

**Міністерство транспорту України**  
Дніпропетровський державний технічний університет  
залізничного транспорту  
(ДІТ)

*На правах рукопису*

КІРПА Георгій Миколайович

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ  
РУХОМОГО СКЛАДУ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ  
ПЕРЕВЕЗЕНЬ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ**

Спеціальність: 05.22.07 - Рухомий склад залізниць та тяга поїздів

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ - 1997



Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Дніпропетровському державному технічному університеті залізничного транспорту

Науковий керівник - доктор технічних наук професор  
Дьомін Юрій Васильович

Науковий консультант - кандидат технічних наук доцент  
Корженевич Іван Петрович

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук професор  
Павленко Альберт Прокопович;  
кандидат технічних наук доцент  
Рейдемейстер Генадій Валерьянович

Провідна організація - Східноукраїнський державний  
університет (м. Луганськ)

Захист відбудеться 27 червня 1997 р. о 14<sup>00</sup> год. на засіданні спеціалізованої ради Д 03.04.02 при Дніпропетровському державному технічному університеті залізничного транспорту за адресою: Україна, 320700, Дніпропетровськ, вул. Академіка Лазаряна, 2, ДІТ, ауд. № 224.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Дніпропетровського державного технічного університету залізничного транспорту.

Відгуки на автореферат у двох примірниках, що завірені печаткою, просимо надсилати до спеціалізованої ради за адресою ДІТу.

Автореферат розіслано "19" 05 1997 р.

Вчений секретар

спеціалізованої ради

Л.В.Петрович

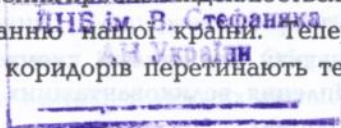
## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ. АКТУАЛЬНІСТЬ І СТУПІНЬ ДОСЛІДЖЕНОСТІ ТЕМАТИКИ

---

Залізниці України складають розвинуту транспортну систему із значним перевізним потенціалом. Проте через різку зміну економічних умов за останні роки спостерігається стале зниження попиту на транспортні послуги, що надаються залізницями у галузі вантажних перевезень. Частина вантажопотоків, що втрачається залізничним транспортом, освоюється другими видами транспорту, зокрема автомобільним. Ситуація, що склалась, потребує якісно нових підходів до вирішення актуальних завдань щодо збереження та нарощування обсягів перевезень вантажів за участю залізничного транспорту. Успішне вирішення цих завдань неможливе без опанування новими технологіями на основі використання перспективних технічних засобів, включаючи рухомий склад для комбінованих перевезень.

Головні тенденції, які спостерігаються у вантажних перевізних процесах на залізницях світу, пов'язані з розширенням застосуванням спеціалізованого рухомого складу, у тому числі швидкісного, і збільшенням перевезень за змішаними схемами (комбіновані перевезення) переважно у міжнародному сполученні. Через низку причин на залізницях України, як і інших країн СНД, швидкісні перевезення вантажів не набули свого розвитку. Із всіх видів комбінованих перевезень застосовувались тільки контейнерні. Спроби створення транспортних засобів для перевезень контрейлерів, тобто автопоїздів або окремих напівпричепів, були обмежені частковими проектними розробками. На протязі тривалого періоду у зазначеному напрямку практично не проводились цілеспрямовані науково-технічні розробки. Таким чином, у теперішній час особливу актуальність набувають питання, які пов'язані із створенням парку спеціалізованих вагонів та організацією перевезень вантажів у міжнародному сполученні.

Для України актуальність зазначених проблем підсилюється завдяки вигідному географічному розташуванню нашої країни. Тепер три з дев'яти європейських транспортних коридорів перетинають територію



України. Наша держава запропонувала європейській спільноті до розгляду ще чотири транспортних коридори.

Постановою Кабінету Міністрів №1324 від 30.10.96 р. створення транспортних коридорів та входження їх до Міжнародної транспортної системи визначено як пріоритетний загальнодержавний напрямок розвитку транспортно-дорожнього комплексу. Досягнута спільна угода між урядами України, Грузії та Азербайджану про Євро-Азіатський транспортний коридор (ЄАТК) і відкриття паромної лінії між чорноморськими портами Іллічівськ і Поті створюють сприятливі умови для утворення у перспективі єдиного трансконтинентального коридору Балтійське море - Чорне море - Кавказ - Каспійське море. Є очевидним, що однією з головних складових технічного забезпечення міжнародних транспортних коридорів постає створення вискоєфективних засобів безперевантажувальних та комбінованих перевезень.

## МЕТА І ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета дисертаційної роботи полягає в обґрунтуванні, розробці та дослідній перевірці комплексу організаційно-технічних заходів щодо забезпечення регулярної експлуатації модернізованого спеціалізованого рухомого складу для перевезень залізницею вантажів у міжнародному сполученні, у тому числі за змішаними схемами транспортування.

Для досягнення поставленої мети вирішуються наступні основні завдання:

1. Провести аналіз технічного забезпечення вантажних перевезень міжнародними транспортними коридорами та сформулювати основні вимоги до засобів безперевантажувальних і комбінованих перевезень;
2. Розробити концептуальні положення запровадження режиму комбінованих перевезень з використанням модернізованого рухомого складу та існуючої залізничної інфраструктури;
3. Сформулювати основні технічні вимоги до модернізованих та перспективних спеціалізованих вагонів для контрейлерних перевезень;
4. Визначити раціональні схеми розміщення та способи закріплення великовантажних автопоїздів на контрейлерних платформах;

5. Встановити умови безпечної експлуатації контрейлерних поїздів;
6. Визначити показники економічної доцільності застосування контрейлерних перевезень залізницями України.

У дисертації подані основні результати робіт, що пов'язані з вирішенням завдань у зазначеному напрямку.

## **ОБГРУНТУВАННЯ ТЕОРЕТИЧНОЇ І ПРАКТИЧНОЇ ЦІННОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА НАУКОВОЇ НОВИЗНИ**

**Теоретична цінність дослідження** полягає у розробці концептуальних положень щодо перспектив розвитку технічних засобів безперевантажувальних та комбінованих перевезень транспортними коридорами України. Визначені підходи до розрахункової оцінки можливих схем розміщення та способів закріплення автопоїздів на відкритому рухомому складі. Створено методику визначення показників ефективності застосування змішаних схем перевезення вантажів.

**Практичну цінність роботи** складають:

- відпрацювання організаційно-технічних заходів запровадження контрейлерних перевезень з використанням модернізованого рухомого складу та існуючої залізничної інфраструктури;
- формулювання технічних вимог до спеціалізованих вагонів для комбінованих перевезень;
- розробка рекомендацій стосовно вибору раціональних схем розміщення та способів закріплення великовантажних автопоїздів на спеціалізованих платформах;
- визначення умов безпечної експлуатації контрейлерних поїздів;
- оцінка показників ефективності запровадження контрейлерних перевезень.

**Наукова новизна дослідження.** Сукупність одержаних результатів складає наукове вирішення важливої для народного господарства проблеми, пов'язаної зі створенням нової системи транспортування вантажів. Уперше сформульовано і вирішено теоретично-експериментальним шляхом комплексне завдання організаційно-технічного забезпечення безперевантажувальних і комбінованих перевезень у міжнародному сполученні. Обгрунтовано доцільність способу вільної установки великовантажних автопоїздів на

контрейлерних платформах. Визначено сферу ефективності контрейлерних перевезень.

## **РІВЕНЬ РЕАЛІЗАЦІЇ, ВПРОВАДЖЕННЯ НАУКОВИХ РОЗРОБОК**

---

З використанням досвіду роботи на Львівській залізниці з дослідними зразками вагонів-цистерн західноєвропейського типу створено систему організаційно-технічних заходів щодо адаптації до експлуатаційних умов на залізницях колії 1520 мм спеціалізованих цистерн типу 406R для перевезень небезпечних вантажів. Ця система відкрила широкі можливості використання парку вантажних вагонів МСЗ для організації регулярних експортних перевезень. Зокрема, цистерни типу 406R успішно використовуються на Львівській залізниці для перевезень за кордон вінілхлориду з Калушського концерну "Оріана" та бензолу з Рівенського ВО "Адінол".

Результати досліджень ходових якостей дослідного зразка модернізованої платформи з автопоїздом використані Українським державним центром "Укрспецвагон" і АТ "Крюківський вагонобудівний завод" при конструктивному удосконаленні, освоєнні випуску промислових партій та дослідній експлуатації контрейлерних платформ.

Розробки за темою дисертації використані при складанні місцевих та загальних технічних умов завантаження та закріплення автопоїздів різних типів на спеціалізованих платформах.

## **АПРОБАЦІЯ ТА ПУБЛІКАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ. СТРУКТУРА ТА ОБСЯГ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

---

Основні результати дисертаційної роботи доповідались на: Міжнародній науково-технічній конференції "Проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів" (м. Львів, 1995); I-му науково-практичному семінарі "Проблеми комбінованого транспорту в Україні" (м. Дніпропетровськ, 1995); IX-й Міжнародній конференції "Проблеми механіки залізничного транспорту" (м. Дніпропетровськ, 1996); Міжнародній науково-технічній конференції "Використання залізничних прикордонних переходів між

Україною і Польщею в аспекті європейських транспортних коридорів" (м. Кельце, 1996); VII-й Міжнародній конференції "Конструкції та дослідження автомобілей і машин" (м. Жешув, 1996).

За темою дисертації опубліковано 9 наукових праць.

Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, заключної частини, переліку використаної літератури, доповнень. Рукопис містить 162 сторінки, у тому числі 146 сторінок основного тексту, 39 таблиць, 61 рисунок, а також доповнення на 16 сторінках.

### **ДЕКЛАРАЦІЯ КОНКРЕТНОГО ОСОБИСТОГО ВНЕСКУ ДИСЕРТАНТА У РОЗРОБКУ НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ЗАХИСТ**

---

Особистий внесок автора в отриманні результатів, що викладено в дисертації, полягає у наступному:

- аналіз сучасного стану і розробка положень щодо перспективних напрямків розвитку технічних засобів міжнародних залізничних перевезень;
- участь у обґрунтуванні і розробці основних положень технічних вимог до модернізованих та перспективних вагонів-платформ для комбінованих перевезень;
- побудова розрахункової схеми та участь у моделюванні процесів динамічної взаємодії платформи з автопоїздом;
- керівництво організаційно-методичним забезпеченням експлуатаційних випробувань дослідних контейнерних платформ та участь у аналізі результатів випробувань;
- участь у розробці методики та розрахунковій оцінці показників економічної ефективності запровадження контейнерних перевезень;
- обґрунтування основних положень технічних умов та способів завантаження і закріплення автопоїздів на спеціалізованому рухомому складі.

## **ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОЛОГІЇ, МЕТОДУ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТУ І ОБ'ЄКТА**

---

Методологічну основу дослідження, що визначає його структуру та організацію, становить комплексний підхід до вирішення важливої народногосподарської проблеми створення нової для залізниць України та країн СНД системи міжнародних перевезень вантажів. Для вирішення конкретних завдань у роботі використовуються методи математичного моделювання та експериментальних досліджень динаміки рухомого складу. Експериментальну частину роботи становлять досліди з модернізованими платформами в експлуатаційних умовах. Достовірність одержаних наукових результатів стверджується задовільним узгодженням розрахункових та експериментальних даних.

## **ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ**

---

У вступі подано стислу оцінку сучасного стану проблеми, показано її актуальність, сформульовано мету роботи та окреслено коло завдань, що вирішуються.

**Перший розділ** присвячено аналізу проблем залізничних перевезень у міжнародному сполученні між Україною та державами Заходу. На основі результатів аналітичної оцінки перспектив розвитку міжнародних транспортних коридорів визначені завдання, вирішення яких необхідне для освоєння сучасних технологій перевезень, включаючи комбіновані. Серед цих завдань одним з першочергових є технічне забезпечення транспортних коридорів шляхом створення парку спеціалізованого рухомого складу та відповідної інфраструктури, зокрема на прикордонних залізничних переходах, поєднаних з пунктами перестановки вагонів (ППВ).

До теперішнього часу перестановка вагонів з колії 1520 мм на колію 1435 мм і навпаки здійснюється традиційним способом - шляхом зміни візків. Ця процедура потребує значних витрат часу. Для прискорення переходу вагонів з однієї колії на іншу розробляються і використовуються різні способи. Серед перспективних способів подолання різниці в коліях виділені такі, що пов'язані з автоматичною заміною колісних пар, а також з застосуванням візків с розсувними

колісними парами. У зв'язку з цим розглянуті конкретні технічні рішення, запропоновані фірмами Talgo и Tafesa (Іспанія), фірмою Arbel (Франція), Польськими та Болгарськими залізницями (РКР і БДЖ).

Виходячи з існуючої ситуації, коли вантажні вагони колії 1520 мм через габаритні обмеження і невідповідність своїх технічних характеристик вимогам МСЗ не допускаються до експлуатації на коліях Західної Європи, у теперішній час доводиться вирішувати питання забезпечення міжнародних перевезень шляхом удосконалення традиційної технології зміни ходових частин вагонів. При цьому виникають проблеми відносно пристроїв спирання кузовів вагонів західноєвропейського типу на візки моделі 18-100 та гальмівного обладнання. Розглянуто два варіанти технічного вирішення цих проблем, реалізованих закордонними транспортними фірмами - польською DEC та німецькою VTG. Як показали роботи на ППВ Львівської залізниці і результати експлуатаційних випробувань, обидва варіанти забезпечують нормальне функціонування вагонів-цистерн західноєвропейського типу на візках колії 1520 мм.

З аналізу тенденцій розвитку прогресивних технологій транспортування вантажів випливає, що у світовій практиці перевага віддається висококорентабельним комбінованим залізнично-автомобільним перевезенням. Суть технології комбінованих перевезень полягає в інтегруванні у єдину транспортну систему спеціалізованих засобів автомобільного та залізничного транспорту для масових перевезень контрейлерними залізничними поїздами автопоїздів, що складаються з автомобілів-тягачів та великовантажних напівпричепів.

До об'єктивних чинників, які повинні сприяти прискореному розвитку комбінованого транспорту України, віднесено наступні обставини:

- сполучення переваг двох домінуючих видів транспорту - маневреності, оперативності та швидкості автомобільного транспорту і великої продуктивності, всепогодності та безпечності залізничного;
- значне зниження забруднення навколишнього середовища;
- зменшення витрат автомобільного пального;

- зниження імовірності дорожньо-транспортних випадків та збереження автомобільних шляхів завдяки зменшенню частоти руху автопоїздів;
- скорочення часу простою автопоїздів у чергах на прикордонних автомобільних переходах.

Визначені шляхи поетапного розвитку комбінованого транспорту в Україні. Початковий етап пов'язано з організацією локальних маршрутів для контрейлерних перевезень. Для цього запропоновано використовувати лінії колії 1520 мм, які заглиблюються на території сусідніх держав - Польщі, Словаччини, Угорщини, Румунії. У перспективі, з накопиченням досвіду і відпрацюванням технологій комбінованих перевезень, мережею контрейлерних перевезень будуть охоплюватись крупні центри зародження та згасання вантажопотоків в Україні та за її межами.

Зазначено, що розвиток контрейлерних перевезень у значній мірі залежить від підготовленості технічних засобів - рухомого складу та терміналів. Як найбільш прийнятний для початку розвитку нового виду перевезень визначено напрямок, пов'язаний з використанням існуючих технічних засобів та інфраструктури.

У **другому розділі** розглянуто сучасні технічні засоби, що використовуються у закордонних системах контрейлерних перевезень, подано результати конкретних досліджень динамічної взаємодії під час руху автопоїзда і платформи, а також оцінки умов завантаження і закріплення автопоїздів на контрейлерних платформах.

Згідно з концепцією поетапного уведення на залізницях України режиму комбінованих перевезень запропоновано на початковій стадії скористатися існуючими технічними засобами. Для вирішення першочергових завдань здійснення систематичних контрейлерних перевезень за найбільш ефективний обрано варіант створення парку спеціалізованого рухомого складу шляхом модернізації платформ експлуатаційного парку. Виходячи з аналізу технічних характеристик, об'єктом модернізації було визначено платформу моделі 13-9004 для перевезень крупнотоннажних контейнерів та колісної техніки. Відповідно до розроблених технічних вимог суть модернізації полягає

у знижені рівня підлоги на 200 мм на двох симетричних ділянках між шкворневими балками, обмежених хребтовою та боковими балками.

Модернізована таким чином платформа з установленим на ній автопоїздом висотою 4 м і шириною 2,5 м має третій ступінь верхньої негабаритності. Схему розміщення автопоїзда на модернізованій платформі подано на рис. 1. Параметри технічної характеристики платформи наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Параметр	Розмірність	Значення
Вантажопідйомність	т	40
Маса тари	т	24,5
Довжина рами, $L_p$	м	18,4
Відстань між вісями зчеплення автозчпів, $L_a$	м	19,62
База платформи, $L_b$	м	14,72
Висота поверхні зниженої частини вантажної площадки над рівнем голівок рейок	м	1,1
Довжина горизонтальної частини зниженої площадки, $L_r$	м	12,2

Для оцінки технічних рішень, які були реалізовані при модернізації платформи, проведені комплексні дослідження, що включали розрахункові та експериментальні роботи. При виборі способу установки автопоїздів на модернізованій платформі важливо було

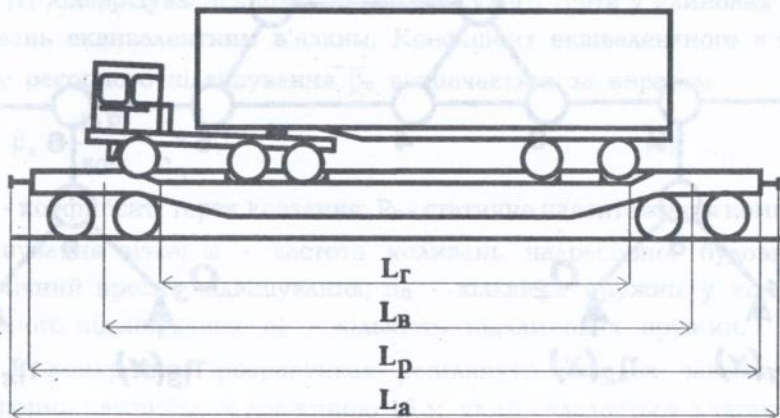


Рисунок 1.



двома ступенями свободи представлено шарнірним зв'язком 10-11. Характеристики ресорного підвішування візків визначаються параметрами зв'язків 2-8 і 6-9. Елементами  $O_1$ -8- $O_2$  та  $O_3$ -9- $O_4$  розрахункової схеми представлено пружно-в'язкі властивості верхньої будови колії.

Диференційні рівняння сумісних нелінійних коливань платформи з автопоїздом одержані як рівняння Лагранжа другого роду і створюють систему 28-го порядку виду

$$M\ddot{q} + B\dot{q} + Cq = Q, \quad (1)$$

де  $M$ ,  $B$  та  $C$  - матриці інерційних, дисипативних та квазіпружних коефіцієнтів;  $q$ ,  $\dot{q}$ ,  $\ddot{q}$  - вектори узагальнених координат, швидкостей і прискорень;  $Q$  - вектор збудуючих сил, які діють на колісні пари внаслідок нерівностей колії  $\eta_i(x)$  детерміново-випадкового характеру.

Детерміновані складові збурень задаються у вигляді

$$\eta_i = \frac{d}{2}(1 - \cos \omega_n x) \quad (i = \overline{1,4}), \quad (2)$$

де  $d$  - розрахункова глибина нерівності;  $\omega_n$  - просторова частота, яка визначається формулою  $\omega_n = 2\pi/L_n$  ( $L_n$  - довжина нерівності). Випадкові нерівності колії задавались згідно з методикою, розробленою В.Ф.Ушкаловим.

Для визначення власних частот досліджуваної системи рівняння її руху (1) лінеаризувались шляхом заміни сухого тертя у клинових гасіях коливань еквівалентним в'язким. Коефіцієнт еквівалентного в'язкого опору ресорного підвішування  $\beta_e$  визначається за виразом

$$\beta_e = \frac{4\mu P_T}{\pi\omega z} \cdot \frac{n_k}{n_n}, \quad (3)$$

де  $\mu$  - коефіцієнт тертя ковзання;  $P_T$  - статичне навантаження комплексу підвішування візка;  $\omega$  - частота коливань надресорної будови;  $z$  - динамічний прогин підвішування;  $n_n$  - кількість пружин у комплекті ресорного підвішування;  $n_k$  - кількість підклинових пружин.

В конкретних розрахунках розглянуто випадок завантаження платформи автопоїздом довжиною 15 м, який складається з тягача типу Mercedes-2233S і напівпричепа Schmitz SKO 24/L. Два головних

розрахункових варіанти пов'язані зі способом закріплення автопоїзда. Перший варіант відповідає закріпленню з допомогою колісних упорів, при цьому підвіска і колеса автопоїзда свобідно деформуються. У другому варіанті передбачено використання додатково до колісних упорів розтяжок.

Частоти власних коливань, що одержані у першому варіанті, у діапазоні до 50 Гц становлять: 1,8; 5,5; 8,7; 10,6; 15,9; 23,9; 48,1 Гц. У другому варіанті одержано слідуючі частоти: 5,9; 9,4; 9,7; 12,3; 15,9; 22,1; 28,4 Гц. Як видно з наведеного прикладу, частотні спектри для обох випадків достатньо відмінні один від одного.

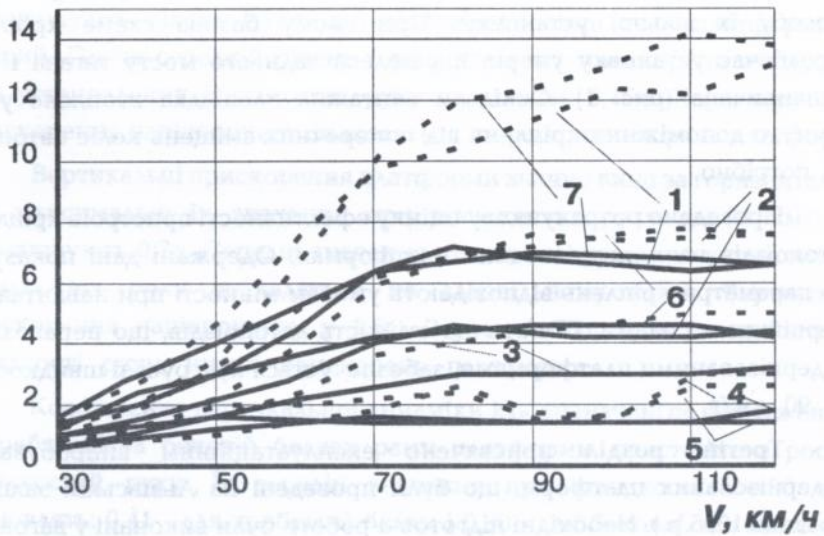
Розрахунки динамічної навантаженості платформи з автопоїздом виконувались, виходячи з умов руху на ділянках з нерівностями колії і з урахуванням ймовірних дефектів коліс. На рис. 3 приведено графіки залежностей від швидкості руху  $V$  вертикальних прискорень вузлових точок рами платформи ( $\ddot{z}_i$ ,  $i = \overline{1,7}$ ), рами тягача ( $\ddot{z}_T$  - I), кабіни ( $\ddot{z}_K$  - II) та напівпричепа ( $\ddot{z}_N$  - III). Графіки, побудовані за результатами для першого розрахункового варіанту (спосіб кріплення колісними упорами), зображені суцільними лініями, а для другого варіанту (з використанням стяжок) - штриховими.

Як видно з рис. 3а, найбільший рівень прискорень рами платформи відмічається для консольних точок 1 і 7. Прискорення вузлів спирання рами платформи на візки (точки 2 і 6), значення яких нормуються, у першому випадку характеризують хід платформи як добрий. У випадку, що відповідає способу закріплення автопоїзда з використанням розтяжок, прискорення п'ятиників перевищують граничне значення ( $6,0 \text{ м/с}^2$ ) при швидкості руху 70 км/г. Прискорення середньої частини платформи (точки 3, 4 і 5) відзначаються більш низьким рівнем.

Щодо прискорень тягача і напівпричепа (рис. 3б), то вони значно менші, ніж прискорення рами платформи. Так, у випадку вільної установки автопоїзда їх рівень не перевищує  $1 \text{ м/с}^2$  у всьому розглянутому діапазоні швидкостей руху. Однак при використанні розтяжок прискорення тягача і напівпричепа виростають в залежності від швидкості руху у 1,5-2 рази і більше.

$\ddot{z}, \text{м/с}^2$ 

а

 $\ddot{z}, \text{м/с}^2$ 

б

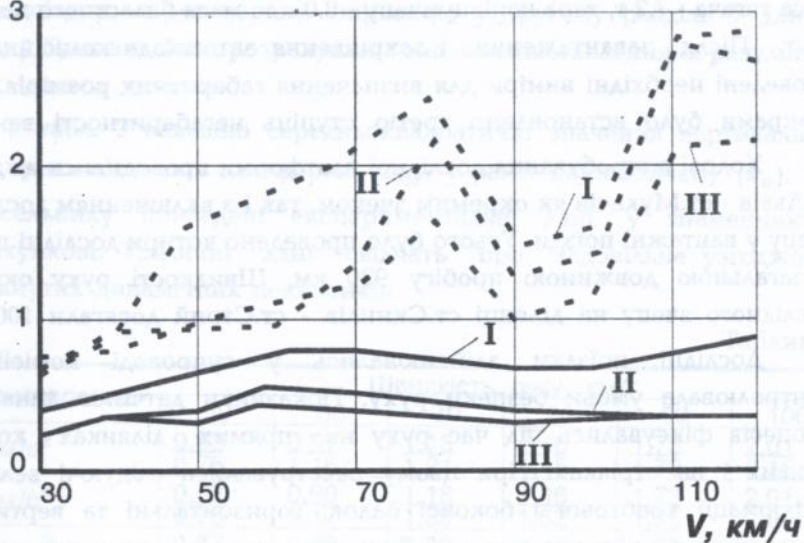


Рисунок 3

Виходячи з результатів дослідження динаміки, при розробці схем розміщення та засобів закріплення автопоїздів перевагу віддано способу їх вільної установки. При цьому базова схема кріплення передбачає установку упорів під колеса заднього мосту тягача і візка напівпричепа (рис. 1). Оскільки вантажна площадка втоплена у тіло рами, то допоміжних кріплень від поперечних зміщень коліс автопоїзда не потрібно.

Проведено розрахункову оцінку ефективності пристроїв кріплення автопоїздів на модернізованих платформах. Одержані дані показують, що параметри кріплень відповідають умовам міцності при навантаженні інерційними силами. Поперечна стійкість автопоїздів, що перевозяться модернізованими платформами, забезпечується при русі зі швидкостями до 90 км/г.

**Третій розділ** присвячено експлуатаційним випробуванням модернізованих платформ, що були проведені на Львівській залізниці (травень 1996 р.). Необхідні підготовчі роботи були виконані у вагонному депо ст. Клепарів та на ст. Скнилів. Дослідна платформа була завантажена автопоїздом, який складався з тягача марки МАЗ-5432 і напівпричепа типу Savouyard. Автопоїзд мав масу бруто 35,2 т, у тому числі: власна маса тягача - 7,2 т, тара напівпричепу - 8,0 т та маса баластного вантажу - 20 т. Після завантаження і закріплення автопоїзда комісійно були проведені необхідні виміри для визначення габаритних розмірів. Цими вимірами було встановлено третю ступінь негабаритності вантажу.

Ходові випробування дослідної платформи проводились на ділянці ст. Львів - ст. Мукачів як окремим зчепом, так і з включенням дослідного зчепу у вантажні поїзди. Усього було проведено чотири дослідні поїздки з загальною довжиною пробігу 920 км. Швидкості руху окремого дослідного зчепу на ділянці ст. Скнилів - ст. Стрий досягали 100 км/г.

Дослідні поїздки здійснювались у супроводі комісії, яка контролювала умови безпеки руху. Показники датчиків динамічних процесів фіксувались під час руху на прямих ділянках колії, в кривих і на стрілках. При цьому реєструвались наступні величини: деформації хребтової і бокової балок, горизонтальні та вертикальні прискорення п'ятникових і буксових вузлів, горизонтальні та вертикальні прискорення напівпричепу.

Визначено, що найбільші з максимальних горизонтальних прискорень платформи при швидкостях руху до 100 км/г дещо перевищують рівень 0,15g, що відповідає оцінці ходу платформи як добрий. Проте середній рівень горизонтальних прискорень платформи при установлених швидкостях руху не досягає 0,15g. Характерно, що прискорення напівпричепу знаходяться на рівні прискорень платформи.

Вертикальні прискорення платформи значно вищі за горизонтальні, але максимальні їх значення при швидкостях руху до 90 км/г не перевищують 0,7g. Середні значення цих прискорень при установлених швидкостях руху знаходяться на задовільному рівні. Вертикальні прискорення напівпричепу у 1,5 - 2 рази і більше, в залежності від швидкості руху, нижчі прискорень платформи.

Коефіцієнти вертикальної динаміки  $k_{дв}$ , визначені по напруженням в хребтовій та боковій балках рами платформи, зростають з ростом швидкостей руху. Їх середні значення при швидкості  $V=80$  км/г становлять: 0,41 - для хребтової балки і 0,30 - для бокової, що відповідає задовільному стану несучої спроможності рами платформи.

Експериментальні дані доповнювались результатами математичного моделювання сумісних вертикальних коливань платформи з автопоїздом за методикою, описаною у другому розділі. У даному випадку були виконані розрахунки з метою співставлення їх результатів з дослідними даними.

У табл. 2 наведені середньоквадратичні значення вертикальних прискорень п'ятників платформи ( $\ddot{z}_{2,6}$ ) і рами напівпричепу ( $\ddot{z}_{п}$ ). Тут у чисельнику приведені експериментальні дані, у знаменнику - розрахункові. Табличні дані свідчать про задовільне узгодження розглянутих динамічних показників.

Таблиця 2

Прискорення	Швидкість руху, км/г					
	50	60	70	80	90	100
$\ddot{z}_2, \text{ м/с}^2$	0.63 0.76	0.97 1.16	1.18 1.21	1.46 1.45	1.73 1.79	2.01 2.16
$\ddot{z}_6, \text{ м/с}^2$	0.62 0.76	0.90 1.17	1.18 1.35	1.46 1.52	1.73 1.75	2.01 2.20
$\ddot{z}_{п}, \text{ м/с}^2$	0.57 0.43	0.68 0.68	0.80 0.74	0.92 0.94	1.03 0.90	1.15 1.04

Після виконання програми ходових випробувань були проведені випробування платформи на маневрові співудари. Підготовка до ударних випробувань і досліди з співударів проводились на ст.Клепарів у відповідності до програмних завдань та вимог технічних умов.

Ударні випробування проводились у три етапи. На першому етапі вагони, які піддавали співударам, були обладнані поглинаючими апаратами серійного виробництва: на дослідній платформі встановлено апарат ПМК-110, а на головному вагоні стінки - Ш-2В (варіант 1). На другому етапі обидва вагони в зоні співударів були обладнані еластомірними апаратами типу 73ZW (варіант 2). Третій етап: дослідна платформа обладнана еластомірним апаратом, а на головному вагоні встановлено апарат Ш-2В (варіант 3).

На кожному етапі випробувань було проведено по 12 співударів з швидкостями набігання дослідної платформи на стінку від 3-х до 7,5 км/г. При цьому проводились виміри швидкості співударів і реєструвались величини, що характеризують динамічну навантаженість платформи з автопоїздом:  $S_a$  - сила співудару;  $\ddot{x}_1, \ddot{x}_п, \ddot{x}_т$  - відповідно повздовжні прискорення платформи, напівпричепу і тягача.

Середні значення зазначених величин при швидкості маневрового співудару 5 км/г приведені у табл. 3. З табличних даних випливає, що у разі обладнання платформи поглинаючими апаратами типу 73ZW значно зменшується рівень навантаженості платформи з автопоїздом.

Таблиця 3

Номер варіанту	Величини та їх розмірності			
	$S_a$ , МН	$\ddot{x}_1$ , g	$\ddot{x}_п$ , g	$\ddot{x}_т$ , g
1	1,20	2,10	1,20	1,22
2	0,55	1,70	1,05	1,15
3	0,62	1,85	1,23	1,15

Аналіз результатів ударних випробувань показав, що застосований спосіб кріплення автопоїзду на платформі цілком придатний для подальшого використання. З усіх варіантів обладнання платформи поглинаючими апаратами автозчепів найбільшою ефективністю виділялись випадки застосування апарату з еластомірними амортизаторами ударів.

Контрольні випробування модернізованих платформ у складі контрейлерного поїзда були проведені під час першого дослідного перевезення автопоїздів за маршрутом Дніпропетровськ-Захонь (Угорщина)-Київ (листопад 1996 р.). Результати контрольних випробувань ствердили задовільність ходових якостей платформ з автопоїздами.

У четвертому розділі обгрунтовано раціональну відстань перевезень окремо автомобільним і залізничним транспортом та визначено сферу ефективності комбінованих перевезень, коли автотранспорт забезпечує початкові і кінцеві операції, а головна частина маршруту проходить залізницею.

На практиці при розподілі перевезень від транспорту вибирають на основі діючих тарифів. Проте недосконалість останніх може привести до помилкових висновків. Для обгрунтування сфери ефективності комбінованих автомобіле-залізничних перевезень було розглянуто чотири групи критеріїв: технічна ефективність (міра якості функціонування транспорту), безпека і надійність, витрати у грошовому обліку і час або збереження часу. Так як у економічних показниках знаходять відображення практично всі сторони роботи транспорту, то при порівнянні варіантів розглядалися насамперед економічні, а потім враховувалися і інші критерії.

Найважливішим показником при виборі виду транспорту для вантажних перевезень вважають собівартість перевезень і питомі капіталовкладення в основні і оборотні засоби. Відомо, що середні (звітні) показники собівартості перевезень на залізничному і автомобільному транспорті неможливо порівнювати, тому що вони розраховані при різній вантажонапруженості і дальності перевезень. При цьому на автомобільному транспорті у собівартості не враховується шляхова складова витрат. У прийнятій методиці враховані вищезазвані недоліки.

Собівартість перевезень визначається грошовим обліком поточних витрат на виконання одиниці перевезень

$$C_i = \frac{\Delta_i}{(p \cdot L)_i} \quad (4)$$

де  $\Delta_i = \Delta_{\text{пр}} + \Delta_{\text{вр}} + \Delta_{\text{дор}}$  - експлуатаційні витрати, пов'язані відповідно

з пробігом, часом та утриманням колійного господарства;  $p$ -L - вантажообіг;  $i$  - варіант перевезень.

Другим критерієм є мінімум витрат на доставку продукції від складу постачальника до складу споживача, тобто приведені витрати на усьому шляху слідування. Цей критерій при прямих автомобільних перевезеннях має вигляд

$$П_a = Э_a + У_a + E_n(K_a + C_a), \quad (5)$$

при комбінованих перевезеннях -

$$П_ж = П_a + П_ж, \quad (6)$$

де  $П_ж = C_{пр} + C_{хр} + Э_ж + У_ж + E_n(K_ж + C_ж)$ .

У формулах (5) і (6)  $Э_a$ ,  $Э_ж$  - поточні річні експлуатаційні витрати відповідно при автомобільних і залізничних перевезеннях;  $У_a$ ,  $У_ж$  - збитки, які спричиняє транспорт навколишньому середовищу;  $K_a$ ,  $K_ж$  - одноразові капітальні витрати і вартість рухомого складу;  $C_a$ ,  $C_ж$  - вартість вантажної маси;  $C_{пр}$ ,  $C_{хр}$  - витрати відповідно на вантажно-розвантажувальні операції і збереження вантажів на станціях;  $E_n$  - нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень.

При виконанні розрахунків ураховувалось:

на залізничному транспорті - вид тяги, число головних колій, профіль колії, маса поїзду та інше;

на автомобільному транспорті - тип і вантажопідйомність автотранспортних засобів, категорії доріг, швидкості руху і тому подібне.

На рис. 4 показано графіки собівартості перевезень  $C_e(a)$ ,  $C_e(ж)$  і питомі приведені витрати  $П_{ткм}(a)$ ,  $П_{ткм}(ж)$  при перевезенні вантажів окремо автомобільним і залізничним транспортом при однаковій ходовій швидкості 50 км/г. Аналіз залежностей  $C_e(ж)$  показав, що, на відміну від автотранспорту, при збільшенні відстані собівартість перевезень залізничним транспортом різко знижується.

При однаковій відстані перевезень рівність приведенних витрат  $П_{ткм}(a) = П_{ткм}(ж)$  має місце при відстані 150-160 км, а рівність собівартості перевезень  $C_e(a) = C_e(ж)$  при відстані 190-200 км для прийнятих вихідних даних.

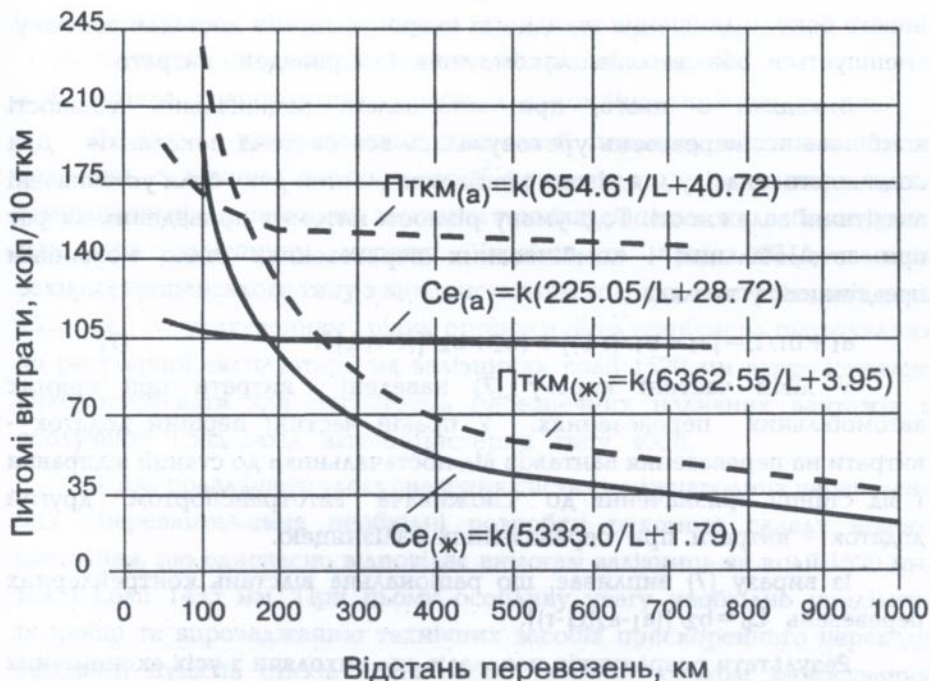


Рисунок 4

Якщо прийняти на залізничному транспорті  $E_n = 0,15$ , тобто таким як на автомобільному, то приведені витрати збільшаться за рахунок підвищення вартості обігових засобів і вартості рухомого складу і умова рівності  $\Pi_{\text{ТКМ}(a)} = \Pi_{\text{ТКМ}(ж)}$  має місце при відстані перевезень близько 200 км, як і з собівартості перевезень. Аналогічні результати були одержані при порівнянні варіантів за приведеними витратами, віднесеними до 1 тонни вантажу.

При знаходженні раціональної відстані контрейлерних перевезень віддати перевагу якомусь одному критерію виявилось неможливим. Це можна пояснити слідуючим чином. Підвищення ходової швидкості руху контрейлерних поїздів веде до скорочення часу, але, як показали розрахунки, при цьому зростає механічна робота локомотива, витрати електроенергії і вартість пробігу поїзда. Все це знаходить відбиток на поточних експлуатаційних витратах і собівартість не зменшується з підвищенням швидкості, а залишається практично незмінною. З

іншого боку, підвищення швидкості скорочує термін доставки вантажу, зменшується обіг вагонів, локомотивів і приведені витрати.

Виходячи з цього, при встановленні раціональної дальності комбінованих перевезень урахувалась вся система показників. Для подальшого аналізу для різних рівнів швидкостей руху були установлені аналітичні залежності. Тоді умову рівності питомих приведених витрат при автомобільних і комбінованих перевезеннях стало можливим представити у вигляді

$$a_1 + b_1/L = [a_1 + b_1/(r \cdot L)] + \{a_2 + b_2/[(1-r) \cdot L]\}. \quad (7)$$

У лівій частині виразу (7) наведені витрати при прямих автомобільних перевезеннях. У правій частині перший доданок - витрати на перевезення вантажів від постачальника до станції відправки і від станції призначення до споживача автотранспортом, другий доданок - витрати при перевезеннях залізницею.

Із виразу (7) випливає, що раціональна відстань контрейлерних перевезень  $L_p = b_2/[(a_1 - a_2)(1 - r)]$ .

Результати розрахунків показали, що виходячи з усіх економічних критеріїв контрейлерні перевезення ефективні при відстані перевезення вантажів 250-300 км і більше.

## **ПІДСУМКОВІ ВИСНОВКИ, ЩО ВИПЛИВАЮТЬ З НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ**

Подані в дисертації результати проведених досліджень дозволяють зробити наступні висновки:

1. На основі аналізу перспективних напрямків розвитку вантажних перевезень міжнародними транспортними коридорами сформульовано першочергові завдання їх технічного забезпечення у частині підготовки рухомого складу та інфраструктури для створення спеціалізованих маршрутів, включаючи комбінований транспорт. В якості основних технічних проблем, що стримують розвиток міжнародних перевезень, виділено:

- недосконалість теперішньої технології перевodu вагонів з колії 1520 мм на колію 1435 мм і в зворотньому напрямку;

- невідповідність конструкційних вимог та правил технічної експлуатації рухомого складу колій різної ширини;
- відсутність транспортних засобів для комбінованих перевезень.

2. Для удосконалення технології переходу вагонами стиків залізниць з різною шириною колії рекомендовано до використання відпрацьовані на Львівській залізниці технічні рішення, що забезпечують вихід на залізничну мережу України та країн СНД вагонів західноєвропейського типу з використанням ходових частин вагонів колії 1520 мм. З урахуванням рівня організаційно-технічного підготування до регулярної експлуатації на залізницях колії 1520 мм запропоновано використовувати для перевезень небезпечних наливних вантажів в сполученні Схід-Захід вагони-цистерни типу 406R.

3. Для подальшого удосконалення системи міжнародних перевезень без перевантаження необхідні розробки рухомого складу нового покоління, що одночасно відповідає вимогам залізниць як колії 1520 мм, так і колії 1435 мм. При цьому особливу увагу необхідно приділити розробці та впровадженню технічних засобів прискореного переходу вагонами пунктів стиків колій різної ширини шляхом застосування технології автоматичної зміни у візках колісних пар, а також використання ходових частин з розсувними колісними парами.

4. Висунуто концепцію поетапного запровадження на залізницях України режиму комбінованих перевезень. На початковому етапі практичного вирішення завдання освоєння техніки і технології контрейлерних перевезень запропоновано модернізувати вагони-платформи для перевезень крупнотоннажних контейнерів та колісної техніки моделі 13-9004 за схемою, що передбачає зниження вантажної площадки і оснащення пристроями кріплення багаторазового використання. На наступних етапах розвитку системи комбінованих перевезень передбачається створення нових спеціалізованих вагонів, а також автомобільно-залізничного рухомого складу, тобто засобів бімодального транспорту.

5. На основі аналізу техніко-експлуатаційних характеристик транспортних засобів діючих систем контрейлерних перевезень на залізницях колії 1435 мм з урахуванням особливостей застосування рухомого складу для міжнародних сполучень сформульовано основні

вимоги до параметрів технічних характеристик вагона-платформи перспективної конструкції.

6. За результатами теоретичних досліджень динамічної взаємодії складових системи автопоїзд-платформа-колія встановлено вплив способу кріплення автопоїзда на показники вертикальної динаміки модернізованої платформи. При розміщенні автопоїздів на платформах рекомендовано їх вільну установку, що передбачає застосування способу кріплення колісними упорами. Сформульовано вимоги до схем завантаження і закріплення автопоїздів на модернізованих платформах, виконання яких забезпечує стійкість від перекидання платформ, що завантажені автопоїздами, та запобігає переміщенням автопоїздів відносно вантажних площадок.

7. Реалізовано комплекс заходів щодо організаційно-методичного забезпечення випробувань модернізованих платформ в умовах експлуатації як у складі дослідного зчепу, так і в контрейлерному поїзді. На практиці відпрацьовано спосіб розміщення автопоїздів на платформах, який було обгрунтовано динамічними розрахунками.

8. Аналіз результатів поїздних випробувань дослідного зразка платформи та партії платформ у складі контрейлерного поїзда, а також розрахункова оцінка параметрів сумісних коливань платформи і автопоїзда дозволили установити відповідність розглянутих динамічних показників нормативним вимогам. Контрольними вимірами напружень хребтової та бокової балок стверджено якості працездатності несучої конструкції рами платформи у режимах експлуатації.

9. Згідно з результатами ударних випробувань встановлено, що за рівнем повздовжніх прискорень швидкості співударів платформ, які завантажені автопоїздами, не повинні перевищувати 5 км/г. Для значного зниження силової дії на несучі конструкції при ударному навантаженні, що супроводять маневрові операції, та поліпшення умов збереження вантажів рекомендовано оснащення контрейлерних платформ еластомірними поглинаючими апаратами.

10. Аналіз вантажопотоків показав, що територією України проходять 55 потенційних маршрутів з об'ємом перевезень в обидва боки 7,75 млн. т на рік. Співставленням варіантів доставки вантажів встановлено, що при відстанях більших як 250-300 км і довжині доставки

автотранспортом до 20% від плеча слідування залізницею найбільш ефективними є контрейлерні перевезення.

11. Результати техніко-економічних розрахунків показали, що впровадження на залізницях України контрейлерних перевезень може дати річний ефект біля 800 млн. грн і дозволить заощадити до 240 тис. т умовного пального. Запровадження контрейлерних перевезень тільки у напрямку Ужгород-Львів-Харків оцінюється щорічною економією у середньому 135 грн за тону вантажу. При обсязі перевезень 1,27 млн. т очікуваний річний ефект становитиме 170 млн. грн.

### **СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ, ЩО ВІДОБРАЖАЮТЬ ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ**

---

1. Кирпа Г.Н., Демин Ю.В. О возможных путях развития комбинированных перевозок грузов в Украине// Праці Західного наукового центру ТAU "Проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів", том 2. - Львів, 1995. - С. 64-66
2. Кирпа Г.Н., Корженевич И.П., Курган Н.Б. Исследование эффективности повышения скорости движения пассажирских поездов на участках Львовской железной дороги// Там же. - С. 108-114
3. Кирпа Г.Н. Эксплуатация железнодорожных пограничных переходов между Польшей и Украиной в аспекте создания европейских транспортных коридоров// Konferencja Naukowo-Techniczna "Wykorzystanie kolejowych przejsc granicznych pomiedzy Ukraina i Polska w aspekcie europejskich korytarzy transportowych. - Kielce, 1996.- S. 65-75
4. Кірпа Г.М. До європейського рівня// У кн. "Укрзалізниця. Поступ часу. 1991-1996". - Київ: Транспорт України, 1996. - С. 210-216
5. Кирпа Г.Н., Черняк А.Ю. Моделирование совместных вертикальных колебаний контрейлерной платформы и автопоезда// У кн.: "Metody obliczeniowe i badawcze w rozwoju pojazdow samochodowych i maszyn roboczych samojedznych". - Rzeszow, 1996.- С. 93-100
6. Кирпа Г.Н., Корженевич И.П., Курган Н.Б. Обеспечение максимального сокращения времени хода пассажирских поездов при заданных капитальных вложениях на модернизацию железнодорожной линии// Там же. - С. 101-106

7. Кирпа Г.Н., Корженевич И.П., Курган Н.Б. Определение геометрических характеристик плана для различных уровней максимальных скоростей при реконструкции железнодорожных линий // Праці Західного наукового центру ТАУ "Проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів", том 3. - Львів, 1996.- С. 57-59

8. Дьомін Ю.В., Кирпа Г.М. Технічне забезпечення контрейлерних перевезень міжнародними коридорами України// Залізничний транспорт України. - 1997, №1. - С. 28-32

9. Кирпа Г.Н., Демин Ю.В. Перспективы развития контрейлерных перевозок по международным коридорам Украины// Бюллетень ОСЖД.- 1997, №1. - С. 3-8

### ABSTRACT

**Kirpa G.N.** Improvement of Running Efficiency of the Rolling Stock for Intensification of Transportations in International Traffic.

Dissertation on a competition for a scientific degree of Candidate of Technical Sciences for speciality 05.22.07 - Railway Rolling Stock and Train Traction, Dnipropetrovsk State Technical University of Railway Transport, Dnipropetrovsk, 1997.

Results of studies presented in nine scientific works on justifying, elaborating and experimental testing the complex of organisational and technical measures providing a regular rolling stock operation for freight transportations in international traffic including ones according to the combined schemes are proposed for the competition. Rational schemes of allocation and ways of fastening the large-freight capacity autotrains on modernised platforms have been determined. A field of efficiency of the semi-trailer transportations has been found. The results of investigations have been used in working out and realising the technical conditions of loading and fastening the autotrains on the special-purpose platforms.

### АННОТАЦІЯ

**Кирпа Г.Н.** Повышение эффективности использования подвижного состава для интенсификации перевозок в международном сообщении.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 - подвижной состав железных дорог и тяга поездов, Днепропетровский гос. ун-т ж.-д. транспорта, Днепропетровск, 1997.

На защиту вынесены результаты исследований, изложенные в девяти научных трудах, по обоснованию, разработке и опытной проверке комплекса организационно-технических мероприятий, обеспечивающих регулярную эксплуатацию подвижного состава для перевозки грузов в международном сообщении, в том числе по смешанным схемам. Определены рациональные схемы размещения и способы закрепления автопоездов большой грузоподъемности на модернизированных платформах. Установлена сфера эффективности контрейлерных перевозок. Результаты исследований использованы при разработке и реализации технических условий погрузки и крепления автопоездов на специализированных платформах.

**Ключові слова:** спеціалізовані вагони, міжнародне сполучення, контрейлерні перевезення, транспортні коридори.



435665

Ав 37.785

КІРПА Георгій Миколайович

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ  
РУХОМОГО СКЛАДУ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ  
ПЕРЕВЕЗЕНЬ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ**

05.22.07 - Рухомий склад  
залізниць та тяга поїздів

---

Підписано до друку 25.04.97 р. Формат 60x84 1/16.  
Папір для розмножувальних апаратів. Друк офсетний.  
Ум. друк. арк. 1,0. Обл.-вид. арк. 1,0. Зам. №121.  
Тираж 100 примірників. Безкоштовно.

---

Адреса дільниці оперативної поліграфії  
320700, м. Дніпропетровськ-10, вул. Акад. Лазаряна, 2