

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Дніпропетровський національний університет залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна

ЛОГВІНОВА НАТАЛІЯ ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 656.222

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ ПОЇЗДІВ НА
ЗАЛІЗНИЧНИХ НАПРЯМКАХ З ПАРАЛЕЛЬНИМИ ХОДАМИ**

05.22.01- транспортні системи

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ 2013

Дисертація є рукописом

Робота виконана на кафедрі «Станції та вузли» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник:

кандидат технічних наук, доцент **Вернигора Роман Віталійович**,
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, декан факультету УПП, доцент кафедри «Станції та вузли»

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор **Ломотько Денис Вікторович**,
Українська державна академія залізничного транспорту, проректор з наукової роботи,

кандидат технічних наук, доцент **Габа Василь Васильович**,
Державний економіко-технологічний університет транспорту, декан факультету «Післядипломної освіти», професор кафедри «Управління процесами перевезень».

Захист відбудеться 17.10.2013 р. о 13⁰⁰ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.820.02 при Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. акад. Лазаряна, 2, к. 314, зал засідань.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. акад. Лазаряна, 2.

Автореферат розісланий 09.09.2013 р.

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

І.В. Жуковицький

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Реструктуризація залізничного транспорту України передбачає впровадження на мережі залізниць нової експлуатаційної моделі управління технологією перевезень, яка передбачає гарантоване виконання вимог власників вантажів до якості перевезень, скороченню обороту рухомого складу та витрат залізниць, пов'язаних з перевезеннями. Інфраструктура залізниць України представляє собою мережу, яка характеризується наявністю паралельних напрямків перевезень з різною завантаженістю, по якій переміщуються вантажні та пасажирські поїздопотоки. Сучасні умови функціонування залізничного транспорту України характеризуються постійною зміною структури та обсягів вантажо- та поїздопотоків при наявності резервів пропускної спроможності залізничних напрямків з паралельними ходами.

Показники інфраструктурної складової залізничних напрямків з паралельними ходами мають різне забезпечення (вид тяги, повздовжній профіль колії, наявність штучних споруд та обмежень при русі по ним, кількість головних колій на перегонах, довжина колій на станціях та ін.).

В зв'язку з цим зростає актуальність проблеми визначення раціональних параметрів пропуску поїздопотоків на залізничних напрямках з паралельними ходами з метою зменшення експлуатаційних витрат залізниць, пов'язаних з вантажними перевезеннями, в умовах швидкісного руху пасажирських поїздів та диференційованої по періодам доби вартості електроенергії. Це визначає необхідність пошуку шляхів адаптації залізниць до наслідків коливань поїздопотоків та раціонального розподілу їх слідування по паралельних напрямках. Виходячи з цього, тема дисертаційної роботи, що присвячена вирішенню задачі ефективності управління поїздопотоків на паралельних лініях, є досить актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до пріоритетних напрямів розвитку залізничного транспорту, що визначені у Постанові Кабінету Міністрів України від 16.12.2009 р. про реформування залізничної галузі та Стратегію розвитку залізничного транспорту України до 2020 року, а також пов'язана з НДР, яка виконана Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна для Головного управління перевезень Укрзалізниці «Розробка технології взаємодії станцій, перевальних пунктів з морськими, річковими портами», по якій автор є виконавцем та співавтором звіту.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності організації руху поїздів на залізничних напрямках з паралельними ходами. Для досягнення зазначеної мети в дисертації поставлено і вирішено наступні задачі:

- аналіз існуючих методів організації поїздопотоків на транспортній інфраструктурі з паралельними ходами;
- дослідження існуючих параметрів поїздопотоків та пропускної спроможності залізничних напрямків з паралельними ходами, визначення взаємозв'язку між ними;
- розробка математичної моделі роботи залізничного напрямку з паралельними ходами і дослідження впливу параметрів поїздопотоків на показники його

функціонування;

- розробка методики, критерію та процедури оцінки ефективності оперативного рішення щодо пропуску розподілених вантажних поїздів по залізничних напрямках з паралельними ходами в умовах диференційованих тарифів на електроенергію та швидкісного руху пасажирських поїздів.

Об’єкт дослідження – процес пропуску вантажного поїздопотoku на залізничних напрямках з паралельними ходами.

Предмет дослідження – параметри вантажного поїздопотoku на залізничних напрямках з паралельними ходами.

Методи дослідження. Математична статистика та кореляційний аналіз для дослідження параметрів вагонопотoku та поїздопотoku залізничного напрямку, тягові розрахунки для дослідження руху поїздів по паралельних напрямках; теорія ймовірності, математична статистика, регресійний аналіз для ідентифікації моделі роботи залізничного напрямку; теорія графів і лінійне програмування при моделюванні роботи залізничного напрямку з паралельними ходами; техніко-економічний аналіз для визначення умов ефективного розподілу поїздопотoku між паралельними ходами.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в вирішенні наступних задач:

- вперше сформульовано і вирішено оптимізаційну задачу щодо організації поїздопотoku на залізничних напрямках з паралельними ходами в умовах диференційованих тарифів на електроенергію, що дозволяє скоротити експлуатаційні витрати залізниці на просування вантажних поїздів;

- удосконалено методику оцінки витрат на просування вантажних поїздів при розподілі руху по паралельним ходам в період денного руху прискорених пасажирських поїздів на основі вирішення задачі лінійного програмування;

- удосконалено економіко-математичну модель залізничного напрямку з паралельними ходами, що дозволяє визначити обґрунтовані раціональні розміри руху вантажних поїздів між ділянками напрямків;

- удосконалено методику розрахунку пропускної спроможності залізничних ділянок, яка на відміну від існуючих дозволяє враховувати наявність швидкісного руху пасажирських поїздів в денний час доби.

Практичне значення отриманих результатів. Наукові положення, висновки та рекомендації, отримані в дисертаційній роботі, а також розроблені процедури і методи можуть бути використані при створенні автоматизованих систем підтримки прийняття рішень для оперативного розподілення поїздопотoku між паралельними ходами в умовах швидкісного руху пасажирських поїздів та диференційованих тарифів на електроенергію, при розробці АРМ диспетчерського персоналу оперативно-розпорядчих відділів дирекцій та залізниць.

Отримані результати використані:

- для удосконалення автоматизованого робочого місця поїзного диспетчера на Одеській та Придніпровській залізницях;

- при розподілі поїздопотoku між паралельними ходами на основних напрямках залізниць України;

– в навчальному процесі при підготовці спеціалістів та магістрів спеціальності 7(8).07010102 «Організація перевезень та управління на залізничному транспорті» і підвищенні кваліфікації слухачів інституту післядипломної освіти ДНУЗТу.

Особистий внесок здобувача. Всі результати теоретичних і експериментальних досліджень, наведені в роботі, отримані автором самостійно.

Статті [1, 6] опублікована одноосібно. У роботах, опублікованих в співавторстві, особистий внесок автора полягає в наступному. У статті [2] удосконалена технологія перевезення вантажів між підприємствами гірничо-металургійного комплексу із використанням жорсткого графіку руху поїздів. У статті [3] виконано аналіз залізничної інфраструктури з паралельними ходами напрямку Знам'янка – Одеса. У статті [4] розроблено математичну модель роботи залізничного напрямку Знам'янка – Одеса та виконано дослідження з визначення ефективності застосування оперативного розподілу поїздопотоків між паралельними ходами. У статті [5] запропоновано вирішення задачі розрахунку коефіцієнтів зйому вантажних поїздів в умовах швидкісного руху пасажирських поїздів та визначені емпіричні формули їх залежності.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені на 68 та 69-й Всеукраїнській студентській науково-технічних конференціях «Науково-технічний прогрес на залізничному транспорті» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2008, 2009 рр.); 1-й та 2-й Міжнародній науково-практичній конференції «Інтеграція України в міжнародну транспортну систему» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2009, 2010 рр.); 70-й, 71-й та 72-й Міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2010-2012 рр.), Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи взаємодії залізниць та промислових підприємств» (Моршин, 2012 р.) та на наукових семінарах кафедри «Станції і вузли» ДНУЗТ 2010-2012 рр. У повному обсязі дисертація доповідалась і була схвалена у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна на міжкафедральному науковому семінарі (2012 р.).

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 7 наукових статей у фахових виданнях, затверджених Атестаційною комісією міністерства освіти і науки України, та 6 тез доповідей на наукових конференціях.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків і 6 додатків. Повний обсяг роботи складає 225 сторінок; з них основний текст на 155 сторінках, 43 рисунка та 13 таблиць, список використаних джерел зі 132 найменувань на 13 сторінках, додатки на 45 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність проблеми, сформульовані мета і задачі досліджень, відображені наукова новизна, практичне значення одержаних результатів та особистий внесок автора, наведено відомості про апробацію та публікацію результатів досліджень.

В першому розділі виконано аналіз сучасних напрямків підвищення удосконалення ефективності організації руху поїздів на залізничних напрямках з паралельними ходами.

Значний внесок у вирішення теоретичних та практичних проблем підвищення удосконалення ефективності організації руху поїздів на залізничних напрямках зробили такі вчені як В.М. Акулінічев, Є.А. Сотніков, І. Б. Сотніков, Л.П.Тулупов, А.К. Угрюмов, М.В. Правдін, Ю.О. Муха, В.К. Буянова, Л.Г. Бегам, І.І. Васильєв, Б.М. Максимович, В.Є. Козлов, Б.С. Козін, І.Т. Козлов, І. Г. Тіхоміров, О.Д. Каретніков, О.І. Карновський, В.М. Вдовіченко, Г.І. Черномордік, О.В. Горінов, Є.Д. Фельдман, Р.З. Нурмухамедов, Б.Є. Пейсахзон, А.М. Макарович, Ю.В. Д'яков, В.І. Зеленков, А.В. Горінов, В.Н. Лівшиць, С.В. Дувальян, А.А. Аветікян, О.В. Кутиркін, А.Ф. Бородін, А.Є. Александров, А.П. Батурін, І.М. Шапкін, М.І. Данько, Т.В. Бутько, Д.В. Ломотько, Д.Ю. Левін, Є.В. Нагорний, Д.М. Козаченко, В.І. Бобровський, Р.В. Вернигора, М.Х. Расулов, А.С. Савенко, В.В. Габа, П.О. Яновський, Г.Я. Мозолевич, Ю.В. Чібісов, О.О. Мазуренко та інші.

Проведений аналіз наукових робіт по проблемі підвищення ефективності організації руху поїздів на залізничних напрямках з паралельними ходами показав, що в сучасних умовах при впровадженні диференційованого по періодам доби ринку електроенергії та введенню в дію швидкісного руху пасажирських в денний час доби практично відсутній комплексний підхід до розв'язання задачі ефективного розподілу вантажних поїздопотоків по паралельним ходам.

В існуючих наукових роботах вплив параметрів поїздопотоків розглядається в аспектах експлуатаційної роботи станцій та дільниць, а в умовах реструктуризації Укрзалізниці та передачі рухомого складу приватним операторським компаніям, необхідне більш ефективне використання інфраструктури залізниць, особливо паралельних ходів, для скорочення строків доставки вантажів від станції відправлення до пункту призначення.

Для розв'язання вказаної задачі необхідна побудова адекватних математичних моделей технологічних процесів роботи залізничних напрямків з паралельними ходами і розробка методики техніко-експлуатаційної та техніко-економічної оцінки того чи іншого варіанту організації просування поїздопотоків по паралельним ходам з врахуванням швидкісного руху пасажирських поїздів та диференційованих тарифів на електроенергію.

У другому розділі на основі системного аналізу були сформульовані мета та задачі дослідження і обрано методи їх вирішення.

Залізничний напрямок з паралельними ходами представляє собою складну, динамічну систему, зв'язану між собою інфраструктурною постійною складовою, яка представляється у вигляді графу з R вузлів і N орієнтованих дуг, по яких виконуються перевезення P видів невзаємозамінних поїздопотоків, та змінною складовою, до якої відносяться розміри руху вантажних поїздів між паралельними ходами по одноколійних ділянках з двохколійними вставками, що істотно впливає на кількість обгонів та схрещень поїздів між собою, та коефіцієнту завантаження ходів, що оказує значний вплив на використання пропускнуої спроможності напрямків.

Передбачається, що всі необхідні дані про перевезення на залізничному напрямку з паралельними ходами повністю відомі, а техніко-експлуатаційні характеристики його елементів є незмінними в часі. Задача відшукування найвигідніших

схем прямування поїздопотоків між паралельних ходах при їх незмінній інфраструктурі розглядаються в статичній постановці.

Залізнична інфраструктура з паралельними ходами характеризується: кількістю технічних станцій на напрямках, кількістю головних колій на перегонах, системою зв'язку та довжиною блок-ділянок між станціями, типом тяги, повздовжнім профілем, наявність інженерних споруд, тощо. До змінної складової залізничної інфраструктури відносяться: розміри руху пасажирських та вантажних поїздів, їх швидкість та маса, існуюча пропускна спроможність та завантаженість напрямків.

Сучасні умови функціонування залізничного транспорту України характеризуються постійною зміною структури та обсягу поїздопотоків при наявності резервів пропускної спроможності залізничних напрямків з паралельними ходами. Між елементами системи мають місце фізичні та інформаційні зв'язки. Стан системи характеризується положенням та станом її окремих елементів у просторі та часі. Входом та виходом системи «залізничний напрямок» постає пасажирський та вантажний поїздотік, який пропускається по паралельним ходам напрямку. Поведінка цієї системи обумовлюється в основному впливом системи управління та значно залежить від обсягів та параметрів вхідного поїздопотоків.

У зв'язку з цим, об'єктом дослідження є процес пропуску вантажного поїздопотоків на залізничних напрямках з паралельними ходами, а предметом дослідження виступають кількісні параметри системи пропуску вантажного поїздопотоків між паралельними напрямками.

Для проведення дослідження та підвищення ефективності організації руху поїздів на залізничних напрямках з паралельними ходами за рахунок ефективного розподілу розмірів поїздопотоків в дисертаційній роботі використано системний підхід. Тому при побудові моделі транспортної системи «залізничний напрямок з паралельними ходами» виконано її декомпозицію: модель залізничного напрямку поділяється на моделі основного та паралельного ходів.

Зміна розмірів поїздопотоків, його параметрів, технології пропуску між паралельним ходам впливає на завантаження залізничних об'єктів, що, відповідно, впливає на загальні експлуатаційні витрати залізниць. Задачею дослідження є побудова адекватної економіко-математичної моделі роботи залізничного напрямку з паралельними ходами та ефективний розподіл поїздопотоків між ними з метою зменшення загальних витрат залізниці по пропуску вантажних поїздів між паралельними ходами.

Вартість перевезення по паралельним елементам транспортної інфраструктури характеризується наступними лінійними залежностями: зупинками вантажних поїздів для схрещень та обгонів на одноколійних перегонах з двоколійними вставками, кількість яких пропорційні поїздопотоків та витратами, пов'язаними з нерівнозначністю вартості перевезень в навантаженому і порожньому напрямках.

Для вирішення поставленої задачі використано лінійну модель і методи лінійного програмування. Проаналізовані методи рішення не вимагають обов'язкового введення штучних обмежень і допускають включення в розрахунок функцій витрат на перевезення в тому вигляді, який передбачається реальним економічним процесом. При цьому пропускну спроможність елементів залізничної інфраструк-

тури можна рахувати необмеженою, тому що, вибравши відповідний характер зростання функцій експлуатаційних витрат по перевезенню вантажів введено обмеження, яке дає неможливим зробити завантаження елемента вище заданого рівня.

В дисертаційній роботі нелінійні функції експлуатаційних витрат на перевезення, які постійно монотонно зростають зі збільшенням обсягів перевезення вантажного поїздопоток, роздроблюємо на лінійні елементи, що дозволяє перейти до лінійних функцій експлуатаційних витрат на перевезення. Використання цих методів як обов'язкову передумову вимагає, щоб питома вартість перевезень на ланці мережі була постійною і не залежала від розмірів поїздопоток.

Рациональні параметри розподілу поїздопоток між паралельними ходами в умовах диференційованого по періодам доби ринку електроенергії та швидкісному руху пасажирських поїздів в дисертаційній роботі визначено з використанням економіко-математичного моделювання. В результаті аналізу умов та конструкції основних напрямків залізничних перевезень з паралельними ходами для дослідження було обрано характерний залізничний напрямок Знам'янка - Одеса, що відрізняється різною інфраструктурою та розмірами руху пасажирських та вантажних поїздів між паралельними ходами який наведено на рисунку 1:

- основний напрямок - Знам'янка – Помічна – Колосівка – Одеса;
- паралельний напрямок - Знам'янка – Помічна – Котовськ – Одеса

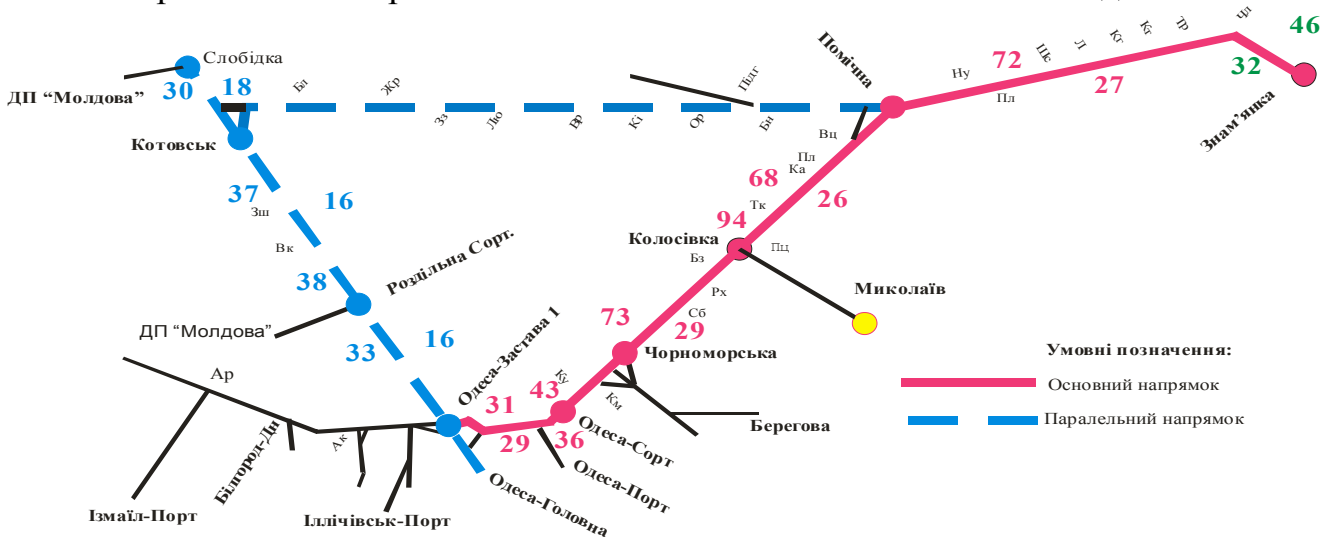


Рисунок 1 – Схема залізничного напрямку Знам'янка – Одеса з паралельними ходами

Інфраструктура залізничного напрямку Знам'янка – Одеса дозволяє організувати сумісний рух поїздів по ділянці Знам'янка – Помічна з подальшим розділенням на два паралельних напрямки: Помічна – Колосівка – Одеса та Помічна – Котовськ – Роздільна – Одеса.

Рациональний розподіл поїздопоток на залізничній інфраструктурі з паралельними ходами в теперішній час здійснюється експертним шляхом на основі даних про раніше виконані обсяги перевезень без застосування техніко-економічного обґрунтування. В умовах впровадження на залізницях денного прискореного руху пасажирських поїздів зменшується наявна пропускна спроможність залізничних напрямків, що вимагає необхідності використовувати основний рух вантажних поїздів в нічний час доби. На залізницях України для швидкісного пасажирського і

вантажного руху спільно використовується єдина інфраструктура. Для часткового розділення рухів на Укрзалізниці можливо лише роздільна експлуатація, яка може бути досягнута на залізничних напрямках з паралельними ходами.

Поставленою задачею дослідження є: розподіл поїздопотоків між паралельними ходами таким чином, щоб вантажні перевезення були здійснені з мінімальними для залізниці експлуатаційними витратами в умовах швидкісного руху пасажирських поїздів та диференційованих по періодах доби тарифів на електроенергію, яка споживається на тягу поїздів.

При економіко-математичному моделюванні функція експлуатаційних витрат залежить від розмірів постійного нерозподілювального поїздопотоків на кожному з паралельних ходів та розмірів змінного розподілювального поїздопотоків між паралельними ходами. В якості параметрів функції на кожній ітерації прийняті відповідні коефіцієнти, які залежать від розмірів розподілювального поїздопотоків між паралельними ходами. При цьому кожному з паралельних ходів поставлена у відповідність функція витрат $\varphi(x_1)$ - для основного напрямку перевезень та $\psi(x_2)$ - для паралельного напрямку, де x_1 - розміри руху розподілювальних вантажних поїздів по основному напрямку перевезень, а x_2 - розміри руху розподілювальних вантажних поїздів по паралельному напрямку перевезень.

Для вирішення поставленої задачі оптимального розподілу поїздопотоків X на напрямку з паралельними ходами необхідно, щоб:

$$F(X) = \varphi(x_1) + \psi(x_2) \rightarrow \min \quad (1)$$

при обмеженнях:

$$\begin{aligned} x &= x_1 + x_2, \\ x_1 &\geq 0, \\ x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

Витрати на одноколіїній ділянці з двоохколійними вставкам записуватимемо у вигляді двох доданків

$$F(\Gamma_1, \Gamma_2) = F_1(\Gamma_1, \Gamma_2) + \square F_{\text{рух}}(N_{\text{ван}}) \rightarrow \min \quad (2)$$

де Γ_1, Γ_2 - вантажопотік відповідно у прямому та зворотному напрямку;

$N_{\text{ван}} = \max(N_1, N_2)$ - розміри руху поїздів по навантаженому напрямку;

N_1, N_2 - кількість вантажних поїздів кожного напрямку.

Витрати $F_1(\Gamma_1, \Gamma_2)$ представляються у вигляді:

$$F_1(\Gamma_1, \Gamma_2) = \sum_{i=1}^{i=7} C_i, \quad (3)$$

де C_1, C_2 - витрати на механічну роботу по просуванню поїздопотоків в прямому і зворотному напрямках відповідно;

C_3 - витрати на механічну роботу по просуванню порожнього поїздопотоків;

C_4 - витрати, пропорційні часу перевезення;

C_5 - витрати, пропорційні довжині пробігу;

C_6 - витрати, пропорційні об'єму вантажу, що перевозиться;

C_7 - витрати, пов'язані з додатковим простоєм поїздопотоків при зміні локомотивів і локомотивних бригад, пов'язаних з обертотом чи переломах маси поїздів.

Складова $\square F_{\text{рух}}(N_{\text{ван}})$ – це додаткові витрати, пов’язані з наданням “вікон” або простоями поїздів при неможливості організації безупинного схрещення по однокільйних ділянках з двохколійними вставками. Цей доданок істотно відрізняється від нуля і монотонно нелінійно зростає лише при розмірах руху, близьких до пропускної здатності ділянки.

Як показав аналіз, за останні десять років розміри руху непарного вантажного поїздопотоків на напрямку Знам’янка – Одеса зросли на 176 %. Дослідження пропуску вагонопотоку на цьому напрямку встановили нерівномірним співвідношенням пробігу порожніх вагонів до загального вантажного руху. В непарному напрямку завантажені вагони складають 95 % проти 5 % порожніх, в парному напрямку перевезення порожніх вагонів складає – 92 % проти 8 % завантажених вагонів.

Проведеними дослідженнями маси поїздів на залізничному напрямку встановлено, що вона є випадковою величиною із нормальним законом розподілення, а кількість вагонів у складі поїздів має зміщений закон Ерланга і тісно пов’язана із масою поїздів. Коефіцієнт кореляції між масою та довжиною поїздів на різних ділянках коливається від 0,64 до 0,81 для навантаженого напрямку.

За даними тягових розрахунків у дисертаційній роботі проведено аналіз витрат електроенергії на перевезення 1 тону вантажу по основному та паралельному напрямкам перевезень. Такий аналіз є необхідним для визначення експлуатаційних витрат залізниці на перевезення, що є актуальним за умови постійного зростання вартості електроенергії, яка використовується на тягу поїздів. Діаграму витрат по перевезенню 1 тону маси поїздів по основному та паралельному напрямках залізничних перевезень наведено на рисунку 2.

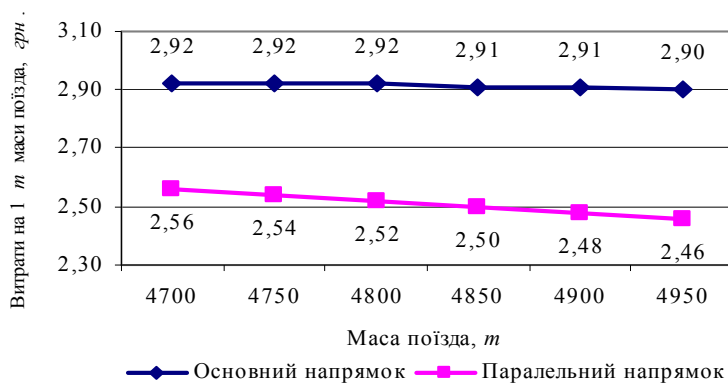


Рисунок 2 – Діаграма витрат по перевезенню 1 тону маси поїзда по основному та паралельному напрямках

Результатами проведених досліджень довели, що при збільшенні маси поїздів витрати на перевезення 1 тону вантажу зменшуються. При масі поїзда, яка дорівнює математичному очікуванню 4814 т, витрати на перевезення 1 тону вантажу по основному напрямку складають 2,92 грн., а по паралельному – 2,52 грн.

У третьому розділі розроблено економіко-математичну модель роботи залізничного напрямку з паралельними ходами, в якій приймаються безпосередньо відомими:

- початкові і кінцеві станції відправлення поїздопотоків даного полігону (Знам’янка, Одеса);
- розміри вантажного і пасажирського поїздопотоків при відправленні з початкових станцій і прибуттю на кінцеві станції даного полігону (Одеса, Знам’янка);
- існуюча транспортна інфраструктура залізничного напрямку з паралельними

ходами;

- техніко-економічні параметри інфраструктури напрямку, що становлять вузли (Знам'янка, Помічна, Колосівка, Одеса, Котовськ, Роздільна) і ланки мережі (перегони напрямку): технічне оснащення, залежності витрат на перевезення і переробку поїздопотоків від їх розмірів і структури;

- інтенсивність завантаження елементів мережі нерозподільювальним поїздом, який не можна передавати між паралельними ходами.

Економіко-математична модель залізничного напрямку з паралельними ходами має обмеження по пропускній спроможності одноколіїх ділянок з двоколіїними вставками. При вирішенні поставленої задачі залізничний напрямок представлено у вигляді розширеної мережі, яка включає як дійсні ланки, по яких безпосередньо здійснюються перевезення, так і додаткові ланки – відповідні функції витрат на перевезення поїздопотоків. Врахувати цю специфіку можливо двома: або скласти функції витрат так, щоб зробити надмірно великою вартість перевезення розподільювального поїздопотоків, або вказати в самій схемі транспортної інфраструктури, по яких ланках не допускається перевезення такого поїздопотоків. В економіко-математичній моделі роботи залізничного напрямку з паралельними ходами в схемі транспортної інфраструктури у вигляді обмежень вказано, по яких ланках мережі не допускається перевезення розподільювального поїздопотоків.

У якості нерозподільювального поїздопотоків на даній мережі прийнято: Знам'янка – Берегова через Котовськ, Знам'янка – Миколаїв, Знам'янка – Херсон.

Для вирішення поставленої задачі розподілу поїздопотоків між паралельними ходами застосовано методи лінійного програмування. За початковий допустимий план приймається існуюча система організації поїздопотоків.

Необхідність направлення поїздопотоків по найдешевшому (у розумінні диференціальної вартості) напрямку використовується на другому етапі, коли потрібно перейти від одного допустимого плану до іншого, більш кращого. Якщо на деякій i – й ітерації отримано допустимий, але неоптимальний план, то це означає, що деякий поїздотік пішов не ефективним маршрутом. Тому необхідно зняти деяку частину всього поїздопотоків і направити його по більш вигідному маршруту.

Експлуатаційні витрати по перевезенню вантажів на напрямку можна розбити на дві складові: постійні і незалежні від обсягів перевезень (витрати по обслуговуванню постійних пристроїв інфраструктури); залежні - безпосередньо визначаються інтенсивністю завантаження елементів мережі вантажним і пасажирським поїздом. При моделюванні роботи паралельних напрямків в дисертаційній роботі були враховані наступні вимірники: часові (вагоно-години, локомотиво-години поїзної роботи, бригадо-години локомотивних бригад); пробіжні (вагоно-, поїздо- та локомотиво-кілометри, тонно-кілометри бруто вагонів та локомотивів); енергетичні (тонно-кілометри механічної роботи, кіловат-години електроенергії).

Витрати на одноколіїній ділянці з двоколіїними вставками за формулою (3) моделюються наступним чином.

Витрати на механічну роботу C_1 , C_2 по просуванню поїздопотоків в прямому і зворотному напрямках відповідно визначаються за формулою

$$C_k = 0,365LN_k \left[P(\omega'_0 + i_k^e) + Q_k(\omega''_k + i_k^e) \right] C_{\text{ТКМ}}, \quad (4)$$

де $k=1$ – в прямому і $k=2$ – у зворотному напрямі;

L – довжина ланки, км.;

Q_k – маса навантаженого поїзда брутто, т;

P – маса локомотиву, т;

N_k – кількість вантажних поїздів даного напрямку;

ω_0' – питомий опір руху локомотиву, H/m ;

ω_k'' – питомий опір руху навантаженого вагону, H/m ;

i_k^e – еквівалентний ухил, ‰;

$C_{\text{ткм}}$ – витрати на 1 т-км роботи локомотиву по подоланню основного опору.

Витрати на механічну роботу по перевезенню порожнього вагонопотоку визначаються аналогічно:

$$C_3 = 0,365LC_{\text{ткм}} \left[P(\omega_0' + i_k^e) + Q_{\text{п}}(\omega_{\text{п}}'' + i_k^e) \right] |N_1 - N_2|, \quad (5)$$

де $Q_{\text{п}}$ – маса порожнього поїзда, т;

$\omega_{\text{п}}''$ – питомий опір руху порожнього вагону, при $q_k = q_{\text{п}}$, H/m ;

i_k^e – дорівнює i_1^e , якщо порожні вагонопотоки рухаються в прямому напрямку, і i_2^e , якщо в зворотному.

Витрати, пов'язані з вартістю локомотиво-годин та поїздо-годин, складуть

$$C_4 = \frac{365L}{v_x} \left[2e_{\text{л-год}} \max(N_1 + N_2) + e_{\text{віс-год}} \left(\frac{Q_1}{q_1} N_1 + \frac{Q_2}{q_2} N_2 + \frac{Q_{\text{п}}}{q_{\text{п}}} |N_1 - N_2| \right) \right], \quad (6)$$

де $e_{\text{л-год}}$ – вартість локомотиво-години;

$e_{\text{п-год}}$ – вартість поїздо-години.

Витрати, пропорційні довжині пробігу поїздів, визначаються як

$$C_5 = 365L \left[2e_{\text{лок-км}} \max(N_1, N_2) + e_{\text{ваг-км}} \left(\frac{Q_1}{q_1} N_1 + \frac{Q_2}{q_2} N_2 + \frac{Q_{\text{п}}}{q_{\text{п}}} |N_1 - N_2| \right) \right], \quad (7)$$

де $e_{\text{лок-км}}$, $e_{\text{ваг-км}}$ – витрати, віднесені відповідно на локомотиво-кілометри та вагоно-кілометри, грн.

Витрати, пропорційні об'єму перевезень, визначаються

$$C_6 = [G_1 + G_2 + 730 \cdot Q_{\text{п}} \max(N_1, N_2)] e_{\text{т-км бр}} \cdot L, \quad (8)$$

де $e_{\text{т-км бр}}$ – питомі витрати, пропорційні тонно-кілометровій роботі брутто.

Економіко-математична модель (4-8) дозволяє визначити найбільш раціональний варіант розподілу поїздопотоків: N_1 та N_2 і період пропуску t , при яких загальні експлуатаційні витрати, пов'язані із пропуском поїздопотоків по паралельних залізничних напрямках будуть мінімальними.

У **четвертому розділі** виконане дослідження параметрів пропуску вантажопотоків по залізничному напрямку з паралельними ходами Знам'янка – Одеса з метою підвищення ефективності організації руху поїздів в умовах запровадження швидкісного руху пасажирських поїздів.

Практично на всіх залізничних лініях обертаються поїзди різних категорій, а саме: пасажирські з різними швидкостями руху, приміські, прискорені вантажні і

вантажні. Різниця швидкостей руху пасажирських та вантажних поїздів впливають на пропускну спроможність залізничних напрямків, що приводить до використання непаралельного графіка руху поїздів та зменшення пропускну спроможності. Залізничний напрямок Знам'янка – Одеса характеризується різними розмірами пасажирського руху по основному та паралельному ходам. По основному напрямку в обертанні знаходяться 18 пар пасажирських поїздів, а по паралельному напрямку – 2 пари пасажирських поїздів. Розміри пасажирського руху приймаються як задані та постійні. Отже, розрахунок пропускну спроможності паралельних залізничних напрямків зводиться до визначення максимальної кількості вантажних поїздів, які можуть бути пропущені по напрямках при заданій кількості пасажирських поїздів.

Методики розрахунку коефіцієнтів зйому вантажних поїздів пасажирськими при звичайних швидкостях руху (до 120 км/год) відомі, але при застосуванні прискореного (120 - 160 км/год) та швидкісного (160 - 200 км/год) руху не можуть використовуватися із-за вимог, пов'язаних з безпеки руху пасажирських поїздів та підлягають уточненню.

В дисертаційній роботі проведено дослідження зміни коефіцієнту зйому вантажних поїздів пасажирськими при різних швидкостях руху пасажирських поїздів та довжині блок-ділянок і станційних інтервалів по прибуттю та відправленню. На рисунку 3 наведено загальну діаграму залежності коефіцієнту зйому вантажних поїздів пасажирськими при постійній швидкості вантажних поїздів та змінній швидкості пасажирських поїздів з 90 до 200 км/год.

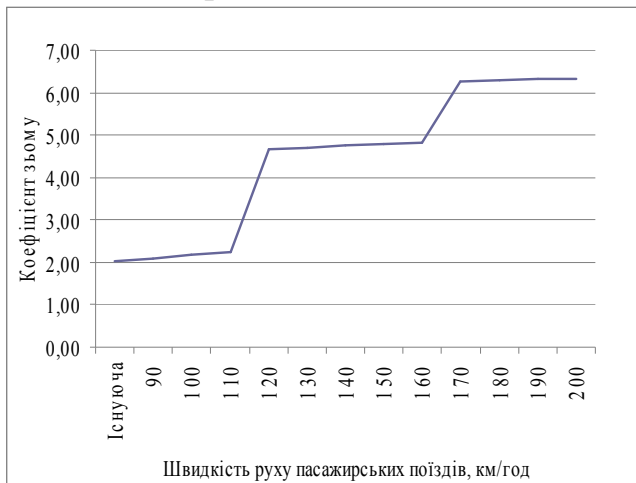


Рисунок 3 – Діаграма залежності коефіцієнтів зйому вантажних поїздів при постійній їх швидкості руху 60 км/год та змінній для пасажирських поїздів.

Проведені дослідження параметрів коефіцієнту зйому вантажних поїздів довели, що при непакетному проложенні пасажирських поїздів його чисельна характеристика залежить від співвідношення швидкості руху вантажного і пасажирського поїзда та станційних інтервалів при обгонах та схрещеннях на станціях.

Різне збільшення значень коефіцієнтів зйому вантажних поїздів при швидкості 110 - 120 та 160 – 170 км/год викликане збільшенням станційних інтервалів перед проходженням пасажирським поїздом станції з обгоном.

Проведеними дослідженнями з використанням регресійного аналізу встановлено, що коефіцієнт зйому вантажних поїздів пасажирськими для швидкості до 120 км/год (при $V_{\text{ван}} = 60 \text{ км/год.}$) можливо розраховувати за формулою

$$\varepsilon_{\text{пас}} = 0,3591 \cdot \ln(V_{\text{пас}}) + l_{\text{б/д}} + \varepsilon_{\text{дод}} \quad (9)$$

де $l_{\text{б/д}}$ – довжина блок-ділянки, км;

$V_{\text{пас}}$ – швидкість руху пасажирського поїзда, км/год,

$\varepsilon_{\text{дод}}$ – додатковий коефіцієнт зйому, $\varepsilon_{\text{дод}} = 0,6$.

При прискореному русі пасажирських поїздів (120 до 160 км/год) та швидкості руху вантажних поїздів 60 км/год і довжині блок-ділянок від 1,0 до 2,5 км коефіцієнт зйому має коливання від 4,5 до 6,1. Проведеними дослідженнями з використанням регресійного аналізу встановлено, що коефіцієнт зйому вантажних поїздів пасажирськими для прискореного руху пасажирських поїздів (120 до 160 км/год) можливо розраховувати за формулою

$$\varepsilon_{\text{пас}} = 0,045 \cdot V_{\text{пас}} + l_{\text{б/д}} + \varepsilon_{\text{дод}}, \quad (10)$$

де $\varepsilon_{\text{дод}}$ – додатковий коефіцієнт зйому, $\varepsilon_{\text{дод}} = 3,4$.

При швидкісному русі пасажирських поїздів (170 до 200 км/год) і швидкістю руху вантажних поїздів 60 км/год та довжині блок-ділянок від 1,0 до 2,5 км коефіцієнт зйому має коливання від 6,15 до 7,65. Проведеними дослідженнями з використанням регресійного аналізу встановлено, що коефіцієнт зйому вантажних поїздів пасажирськими для швидкісного руху можливо розраховувати за формулою

$$\varepsilon_{\text{пас}} = 0,024 \cdot V_{\text{пас}} + l_{\text{б/д}} + \varepsilon_{\text{дод}}, \quad (11)$$

де $\varepsilon_{\text{дод}}$ – додатковий коефіцієнт зйому, $\varepsilon_{\text{дод}} = 5,2$.

Наведені формули розрахунку коефіцієнтів зйому вантажних поїздів пасажирськими використані в дисертаційній роботі при розрахунках пропускнуї спроможності залізничних напрямків з паралельними ходами Знам'янка - Одеса.

Необхідно відмітити, що апроксимація коефіцієнту зйому при швидкостях вантажного поїзда 60 км/год та пасажирського поїзда від 60 до 120 км/год розраховується за логарифмічним законом розподілення, а при прискореному та швидкісному русі пасажирських поїздів – за лінійною формулою.

В дисертаційній роботі проведено дослідження перегінного часу ходу вантажних поїздів по ділянках напрямку. Встановлено, що фактичний час руху поїздів суттєво відрізняється від технологічного (графітового) часу. В реальних умовах фактична дільнична швидкість руху вантажних поїздів може змінюватися як в більшу, так і в меншу сторони по відношенню до показників, що закладені в нормативний графік руху поїздів на напрямку. Відповідно проведеному дослідженню математичне очікування відхилення величини $V_{\text{діл}}^{\text{факт}}$ від нормативу складає 3,96 км/год при середньоквадратичному відхиленні – 9,16 км/год.

Проведеними в дисертаційній роботі дослідженнями встановлено, що основними причинами коливання фактичного значення дільничної швидкості руху вантажних поїздів є їх відправлення на ділянку не за графіком руху та невиконання перегінного часу ходу. На дослідженому напрямку Помічна – Колосівка математичне очікування відхилення випадкової величини $M[t_{\text{ход}}^{\text{факт}}]$ від нормативного значення складає 1,43 хв., середньоквадратичне відхилення – $\sigma[t_{\text{ход}}^{\text{факт}}]$ 1,78 хв. Поступове накопичення часу слідування вантажних поїздів по міжстанційним перегонам ділянки Помічна – Колосівка наведено на рисунку 4.

В непарному напрямку математичне очікування фактичного часу ходу вантажних поїздів в порівнянні з графіковим на напрямку Помічна – Колосівка складає 17,4 хв., в парному напрямку – 16,7 хв.

Спізнення вантажних поїздів по відношенню до графіку викликано наявністю

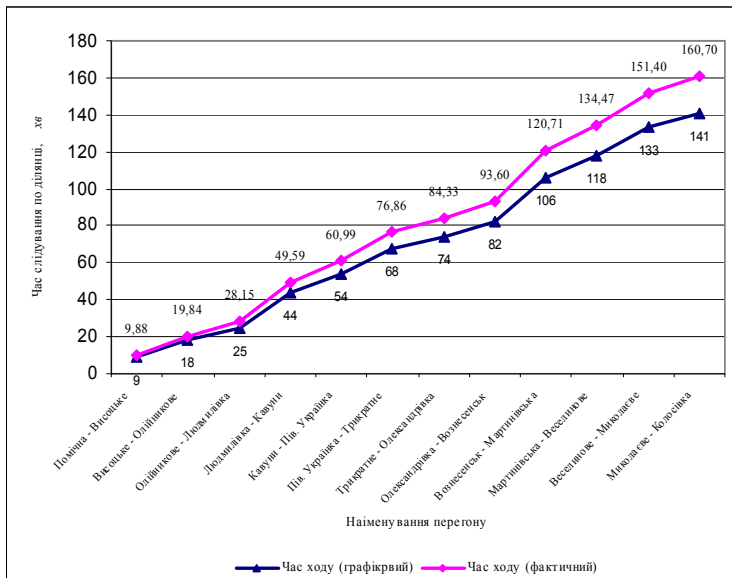


Рисунок 4 – Поступове накопичення часу слідування вантажних поїздів по міжстанційних перегонах ділянки Помічна – Колосівка

штучних споруд (чотири мостових переходи), по яких існує обмеження швидкості руху вантажних поїздів до 40 км/год. Коливання термінів фактичного часу руху по відношенню до графікового на напрямку Помічна - Колосівка має коливання до 12 % по відношенню до математичного очікування.

В дисертаційній роботі проведені дослідження пропускної спроможності залізничного напрямку, які використані для встановлення обмежень розмірів руху по ділянках при моделюван-

ні роботи та розподіленні поїзної роботи між основним і паралельним напрямками.

Наявна пропускна спроможність для вантажного руху по основному напрямку Знам'янка – Одеса складає 39,8 пар поїздів на добу. Потрібна пропускна спроможність для вантажного руху основного ходу складає в парному напрямку 38 пар поїздів на добу, тобто коефіцієнт завантаження ділянки вантажним рухом основного напрямку складає 96 %. Наявна пропускна спроможність паралельного напрямку Помічна – Котовськ задовольняє існуючим розмірам руху вантажних поїздів і має завантаження 26 %. Таким чином, на залізничному напрямку з паралельними ходами є можливість перенести частину розподільного поїздопотіку з основного на паралельний напрямок перевезень, що дасть змогу зменшити завантаження основного напрямку, що в свою чергу дозволить скоротити кількість схрещень вантажних поїздів між собою та обгонів пасажирськими поїздами. Кількість розподільного поїздопотіку визначено в п'ятому розділі за допомогою економіко-математичного моделювання.

У п'ятому розділі вирішена задача оптимізації технології пропуску поїздопотіку між паралельними ходами залізничного напрямку.

При вирішенні поставленої задачі з використанням пакету MATLAB 6.5 в дисертаційній роботі виконано економіко-математичне моделювання пропуску поїздопотіку по ланках мережі з паралельними ходами, на якій весь поїздопотік від станцій відправлення до станцій призначення пов'язаний між собою.

При моделюванні весь поїздопотік напрямку був розділений на нерозподільний поїздопотік – який залишаються незмінними для усіх варіантів оперативного управління та розподільний – який можливо передавати у деяких межах між паралельними ходами залізничного напрямку. В якості нерозподільного поїздопотіку (X^H) в моделі прийнято: для ділянки Помічна – Колосівка 22 поїзда призначенням в порти Херсон, Миколаїв та «Південий»; для ділянки Помічна – Котовськ 7 поїздів призначенням на залізниці Молдови. В якості розподільного

поїздопоток (X) в моделі прийнято існуючий варіант пропуску поїздів: для ділянки Помічна – Колосівка 36 поїздів та для ділянки Помічна – Котовськ 12 поїздів загальним призначенням в порти Одеса, Іллічівськ, Рені та Ізмаїл.

Метою моделювання є визначення варіанту розподілення поїздопоток X між напрямками Помічна – Колосівка – Одеса та Помічна – Котовськ – Роздільна – Одеса, що забезпечує мінімальні загальні експлуатаційні витрати на перевезення, тобто

$$B_1(\Gamma_1, \Gamma_2) = \sum_{i=1}^{i=6} C_i(X + X^H) + \square B_{\text{рух}}^{\text{од}}(N_{\text{ван}}) \rightarrow \min, \quad (12)$$

де Γ_1, Γ_2 – вантажопотік відповідно парного та непарного напрямку Знам'янка – Одеса, m ;

$C_1(X + X^H), C_2(X + X^H)$ – витрати на механічну роботу по просуванню поїздопоток в парному та непарному напрямках, $грн.$;

$C_3(X + X^H)$ – витрати на механічну роботу по перевезенню порожнього поїздопоток, $грн.$;

$C_4(X + X^H)$ – витрати, пропорційні часу перевезення поїздопоток, $грн.$;

$C_5(X + X^H)$ – витрати, пропорційні довжині пробігу поїздопоток, $грн.$;

$C_6(X + X^H)$ – витрати, пропорційні об'єму вантажу, що перевозиться поїздопотком, $грн.$;

$C_7(X)$ – додаткові витрати, пов'язані з простоем розподілювального поїздопоток на станції Одеса-Застава, $грн.$;

$C_8(X)$ – додаткові витрати, пов'язані з простоем розподілювального поїздопоток на станції Помічна, при виконанні операцій по зменшенню маси до встановленої норми, $грн.$;

$\square B_{\text{рух}}^{\text{од}}(N_{\text{ван}})$ – додаткові витрати, пов'язані з наданням вікон або простоями при неможливості організації безупинного схрещення по одноколійних ділянках з двохколійними вставками, $грн.$

Управляючими параметрами при моделюванні виступають розподілувальні поїздопотки у прямому і зворотному напрямках (відповідно N_1 та N_2) і коефіцієнти C_i .

За результатами економіко-математичного моделювання отримано графічну залежність мінімальних експлуатаційних витрат на вантажні перевезення від розмірів та напрямку слідування розподілювального поїздопоток між паралельними ходами, яку наведено на рисунку 5.

За первинний варіант розподілу вантажних поїздів між паралельними ходами прийнятий існуючий варіант, при якому розміри руху розподілювальних поїздопотоків по основному ходу складає 36 пар вантажних поїздів, по паралельному – 12 пар вантажних поїздів. Загальні витрати на перевезення складають 119,472 *млн. грн.* При вирішенні оптимізаційної задачі розподілювальний поїздопотік з основного ходу напрямку залізничних перевезень при кожній ітерації моделювання передавався на паралельний хід напрямку до тих пір, коли загальні експлуатаційні витрати на перевезення не набули мінімального значення.

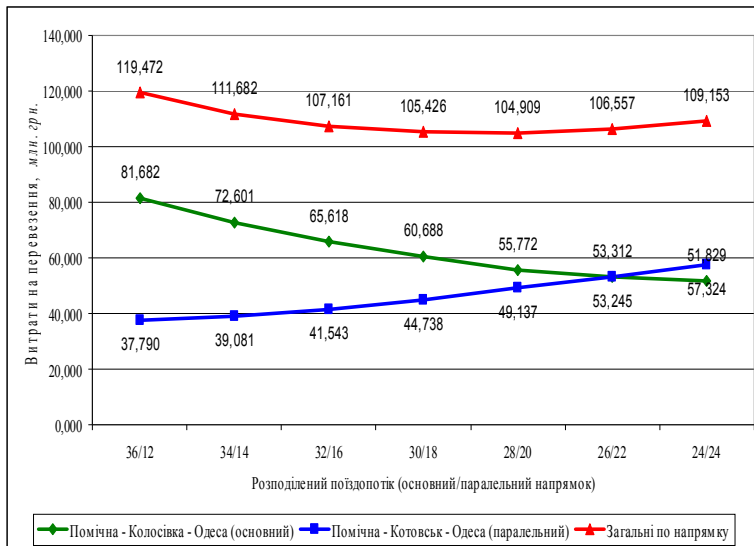


Рисунок 5 - Графік змін річних витрат на перевезення розподільного поїздопоту по кожній ітерації моделювання на напрямку з паралельними ходами Знам'янка - Одеса

Проведені в дисертаційній роботі дослідження довели, що найбільш ефективним пропуском розподільного вантажного поїздопоту між паралельними ходами напрямку Знам'янка – Одеса є направлення 22 пар поїздів по основному напрямку та передачі 8 пар вантажних поїздів на паралельний хід.

При цьому загальні витрати на перевезення складають 104,909 млн. грн. Річна економічна ефективність перерозподілу поїздопоту між паралельними ходами напрямку Знам'янка - Одеса складає 14,563 млн. грн.

(8,9 %). При перерозподілу поїздопоту завантаження основного напрямку перевезень зменшується з 96 % до 77 %, а завантаження паралельного напрямку зростає з 26 % до 53 %.

У дисертаційній роботі було виконано моделювання варіантних графіків руху поїздів по однокільних ділянках з двохкільними вставками Помічна - Колосівка та Помічна – Котовськ з використанням програми КАСКАД.

Метою моделювання було визначення кількості зупинок вантажних поїздів під схрещенням та обгонами на ділянках Помічна - Колосівка та Помічна – Котовськ в умовах прискореного руху пасажирських поїздів по основному напрямку в денний час доби та розраховані показники по варіантах. У всіх варіантах моделювання графік руху пасажирських поїздів був незмінним. Рух вантажних поїздів по основному напрямку перевезень Помічна – Колосівка в період часу з 7³⁰ до 8³⁰ (у парному напрямку), 14⁰⁰ до 16⁰⁰ (в обох напрямках) та з 21³⁰ до 22³⁰ (в непарному напрямку) не виконувався.

Кількість схрещень вантажних поїздів, що приходяться на один поїзд, по основному напрямку перевезень зменшується з 2,42 у початковому варіанті до 1,81 у оптимальному варіанті, по паралельному напрямку – збільшується відповідно з 1,31 до 2,44. Кількість обгонів вантажних поїздів пасажирськими, що приходяться на один вантажний поїзд, на основному напрямку перевезень зменшується з 2,85 до 2,44. Загальна кількість зупинок вантажних поїздів в первинному варіанті складає 6,60, а в оптимальному – 6,69, що можливо вважати не змінними.

Дільнична швидкість руху вантажних поїздів в оптимальному варіанті розподілу поїздопоту між паралельними ходами збільшилась на 9,4 км/год по основному напрямку перевезень, та зменшилась на 3,8 км/год по паралельному.

Критерієм вибору варіанту розподілу поїздопоту між паралельними ходами та процедурою оцінювання є найменші експлуатаційні витрати залізниці на ванта-

жні перевезення розподільовального поїздопоток у умовах прискореного руху пасажирських поїздів та диференційованих тарифів на електроенергію за періодами доби.

Оперативне рішення щодо пропуску вантажних поїздів розподільовального поїздопоток у приймається оперативним відділом служби перевезень Укрзалізниці в залежності від попередньої інформації за призначенням поїздопоток по 3 – 6 годинним періодам бази даних АСК ВП УЗ.

Дослідженнями завантаження і режимів роботи локомотивів у різні періоди року було встановлено, що на ділянках, де систематично спостерігаються особливо несприятливі погодні умови, раніше встановлені норми маси поїздів часто не можуть бути реалізовані локомотивами без зниження надійності їх роботи, що впливає на стійкість руху поїздів на цілому напрямку.

При розрахунках оптимальних режимів руху поїздів виділяються три часові зони: нічна (з 22 до 5 годин); напівпікова (з 5 до 7, з 9 до 17, з 21 до 22 годин); пікова (з 7 до 9, з 17 до 21 годин). При цьому слід зазначити, що періоди найвищої ціни електроенергії можуть дещо змінюватися відповідно до періоду року.

Згідно до концепції Укрзалізниці щодо скороченню нічних пасажирських поїздів з заміною їх на денні експреси, денний час доби буде зайнятий пасажирськими перевезеннями, а з урахуванням коефіцієнтів зйому вантажних поїздів значний обсяг вантажних перевезень прийдеться на нічний час.

З цією метою у дисертаційній роботі виконані дослідження, які спрямовані на вирішення проблеми зменшення вартості електроенергії на тягу поїздів, спожитої в умовах застосування змінних тарифів, насамперед для умов оптового ринку електроенергії. Високий рівень кореляції між масою поїздів і енергоспоживання на тягу поїздів дає можливість побудови ефективних інформаційних систем регулювання електроспоживання. На основі результатів досліджень тягово-енергетичної лабораторії Одеської залізниці автором були встановлені залежності між обсягами перевезень, електроспоживанням на тягу поїздів та вартості електроенергії з урахуванням часових тарифних зон. При цьому розрахунки споживання електроенергії на тягу поїздів на напрямку Знам'янка – Помічна - Колосівка – Одеса, що були виконані для вантажних поїздів показали суттєві відмінності в показниках вартості ефективності.

Проведені у дисертаційній роботі розрахунки показують, що при зміні графіку руху вантажних поїздів з пікових та напівпікових зон в нічні зони можлива економічна ефективність складає до 8,909 млн. грн. на рік.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота містить отримані автором результати, які в сукупності вирішують науково-практичну задачу підвищення ефективності управління поїздопоток за рахунок економічно доцільного розподілу поїздопотоків вантажного руху на залізничних напрямках з паралельними ходами в умовах функціонування оптового ринку електроенергії та швидкісного руху пасажирських поїздів. Виконані в роботі дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

1. Виконаний аналіз наукових робіт з проблем по організації вагонопотоків і пропуску вантажних поїздів на транспортній інфраструктурі з паралельними хода-

ми показав, що в сучасних умовах практично відсутній комплексний підхід до розв'язання задачі оперативного керування поїздопотоками. В існуючих наукових роботах оперативне керування поїздопотоками не враховує характер завантаження напрямку та його транспортну інфраструктуру. Крім цього, залізничний напрямок з паралельними ходами не розглядається як єдиний технологічний комплекс, з урахуванням раціонального функціонування кожного елемента інфраструктури напрямку. Для розв'язання вказаної задачі необхідна розробка методики оперативного розподілу поїздопотоків на лініях з паралельними ходами, яка б враховувала поточний стан всього напрямку в цілому.

2. Дослідження пропускної спроможності одноколійного залізничного напрямку з двохколійними вставками Знам'янка – Одеса показали, що добове розподілення поїздопотоків між паралельними ходами неоднорідне. Завантаження основного напрямку перевезень Знам'янка – Помічна – Колосівка – Одеса складає 96 %, а завантаження паралельного напрямку Знам'янка – Помічна – Котовськ – Одеса дорівнює 26 %. Кількість схрещень вантажних поїздів, що приходяться на один поїзд, по основному напрямку перевезень складає 2,42, по паралельному напрямку – 1,31. Кількість обгонів вантажних поїздів пасажирськими, що приходяться на один вантажний поїзд, на основному напрямку перевезень складає 2,85, на паралельному напрямку – 1,14. Внаслідок цього витрати залізниці на просування поїздопотоків є неоптимальними. Виявлено, що при існуючих розмірах руху вантажних поїздів необхідно проводити перерозподіл поїздопотоків між паралельними ходами залізничного напрямку.

3. Результати досліджень енергетичних витрат залізниці суттєво різняться між паралельними ходами. Вартість перевезення однієї тони маси поїзда 4814 т по основному напрямку перевезень Знам'янка – Помічна – Колосівка – Одеса складає 2,92 грн, а по паралельному напрямку Знам'янка – Помічна – Котовськ – Одеса – 2,52 грн.

4. Дослідження впливу швидкісного руху пасажирських поїздів на пропускну та провізну спроможність залізничного напрямку показали, що при збільшенні швидкості руху пасажирських поїздів з 60 до 110 км/год та довжині блок-ділянок від 1,0 до 2,6 км коефіцієнт зйому вантажних поїздів має коливання від 1,1 до 3, при прискореному русі зі швидкістю пасажирських поїздів від 120 до 160 км/год коефіцієнт зйому має коливання від 4,5 до 6,1, при швидкісному русі зі швидкістю руху пасажирських поїздів від 170 до 200 км/год коефіцієнт зйому має коливання від 6,15 до 7,65. Коефіцієнт зйому вантажних поїздів пасажирськими значно знижує пропускну спроможність залізничного напрямку для вантажного руху, особливо при денному русі прискорених пасажирських поїздів.

5. За результатами економіко-математичного моделювання розподілу поїздопотоків між паралельними ходами на напрямку Знам'янка - Одеса, до оптимального варіанту слід віднести передачу 8 пар вантажних поїздів з основного напрямку Помічна – Колосівка – Одеса на паралельний напрямок Помічна – Котовськ – Роздільна – Одеса. Річна економічна ефективність від застосування розподілу поїздопотоків між паралельними ходами напрямку Знам'янка - Одеса склала 14,563 млн. грн. (8,9 %).

6. Згідно до концепції Укрзалізниці по скороченню нічних пасажирських поїздів з заміною їх на денні прискорені експresi, частина денного часу доби зайнята пасажирськими перевезеннями, а з урахуванням коефіцієнтів зйому, значний обсяг вантажних перевезень прийдеться на нічний час доби. Проведене моделювання варіантних графіків руху поїздів по одноколійних ділянках з двохколійними вставками Помічна - Колосівка та Помічна – Котовськ з використанням програми КАСКАД, дозволило при оптимальному варіанті розподілу поїздопотоків і обмеженні руху вантажних поїздів по основному напрямку перевезень Помічна – Колосівка в період часу з 7³⁰ до 8³⁰ (у парному напрямку), 14⁰⁰ до 16⁰⁰ (в обох напрямках) та з 21³⁰ до 22³⁰ (в непарному напрямку) збільшити дільничну швидкість руху вантажних поїздів на 9,4 км/год по основному напрямку, але при цьому, зменшилась дільничної швидкості по паралельному напрямку на 3,8 км/год по відношенню до існуючого стану. Загальна кількість зупинок вантажних поїздів при схрещеннях та обгонах на паралельних напрямках є незмінною в усіх варіантах.

7. Критерієм вибору варіанту розподілу поїздопотоків між паралельними ходами та процедурою оцінювання є найменші експлуатаційні витрати залізниці на вантажні перевезення розподільовального поїздопотоків в умовах прискореного руху пасажирських поїздів та диференційованих тарифів на електроенергію за періодами доби.

8. Дослідженнями встановлено, що в умовах оптового ринку електроенергії задачі щодо розрахунку оптимальних режимів ведення поїздів повинні вирішуватися у взаємозв'язку з задачами по оцінці ефективності застосування змінних тарифів оплати електроенергії. Як показали розрахунки, економічна ефективність від зміщення графіку руху вантажних поїздів з пікових та напівпікових в нічні зони складає 8,909 млн. грн. на рік.

9. Розроблена процедура оцінювання рішення щодо розподілу поїздопотоків між напрямками з паралельними ходами в оперативних умовах може бути застосована у АРМ ДНЦ для підтримки прийняття рішення щодо оперативного керування поїздопотоків на відповідних рівнях.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні праці:

1. Логвінова Н. О. Методика розподілення вантажних перевезень паралельними ходами на електрифікованих ділянках [Текст] / Н. О. Логвінова//Вісник ДНУЗТ. Д.: ДПТ, 2012. – Вип. 40. - С. 67-69.
2. Папахов О.Ю. Удосконалення технології взаємодії підприємств гірничо-металургійного комплексу напрямку Донбас – Кривбас із використанням жорсткого графіку руху поїздів [Текст] / О.Ю. Папахов, Н. О. Логвінова // Вісник ДНУЗТ. Д.: ДПТ, 2009. – Вип. 26. - С. 155-158.
3. Вернигора Р. В. Аналіз залізничної інфраструктури з паралельними ходами напрямку Знамянка – Одеса [Текст] / Р. В. Вернигора, О. Ю. Папахов, Н. О. Логвінова // Вісник ДНУЗТ. Д.: ДПТ, 2012. – Вип. 42. - С. 74-80.
4. Логвінова Н.О. Моделювання роботи залізничної інфраструктури з паралельними ходами [Текст] / Н. О. Логвінова, Р. В. Вернигора, О. Ю. Папахов, // Науковий Вісник НГУ. Д.: НГУ, 2013. – Вип. 3. - С. 93-102.

5. Вернигора Р.В. Аналітичний розрахунок коефіцієнтів зйому вантажних поїздів пасажирськими в умовах швидкісного руху [Текст]/Р.В. Вернигора, О.Ю. Папахов, Н.О. Логвінова//Східно-Європейський журнал передових технологій –2013. № 2/3 (62) - С. 51-55

6. Логвінова Н.О. Економіко-математичне обґрунтування розподілу поїздопотоків на напрямку залізничних перевезень з паралельними ходами Знам'янка – Одеса [Текст] / Н. О. Логвінова // Вісник ДНУЗТ. Д.: ДПТ, 2013. – Вип. 2 (44). - С. 92-98.

Додаткові праці:

1. Логвінова Н. О. Зменшення експлуатаційних витрат за допомогою енергооптимального руху поїздів [Текст] / Н. О. Логвінова, Д. О. Босий, О. М. Полях //Вісник ДНУЗТ. Д.: ДПТ, 2012. – Вип. 42. - С. 110-114.

2. Шепета А.М. Удосконалення технології взаємодії підприємств гірничо-металургійного комплексу з залізним транспортом на напрямку Донбас – Кривбас / А.М. Шепета, Н.О. Логвінова // Интеграция Украины в международную транспортную систему: I міжнар. наук.-практ. конф., 21-22 травня 2009 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2009. – С. 121-122.

3. Папахов О.Ю. Дослідження взаємодії роботи ВАТ «ДМЗ ім. Петровського» та Придніпровської залізниці / О.Ю. Папахов, Н.О. Логвінова // Науково-технічний прогрес на залізничному транспорті: 69 студентська наук.-практ. конф., 21-24 квітня 2009 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2009. – С. 93-94.

4. Муха Ю. О. Проблеми оптимізації взаємодії елементів інфраструктури залізничних станцій в вузлах / Ю.О. Муха, Н.О. Логвінова // Науково-технічний прогрес на залізничному транспорті: Всеукраїнська наук.-техн. конф., 2010 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2010. – С. 52-53.

5. Логвінова Н.О. Методика визначення собівартості вантажних перевезень на електрифікованих ділянках / Н.О. Логвінова // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 71 міжнар. наук.-практ. конф., 14-15 квітня 2011 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2011. – С. 138-139.

6. Папахов О.Ю. Моделювання взаємодії роботи підприємств гірничо-металургійного комплексу з залізницями /О.Ю. Папахов, Н.О. Логвінова// Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 69 міжнар. наук.- практ. конф., 21.05 – 22.05.2009 р: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2009. – С. 97.

7. Папахов А.Ю. Влияние передачи инвентарного парка вагонов в собственность компаниям-операторам на перевозки грузов предприятий горно-металлургического комплекса / А.Ю. Папахов, Н.А. Логвинова // Перспективы взаимодействия железных дорог и промышленных предприятий: междунар. науч.-практ. конф., 23.02 – 25.02.2012 г.: тезисы док. – Мошин: ДНУЗТ. – 2012. – 77-79

АНОТАЦІЯ

Логвінова Н.О. Підвищення ефективності організації руху поїздів на залізничних напрямках з паралельними ходами. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпропетровськ,

2013.

Дисертація присвячена питанням підвищення ефективності організації руху вантажних поїздів на залізничних напрямках з метою визначення раціональних розмірів руху поїздів по паралельним ходам в умовах швидкісного руху пасажирських поїздів та оптового ринку електроенергії.

В дисертації вперше сформульовано і вирішено оптимізаційну задачу щодо організації поїздопотоків на залізничних напрямках з паралельними ходами в умовах диференційованих тарифів на електроенергію, що дозволяє скоротити витрати залізниці на просування вантажних поїздів.

Удосконалено оцінку залежності витрат на просування вантажних поїздів при розподілі руху між паралельним ходам в період денного руху прискорених пасажирських поїздів на основі вирішення оптимізаційної задачі методами лінійного програмування.

Удосконалено економіко-математичну модель залізничного напрямку з паралельними ходами, використання якої дозволяє визначити найбільш раціональний розподіл поїздопотоків між ділянках напрямків.

Удосконалено методику розрахунку пропускної спроможності залізничних ділянок, яка на відміну від існуючих дозволяє враховувати наявність швидкісного руху пасажирських поїздів в денний час доби.

Наукові положення, висновки та рекомендації, отримані в дисертаційній роботі, а також розроблені процедури і методи можуть бути використані при створенні автоматизованих систем підтримки прийняття рішень для оперативного розподілення поїздопотоків по паралельним ходам в умовах швидкісного руху пасажирських поїздів та диференційованих тарифів на електроенергію, при розробці АРМ диспетчерського персоналу оперативно-розпорядчих відділів дирекцій та залізниць.

Ключові слова: залізничні напрямки, паралельні лінії, потоки поїздів, швидкісний рух, оптовий ринок електроенергії.

АННОТАЦИЯ

Логвинова Н.А. Повышение эффективности организации движения поездов на железнодорожных направлениях с параллельными ходами. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технической науки по специальностью 05.22.01 – транспортные системы, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, Днепропетровск, 2013.

Диссертация посвящена вопросам повышения эффективности организации движения грузовых поездов на железнодорожных направлениях с целью определения рациональных размеров движения поездов по параллельным ходам в условиях ускоренного движения пассажирских поездов в дневной период времени и переходе к оптовому рынку электроэнергии.

В диссертации впервые сформулирована и решена оптимизационная задача относительно организации поездопотоков на железнодорожных направлениях с параллельными ходами в условиях дифференцированных тарифов на электроэнергию, что позволяет сократить расходы железной дороги на продвижение грузовых

поездов.

Усовершенствована оценка зависимости расходов на продвижение грузовых поездов при распределении движения между параллельными ходами в период дневного движения ускоренных пассажирских поездов на основе решения транспортной задачи методами линейного программирования.

Усовершенствованно экономико-математическую модель железнодорожного направления с параллельными ходами, использование которой позволяет определить наиболее рациональное распределение поездопотоков по участкам направлений.

Усовершенствована методика расчета пропускной способности железнодорожных направлений, которая в отличие от существующих, позволяет учитывать наличие ускоренного движения пассажирских поездов в дневное время суток.

Объектом исследования является процесс пропуска грузового поездопотока на железнодорожных направлениях с параллельными ходами. Предметом исследования выступают количественные параметры системы пропуска грузового поездопотока между параллельными направлениями.

Рациональное распределение поездопотоков на железнодорожной инфраструктуре с параллельными ходами в настоящее время осуществляется экспертным путем на основе данных о ранее выполненных объемах перевозок без применения технико-экономического обоснования.

Для решения поставленной задачи использована линейная модель и методы линейного программирования. При экономико-математическом моделировании функция эксплуатационных расходов зависит от размеров постоянного нераспределяемого поездопотока на каждом из параллельных ходов и размеров переменного распределяемого поездопотока, который распределяется между параллельными ходами. Экономико-математическая модель железнодорожного направления с параллельными ходами имеет ограничение по пропускной способности однопутных участков с двухпутными вставками. При решении поставленной задачи железнодорожное направление представлено в виде расширенной сети, которая включает как действительные звенья, по которым непосредственно осуществляются перевозки, так и дополнительные – соответствующие функции расходов на перевозку поездопотока.

На основании тяговых расчетов в диссертационной работе проведен анализ расходов электроэнергии на перевозку 1 тонны грузов по основному и параллельному направлениям перевозки. В диссертационной работе проведено исследование изменений коэффициентов съема грузовых поездов пассажирскими при различной скорости движения пассажирских поездов и длине блок-участков.

В диссертационной работе было выполнено моделирование вариантных графиков движения поездов по однопутным участкам с двухпутными вставками Помошная - Колосовка и Помошная – Котовск с использованием программы КАСКАД с целью определения возможного количества обгонов и скрещений в условиях ускоренного движения пассажирских поездов.

В диссертационной работе выполнены исследования, которые направлены на решение проблемы уменьшения затрат электроэнергии потребленной на тягу поез-

дов, в условиях применения дифференцированных тарифов в условиях оптового рынка электроэнергии.

Научные положения, выводы и рекомендация, полученная в диссертационной работе, а также разработанная процедура и методы могут быть использованы при создании автоматизированной системы поддержки принятия решений для оперативного распределения поездопотоков по параллельным ходам в условиях скоростного движения пассажирских поездов и дифференцированных тарифов на электроэнергию, при разработке АРМ диспетчерского персонала оперативно-распорядительных отделов дирекций и железных дорог.

Ключевые слова: железнодорожное направление, параллельные линии, поток, скоростное движение, оптовый рынок электроэнергии.

THE SUMMARY

Logvinova N.A. Increase of efficiency of organization of motion of trains on railway directions with parallel motions it is Manuscript.

Dissertation on the receipt of scientific degree of candidate of engineering science on by specialty 05.22.01 is a transport system. Dnepropetrovsk national university of railway transport of the name of academician of V. Lazaryana, Dnepropetrovsk, 2013.

Dissertation is devoted the questions of increase of efficiency of organization of motion of freight trains on railway directions with the purpose of determination of rational sizes of motion of trains on parallel motions in the conditions of speed motion of passenger trains and wholesale market of electric power.

In dissertation first formulated and decided optimization task in relation to organization of train on railway directions with parallel motions in the conditions of the differentiated tariffs on electric power, that allows to cut down expenses railway on advancement of freight trains.

The estimation of dependence of charges is improved on advancement of freight trains at distributing of motion between to parallel motions in the period of daily motion of speed-up passenger trains on the basis of decision of a transport task the methods of the nonlinear programming.

Improved economy-mathematical model of railway direction with parallel motions, the use of which allows to define the most rational distributing of train on the areas of directions. The method of calculation of carrying capacity of railway areas, which unlike existing allows to take into account the presence of speed motion of passenger trains in a daily daypart, is improved.

Scientific positions, conclusions and recommendation, got in dissertation work, and also the developed procedure and methods can be used for creation of CAS of support of making decision for the operative distributing of train on parallel motions in the conditions of speed motion of passenger trains and differentiated tariffs on electric power, at development of ARM of controller's personnel of operatively prescriptive departments of management and railway.

Keywords: railway directions, parallel lines, streams of trains, speed motion, wholesale market of electric power

ЛОГВИНОВА НАТАЛІЯ ОЛЕКСАНДРІВНА

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ ПОЇЗДІВ НА
ЗАЛІЗНИЧНИХ НАПРЯМКАХ З ПАРАЛЕЛЬНИМИ ХОДАМИ

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Підписано до друку 28.08.2013 р.

Надруковано згідно з оригіналом автора

Формат 60x84 1/16. Ум. др. арк. 0,9. Обл.-вид. арк.1,0.

Замовлення № _____. Тираж 100 екз.

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.

