration additional expenses connected with the track condition and the mass of freight trains. Additional expenses connected with track condition include expenses on preventive maintenance of the track section with the excessive value of transported tonnage and expenses which are proportional to the growth of running track resistance.

The developed mathematical model allows to forecast losses taken by railways when causes of the reduction of train speed limits occur.

The estimation method of the rational sequence of the elimination of train speed limits connected with track condition has been provided. This method includes the condition of track infrastructure, type and characteristics of the rolling stock, restricted investment of projects.

The offered investment allocation to the repair track operations allows to determine rational measures and the sequence of their implementation for the purpose of getting the highest saving and branch rate.

The obtained results were used in research scientific works which were fulfilled on Lvovs'ka and Prydniprovs'ka railways' demand.

Key words: train speed limits, the railway track condition, repair track operations, mathematical model, the method of structure modulation, additional expenses of railway, saving rate, optimization on the basis of lists.

ЧЕРНИШОВА ОКСАНА СЕРГІЇВНА

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ ЗІ ЗМЕНШЕННЯ  
ОБМЕЖЕНЬ ШВИДКОСТІ РУХУ ПОЇЗДІВ, ЗУМОВЛЕНИХ СТАНОМ  
ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано до друку «\_\_» \_\_\_\_\_ 2010 р.  
Формат паперу 60x48 1/16. Ум. друк. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 1,0.  
Зам. № \_\_\_\_\_. Тираж 100 пр.

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

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1315 від 31.03.2003

Адреса видавництва та дільниці оперативної поліграфії:  
вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, 49010  
[www.ditrvv.dp.ua](http://www.ditrvv.dp.ua)