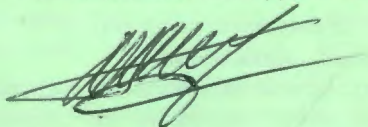


МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

КОСТЮК МИХАЙЛО ДМИТРОВИЧ



УДК 625.12/14

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ І ТЕХНОЛОГІЙ
ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ ДЛЯ СУЧАСНИХ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ**

Спеціальність 05.22.06 – залізнична колія

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ 2008

НТБ
ДНУЗТ

Дисертацією є рукопис.

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

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор
Даніленко Едуард Іванович,
Київський університет економіки і технологій транспорту
Міністерства транспорту та зв'язку України, професор
кафедри «Реконструкції та експлуатації залізниць і споруд», м. Київ.

Офіційні опоненти: – доктор технічних наук, професор
Босов Аркадій Аркадійович,
Дніпропетровський національний університет залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства
транспорту та зв'язку України, професор
кафедри «Прикладна математика»,
м. Дніпропетровськ;

– кандидат технічних наук, доцент
Шраменко Володимир Павлович,
Українська державна академія залізничного транспорту
Міністерства транспорту та зв'язку України, професор,
завідувач кафедри «Колія та колійне господарство»,
м. Харків.

Захист відбудеться “19” червня 2008 р. о 14³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.820.01 при Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою:

Дніпропетровського
деміка В. Лазаряна.

М.О. Костін

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ Нові умови експлуатації на залізницях України, інтеграція Укрзалізниці в міжнародну систему транспортних коридорів Європа – Азія, все це призводить до необхідності розвитку і впровадження на магістральних лініях технічного прогресу та модернізації колії, нових технологій колійного господарства, впровадження залізобетонних шпал замість дерев'яних, пружних скріплень замість жорстких та інш. Впровадження залізобетонних шпал в колію замість дерев'яних є об'єктивною необхідністю, обґрунтованою насамперед економічною недоцільністю використання дорогої ділової деревини для укладання в колію. Але разом з тим впровадження залізобетонних шпал, які являються більш довговічними, вимагає необхідного наукового обґрунтування насамперед тому, що колія на залізобетонних шпалах є більш жорсткою у порівнянні із дерев'яними шпалами.

Аналіз наукових досліджень з пружно-жорсткісних параметрів роботи верхньої будови колії (ВБК) з різними типами рейкових опор дозволяє відмітити, що жорсткість рейкової колії на залізобетонних шпалах, укладених з типовою епюрою 1840 шп/км (тобто при відстанях між опорами 546 мм), є занадто великою і перевищує більше ніж в 2 рази жорсткість колії на дерев'яних шпалах, укладених з такою ж епюрою шпал. На закордонних залізницях досить широко застосовують укладання колії на залізобетонних шпалах з відстанями між опорами 590, 600, 650 мм, жорсткість колії при цьому зменшується. Крім того, додаткові пружні властивості колії можна забезпечити за рахунок застосування пружних скріплень, замість типових жорстких скріплень типу КБ. З цього можна зробити висновок про те, що епюру для залізобетонних шпал можливо робити більш розрідженою ніж для дерев'яних.

Раніше, у 1960-1980-х роках, науковцями Дніпропетровського інституту інженерів залізничного транспорту було проведено дослідження основних параметрів рейкової колії на залізобетонних шпалах при відстанях між осями 590-610 мм, які показали можливість зменшення епюри для колії на залізобетонних шпалах. Завданням цієї дисертаційної роботи є наукове обґрунтування можливості укладання колії на залізобетонних шпалах з менш щільною епюрою, 1680 шп/км замість типових 1840 шп/км, і перевірка міцності та стійкості колії з нормативною епюрою 1680 шп/км і відстанню між осями шпал 595-600 мм.

Актуальність теми. Актуальність теми дисертації визначається тим, що забезпечення безперебійного перевізного процесу на залізницях України з урахуванням тенденції збільшення обсягів перевезень та впровадження швидкісних та прискорених ліній пасажирського сполучення потребує не простого відновлення основних засобів колійного господарства, тобто приведення їх до нормативного стану, а вимагає кардинального

реформування і модернізації елементів конструкції та технологій утримання і ремонтів верхньої будови колії (ВБК). Саме це зазначено в «Концепції Укрзалізниці по модернізації та розвитку залізничного транспорту України на найближчий період до 2020 року».

Актуальність теми також визначається відсутністю у вітчизняній практиці наукових рішень, які б довели комплексне науково-технічне і техніко-економічне обґрунтування можливості і доцільності впровадження на залізницях різних за щільністю етор укладання залізобетонних і дерев'яних шпал на основі досліджень і порівняння параметрів жорсткості, міцності, поздовжньої і поперечної стійкості та економічної ефективності.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема дисертаційної роботи безпосередньо пов'язана з тематичними планами науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт Головного управління колійного господарства Укрзалізниці 2002-2007 р.р., а саме: з розробкою нормативно-технічних видань: «Правила і технологія виконання робіт при поточному утриманні залізничної колії» ЦП/0084 (наказ № 732-Ц УЗ, 2002 р.); «Технічні вказівки по улаштуванню, ремонту і утриманню безстикової колії на залізницях України» ЦП/0081 (наказ № 34-Ц, 2002 р.); «Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України» ЦП/0138 (наказ № 427-Ц УЗ, 2006 р.); з розробкою науково-дослідних робіт (НДР), затверджених планом ЦП УЗ і КУЕТТ: № 605/03-74/03 ЦТех від 2005 р., № 320/05-57/05 ЦТех від 2006 р.; НДР, затверджених планом ЦП УЗ і ДНДЦ УЗ: № 31/07 ЦТех-346/07-ЦЮ від 2007 р. У виконанні всіх перерахованих НДР автор дисертації приймав участь як співвиконавець сумісно з працівниками кафедри «Реконструкції та експлуатації залізниць і споруд» Київського університету економіки і технологій транспорту (КУЕТТ) і відділення колії і колійних споруд Державного науково-дослідного центру Укрзалізниці (ДНДЦ УЗ) під керівництвом д.т.н., професора Е.І. Даніленка.

Тема дисертації відповідає загальній галузевій програмі модернізації колійного господарства Укрзалізниці і підвищення швидкостей руху поїздів на головних напрямках міжнародних транспортних коридорів.

Мета і задачі дослідження. Метою даної дисертаційної роботи являється вирішення наукової задачі вдосконалення конструкцій і технологій верхньої будови колії на залізобетонних шпалах для умов українських залізниць шляхом розробки, обґрунтування і впровадження менш щільної етори розкладки шпал і застосування нових конструкцій рейкових скріплень.

У відповідності з поставленою метою в дисертації поставлені і вирішені наступні задачі:

1. Розглянуто сучасний стан колійного господарства Укрзалізниці і умови експлуатації колії на залізницях України.
2. Виконано наукове обґрунтування і вибір раціональних конструкцій рейкових скріплень для сучасних умов експлуатації.

3. Виконано теоретичні розрахунки пружножорсткісних параметрів і міцності верхньої будови колії (ВБК) при різних конструкціях.

4. Виконано теоретичні розрахунки поздовжньої та поперечної стійкості рейкової колії і обґрунтовано можливість зменшення щільності існуючої епюри розкладки залізобетонних шпал.

5. Виконано експериментальні дослідження по забезпеченню поздовжньої і поперечної стійкості і надійності колії при запропонованих нових конструкціях рейкових скріплень.

6. Розглянуто техніко-економічні аспекти впровадження нових конструкцій і технологій ВБК для залізниць України.

Об'єкт досліджень. Сучасні конструкції верхньої будови залізничної колії (ВБК) на залізобетонних шпалах при різних типах рейок, різних конструкціях скріплень і різних типах рейко-шпальної решітки.

Предмет досліджень. Параметри жорсткості, міцності, деформативності і стійкості залізничної колії при взаємодії з рухомим складом, динамічні сили, що передаються від коліс поїздів на колію, напруження і деформації, що виникають в елементах ВБК, порівняльні техніко-економічні показники при роботі типової і нових пропонуємих конструкцій ВБК при довготривалій експлуатації.

Методи досліджень. В роботі використано комплексний метод досліджень, який включає теоретичну і експериментальну частину. Для аналітичних розрахунків застосовувалась теорія розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість, розрахунково-теоретичний метод визначення пружно-жорсткісних параметрів ВБК, теорія тягових розрахунків рухомого складу. Експериментальні методи включають експериментальні випробування на лабораторних стендах по визначенню характеристик скріплень і експериментальні випробування нових і типових конструкцій верхньої будови колії в експлуатуємій колії.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

1. В дисертації набуло подальшого розвитку гіпотеза про необхідність зменшення жорсткості залізничної колії на залізобетонних шпалах шляхом введення менш щільної епюри розкладки шпал. Вперше за допомогою теоретичних і експериментальних досліджень визначено, що укладання в колію залізобетонних і дерев'яних шпал з однаковою епюрою їх щільності: (1840 шп/км в прямих ділянках і 2000 шп/км – кривих, як це прийнято в типових технічних вказівках) – не є правильним і не є раціональним, як з позицій динаміко-міцносних, так і по техніко-економічним показникам.

2. Вперше для умов українських залізниць вирішена наукова задача щодо можливості і доцільності введення нової менш щільної епюри укладання залізобетонних шпал 1680 шп/км замість типової епюри 1840 шп/км – в прямих ділянках і 1840 шп/км замість типової 2000 шп/км – в кривих ділянках колії. За допомогою теоретичних і експериментальних досліджень доведено, що міцність, стійкість рейко-шпальної решітки і

рейкових ниток і експлуатаційна надійність при новій конструкції колії є забезпеченою при довготривалій експлуатації.

3. За допомогою комплексних теоретично-експериментальних досліджень одержані нові дані по характеристикам пружно-жорсткісних параметрів, міцності, поздовжньої і поперечної стійкості і надійної експлуатації широкого спектру сучасних конструкцій верхньої будови колії, включаючи: різну щільність укладання епюри шпал (на прямих 1680 і 1840 шп/км і відповідно на кривих 1840 і 2000 шп/км); різні типи рейок, шпал і скріплень (відповідно рейки типу Р65 і міжнародного стандарту UIC60; шпали – залізобетонні і дерев'яні; скріплення – підкладкового і безпідкладкового типів, з пружними і жорсткими клемами).

4. Одержані нові дані по прогнозуванню строків служби нових конструкцій ВБК з різною щільністю епюри укладання шпал при різних типах рейок і при різних сучасних конструкціях рейкових скріплень; на цій основі розраховані і запропоновані раціональні строки ремонтів нових конструкцій колії і раціональні технології їх утримання при довготривалій експлуатації.

Практичне значення отриманих результатів.

1. Виконано обґрунтування і запропоновані раціональні конструкції рейкових скріплень для сучасних умов експлуатації, доведено, що найкращими скріпленнями для колії на залізобетонних шпалах є скріплення з пружними прутковими клемами, які забезпечують стабільність притискання рейки до опор та оптимальне поєднання пружних властивостей у вертикальній і горизонтальній площинах. До таких скріплень віднесені вітчизняні скріплення типу КППІ-5 і КППІ-7. Дослідження показали, що скріплення типу КППІ-1 не забезпечують в достатній мірі поздовжню стійкість колії в тих випадках, де поряд з пружними та температурними силами в рейкових плітях діють гальмівні сили при екстремому та рекуперативному гальмуванні. Скріплення типу КБ-65 не забезпечують прийнятих у світовій практиці нормативів з експлуатаційної пружності і залишкової пружності при деформаціях.

2. На підставі результатів і висновків теоретичних та експериментальних досліджень запропоновано введення нової менш щільної епюри залізобетонних шпал 1680 шп/км в прямих ділянках колії замість існуючої епюри 1840 шп/км. В кривих радіусом $R \leq 1200$ м запропоновано укладати епюру залізобетонних шпал 1840 шп/км замість існуючої 2000 шп/км. Епюру укладання дерев'яних шпал слід залишити типовою: 1840 шп/км в прямих і 2000 шп/км в кривих.

3. Запропоновані раціональні строки проміжних ремонтів і модернізації колії для нових конструкцій ВБК на залізобетонних шпалах при різних щільності їх укладання і при різних конструкціях рейкових скріплень, запропоновані раціональні технології утримання нових конструкцій ВБК в міжремонтні строки при довготривалій експлуатації.

4. Визачена економічна ефективність використання нових запропонованих конструкцій верхньої будови колії і технологій їх укладання та експлуатації. Сумарний економічний ефект від впровадження нової конструкції ВБК замість типової може складати біля 11-19% від вартості повного оновлення 1 км колії.

5. Результати, що отримані в дисертації знайшли впровадження в більш ніж 10 затверджених і апробованих нормативно-технічних виданнях Укрзалізниці (інструкції, правила, методики та ін.) і в 10 вітчизняних патентах на винаходи.

Особистий внесок здобувача. Постановку мети і задач досліджень виконано спільно з науковим керівником. В розробці конструкцій пружинних скріплень типів КПП-5, КПП-7 та технічних умов на їх використання в колії автору дисертації належить (в рівній мірі з іншими співавторами) розробка ідеї і основних технічних вимог до конструктивних елементів [1,2,4,6,17,18,7-16]. В експериментальних дослідженнях на лабораторних стендах і в експлуатуємій колії автор брав участь як співвиконавець, що і знайшло відображення у працях [3,5,20] і науково-технічних звітах по НДР [5,20,41], приведених в тексті дисертації. Теоретичні розрахунки пружно-жорсткісних параметрів колії, міцності і стійкості верхньої будови колії автор виконав на ЕОМ по алгоритмам і програмам, розробленим науковим керівником на кафедрі «Реконструкція та експлуатація залізниць і споруд» КУЕТТ. Основні задачі удосконалення і розвитку колії і колійного господарства Укрзалізниці автором сформульовані особисто і в співавторстві з науковим керівником [2,5,19,21]. В патентах [7-16] особистий внесок здобувача визначено встановленим чином.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертації доповідалися на Міжнародній науково-практичній конференції з проблем та перспектив розвитку транспортних систем та будівельного комплексу (респ. Білорусь, Гомель, жовтень 2003р.); на 1-ій та 2-ій Міжнародних науково-практичних конференціях з проблем розвитку та перспектив розвитку транспортних систем (Київ, листопад 2003р., листопад 2004р.); на Научно-технічних нарадах Головного управління колійного господарства (ЦП) Укрзалізниці 2004, 2005, 2006 р.р.; на міжнародних Науково-технічних нарадах: ЦП Укрзалізниці сумісно з германською фірмою по виробництву скріплень VOSSLOH (Дюссельдорф, жовтень 2006 р.); ЦП Укрзалізниці сумісно з Всеросійським науково-дослідним інститутом залізничного транспорту (ВНДІЗТ, Росія) (Київ, лютий 2007 р.); Укрзалізниці і РАО «Российские железные дороги» (Москва, квітень 2007 р.).

Повністю дисертаційна робота доповідалась і обговорювалась на розширеному науково-технічному семінарі кафедр «Колія та колійне господарство», «Проектування та будівництво доріг», «Тунелі, основи та фундаменти» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. Лазаряна в грудні 2007 р.

Публікації Основний зміст дисертації опублікований у 18 друкованих працях, з яких: 5 – є наукові статті, що видані в наукових фахових виданнях, затверджених ВАК України, 1 праця є галузевим нормативно-технічним виданням, 10 – є друкованими патентами на винаходи, які розроблені по темі дисертації, 2 роботи є тезами наукових міжнародних конференцій.

Крім того, деякі результати опубліковані в 3-х додаткових працях.

Структура і обсяг роботи Дисертація складається з 2-х томів: 1 том – основна частина, 2 том – додатки. Основна частина складається зі вступу, шести розділів, загальних висновків і списку використаних джерел. Повний обсяг основної частини складає 276 сторінок друкованого тексту, у тому числі: 67 рисунків на 39 сторінках, 71 таблицю на 52 сторінках, список літератури складає 64 найменувань на 5 сторінках. 2 том включає 5 додатків, викладених на 135 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі сформульовано актуальність теми дисертаційної роботи, її наукова новизна і практичне значення отриманих результатів для науки і виробництва. Позначено основна мета і задачі досліджень, предмет і методи досліджень, приведена структура дисертації і вказано зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами і планами.

У першому розділі надано різносторонній аналіз сучасного технічного стану і організаційної структури колійного господарства Укрзалізниці, а також умов експлуатації колій на залізницях і розроблені пропозиції щодо кардинального реформування і модернізації конструкцій та технологій, які використовуються при експлуатації та укладанні ВБК на залізницях України.

Колійне господарство являється однією із найважливіших складових частин залізничного транспорту. Від стану ВБК залежить швидкість руху поїздів, безперебійність руху потягів, допустимі навантаження на вісь вагонів і локомотивів, об'єми перевезень на дільницях колії, безпека руху поїздів. Тому питанням вдосконалення та розвитку колійного господарства завжди необхідно приділяти пріоритетну увагу в рамках розвитку всього залізничного транспорту держави.

Сучасний стан колійного господарства українських залізниць характеризується достатньо високими показниками, наприклад: протяжність рейок потужного типу Р65 в магістральних коліях на 2006 р. складала близько 80%, а рейок легких типів Р45 і Р50 близько 20%. Для порівняння можливо відмітити, що в 1980 р. на магістральних коліях було більше 50% рейок легких типів Р50 і Р43, рейок Р65 менше 50%.

За останні 10-12 років значно зросла протяжність залізниць з сучасними конструкціями ВБК. Так протяжність колії на залізобетонних шпалах з 1995 р. до 2006 р. зросла на 21% і в даний час складає 21532 км, тобто 72% від загальної протяжності головних колій Укрзалізниці;

протяжність безстикової колії за той же період зросла на 18% і зараз складає 19243 км, тобто 64% від загальної протяжності головних колій; кількість стрілочних переводів на залізобетонних брусах зросла на 33% і на даний час складає 19686 шт., тобто 35% від загальної кількості стрілочних переводів, вкладених на коліях Укрзалізниці.

Але, незважаючи на перераховані показники, що демонструють постійний процес модернізації залізничних колій, загальний стан колійного господарства на даний час недостатньо задовольняє сучасним умовам експлуатації залізниць України, в тому числі з урахуванням їх інтеграції в систему міжнародних транспортних перевезень. Довготривале недофінансування колійного господарства і недостатнє постачання нових матеріалів призвело до зносу, старіння і необхідності використання морально застарілих елементів ВБК, до низької оснащеності підприємств колійного господарства сучасними колійними машинами та механізмами і, як наслідок, до низької технологічності утримання колії. Знос виробничих основних засобів колійного господарства на цей час перевищує 52%. На головних коліях України експлуатуються 28 % кривих ділянок колії, в яких відбувся значний знос рейок, особливо в кривих малого радіуса. Станом на 01.01.2006 року в колії експлуатувалось 10,5 тис. шт. дефектних рейок з граничним зносом. В колії експлуатуються біля 26 млн. шт. дерев'яних шпал, кількість непридатних з яких складає приблизно 50 %, а також стрілочні переводи з гранично допустимим зносом металевих частин, більш ніж 3,6 тис. шт. яких потребують заміни. Рейкові скріплення на дерев'яних і залізобетонних шпалах, що застосовуються до теперішнього часу на коліях Укрзалізниці як типові (костильні на дерев'яних і КБ на залізобетонних) не відповідають сучасним міжнародним нормативам по пружності і стійкості і не забезпечують довготривалу безпечну експлуатацію без необхідності обмеження швидкостей руху поїздів.

Забезпечення безперебійного перевізного процесу на залізницях України з урахуванням тенденції збільшення обсягів перевезень, впровадження швидкісних та прискорених ліній пасажирського сполучення, потребує не простого відновлення основних засобів колійного господарства, тобто приведення їх до нормального стану, а проведення кардинального реформування і модернізації технологій та елементів верхньої і нижньої будови колії та колійних пристроїв. Досвід таких країн як Франція, Німеччина, Англія, Японія, США свідчить, що залізничний транспорт, після його реконструювання, являється економічно вигідним і перспективним. Тому в даній дисертаційній роботі поставлена основна задача: розробити і науково обґрунтувати заходи щодо вдосконалення конструкцій і технологій верхньої будови колії для сучасних умов експлуатації залізниць України.

Цим питанням, у тому числі вдосконаленням рейкових скріплень, вивченням і обґрунтуванням параметрів жорсткості, міцності і стійкості рейкової колії на залізобетонних шпалах, в свій час займалися багато

вітчизняних вчених: доктори технічних наук В.Г. Альбрехт, А.Ф. Золотарський, Г.М. Шахунянц, М.А. Фришман, В.І. Ангелейко, Г.Е. Андрєєв, М.Ф. Веріго, В.Я. Шульга, Ю.Д. Волошко, О.П. Єршков, Н.І. Карпушенко, А.Я. Коган, В.І. Новаковіч, Е.І. Даніленко, В.В. Рибкін; кандидати технічних наук В.В. Серебряніков, Н.Д. Кравченко, Т.А. Лапідус, Е.К. Смиков, Л.Г. Крисанов, В.Ф. Афанасьєв, В.С. Лисюк, Б.А. Євдокімов, В.В. Говоруха, Г.І. Жилін, А.М. Жученко, В.П. Гнатенко, А.М. Орловський, А.П. Татуревич та ін.

У другому розділі виконано наукове обґрунтування і сформульовані вимоги до раціональних конструкцій рейкових скріплень для сучасних умов експлуатації залізниць України.

В сучасних умовах експлуатації для безстикової колії на залізобетонних шпалах використовують декілька типів конструкцій безпідкладкових пружних рейкових скріплень типів: «Пендрол» (Великобританія), «Фоссло» (Німеччина), СБ-3 (Польща), ДЕ (Голландія), ЖБР-65 (Росія), а також вітчизняного виробництва типів: КПП-1, КПП-5, КПП-7.

Пружні скріплення підкладкового типу на закордонних залізницях використовують, головним чином, при дерев'яних шпалах чи на плитній бетонній безбаластній основі. Використання підкладок на дерев'яних шпалах дозволяє суттєво знизити рівень напружень, які передаються на поверхню шпали. На вітчизняних залізницях підкладочні скріплення використовують як на дерев'яних, так і на залізобетонних шпалах, у зв'язку з тим, що вітчизняні залізниці мають значно більш важкі експлуатаційні умови в порівнянні з західноєвропейськими. Раніше на вітчизняних залізницях також було прийнято вважати за пружні підкладкові скріплення типу КБ з жорсткою клеюю та 2-х витковою пружинною шайбою, однак сучасні дослідження показали, що за своїми характеристиками це скріплення не можна віднести до пружних.

Безпідкладкові скріплення можуть мати в якості прикріплювача до шпали закладні болти (ЖБР-65), або можуть бути анкерного типу, при якому рейку прикріплюють до шпали за допомогою пружної клеми, яку зачіплюють за анкер, замуrowаний в бетон шпали (Пендрол, СБ-3, КПП-1, КПП-5), або дюбельного типу, при якому рейку прикріплюють до шпали за допомогою пружної клеми і шурупа, який загвинчують в дюбель (SKL-14, КПП-7). Порівняльні характеристики вертикальної пружності сучасних рейкових скріплень на залізобетонних шпалах приведено на рис.1. Основні вимоги до пружних скріплень зводяться до наступного.

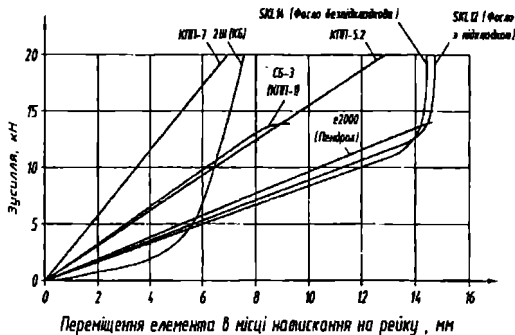


Рис.1 – Характеристики пружності рейкових скріплень на залізобетонних шпалах

Конструкція скріплень повинна забезпечувати: 1. стабільне притискання рейки до шпала; 2. достатній опір рейкової нитки поздовжнім переміщенням (угону); 3. залишкову пружність скріплень при деформаціях; 4. достатню пружність підрейкових прокладок; 5. оптимальну пружність скріплень в поперечному напрямку; 6. постійну встановлену ширину рейкової колії. 7. Крім того, доцільно мати скріплення найбільш простої, мало елементної і надійної конструкції, які б забезпечували простоту монтажу і демонтажу.

Щоб забезпечити довготривалу і надійну роботу скріплень при експлуатації в колії, необхідно щоб вибрані для роботи скріплення відповідали встановленим нормативам за перерахованими вимогами. При чому вони повинні відповідати вказаним нормативам як на початку експлуатації, так і наприкінці нормативного строку експлуатації, тобто після накопичення багато циклових колісних навантажень. Порівняльні характеристики розглянутих типів скріплень наведені в таблиці 1.

Дослідженнями встановлено, що для запобігання поздовжнього уgonу рейкових ниток для експлуатаційних умов вітчизняних залізниць можна рекомендувати величину необхідного поздовжнього опору рейкової нитки $[r] \geq 16-17$ кН/пог.м при епюрі шпал 1840 шп/км.

Аналізуючи порівняльні характеристики сучасних конструкцій скріплень для залізобетонних шпал (див. табл. 1), можна бачити, що скріплення польського виробництва типу СБ-3 і вітчизняне пружне скріплення типу КПП-1 не забезпечують необхідного поздовжнього опору рейкової нитки. (Для менш тяжких (в порівнянні з вітчизняними) умов експлуатації західноєвропейських залізниць скріплення СБ-3 задовольняє вимогам поздовжньої стійкості колії). Так як і закордонні скріплення типів Фосло і Пендрол вітчизняні скріплення типів КПП-5 і КПП-7 згідно своїх характеристик забезпечують достатню і надійну роботу рейкових ниток у відношенні поздовжньої і поперечної стійкості, однак скріплення типу КПП-

7 потребує вдосконалення своїх пружних характеристик щодо вертикальної жорсткості. Тому за найкращий тип серед вітчизняних пружних скріплень слід визнати скріплення КПП-5, яке і можна рекомендувати для широкого впровадження в експлуатацію. Скріплення марки КБ не відповідає міжнародним стандартам по залишковій пружності (після накопичення багаточислових навантажень).

Таблиця 1

Технічні характеристики сучасних рейкових скріплень

Показники	Типи скріплення							
	СКЛ-14	Фоссоло	Пендрол	СБ-3	ЖБР-65	КБ-65 min max	КПП-1	КПП-5
Кількість деталей на 1 вузол, шт.	9	7	7	13	21	7	7	11
Маса металевих деталей на 1 вузол, кг	2,9	3,9	5	7,4	11,02	4,7	4,7	5,2 2
Зусилля натиску клеми на рейку, кН	11,5	13	7,5-12	12,5	8,5-12	7,5-12	12	13
Вертикальна жорсткість 1 клеми, кН/см	9,3	9,0	15,6	21,5	11,1-80,5	15,6	15,6	28,5
Погонний повздовжній опір підшви рейки при еспорі 1840 шп/км, кН/м	21,2	23,9	15,3	23,0	16,7-20,8	15,3	16,6 17,9	18,4
Вертикальна жорсткість вузла скріплення кН/см	780	780	910	1030	485-971	1310	885	910

У третьому розділі виконано розрахунки пружно-жорсткісних параметрів і міцності верхньої будови колії (ВБК), розрахунки динамічних сил, напружень і деформацій в елементах колії.

Достовірність міцностних розрахунків у великій мірі залежить від того, наскільки близько розрахункова модель відображає реальну картину взаємодії колії і рухомого складу при експлуатації. Достовірність розрахункової моделі колії суттєво залежить від знання пружно- жорсткісних параметрів конструкції колії. В зв'язку з цим в дисертації було прийнято:

по-перше, розрахункова схема для визначення сил взаємодії, напружень і деформацій, що виникають в елементах колії, прийнята у відповідності до сучасної методики „Правил розрахунків залізничної колії на міцність” (рис. 2 і 3);

- по-друге, в дисертації окремий розділ присвячено визначенню пружно-жорсткісних параметрів ВБК, причому ці параметри визначалися для

конкретних вибраних конструкцій ВБК, відповідно з різною щільністю рейко-шпальної решітки, різними конструкціями скріплень і різними типами рейок (Р65, УПС60). Для розрахунків пружно-жорсткісних параметрів була прийнята методика, розроблена д.т.н., професором Даніленко Е. І. в „Правилах розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість”, затверджених на українських залізницях.

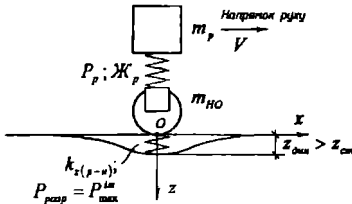


Рис. 2 – Розрахункова схема для визначення сил взаємодії, де m_p – маса обнесореної частини на одне колесо; m_{HO} – те ж, необнесореної частини.

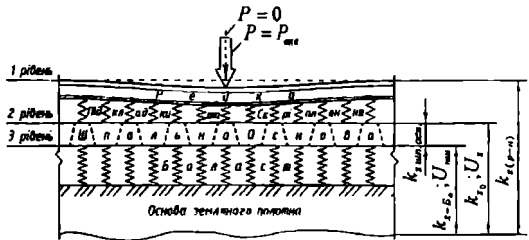


Рис. 3 – Модель колії для розрахунків параметрів вертикальної пружності і жорсткості рейкової колії

Вертикальний модуль пружності підшпальної основи визначено за формулою:

$$U_{zm} = C_b \cdot b, \quad (1)$$

де C_b – коефіцієнт пружного стиснення баласту (коефіцієнт постелі);

b – ширина нижньої постелі шпали.

Вертикальний модуль пружності підрейкової основи U_z визначено за виразом:

$$U_z = \frac{K_{Z_0}}{l_{ш}}, \quad (2)$$

де K_{Z_0} – сумарна жорсткість точечної пружної опори – шпали; $l_{ш}$ – відстань між опорами.

Вертикальний модуль пружності рейкової нитки визначено за формулою:

$$U_{z(p-n)} = \frac{K_{z(p-n)}}{l_{ш}} \quad (3)$$

Сумарну (розрахункова) жорсткість рейкової нитки, що враховує сумісну роботу рейки та підрейкової основи, визначено за виразом:

$$K_{Z(p-n)} = (64EI_i)^{1/4} \cdot (U_z)^{3/4}, \quad (4)$$

де $E=2,1 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності сталі;

I_i – момент інерції рейки при роботі на вертикальний вигин.

Розрахунки пружно-динамічних параметрів виконані на OEM по спеціально розробленій програмі у Київському університеті економіки і технологій транспорту.

Розрахунки динамічних сил, напружень і деформацій виконані у відповідності з новою методикою «Правил розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість».

Згідно з цією методикою вертикальні прогини рейок $Z_{\text{дин}}$, згинаючі моменти $M_{\text{дин}}$, поперечні сили $Q_{\text{дин}}$ визначаються з розв'язання диференційного рівняння вигину рейки, що лежить на суцільній пружній основі і знаходиться під впливом статичної сили $P_{\text{ст}}$, з наступною трансформацією цієї сили в динамічне колісне навантаження $P_{\text{дин}}$:

$$EI \frac{d^4 Z}{dx^4} + U_x \cdot Z = 0, \quad (5)$$

Динамічний вертикальний прогин в будь-якому перерізі рейки $Z_{\text{дин}}$ визначається за формулою:

$$Z_{\text{дин}} = \frac{P''_{\text{екв}}}{K_{Z(p-n)}} = \frac{k}{2U_x} \cdot P''_{\text{екв}} \quad (6)$$

Згинаючий момент в будь-якому перерізі рейки $M_{\text{дин}}$ і сила тиску рейки на опори $Q_{\text{дин}}$ визначаються за формулами:

$$M_{\text{дин}} = \frac{1}{4k} P'_{\text{екв}} = \frac{1}{4k} (P_{\text{розр}} + \sum \bar{P}_i \cdot \mu_i), \quad (7)$$

$$Q_{\text{дин}} = \frac{kl_{\text{ш}}}{2} P''_{\text{екв}} = \frac{kl_{\text{ш}}}{2} (P_{\text{розр}} + \sum \bar{P}_i \cdot \eta_i). \quad (8)$$

У формулах (5-8) позначено: Z – статичний прогин балки; U_x – модуль пружності підрейкової основи; $P'_{\text{екв}}$ і $P''_{\text{екв}}$ – еквівалентні динамічні навантаження, які замінюють систему колісного поїзного навантаження; μ_i і η_i – ординати ліній впливу відповідно моментів і поперечних сил; k – коефіцієнт відносної жорсткості рейки і підрейкової основи.

Приклад результатів розрахунків на міцність – деформування під дією колісної пари залізобетонної та дерев'яної шпали приведено на рис. 4.

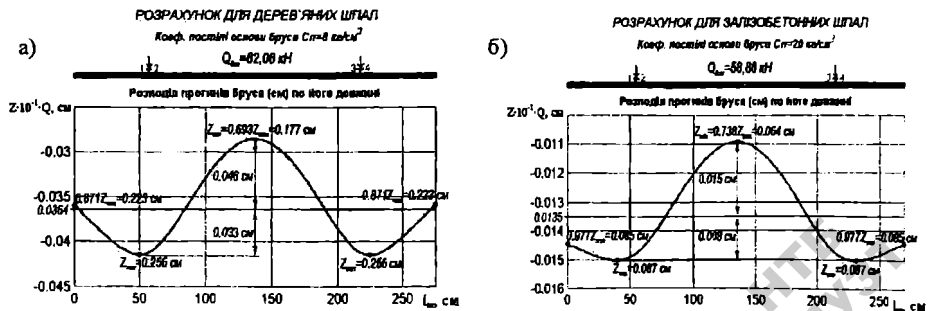


Рис. 4 – Деформування залізобетонної та дерев'яної шпали під дією динамічного навантаження від колісної пари

Результати розрахунків пружно-динамічних параметрів і міцності елементів ВБК при різних конструкціях колії показали наступне: При зміні епюри рейко-шпальної решітки на залізобетонних шпалах від 1840 шп/км до 1680 шп/км і рейках Р65 і ІС60 повністю забезпечена міцність і достатня пружність конструкції ВБК. При дії колісних навантажень до $2P=230$ кН (вагони) і до $2P=235$ кН (локомотиви) при встановлених швидкостях руху до $V=90$ км/год для вантажних поїздів і до $V=140$ км/год для пасажирських поїздів – напруження в рейках, шпалах, баласті і в земляному полотні не перевищують допустимих значень і залишається запас міцності 40-50%.

Зміна епюри укладання шпал з 1840 шп/км на 1680 шп/км створює збільшення вигинаючих напружень в рейках всього лише на 2,5,3,9% (перша цифра відповідає вагонам, друга – локомотивам); ці співвідношення залишаються практично однаковими при обох типах рейок. Заміна рейок з типу Р65 на тип ІС60 (при незмінній епорі шпал) викликає збільшення напружень вигину приблизно на 11,5% у підшві і на 6% у голові. Зміна напружень в баласті і на основній площадці земполотна при заміні колійної решітки 1840 шп/км на 1680 шп/км відбувається в бік зростання приблизно так, як і в шпалах на 10%.

Розрахунками встановлено, що в якісному і кількісному співвідношеннях шпали залізобетонні і дерев'яні мають різні види епор прогинів по довжині шпали (рис. 4).

У четвертому розділі виконано розрахунки поздовжньої та поперечної стійкості рейкової колії при типовій і дослідних конструкціях ВБК. Згідно методики розрахунків колії стійкість колії буде забезпечена, якщо не відбуватиметься спільне поздовжнє переміщення рейок з опорами і не відбуватиметься поздовжнє проковзування підшви рейки по опорах:

$$\max \left(p_{\text{ш}}^{\text{шп}} + p_{\text{зал}}^{\text{шп}} \right) \cdot l_{\text{ш}} + p_{\text{л}}^{\text{роз}} \cdot l_{\text{ш}} \leq \frac{\left[W_0^{\text{шп}} \right]}{K_3}, \quad (9)$$

$$\max(p_{\text{ш}}^{\text{шп}} + p_{\text{зал}}^{\text{шп}}) + p_{\text{л}}^{\text{роз}} \leq \left[r_{\text{шп}}^{\text{роз}} \right] + \frac{2 \cdot R_{\text{ш}}'}{K_3 \cdot l_{\text{ш}}} \quad (10)$$

де: $[W_0^{\text{шп}}]$ - допустимий опір переміщенню шпали вздовж колії (віднесений до однієї рейкової нитки); K_3 - коефіцієнт запасу на поздовжню стійкість;

$\left[r_{\text{шп}}^{\text{роз}} \right] = \frac{r}{K_3}$ - допустимий погонний опір рейкової нитки, що забезпечується

скріпленням; $l_{\text{ш}}$ - довжина безстикової пліти; $R_{\text{ш}}'$ - опір поздовжньому переміщенню рейкової пліти в стику.

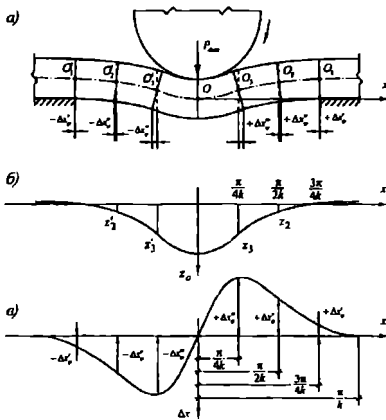


Рис. 5 – а) Розрахункова схема утворення угону від пружного вигину рейки; б) епора вертикальних прогинів; в) схема депланацій поперечних перерізів рейки.

Для визначення сил угону від дії вертикальних колісних навантажень і пружного вигину рейок розглядалася розрахункова схема, запропонована проф. В.Г. Альбрехтом, при якій явище угону прослідковується при розгляданні пружного вигину балки, що лежить на суцільній основі пружної у вертикальній площині і недеформує в горизонтальній площині (рис. 5). При цьому угон створюється від пружного вигину рейки й поступового накопчування колеса на рейку, яка лежить попереду. В результаті пружного повороту перерізів рейки виникають поздовжні переміщення точок на підшві рейки.

Розподілену поздовжню силу від вигину рейки на одиницю її довжини (кН/м) визначають за формулою:

$$p_{32}^{np} = 10^3 \cdot U_x \cdot \Delta X; \quad \max(p_{32}^{np}) = 10^3 \cdot U_x \cdot \Delta X_{\max}, \quad (11)$$

де U_x модуль пружності колії в поздовжньому напрямку; ΔX поздовжнє відхилення підшви рейки, відносно свого початкового положення, викликане поворотом перерізу рейки при його вертикальному вигині.

Розрахункові формули для визначення складових членів у формулі (11) мають вигляд:

$$U_x = \frac{10^{-3} \cdot C_{\text{сум}}}{l_{\text{ш}}}; \quad (12)$$

$$C_{оп}^{сум} = \frac{0,5 \cdot C_{ш-б} \cdot C_{уз}}{0,5 \cdot C_{ш-б} + C_{уз}}; \quad (13)$$

$$\Delta X = -\frac{10^{-6} h_n k^2}{U_z} \sum P e^{-kx} \sin kx; \quad \Delta X_{max} = -\frac{10}{U_z} \frac{h_n \cdot k^2 \cdot \bar{P} \cdot e^{-\frac{\pi}{4}} \cdot \sin \frac{\pi}{4}}{4}. \quad (14)$$

У формулах (11)-(14) прийняті наступні позначення: $C_{оп}^{сум}$ - сумарна поздовжня жорсткість підрейкової основи, віднесена до однієї опори; $0,5 C_{ш-б}$ - поздовжня жорсткість системи шпала-баласт, віднесена до однієї рейкової нитки; $C_{уз}$ - поздовжня жорсткість вузла скріплення; h_n - відстань від нейтральної осі до підшви рейки; k - коефіцієнт відносної жорсткості рейки та підрейкової основи.

Розподілена поздовжня гальмівна сила, яка передається від коліс рухомого складу на рейку знаходиться по методиці тягових розрахунків за формулою: $p_{гальм}^{cp} = \frac{B_m}{2L}$, де B_m - гальмівна сила, кН; L - довжина поїзда, м.

Розподілена температурна сила на ділянці колії, що деформується для однієї рейкової нитки безстикової пліті згідно «Правил розрахунків залізничної колії на стійкість», знаходиться за формулою:

$$P_t^{роз} = \frac{P_t'}{2X}, \quad (15)$$

де $P_t' = 10^3 \cdot \alpha \cdot E \cdot \Delta t \cdot F$ - загальна поздовжня температурна сила, яка виникає в одній рейковій нитці безстикової пліті; X - довжина кінцевих ділянок, на яких відбуваються поздовжні деформації рейкової пліті при зміні температури на певне число градусів Δt ; α - коефіцієнт лінійного розширення рейкової сталі; E - модуль пружності рейкової сталі; F - площа перерізу рейки.

Довжину X визначають за формулою:

$$X = \frac{10^3 \cdot a \cdot E \cdot \Delta t \cdot F}{r}, \quad (16)$$

де $r = \frac{C_{уз}'}{l_{ш}}$ - погонний опір поздовжньому переміщенню підшви рейки по основі, залежить від типу проміжних рейкових скріплень і епюри шпал.

Деякі результати розрахунків поздовжньої стійкості рейкових ниток для прийнятих конструкцій ВБК приведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Результати розрахунків поздовжньої стійкості рейкових ниток при гальмуванні вантажного поїзда масою 4000 т від швидкості 90 км/год до 0 км/год (рейки Р65, шпали залізобетонні, 1840 шп/км)

Характеристики	Скріплення					
	Фосело SKL-14	Пендрол	КПП-1 СБ-3	КПП-5	КБ max	КБ min
Поздовжня жорсткість вузла скріплення Суз, Н/мм	11500	13000	8320	9700	11300	8000
Ux, МПа	16,8	18,3	12,9	14,7	16,9	12,6
Δx , мм	0,09	0,114	0,12	0,097	0,087	0,091
P_{Σ}^{sp} , кН./м	1,5	1,9	1,2	1,4	1,5	1,1
$P_{\Sigma_{\text{спаль}}}$, при службовому гальмуванні, кН./м	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
$P_{\Sigma_{\text{спаль}}}$, при екстремому гальмуванні, кН./м	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
P_i , кН./м	10,6	12,1	7,7	9	10,5	7,4
При службовому гальмуванні Сумарна розрахункова сила угону $\Sigma P_{\text{угон} + \text{темпл}}$, кН./м	13,8	15,7	10,6	12,1	13,7	10,2
Те ж при екстремому гальмуванні, $\Sigma P_{\text{угон} + \text{темпл}}$, кН./м	15,4	17,3	12,2	13,7	15,3	11,8
Погонний опір, що забезпечений скріпленнями $[r]$, кН/м	19,3	21,8	14,2	16,5	19	13,5

В результаті розрахунків, виконаних у даному розділі отримано, що зміна поздовжньої стійкості колії (за погонним опором рейкових ниток) при переході від епюри 1840 шп/км до епюри 1680 шп/км складає 9-10% при всіх видах скріплень. При цьому забезпечена стійкість проти угону рейкових ниток при сумісному впливі температурних сил і сил гальмування вантажного і інших поїздів вагою до 4000 т для усіх розглянутих конструкції колії в прямій і кривих радіусом 1000 м, 800 м і 600 м. В кривих радіусом 400 м при скріпленнях типу КПП-1 поздовжня стійкість не забезпечується на 13-15%, тому при цих скріпленнях необхідно обмежувати швидкості руху поїздів проти встановлених.

Поперечна стійкість рейко-шпальної решітки безстыкової колії проти викиду при заміні епюри шпал 1840 шп/км на 1680 шп/км при рейках Р65 і УПС60 забезпечується при впливі вантажних і пасажирських поїздів для прямих і кривих радіусом більше 1000 м. В кривих меншого радіусу повинна зберігатись епюра укладання шпал 1840 шп/км. В цьому випадку поперечна стійкість безстыкової колії забезпечена для усіх типів скріплень.

У п'ятому розділі виконано експериментальні дослідження по забезпеченню поздовжньої стійкості рейкових плітей при типовій епюри шпал 1840 шп/км і при дослідній 1680 шп/км.

Експериментальні дослідження виконано на дослідних ділянках Південно-Західної залізниці з наступними характеристиками: рейки типу Р65, УІС60; шпали – залізобетонні; баласт двошаровий, з товщиною щебеню під шпалою 35-40 см; епора шпал – 1840 шп/км, 1680 шп/км; скріплення типу КБ-65, СБ-3, КПП-5. Для виключення впливу особливостей плану та профілю траси дослідні ділянки були вибрані лише на прямих ділянках колії, по поздовжньому профілю на площадках, або на ділянках, де поздовжній ухил не перевищує 4‰.

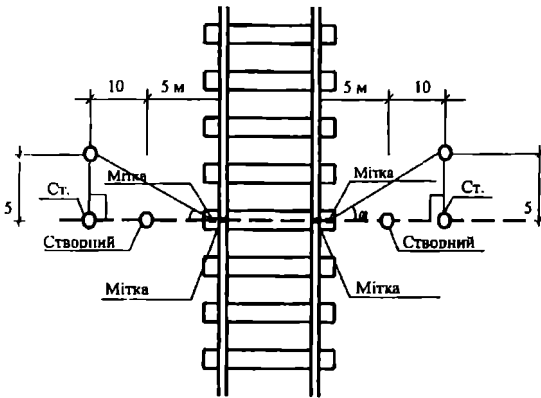


Рис.6 – Схема розміщення приладів при вимірюваннях угону колії

Для визначення поздовжніх сил переміщень рейко-шпальних решіток (РШР) була розроблена методика вимірювань, яка дозволяла прослідкувати переміщення РШР відносно закріпленого створу в залежності від експлуатаційних факторів. Вимірювання проводили за допомогою теодоліту марки 2Т5К, для цього на рейко-шпальній решітці влаштовували створ і закріплювали металевими кілками (рис. 6), а підшо

рейки та верх шпали накреньялися у цьому створі. При встановленні теодоліту на станції №1 і №2 вимірювали горизонтальний кут ϕ відносно базисної лінії, яка знаходиться під прямим кутом від створеної лінії закріпленої кілком на відстані 5 м. Зміни кута ϕ дозволяли вирішувати питання щодо переміщень РШР на кожному створі з точністю до 5". Значення переміщень X_i вираховували з точністю до 0,1 мм. За результатами щомісячних вимірювань були побудовані графіки залежності переміщень від довжини та місця розміщення «маякової» шпали.

Аналіз і порівняння результатів досліджень (рис. 7) дозволило зробити висновок про більш потужну стійкість у поздовжньому напрямку скріплень типу КПП у порівнянні зі скріпленнями типу КБ. Стійкість у поздовжньому напрямку рейок з скріпленнями пружинного типу КПП-5 має кращі значення в порівнянні з типовими скріпленнями КБ і скріпленнями КПП-1.

Експериментальні дослідження підтвердили результати теоретичних розрахунків: поздовжня і поперечна стійкість рейкових ниток забезпечена при обох епорах укладання шпал 1840 шп/км і 1680 шп/км.

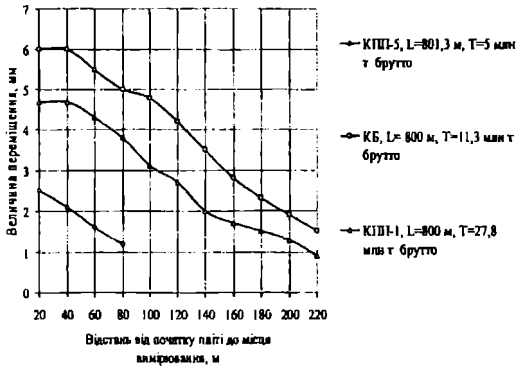


Рис. 7 – Поздовжні переміщення рейкових плитей при 1840 шп/км

У шостому розділі виконано розрахунки по визначенню техніко-економічної ефективності впровадження нових конструкцій і технологій укладання і експлуатації колії, розроблених і запропонованих у дисертації. Розраховано прогнозні строки служби нових конструкцій з різною щільністю епюри укладання шпал при різних типах рейок і при різних сучасних конструкціях рейкових скріплень. Запропоновано раціональні строки ремонтів нових конструкцій колії і раціональні технології їх утримання при довготривалій експлуатації. Виконано порівняльні техніко-економічні розрахунки і доведено, що укладання і експлуатація в колії нової запропонованої конструкції колії з епюрою 1680 шп/км замість 1840 шп/км з використанням пружних конструкцій скріплень, замість типових жорстких, дає суттєвий техніко-економічний ефект.

Сумарний економічний ефект за натуральними показниками при використанні епюри шпал 1680 шп/км замість 1840 шп/км, рейок УІС60 замість Р65 і скріплень КПП-5 замість типових КБ складає на кожний 1 км колії: - по скріпленням (по вазі металу) приблизно 24,76 т/км; по залізобетонним шпалам 160 шп/км; - по рейкам (по вазі металу) 8,960 т/км.

Сумарний економічний ефект від сумісного впровадження епюри шпал 1680 шп/км замість 1840 шп/км, рейок УІС60 замість Р65 та скріплень типу КПП-5 замість скріплень КБ складає на кожний 1 км колії: $E_{1,6} = P_1 - P_2 = 2930543,24 - 2734287,98 = 196255,26$ грн/км, що складає приблизно 19% від вартості повного оновлення (тобто модернізації) 1 км колії.

Економічна ефективність використання нових технологій при впровадженні нових конструкцій верхньої будови колії полягає в наступному: при епюрі 1680 шп/км замість 1840 шп/км в колію укладається на 160 шп. менше на кожний 1 км довжини колії, що потребує менше затрат не тільки на матеріали, але також і менших затрат машинного і людського часу. В кінцевому підсумку це призводить до збільшення річних обсягів робіт колійно-машинних станцій (КМС); застосування пружних скріплень КПП у порівнянні з КБ зменшує витрати на збирання рейко-шпальної решітки приблизно на 48%, що дає можливість збільшити планові річні об'єми робіт КМС.

Максимальні поздовжні переміщення рейкових плит на залізобетонних шпалах при різних епюрах 1840 шп/км і 1680 шп/км близькі за абсолютною величиною і отримані в межах 10-15 мм. Переміщення рейок відносно шпал складають приблизно половину від загального переміщення рейок спільно зі шпальною решіткою.

ВИСНОВКИ

1. В дисертації представлено нове вирішення наукової проблеми удосконалення конструкцій і технологій верхньої будови колії (ВБК) на залізобетонних шпалах для умов українських залізниць шляхом обґрунтування теоретичними і експериментальними методами можливості і доцільності використання нової менш щільної епюри укладання залізобетонних шпал 1680 шп/км в прямих ділянках і 1840 шп/км в кривих, замість типової епюри 1840 шп/км в прямих і 2000 шп/км в кривих ділянках колії. Доведено, що міцність, стійкість рейко-шпальної решітки і рейкових ниток і експлуатаційна надійність при новій конструкції колії буде забезпеченою при довготривалій експлуатації.

2. Вперше для умов українських залізниць виконано комплексні теоретично-експериментальні дослідження і аналіз пружножорсткісних параметрів, міцності, поздовжньої і поперечної стійкості і надійної експлуатації широкого спектру сучасних конструкцій ВБК, включаючи: різну щільність укладання епюри шпал (на прямих 1680 і 1840 шп/км і відповідно на кривих 1840 і 2000 шп/км); різні типи рейок, шпал і скріплень (відповідно рейки типу Р65 і міжнародного стандарту UIC60; шпали – залізобетонні і дерев'яні; скріплення – підкладкового і безпідкладкового типів, з пружними і жорсткими клемами).

3. За допомогою теоретичних та експериментальних досліджень доведено, що:

3.1. При впровадженні нової менш щільної рейко-шпальної решітки на залізобетонних шпалах 1680 шп/км замість 1840 шп/км повністю забезпечена міцність і достатня пружність конструкції ВБК. При впливі колісних навантажень у спектрі осьових навантажень до $2P=230$ кН (вагони) і до $2P=235$ кН (локомотиви), при встановлених швидкостях руху вантажних поїздів до $V=90$ км/год, пасажирських до $V=140$ км/год – напруження в рейках, шпалах, баласті і на основній площадці земляного полотна не перевищують допустимих значень і залишається запас міцності 40-50%). (При цьому розглянуті конструкції колії в прямих і в кривих радіусами

$R=1000$ м, 800 м, 600 м і 400 м; зі скріпленнями: КБ, КПП-1, КПП-5 і рейками типів Р65 і УІС60).

Величини згинаючих моментів в рейках при зміні епюри шпал з 1840 шп/км на 1680 шп/км збільшуються несуттєво: для вагонів це зростання коливається в межах 2,5%, для локомотивів – в межах 3,5-4%. Заміна рейок з типу Р65 на тип УІС60 (при незмінній епюрі шпал) викликає збільшення напружень вигину приблизно на 11,5% у підшві і на 6% у головіці.

Напруження в шпалах при зміні епюри збільшуються приблизно на 9,5-10,0% незалежно від типу рейок і скріплень. При зміні рейок з Р65 на УІС60 (при однакових скріпленнях і однаковій епюрі шпал) напруження в шпалах збільшуються на 3,0%. Зміна напружень в баласті і на основній площадці земляного полотна при зміні епюри 1840 на 1680 шп/км відбувається в бік зростання приблизно так, як і в шпалах на 10%.

3.2. Жорсткість рейкової нитки при зміні епюри від 1840 шп/км на 1680 шп/км зменшується на 7,2%. Сумарна жорсткість рейкової нитки при рейках Р65 виявилась більше, ніж при рейках УІС60, всього лише на 3,8% (при усіх типах скріплень і при всіх епюрах шпал), тобто жорсткість рейкової нитки зі шпальною решіткою суттєво відрізняється від співвідношення жорсткостей рейок, яке складає $EI_{P65}/EI_{UIC60}=1.16$.

3.3. Динамічні прогини рейок і залізобетонних шпал змінюються несуттєво при зміні епюри з 1840 шп/км на 1680 шп/км. А саме: вони збільшуються на 8,5-9,0% для рейок і на 10,2% для шпал. При заміні рейок Р65 на УІС60 і незмінній епюрі шпал прогини залізобетонних шпал збільшуються лише на 3,8-4,1%. (Динамічні прогини дерев'яних шпал є суттєво більшими в порівнянні з залізобетонними в 1,5÷1,6 рази).

4. Результати порівняльних розрахунків поздовжньої стійкості проти угону рейкових ниток для епюри шпал 1840 шп/км і епюри 1680 шп/км дозволяють зробити наступні висновки:

величина погонного опору рейкових ниток при зміні епюри шпал з 1840 до 1680 шп/км зменшується при усіх видах скріплень приблизно на 9-10%;

сумарні діючі поздовжні сили угону рейкових ниток (сумісно з температурними силами і силами гальмування) при службовому та

екстремому гальмуваннях вантажних і пасажирських поїздів масою до 4000 т не перевищують сил погонного опору, що забезпечуються скріпленнями при всіх конструкціях скріплень, які розглянуті в розрахунках (в тому числі при скріпленнях пружного типу марок КПП-1 і КПП-5), при обох епюрах укладання шпал 1840 шп/км і 1680 шп/км. Тобто стійкість проти уgonу рейкових ниток при зниженні щільності епюри шпал до 1680 шп/км у всіх випадках забезпечена.

5. Результати порівняльних розрахунків поперечної стійкості рейкової колії і рейко-шпальної решітки для типової епюри шпал 1840 шп/км і дослідної епюри шпал 1680 шп/км показали, що: усі вимоги по умові стійкості проти викиду безстикової колії при рейках типу Р65 і UIC60 при максимально можливій для українських залізниць амплітуді змін температури від $T_{\max}=+62^{\circ}\text{C}$ до $T_{\min}=-40^{\circ}\text{C}$ забезпечуються як для прямих ділянок колії, так і для кривих з мінімальним радіусом до $R_{\min}=400$ м. При переході з епюри шпал 1840 шп/км на 1680 шп/км граничний опір переміщенню шпал в баласті зменшується приблизно на 1,2%, що несуттєво впливає на забезпечення поперечної стійкості рейко-шпальної решітки.

6. Найкращими скріпленнями для колії на залізобетонних шпалах є скріплення з пружинними прутковими клемами, які забезпечують стабільність притискання рейки до опор та оптимальне поєднання пружних властивостей у вертикальній та горизонтальній площинах при достатньому опорі поздовжнім температурним силам та силам уgonу. Вітчизняні скріплення типів КПП-5 і КПП-7 згідно своїх характеристик забезпечують достатню і надійну роботу рейкових ниток у відношенні поздовжньої і поперечної стійкості, однак скріплення типу КПП-7 потребує вдосконалення своїх пружних характеристик щодо вертикальної жорсткості. Тому за найкраще слід визнати скріплення КПП-5, яке і можна рекомендувати для широкого впровадження в експлуатацію.

7. Техніко-економічна ефективність впровадження нових запропонованих конструкцій і технологій укладання і експлуатації колії складається з натуральних і грошових показників. Сумарний економічний ефект по грошовим показникам (тобто по приведеним затратам) від сумісного впровадження епюри шпал 1680 замість 1840 шп/км, рейок UIC60

замість Р65 та скріплення типу КПП-5 замість скріплень КБ складає на кожний 1 км колії: $E_{1,6} = 196255,26$ грн/км, що складає біля 19% від вартості повного оновлення (тобто модернізації) 1 км колії.

Сумарний економічний ефект за натуральними показниками при використанні епюри шпал 1680 шп/км замість 1840 шп/км, рейок УІС60 замість Р65 і скріплень КПП-5 замість типових КБ складає на кожний 1 км колії: по скріпленням (по вазі металу) приблизно 24,76 т/км; по залізобетонним шпалам 160 шп/км; - по рейкам (по вазі металу) 8,960 т/км.

Основні положення та результати дисертації опубліковано у таких роботах:

1. Костюк М.Д., Даніленко Е.І., Жученко О.М. Сучасні пружні рейкові скріплення і специфіка вимог до вітчизняних скріплень на залізобетонних шпалах. Журнал Залізничний транспорт України №6/2002. С. 6-11.
2. Даніленко Е.І., Костюк М.Д., Жученко О.М. Обеспечение надежности и прочности упругих скреплений для повышения безопасности движения поездов. Респ. Беларусь, Гомель, Вестник БелГУТ «Наука и транспорт» №2, 2002, С. 21-25.
3. Костюк М.Д., Рибкін В.В., Бондаренко І.О., Іванченко Н.М. Оцінка параметрів пружної клеми марки КП-5.2. Вісник Дніпропетровського національного університету ім. акад. В. Лазаряна, вип. 2, Дніпропетровськ, 2003, с.11-17.
4. Е.І. Даніленко, М.Д. Костюк, О.М. Жученко Вибір раціональних параметрів пружності для вітчизняних скріплень на залізобетонних шпалах. – Збірник наукових праць КУЕТТ, Київ, 2003, с. 3-15.
5. М.Д. Костюк, В.В. Говоруха Сучасна конструкція суміщеної рейкової колії 1520 та 1435 мм із залізобетонними шпалами та проміжним рейковим скріпленням// Сб. науч. тр. ДИИТ. Строительство: Вип. 10. – Днепропетровск, 2002. – С. 72-75.
6. Даніленко Е.І., Яковлев В.О., Костюк М.Д. та ін. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України (ЦП/0138).-К.:Транспорт України, 2006. 336 с.

7. Рейкове скріплення. Деклараційний патент на винахід. Україна (UA), МПК⁷ E01B9/48 № 49768 А. В.В. Говоруха, М.Д. Костюк. Заявлено 13.06.2002; Опубл. 16.09.2002, Бюл. №9. – 3 с.

8. Анкер для рейкового кріплення. Деклараційний патент на винахід. Україна (UA), МПК⁷ E01B9/08 № 48923 А. В.В. Говоруха, М.Д. Костюк, Я.В. Дубневич. Заявлено 16.05.2002; Опубл. 15.08.2002, Бюл. №8.

9. Прокладка рейкового проміжного скріплення. Деклараційний патент на винахід. Україна (UA), МПК⁷ E01B9/68 № 49744 А. В.В. Говоруха, М.Д. Костюк, Я.В. Дубневич, В.Т. Щербина. Заявлено 16.05.2002; Опубл. 16.09.2002, Бюл. №9. – 3 с: ил.

10. Клема рейкового кріплення. Деклараційний патент на винахід. Україна (UA), МПК⁷ E01B9/48 № 49745 А. В.В. Говоруха, М.Д. Костюк, Я.В. Дубневич. Заявлено 16.05.2002; Опубл. 16.09.2002, Бюл. №9. – 3 с: ил.

11. Прокладка. Деклараційний патент на винахід. Україна (UA), МПК⁷ E01B9/48 № 49767 А. В.В. Говоруха, М.Д. Костюк, Я.В. Дубневич. Заявлено 13.06.2002; Опубл. 16.09.2002, Бюл. №9. – 3 с.

12. Пружинна клема рейкового скріплення. Деклараційний патент на винахід. Україна (UA), МПК⁷ E01B9/48 № 55333 А. В.В. Говоруха, М.Д. Костюк, Я.В. Дубневич. Заявлено 13.01.2003; Опубл. 17.03.2003, Бюл. №3. 3 с.

13. Прокладка підрейкова гумова. Патент на промисловий зразок. Україна (UA), МПК⁷ 12-99 № 6367. В.В. Говоруха, М.Д. Костюк, Я.В. Дубневич. Заявлено 13.06.2002; Опубл. 15.08.2002, Бюл. №8. – 3 с: ил.

14. Прокладка рейкового скріплення. Патент на промисловий зразок. Україна (UA), МПК⁷ 12-99 № 7286. В.В. Говоруха, М.Д. Костюк, Я.В. Дубневич. Заявлено 28.01.2003; Опубл. 15.04.2003, Бюл. №4. – 3 с: ил.

15. Шпала залізобетонна. Патент на винахід. Україна, № UA, 58867 А. О.М. Жученко, М.Д. Костюк, Е.І. Даніленко. Опубл. Бюл. №8, 2003.

16. Клема рейкового скріплення, анкер для утримання клеми, вкладиш ізолюючий і рейкове скріплення. Патент на винахід. Україна, № UA, 63615 А. О.М. Жученко, М.Д. Костюк, Е.І. Даніленко, В.О. Яковлев. Опубл. Бюл. №1, 2004.

17. Е.І. Даніленко, М.Д. Костюк, В.М. Твердомед Дослідження поздовжньої стійкості рейко-шпальної решітки при різних конструкціях проміжного рейкового скріплення. Тези доповідей 2-ої науково-практичної конференції, «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління», ч.І. К., КУЕТТ, 2004, с.105-106.

18. Костюк М.Д., Даніленко Е.І. Головні напрями удосконалення і розвитку колії і колійного господарства залізниць України протягом 2001-2005 р.р. Тези доповідей 1-ої науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління», ч.І. К., КУЕТТ, 2003, с.58-59.

Додаткові праці:

19. Даніленко Е.І., Карпов М.І., Костюк М.Д., Рибачок П.І. Технічні вказівки по улаштуванню, укладанню, ремонту і утриманню безстикової колії на залізницях України (ЦП/0081), Київ.: Транспорт України, 2002. 101 с.

20. Даніленко Е.І., Карпов М.І., Костюк М.Д., Рибачок П.І. Правила і технологія виконання робіт при поточному утриманні залізничної колії. (ЦП/0084), Київ: Транспорт України, 2002 р., 149 с.

21. М.Д. Костюк, В.В. Говоруха Стрілочні переводи і суміжне устаткування для швидкісного руху поїздів// Журнал «Залізничний транспорт України» – №3, 2002 – С. 15-17.

АНОТАЦІЯ

Костюк М. Д. Удосконалення конструкцій і технологій верхньої будови колії для сучасних умов експлуатації залізниць України. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.06 – Залізнична колія; Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна; Дніпропетровськ, 2008.

Дисертація присвячена вирішенню наукової задачі вдосконалення конструкцій і технологій верхньої будови колії на залізобетонних шпалах для

умов українських залізниць шляхом розробки, обґрунтування і впровадження менш щільної епюри розкладки шпал і використання нових конструкцій пружних рейкових скріплень. У роботі за допомогою теоретичних і експериментальних досліджень доведена можливість і доцільність використання нової менш щільної епюри укладання залізобетонних шпал в порівнянні з дерев'яними; доведено, що міцність, стійкість рейко-шпальної решітки і рейкових ниток і експлуатаційна надійність при новій конструкції колії залишається забезпеченою при довготривалій експлуатації. Виконано аналіз і обґрунтування параметрів і конструкції рейкових скріплень для сучасних умов експлуатації, доведено, що найкращими скріпленнями для колій на залізобетонних шпалах є скріплення з пружними прутковими клемами, які забезпечують стабільність притиснення рейки до опор та оптимальне поєднання пружних властивостей у вертикальній та горизонтальній площинах.

Доведено, що впровадження нової конструкції ВБК на залізобетонних шпалах з епюрою 1680 шп/км замість типової 1840 шп/км і з пружними рейковими скріпленнями дає суттєвий техніко-економічний ефект.

Ключові слова: верхня будова колії, рейко-шпальна решітка, скріплення, міцність, стійкість, жорсткість, пружність, економічна ефективність.

АННОТАЦИЯ

Костюк М. Д. Усовершенствование конструкций и технологий верхнего строения колеи для современных условий эксплуатации железных дорог Украины. - Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.06 – Железнодорожный путь; Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна; Днепропетровск, 2008.

Диссертация посвящена решению научной задачи усовершенствования конструкций и технологий верхнего строения пути на железобетонных шпалах для условий украинских железных дорог путем разработки,

обоснования и внедрения менее плотной эпюры раскладки шпал и использования новых конструкций упругих рельсовых скреплений.

В работе: выполнен критический анализ современного технического состояния путевого хозяйства Укрзализныци и разработаны предложения по реформированию и модернизации конструкций и технологий содержания верхнего строения пути на железобетонных шпалах с целью улучшения его надежности и долговечности при эксплуатации; выполнены комплексные теоретико-экспериментальные исследования по определению упруго жесткостных параметров пути, прочности, продольной и поперечной устойчивости для широкого спектра современных конструкций верхнего строения пути, включая: разную плотность эпюры шпал (2000 шп/км; 1840 шп/км; 1680 шп/км); разные типы рельсов, шпал и скреплений (рельсы типа Р65 и международного стандарта UIC60, шпалы железобетонные и деревянные, скрепления подкладочные и безподкладочные).

С помощью теоретических и экспериментальных исследований решена научная задача о возможности и целесообразности внедрения новой, менее плотной эпюры раскладки железобетонных шпал по сравнению с деревянными; доказано, что прочность и устойчивость рельсо-шпальной решетки и рельсовых нитей, а также эксплуатационная надежность при новой конструкции пути на железобетонных шпалах с эпюрой 1680 шп/км и пружинными скреплениями обеспечивается при длительной эксплуатации; новая конструкция обеспечивает устойчивую и надежную работу пути в отношении продольных и поперечных перемещений рельсошпальной решетки и рельсовых плетей бесстыкового пути, в том числе при одновременном воздействии температурных сил и экстренного торможения. Доказано, что технически неправильно для железобетонных и деревянных шпал применять одинаковую типовую эпюру раскладки шпал 1840 шп/км в прямых и 2000 шп/км в кривых. Излишнюю жесткость пути на железобетонных шпалах возможно и технически целесообразно снижать посредством укладки менее плотной эпюры 1680 шп/км вместо 1840 шп/км и внедрения упругих скреплений вместо типовых жестких КБ.

Выполнен анализ и обоснование параметров и конструкции рельсовых скреплений для современных условий эксплуатации, доказано, что

наилучшими скреплениями для пути на железобетонных шпалах, являются скрепления с упругими прутковыми клеммами, которые обеспечивают стабильность прижатия рельса к опорам и оптимальное сочетание упругих свойств в вертикальной и горизонтальной плоскостях; для путей Укрзализныци такими конструкциями являются скрепления отечественного производства типа КПП-5.

Рассчитаны прогнозные сроки службы новых конструкций с разной плотностью эпюры раскладки шпал при разных типах рельсов и при разных современных конструкциях рельсовых скреплений. Предложены рациональные сроки ремонтов новых конструкций пути и рациональные технологии их содержания при долговременной эксплуатации. Выполнены сравнительные технико-экономические расчеты и доказано, что укладка и эксплуатация новой предложенной конструкции верхнего строения пути с эпюрой 1680 шп/км, вместо 1840 шп/км, и с использованием упругих конструкций скреплений, вместо типовых жестких, дает существенный технико-экономический эффект.

Полученные в диссертации результаты использованы при внедрении на украинских железных дорогах новых рельсовых упругих скреплений отечественного производства типа КПП-5, вместо типовых скреплений КБ; при внедрении в опытную эксплуатацию новой менее плотной эпюры раскладки железобетонных шпал 1680 шп/км вместо эпюры 1840 шп/км, которая используется как типовая для деревянных и железобетонных шпал. Также результаты диссертации были использованы в научно-исследовательских разработках Отделения пути и путевых сооружений Научно-исследовательского центра Укрзализныци и кафедры «Реконструкции и эксплуатации железных дорог и сооружений» Киевского университета экономики и технологий транспорта.

Ключевые слова: верхнее строение пути, рельсо-шпальная решетка, скрепления, прочность, устойчивость, жесткость, упругость, экономическая эффективность.

SUMMARY

Kostyuk M. D. Improvement of constructions and technologies of top structure of track for the modern external environments of railways of Ukraine. – It is Manuscript.

Dissertation on the receipt of scientific degree of candidate of technical sciences after speciality 05.22.06 – Railway track; Dnepropetrovsk national university of railway transport by the name of academician. Lazaryan; Dnepropetrovsk, 2008.

Dissertation is devoted to theoretical and experimental researches on the questions of features of work of top structure of track on reinforced concrete railroad ties and improvement of its constructions and technologies of maintenance railway track on reinforced concrete railroad ties.

In work: complex theoretical and experimental researches and analysis of resiliently inflexibility parameters, durability, longitudinal and transversal firmness and reliable exploitation of wide spectrum of modern constructions of top structure of track are executed, including: different density of disposition of railroad ties; different types of rails, railroad ties and fastenings; the scientific task to possibility and expedience of the use of new less dense of disposition of reinforced concrete railroad ties as compared to wooden ties is decided by theoretical and experimental researches. It is proved that durability and firmness of railroad rail-tie grate and long rails and operating reliability at a new construction of track remains well-to-do during of long time exploitation. It is proved that for tracks on reinforced concrete railroad ties the best fastenings are the fastenings with resilient terminals small twigs, which provide stability of railway gauge and optimum combination of resilient properties in vertical and horizontal planes. For tracks of Ukrzaliznici the fastenings of domestic production of the type KPP-5 are the best now. The results of dissertation were used on the Ukrainian rail roads.

Keywords: railway track, railroad rail -tie grate, fastening, durability, firmness, inflexibility, resiliency, economic efficiency.

КОСТЮК МИХАЙЛО ДМИТРОВИЧ

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ І ТЕХНОЛОГІЙ
ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ ДЛЯ СУЧАСНИХ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ**

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано до друку «19» 04 2008 р.
Формат 60х48 1/16. Папір для розмножувальних апаратів.
Друк офсетний. Умовн.-друк. арк. 0,9. Обл.-видав. арк. 1,0.
Замовлення № 726. Тираж 100. Безкоштовно.

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

Свідоцтво ДК № 1315 від 31.03.2003

Адреса видавництва та дільниці оперативної поліграфії:
49010, вул. акад. В.А. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, 10
www.diitrvv.dp.ua admin@diitrvv.dp.ua

Сканувала Юнаковська В. В.