

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ
Дніпропетровський національний університет залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна

ЧИБІСОВ ЮРІЙ ВІТАЛІЙОВИЧ

УДК 656.222

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У ЗАЛІЗНИЧНОМУ ВУЗЛІ
ЗА РАХУНОК ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ
ПОЇЗДОПОТОКІВ ПО ДІЛЯНКАМ ВУЗЛА**

05.22.01 – транспортні системи

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ 2012

Дисертацією є рукопис

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

Науковий керівник:

кандидат технічних наук, доцент **Нестеренко Галина Іванівна**,
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, декан факультету «Управління процесами перевезень»,
завідувач кафедрою «Управління експлуатаційною роботою»

Офіційні опоненти:

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

кандидат технічних наук, доцент, **Кириченко Ганна Іванівна**,
Укрзалізниця, заступник начальника Головного комерційного управління.

Захист відбудеться «23» лютого 2012 р. о 15⁰⁰ 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 «20» січня 2012 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
д.т.н., професор І. В. Жуковицький

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В сучасних умовах ринкових відношень життєво необхідний перехід від адміністративних методів управління до економічно обґрунтованих. Безумовно, економічні методи управління підприємствами галузі повинні бути, в першу чергу, впроваджені до системи управління експлуатаційною роботою та до практики організації вагонопотоків як основи експлуатаційної діяльності залізничного транспорту.

Вибір оптимальних маршрутів пропуску поїздів являє собою складну багатофакторну задачу, яка на даний момент не отримала свого кінцевого рішення. Зараз ця задача вирішується диспетчерським персоналом залізниць на основі власного досвіду, як правило, без системного науково-обґрунтованого аналізу. Тобто, на даний момент немає чіткого алгоритму, яким можна користуватися при виборі оптимальних маршрутів.

При цьому, процес вибору оптимальних маршрутів пропуску поїздів на мережі та у залізничному вузлі не враховує зміну експлуатаційних витрат при різкій зміні величини поїздопотоків. У зв'язку з цим тема дисертації, що присвячена удосконаленню пропуску поїздопотоків у залізничному вузлі, є досить актуальною для залізничного транспорту України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у відповідності з пріоритетними напрямками розвитку, що визначені у Постанові Кабінету Міністрів України від 16.12.2009 про реформування залізничної галузі та Стратегію розвитку залізничного транспорту до 2020 року, а також пов'язана з НДР, що виконані Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна: “Аналіз вагонопотоків та розробка рекомендацій до нормативу з уніфікації маси та довжини поїздів на основних напрямках залізниць України” (№ державної реєстрації 0108U010673), «Розробка тренажера поїзного диспетчера» (№ державної реєстрації 0103U008726), «Удосконалення технології та методів стратегічного та тактичного управління процесами перевезень вантажів в транспортних вузлах» (№ державної реєстрації 03111U007619)

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності пропуску вантажних поїздів у залізничному вузлі за рахунок вибору раціонального розподілу поїздопотоків по ділянках.

Для досягнення зазначеної мети в дисертації необхідно вирішити наступні задачі:

- аналіз сучасних методів організації вагоно- та поїздопотоків;
- дослідження методів вибору оптимальних маршрутів пропуску вантажних поїздів та критеріїв оптимальності маршрутів;
- дослідження існуючих параметрів поїздопотоків у залізничному вузлі, визначення взаємозв'язку між ними;
- аналіз інтенсивності зміни поїздопотоків на протязі року та встановлення параметрів надходження поїздів з парного і непарного напрямків;
- розробка математичного алгоритму для розрахунку оптимальних маршрутів руху поїздопотоків у залізничному вузлі, враховуючи пропускну спроможність колій та існуючий поїздопотік вузла;

- визначення витрат часу, механічної роботи та вартості пропуску вантажних поїздів по ділянках залізничного вузла;
- дослідження впливу завантаженості ділянок залізничного вузла на основні показники руху поїздів у вузлі;
- встановлення раціонального розподілу поїздопотоків у межах вузла, який забезпечує одночасно мінімальний час слідування поїздів та мінімально можливі витрати механічної роботи при русі поїздів.

Об'єктом дослідження є процес пропуску вантажного поїздопотоків в межах залізничного вузла.

Предмет дослідження – технологія вибору раціональних маршрутів руху вантажних поїздів у межах залізничного вузла.

Методи дослідження. Методи теорії ймовірності, математичної статистики, математична теорія транспортних потоків використані для визначення існуючих параметрів поїздопотоків у залізничному вузлі та для аналізу структури та обсягів вантажопотоків. Методи імітаційного моделювання, тягових розрахунків, лінійного програмування, теорія скінчених автоматів, теорія масового обслуговування, методи теорії логістики були використані при дослідженнях впливу параметрів поїздопотоків на показники роботи залізничних ділянок. Методи регресійного аналізу використані для удосконалення методики розрахунку експлуатаційних витрат з пробігу поїздів. Теорія графів, векторна оптимізація, теорія вибору та прийняття рішень, методи системного аналізу використані для розробки алгоритму рішення задачі вибору раціональних маршрутів пропуску поїздів у вузлі.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

Вперше задача вибору раціональних маршрутів пропуску поїздів у залізничному вузлі формалізована та вирішена як задача векторної оптимізації, яка, на відміну від існуючих, дозволяє врахувати багатofакторність при прийнятті рішення оперативно-диспетчерським персоналом.

Вперше отримана функціональна залежність між експлуатаційними витратами на пропуск поїздів та часом їх руху в межах залізничного вузла, яка, на відміну від існуючих, дозволяє клієнтам залізниці обирати декілька варіантів транспортування вантажу при різній вартості перевезень.

Удосконалено метод розрахунку експлуатаційних витрат для різних типів локомотивів в частині урахування ухилу та режиму тяги, що дозволило підвищити точність розрахунків експлуатаційних витрат на пробіг поїздів в процесі моделювання.

Дістала подальший розвиток імітаційна модель пропуску поїздів на залізничних лініях, яка дозволила отримати оптимальний розподіл поїздопотоків на ділянках залізничного вузла з урахуванням рівня насичення пропускної спроможності ділянок.

Практичне значення отриманих результатів. Наукові результати, отримані у дисертаційній роботі, а також розроблені моделі та методи можуть бути використані при визначенні раціональних маршрутів слідування вантажних поїздопотоків у залізничному вузлі, напрямках та мережі залізниць.

Розроблено програмне забезпечення, що дозволяє здійснювати розподіл поїздопотоків по маршрутам, що одночасно враховує загальний час руху та затрати

механічної роботи, при обмеженнях з пропускнуою спроможністю колій та існуючої величини поїздопотоків між станціями.

Результати роботи використовуються у навчальному процесі при підготовці спеціалістів та магістрів зі спеціальності „Організація перевезень та управління на залізничному транспорті” в дисциплінах „Основи теорії систем та управління”, „Основи теорії транспортних процесів та систем”, «Методики оптимізації техніко-технологічних параметрів залізничних станцій».

Практична значимість отриманих результатів підтверджується відповідними актами впровадження:

- в дослідну експлуатацію на Вузловській та Синельниківській ділянках Дніпропетровської дирекції залізничних перевезень (ділянках, що обслуговують підприємства Дніпропетровського залізничного вузла);

- в навчальний процес при підготовці спеціалістів зі спеціальності 7.100403 «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» при виконанні дипломних проектів.

Акти впровадження наведено в додатках дисертації.

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

У статті [1] розроблено методику визначення оптимальних маршрутів руху на основі векторної оптимізації та запропоновано використання мультиграфів у раціональному розподілі поїздопотоків. В статті [2] визначено числові характеристики параметрів поїздопотоків у Дніпропетровському залізничному вузлі, які використовуються при моделюванні пропуску поїздів.

В статті [3] виконано аналіз існуючих методів управління вагоно- і поїздопотоків. Стаття [4] опублікована одноосібно. В ній запропоновано імітаційну модель для визначення оптимальних маршрутів руху вантажних поїздів на основі векторної оптимізації.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені на 67-й, 68-й, 69-й та 70-й науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2007, 2008, 2009, 2010); на міжнародній науково-практичній конференції «Транспортні зв'язки. Проблеми і перспективи» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2008); на 9-й міжнародній науковій конференції «Проблеми економіки транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2009 р); у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна на міжкафедральному науковому семінарі (травень 2011 р.). У повному обсязі дисертація доповідалася та була схвалена у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 18 наукових праць: 4 наукові статті у фахових виданнях, затверджених ВАК України та 14 тез доповідей у матеріалах і тезах міжнародних та всеукраїнських конференцій.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу,

чотирьох розділів, висновків і 6 додатків. Повний обсяг роботи – 177 сторінок; з них основного тексту 106 сторінок; 43 рисунки, 11 таблиць і додатки на 56 сторінках. Список використаних джерел зі 155 найменувань.

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.

У **першому розділі** виконано аналіз стану існуючої практики управління вагоно- і поїздопотоків, а також напрямків удосконалення системи пропуску потоків поїздів на залізничних напрямках.

Значний внесок у вирішення теоретичних та практичних проблем удосконалення організації управління вагоно- та вантажопотоками, раціонального використання пропускнуої спроможності залізничних ліній, організації технології перевізного процесу, питанням вибору оптимального розподілення поїздопотоків на розгалужених полігонах, розробці теорії транспортних потоків, удосконалення та розвитку залізничних станцій та вузлів, автоматизованих систем управління поїздопотоків зробили такі вчені, як В. М. Акулінічев, В. І. Бобровський, А. А. Босов, Т. В. Бутко, Р. В. Вернигора, Ю. В. Дьяков, С. Ю. Єлісеєв, І. В. Жуковицький, В. І. Ковальов, Д. М. Козаченко, Ф. П. Кочнев, Д. Ю. Левін, І. Ю. Левицький, В. Г. Лемешко, Н. В. Липовець, Д. В. Ломотько, А. М. Макарович, Ю. О. Муха, Є. В. Нагорний, А. М. Новікова, В. М. Образцов, П. М. Орловський, А. Т. Осьмінін, Г. І. Переста, Г. Поттгофф, М. В. Правдін, В. В. Скалзуб, Є. О. Сотніков, І. Є. Сотніков, Е. Ю. Тимохін, К. К. Тихонов, Л. П. Тулупов, Д. Фалкерсон, Е. Д. Фельдман, Л. Форд, Є. М. Шафіт, М. Р. Ющенко, П. О. Яновський та інші.

Проведений аналітичний огляд літератури показав, що вибір оптимальних маршрутів пропуску поїздів являє собою складну багатокритеріальну задачу, яка на даний момент не отримала кінцевого рішення. На даний момент не існує чіткого алгоритму, яким можна користуватися при виборі оптимальних маршрутів. Техніко-експлуатаційні показники функціонування залізничної мережі (залізничного вузла тощо) залежать не тільки від конфігурації мережі, але і від способу організації руху поїздів. Існуюча технологія вибору оптимальних маршрутів пропуску поїздів на мережі та у залізничному вузлі не враховує зміну експлуатаційних витрат при різкій зміні величини поїздопотоків.

При дослідженні функціонування залізничної мережі не враховується взаємозв'язок інтенсивності вхідного та вихідного потоку при збільшенні насиченості ділянок поїздами. Зазвичай, при виконанні досліджень в моделях розглядається одиничний поїзд, а при визначенні показників не враховується наявність на лінії попередніх поїздів. У дійсності, режими руху поїздів у потоці суттєво залежать від його інтенсивності, а відповідно і показники руху будуть суттєво відрізнятися. В цьому випадку розрахунки необхідно виконувати на імітаційній моделі ділянки, що дозволяє імітувати пропуск потоку поїздів.

У **другому розділі** вирішені задачі дослідження існуючих параметрів поїз-

допотоків у залізничному вузлі, завантаженості ділянок вузла, виконано аналіз можливості перерозподілу поїздопотоків по паралельних ходах.

Залізничний вузол являє собою складну, динамічну, стохастичну, ергатичну систему. Цілями даної системи є забезпечення перевезень вантажо- та поїздопотоків із заданою маршрутною швидкістю з мінімальними експлуатаційними витратами та при безумовному дотриманні безпеки руху. Вибір напрямку пропуску вантажних поїздопотоків при наявності більше, ніж одного варіанту, відведений диспетчерському персоналу, який, зазвичай, керується власним досвідом при організації руху поїздопотоків.

Для проведення досліджень виконано збір статистичної інформації для Дніпропетровського залізничного вузла (рис. 1), який має два паралельних маршрути пропуску поїздів. Один з них є вантажонапруженим (основна двоколійна ділянка), рівень використання його пропускної спроможності близький до граничного. А інший маршрут (паралельна одноколійна ділянка) – використовується значно менш інтенсивно.



Рис. 1 Схема Дніпропетровського залізничного вузла

До Дніпропетровського залізничного вузла надходять поїздопотоків з двох напрямків: зі станції Сухачівка (парний напрям) та зі станцій Самарівка та Ігрені (непарний напрям), з яких прибувають поїзди трьох категорій: поїзди у переробку, вантажні транзитні і пасажирські. Діаграма розподілу поїздопотоків Дніпропетровського залізничного вузла по категоріям наведена на рис. 2.

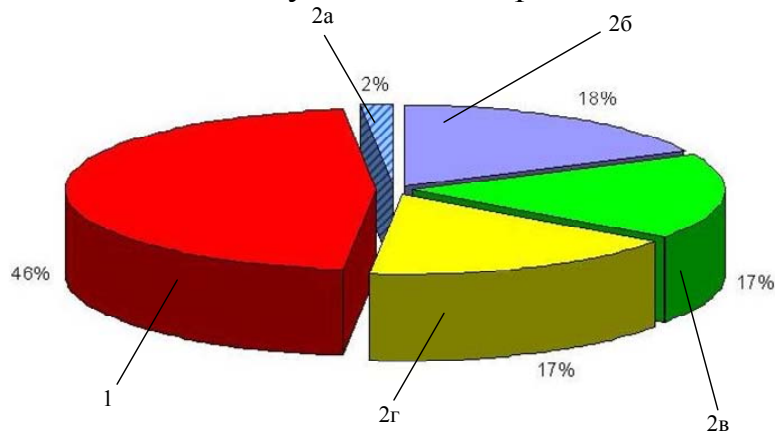


Рис. 2 Діаграма розподілу поїздопотоків Дніпропетровського залізничного вузла по категоріям: 1 – пасажирські поїзди; 2 – вантажні, в т.ч.: а) передаточні; б) транзитні; в) в розформування; г) свого формування.

Дані про кількість поїздів у Дніпропетровському залізничному вузлі наведено за 2010 рік. Слід зазначити, що упродовж останніх 5-10 років величина поїздопотoku мала нерівномірний характер. На даний момент величина поїздопотoku є приблизно такою, як до спаду обсягу перевезень у період 2007-2008 років.

Перерозподіл вантажного поїздопотoku можливий для транзитних вантажних поїздів, поїздів у розформування та свого формування. Як показав аналіз, ці категорії поїздів загалом складають 52 % від загального поїздопотoku вузла, тобто більшу частину поїздопотoku. Статистичні характеристики таких категорій поїздів наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Числові характеристики випадкової величини середньодобового поїздопотoku Дніпропетровського залізничного вузла по категоріям

Напрямок	Характеристики Категорії поїздів	Математичне очікування	Дисперсія	Коефіцієнт варіації
Парний	Транзитні	33,3	33,9	0,17
	В розформування	26,7	26,7	0,19
Непарний	Транзитні	27,7	29,8	0,20
	Свого формування	33,9	43,1	0,19

Існує два маршрути пропуску таких поїздів: через станцію Дніпропетровськ (головний хід) та через станцію Дніпропетровськ-Південний (паралельний хід).

Більша частина поїздів пропускається по головному ходу, тобто по двоколійній ділянці з триколієюною вставкою. Крім того, величина поїздопотoku по цим двох маршрутах у парному і непарному напрямках суттєво відрізняється. На рис. 3 наведено діаграми розподілу поїздопотoku у вузлі по напрямках.

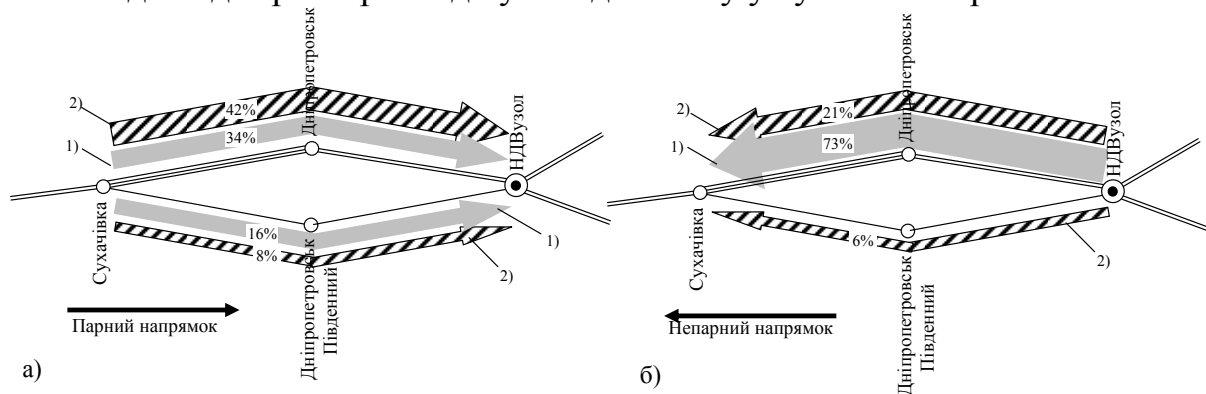


Рис. 3 Діаграма розподілу поїздопотoku Дніпропетровського залізничного вузла за напрямками: а) у парному напрямку; б) у непарному напрямку. Умовні позначення: 1) вантажний потік; 2) пасажирський потік.

Кількість поїздів, які щодоби проходять Дніпропетровський залізничний вузол, не є постійною величиною. Виконано аналіз випадкової величини кількості поїздів по відповідних категоріях. Виявлено, що обсяги вантажних поїздопотokів на протязі року мають періодичний характер і коливаються з коефіцієнтом варіації 0,1-0,2 в обох напрямках протягом доби. Визначені закони та параметри розподілу випадкової величини інтервалів між вантажними поїздами в потоці.

На рис. 4 наведено гістограму розподілу випадкової величини кількості транзитних поїздів, які надходять відповідно з непарного та парного напрямків. Дані наведені за 2010 рік.

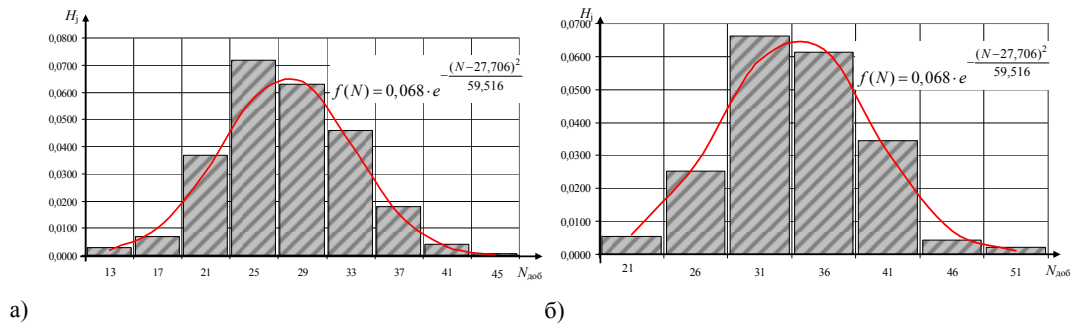


Рис. 4 Гістограма розподілу середньодобової кількості транзитних поїздів:

а) непарного напрямку; б) парного напрямку

Також виконано аналіз параметрів поїздопотоків з переробкою (рис. 5).

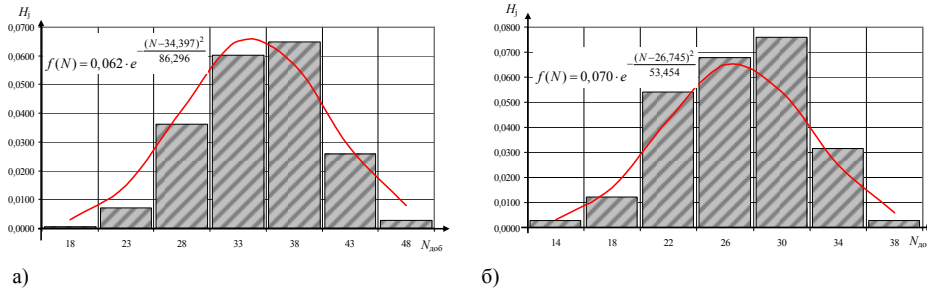


Рис. 5 Аналіз параметрів розподілу поїздопотоків з переробкою:

а) свого формування непарного напрямку; б) в розформування парного напрямку

При аналізі взаємозв'язку між поїздами різного напрямку, виявлено, що середньодобова кількість транзитних поїздів парного і непарного напрямку є практично незалежними величинами (коефіцієнт кореляції склав 0,01), а між поїздами у розформування парного напрямку та свого формування непарного напрямку виявлено деякий кореляційний зв'язок (коефіцієнт кореляції склав 0,3).

Виконано дослідження інтенсивності вхідного поїздопотоків та аналіз інтервалів між поїздами. Гістограми розподілу інтервалів між поїздами, що надходять відповідно з парного і непарного напрямків, наведені на рис. 6.

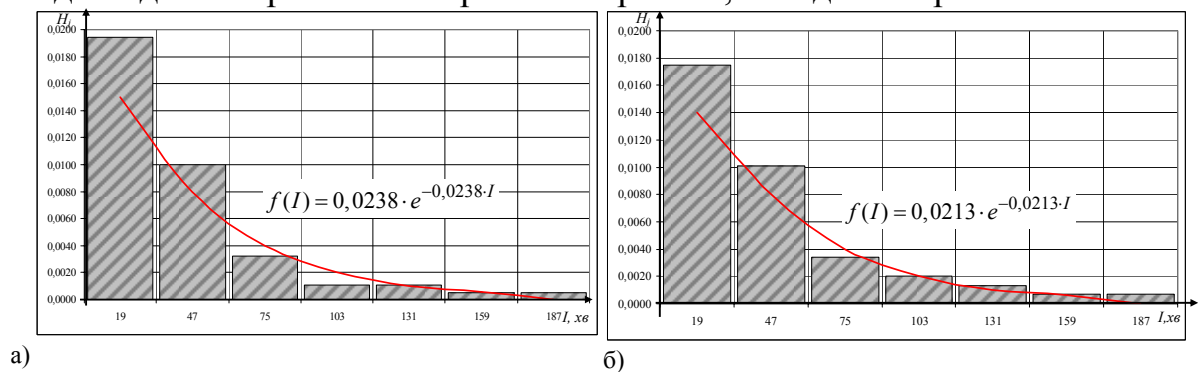


Рис. 6 Гістограма розподілу випадкової величини інтервалу між поїздами:

а) парного напрямку; б) непарного напрямку

Результати статистичної обробки інтервалів вхідних поїздопотоків наведені у табл. 2.

Аналіз отриманих даних показав, що середньодобова кількість поїздів по відповідних категоріях розподілена за нормальним законом, а величина інтервалів між поїздами – за законом Ерланга, з параметром $K=1$.

Результати статистичної обробки інтервалів вхідних поїздопотоків

№ п/п	Напрямок	Параметри вхідного поїздопотoku				Доля поїздів даної категорії		
		$M[L]$	K	$I_{\min}$	$\sigma[L]$	у роз- форму- вання	транзи- тні	пасажирсь- кі
1	Парний (зі станції Сухачівка)	42,06	1	6	35,27	0,24	0,20	0,56
2	Непарний (зі станцій Самарівка та Ігрень)	47,00	1	6	38,84	0,38	0,27	0,35

На показники руху (тривалість руху поїзда, витрати механічної роботи, витрати палива, та ін.) впливає також маса бруто поїздів. Тому виконувати дослідження функціонування залізничного вузла неможливо без аналізу цієї величини. Аналіз розподілу випадкової величини маси бруто поїздопотoku виконано на рис. 7. Математичне очікування маси бруто поїздів складає 4052,4 т, а середнє квадратичне відхилення 1132,5 т.

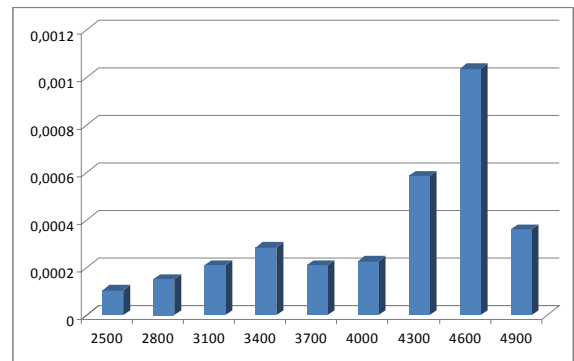


Рис. 7 Гістограма розподілу випадкової величини маси бруто поїздів

Отримані результати дозволяють виконувати дослідження функціонування залізничного вузла на моделі, в якій використовуються отримані параметри поїздопотоків, функції розподілу кількості поїздів та інтервалів між ними.

У **третьому розділі** розроблено математичну модель для розрахунку оптимальних маршрутів руху поїздопотоків у залізничному вузлі, враховуючи пропускну спроможність колій та існуючий поїздопотік вузла. Вибір найбільш раціонального маршруту здійснюється за двома критеріями: час руху поїздів та затрати механічної роботи при русі поїзда по колії.

В дисертації модель залізничного вузла формалізована на основі мультиграфу (рис. 8) – графу, в якому між двома заданими вершинами може бути декілька дуг. Це дозволяє врахувати характеристики перегонів.

Мультиграф задається наступним чином – $G(V, E)$, де V – пункти мережі, тобто станції, E – список дуг (відповідні колії) між пунктами.

Вхідною інформацією є задані поїздопотіки на графі $G(V, E)$ – P_{ij} $i, j \in V$, відповідно з вершини V_i в V_j – парний напрям та навпаки з V_j в V_i – непарний напрям.

Приймаємо наступні вихідні дані та їзда по шляху ω .
їх позначення:

e_n – дуга, $e_n \in E$;

$t(e_n)$ – час руху поїзда по колії e_n ;

$r(e_n)$ – механічна робота поїзда по колії e_n ;

$l(e_n)$ – довжина дуги e_n ;

$N(e_n)$ – пропускна спроможність дуги e_n ;

$\bar{N}(e)$ – максимально допустимий потік для дуги e ;

$T(\omega) = \sum_{e \in \omega} t(e)$ – час руху поїзда по шляху ω ;

$R(\omega) = \sum_{e \in \omega} r(e)$ – затрати механічної роботи по-

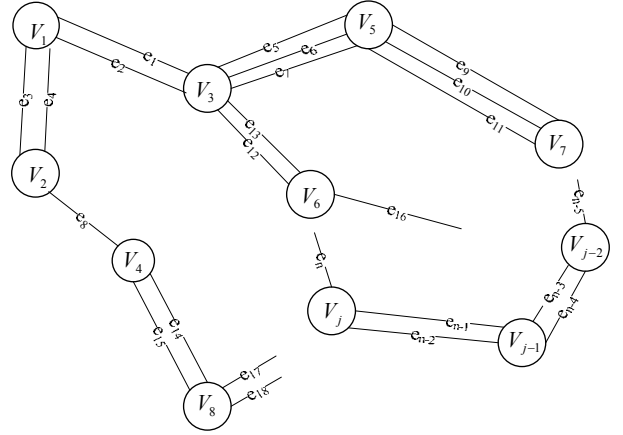


Рис. 8 Модель залізничної мережі

Тоді *математична постановка* задачі вибору раціональних маршрутів пропуску поїздів полягатиме у пошуку таких значень величини поїздопотоків X_{ijw} по кожному шляху, при яких виконуються умови:

$$\begin{cases} Pt = \sum_{i,j \in V} \sum_{\omega \in W_{ii,j}} X_{ijw} \cdot T(\omega) \\ Pr = \sum_{i,j \in V} \sum_{\omega \in W_{ii,j}} X_{ijw} \cdot R(\omega) \end{cases} \rightarrow \min, \quad (1)$$

при наступних обмеженнях:

$$\begin{cases} X_{ijw} \geq 0 \\ N(e) \geq \bar{N}(e), e \in E \\ N_{\text{вант}j}(e) \leq N(e) - N_{\text{пас}j}(e) \cdot \varepsilon_{\text{пас}}, e \in E \end{cases}, \quad (2)$$

де $N_{\text{вант}j}(e)$, $N_{\text{пас}j}(e)$ – кількість відповідно вантажних і пасажирських поїздів на дузі (e) ;

$\varepsilon_{\text{пас}}$ – коефіцієнт зняття вантажних поїздів пасажирськими.

Завдання вибору оптимальних маршрутів пропуску поїздів зводиться до розв'язання задачі векторної оптимізації при заданих обмеженнях. Цільовими функціями є функції затрат часу та затрат механічної роботи. При цьому, при вирішенні поставленого завдання використовується метод Парето.

Якщо представити загальну величину витрат механічної роботи на пропуск поїздів Pr – у вигляді вектора L_1 , а загальну величину витрат часу на пропуск поїздів Pt у вигляді вектора L_2 , при цьому множину можливих рішень, що задовольняє умові (1), представити як S , то геометрична інтерпретація пошуку рішення векторної оптимізації буде мати вигляд, наведений на рис. 9.

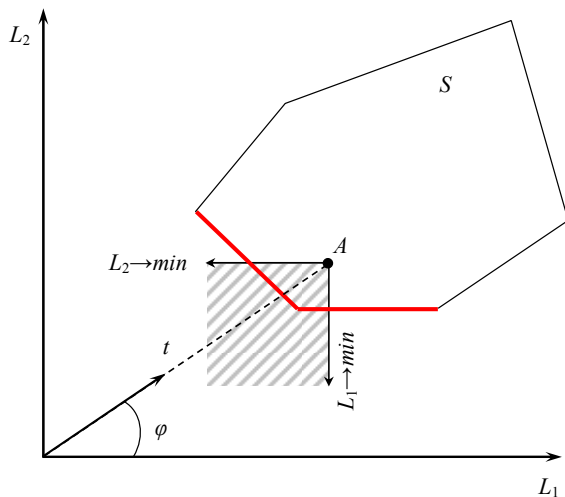


Рис. 9 Геометрична інтерпретація задачі в просторі функціоналів

При цьому кут φ визначає напрям вектору u . Відповідно, змінюючи величину кута φ можна визначити усі можливі рішення, які будуть належати площині S , і задовольняти умові (1). Вектор u має координати

$$\begin{cases} u_1 = \cos \varphi, \\ u_2 = \sin \varphi, \end{cases} \quad 0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2},$$

а точка A , що лежить на промені, що породжується вектором u , має координати

$$\begin{cases} y_{1A} = u_1 \cdot t, \\ y_{2A} = u_2 \cdot t, \end{cases} \quad 0 \leq t,$$

де $t \rightarrow \min$ – довжина вектора u .

Таким чином, математична задача вибору оптимальних маршрутів руху поїздів у залізничному вузлі вирішується у такій послідовності:

- 1) вирішується задача $L1 \rightarrow \min$, за умови $w \in DW_{ij}$, DW_{ij} – множина допустимих шляхів;
- 2) вирішується задача $L2 \rightarrow \min$, за умови $w \in DW_{ij}$;
- 3) за $L1 - \min$ і $L2 - \min$ визначається інтервал $[\underline{\varphi}, \overline{\varphi}]$ зміни кута φ ;
- 4) для кожного $\varphi \in [\underline{\varphi}, \overline{\varphi}]$ з кроком $\Delta\varphi$ вирішується завдання $t - \min$, за умови, що $L1 \leq u_1 t$; $L2 \leq u_2 t$; $u = [u_1, u_2]$ – одиничний вектор
- 5) будується залежність $L1$ від $L2$ і розраховується рішення задачі векторної оптимізації за допомогою метода Парето.

Отже, у даному розділі розроблено універсальну математичну модель, яка базується на методах векторної оптимізації і дозволяє визначити раціональні маршрути руху поїздопотоків для будь-якої конфігурації залізничної мережі. Математично обґрунтовано метод вибору раціонального розподілу поїздопотоку у межах вузла, який забезпечує одночасно мінімальний час слідування поїздів та мінімально можливі витрати механічної роботи.

У **четвертому розділі** вирішена задача програмної реалізації математичного алгоритму визначення оптимальних маршрутів руху поїздів з урахуванням пропускної спроможності залізничних ділянок і величини поїздопотоку у вузлі.

Також у даному розділі була удосконалена існуюча *імітаційна модель пропуску поїздів* на залізничних лініях.

Для того, щоб вирішити задачу розподілу поїздопотоку за двома зазначеними вище критеріями (тривалість руху поїздів та витрати механічної роботи), було визначено витрати часу та витрати механічної роботи на пропуск вантажних поїздів різної маси по ділянках Дніпропетровського залізничного вузла, отримано відповідні залежності та встановлено питомі витрати роботи на 1 км руху вантажного поїзда по головному та паралельному ходу вузла. Для виконання дослідження була використана удосконалена імітаційна модель пропуску поїздів на залізничних лініях. Алгоритм визначення оптимальних маршрутів руху поїздопо-

токів наведено на рис. 10

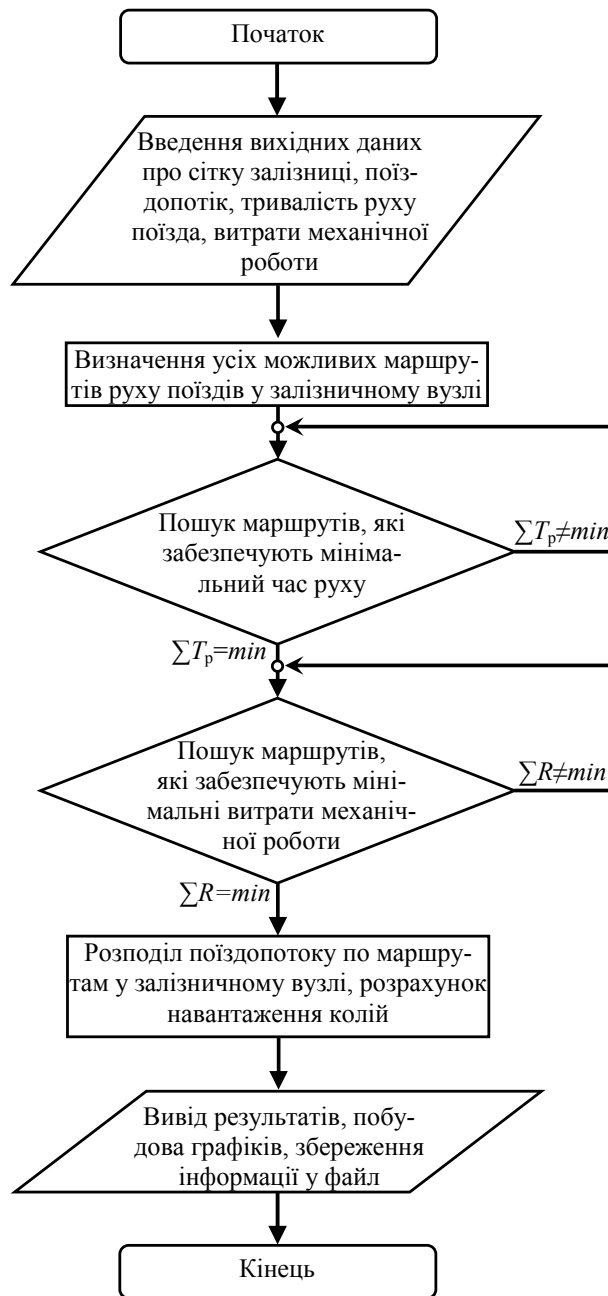


Рис. 10 Алгоритм роботи моделі розподілу поїздопотоку

Графіки залежності тривалості руху поїзда від довжини ділянки $T = f(S)$ для різного напрямку та ходу слідування поїзду наведено на рис. 11. Аналіз отриманих залежностей показав, що тривалість руху поїздів, яка закладається до графіку руху, завищена, особливо це стосується одноколіїної ділянки Дніпропетровсько-го залізничного вузла. За умови нормального функціонування засобів регулюван-ня руху поїздів, можна стверджувати, що тривалість руху поїзда паралельною (одноколіїною) ділянкою зі станції Сухачівка до станції Нижньодніпровськ–Вузол на 13 хв менша, ніж у відповідності до графіку (34,4 хв замість 48 хв), а у зворотному напрямку цією ж ділянкою – майже на 20 хв менша (34,8 хв замість 54 хв). Крім того, різниця у часі, за який поїзд може дійхати зі станції Нижньодніпровськ–Вузол до станції Сухачівка одноколіїною та головною ділянкою від-різняється несуттєво (відповідно 34,8 хв та 30,8 хв). При різниці майже в 11 км

(37,1 км 26,2 км) різницею у часі руху 4 хв можна знехтувати.

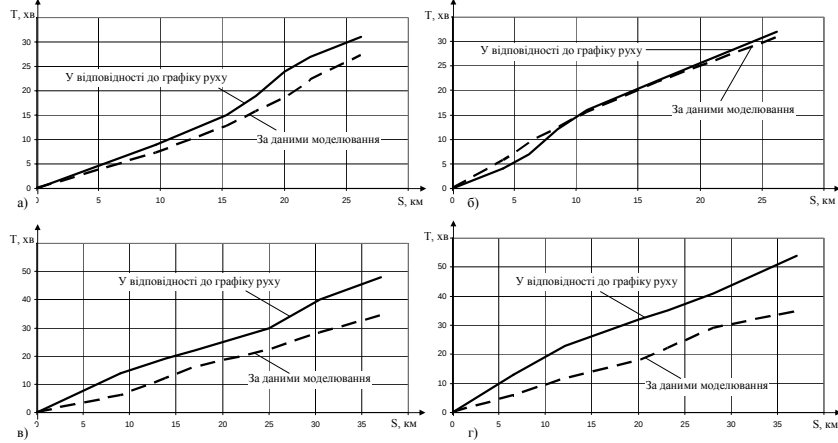


Рис. 11 Графік залежності тривалості руху поїздів від довжини ділянки

а) в парному напрямку головний хід; б) в непарному напрямку головний хід;

в) в парному напрямку паралельний хід; г) в непарному напрямку паралельний хід

Графіки залежності витрат механічної роботи від довжини ділянки при різній масі поїзду брутто наведено на рис. 12.

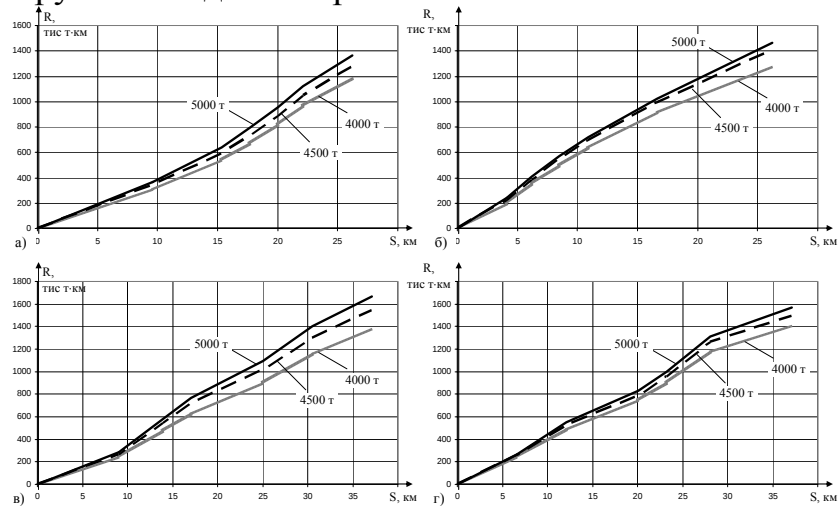


Рис. 12 Графік залежності витрат механічної роботи при русі поїздів від довжини пробігу

а) в парному напрямку головний хід; б) в непарному напрямку головний хід;

в) в парному напрямку паралельний хід; г) в непарному напрямку паралельний хід

З метою оцінити економічні показники при пропуску поїздів за допомогою регресійного аналізу було отримано вирази для розрахунку вартості пробігу 1 км вантажним поїздом для різних типів локомотивів (табл. 3).

Таблиця 3

Вартість пробігу 1 км вантажним поїздом

Серія локомотива	Розрахункова формула
ТЕЗ	$e_{\text{пк}} = 1,2605 - 0,0919i - 0,1115Q + 0,0190i^2 + 0,0899Q^2 - 0,0010i^3 - 0,0073Q^3$
2ТЕ10	$e_{\text{пк}} = 0,5672 - 0,3825i + 0,2726Q + 0,0823i^2 + 0,0669Q^2 - 0,0044i^3 - 0,0089Q^3$
ВЛ8	$e_{\text{пк}} = -1,4839 - 0,1179i + 1,6673Q + 0,0299i^2 - 0,2945Q^2 - 0,0017i^3 + 0,0199Q^3$
ВЛ10 (1 секція)	$e_{\text{пк}} = -0,2169 - 0,2985i + 0,9332Q + 0,0631i^2 - 0,1320Q^2 - 0,0035i^3 + 0,0087Q^3$
ВЛ10 (2 секції)	$e_{\text{пк}} = -0,1972 - 0,2673i + 1,3333Q + 0,1631i^2 - 0,1060Q^2 - 0,0055i^3 + 0,0185Q^3$

Таким чином, для визначення витрат з пробігу поїзда необхідно знати швидкість руху, масу брутто составу та ухил. Отже, зазначені розрахункові вирази підставлено безпосередньо до моделі. Удосконалена таким чином імітаційна модель пропуску поїздів на залізничних лініях була використана для визначення вартості пробігу вантажних поїздів по ділянках Дніпропетровського залізничного вузла.

Залежності вартості пропуску поїздів від довжини пробігу для різної маси брутто составу наведено на рис. 13.

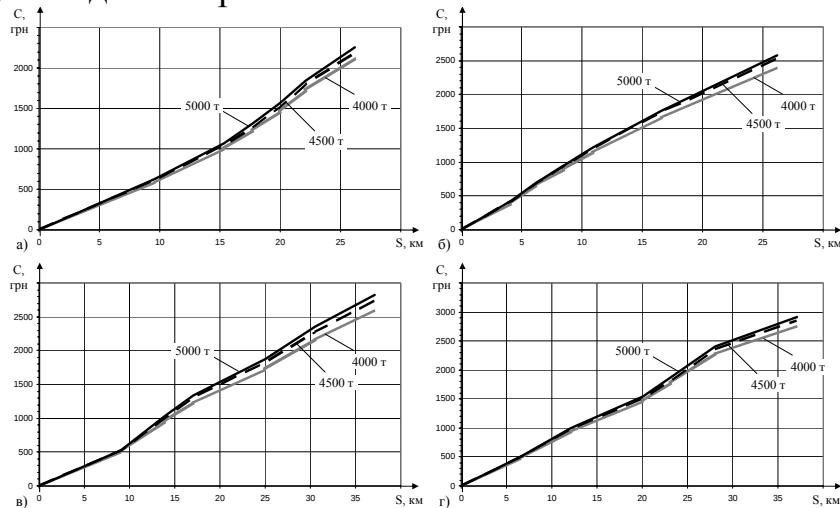


Рис. 13 Графік залежності вартості пропуску вантажного поїзду від довжини пробігу для різної маси брутто

- а) в парному напрямку головний хід; б) в непарному напрямку головний хід;
в) в парному напрямку паралельний хід; г) в непарному напрямку паралельний хід

Аналіз графіків на рис. 13 показав, що вартість пропуску поїздів пропорційна величині витрат механічної роботи. Крім того, можна зробити висновок, що різниця вартості пропуску поїзда по одному і тому ж маршруту може коливатися в межах від 60 до 220 грн на один поїзд, що відповідає сумі витрат 9000 грн/добу, або 3 млн 300 тис грн./рік. Слід зазначити також, що вартість пропуску поїзда вагою 5000 т у непарному напрямку головною ділянкою не набагато перевищує вартість пропуску непарного поїзда масою брутто 4000 т одноколіїною ділянкою.

Ця інформація може бути використана при виборі маршруту пропуску поїздів у часи насиченого підходу, збільшення кількості поїздів під час літнього графіку, закриття однієї колії перегону основного ходу, тобто під час зниження пропускної спроможності головної ділянки вузла. У такому випадку частину поїздів доцільно пропускати паралельним ходом через станцію Дніпропетровськ-Південний.

Зазвичай, при виконанні досліджень в моделях розглядається одиничний поїзд, а при визначенні показників не враховується наявність на лінії попередніх поїздів. У дійсності, режими руху поїздів у потоці суттєво залежать від його інтенсивності, а, відповідно, і показники руху будуть суттєво відрізнятися. В цьому випадку розрахунки необхідно виконувати на імітаційній моделі ділянки, що дозволяє імітувати пропуск потоку поїздів.

З метою оцінити вплив рівня насичення пропускної спроможності на показники руху з використанням імітаційної моделі була здійснена серія експериментів з варіюванням інтенсивності вхідного потоку від 140 до 160 поїздів на добу, в

якій швидкість була реалізована з точністю 5 %. Це дозволило врахувати людський чинник, тобто неоднакову реакцію машиністів на показання світлофорів. В ході експериментів фіксувався час руху кожного поїзду та здійснена ним робота.

Встановлено, що при насиченні пропускної спроможності відбувається різке падіння середньої швидкості руху (рис. 14, а), а при досягненні стану перенасичення будь-яке збільшення інтенсивності вхідного потоку знижує розмір вихідного потоку (рис. 14, б). Остання обставина має місце в тих випадках, коли з ростом кількості поїздів на ділянці швидко збільшується густина їх розміщення і слідування на зелене показання світлофора усе частіше змінюється на жовте та червоне.

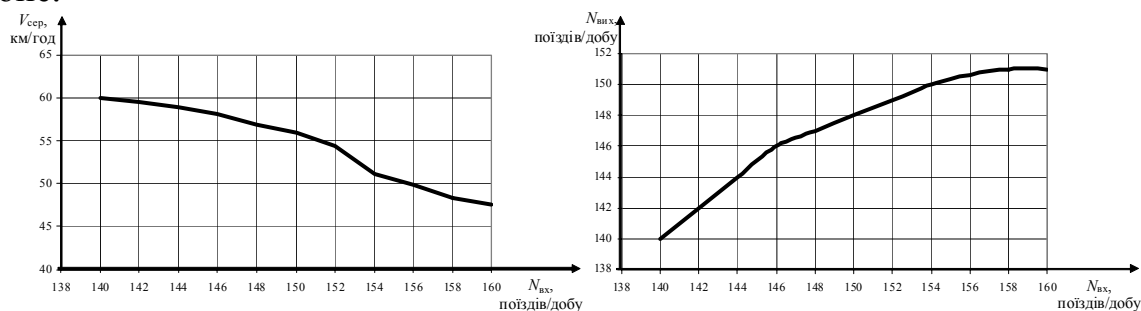


Рис. 14 Динаміка зміни показників при насиченні пропускної спроможності
а) залежність середньої швидкості руху поїзда від інтенсивності вхідного потоку;
б) взаємозв'язок між інтенсивністю вхідного та вихідного потоку

Таким чином, для кожної з ділянок необхідно з'ясувати величину раціонального заповнення, при перевищенні якої доцільно розглядати варіанти перерозподілу потоків поїздів по паралельних ділянках з метою мінімізації витрат.

В дисертації вирішена задача вибору оптимального розподілу поїздопотоку у Дніпропетровському залізничному вузлі. Оптимізаційна задача полягала у пошуку таких значень поїздопотоку по маршрутам, які одночасно забезпечують мінімальні значення тривалості руху (t) та витрат механічної роботи (R) за умови виконання обмежень з пропускної спроможності ділянок.

Враховуючи те, що показники руху поїздів по ділянці (середня швидкість руху поїзда, тривалість руху, витрати механічної роботи, середня вартість пропуску одного поїзда, та ін.) залежать від насиченості ділянки поїздами, був виконаний аналіз зміни таких показників в залежності від величини вхідного потоку, який наведено на рис. 15.

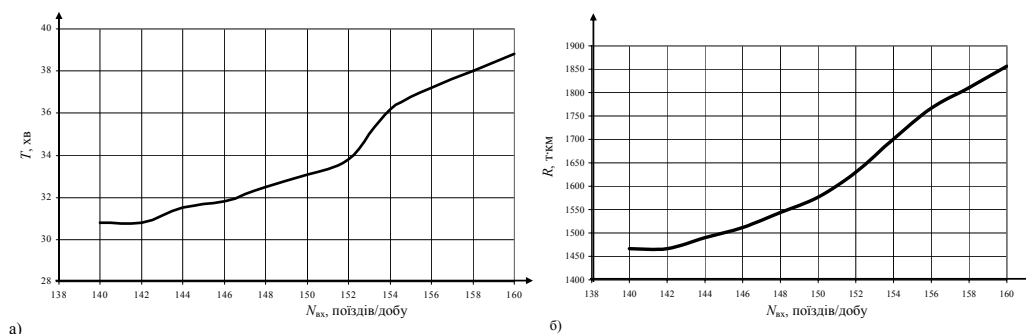


Рис. 15 Аналіз залежності зміни показників руху від величини вхідного потоку по головному ходу Дніпропетровського залізничного вузла
а) залежність середньої тривалості руху поїзда від вхідного потоку;
б) залежність величини витрат механічної роботи від вхідного потоку

Таким чином, існує така раціональна кількість поїздів на даному напрямку, при перебільшенні якої середня тривалість руху поїзда від станції НДВузол до станції Сухачівка головним ходом буде більшою за аналогічну тривалість паралельним (одноколіїним) ходом вузла. Те ж стосується і витрат механічної роботи. При виконанні моделювання кількість поїздів за добу варіювалася від 140 до 160 з кроком 2. В ході експериментів фіксувалася середня тривалість ходу поїзда та середня величина витрат механічної роботи. Результати перерозподілу поїздопотоків у вузлі за допомогою імітаційного моделювання наведено на рис. 16.

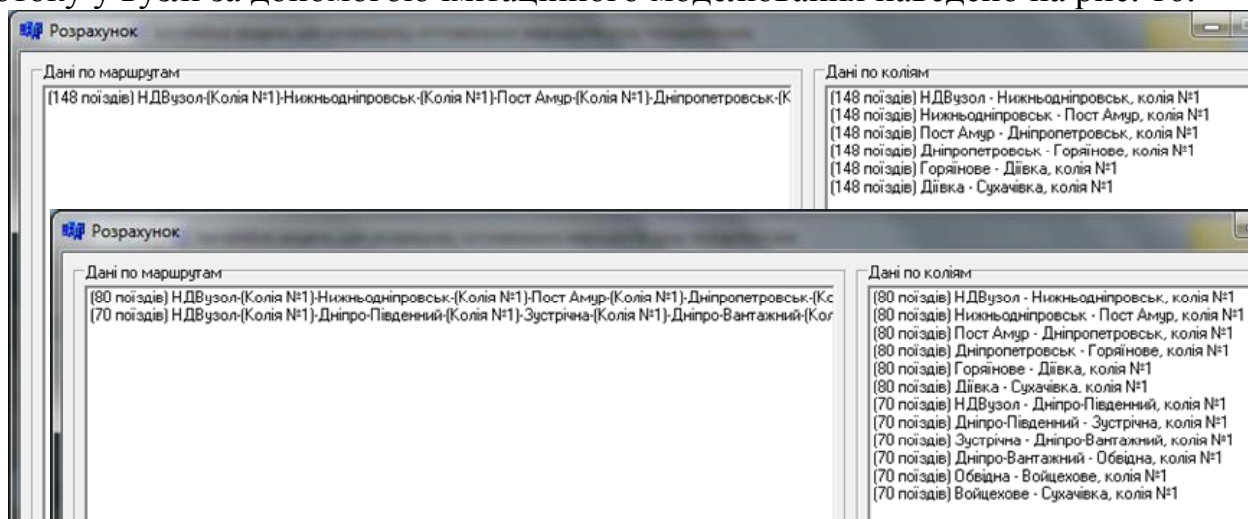


Рис. 16 Результати розподілу поїздопотоків у межах Дніпропетровського залізничного вузла за допомогою імітаційного моделювання

З рис. 16 видно, що при величині поїздопотоків більше, ніж 148 поїздів/добу, раціонально пропускати поїзди паралельним (одноколіїним) ходом.

Покажемо варіанти перерозподілу у площині векторної оптимізації (рис. 17).

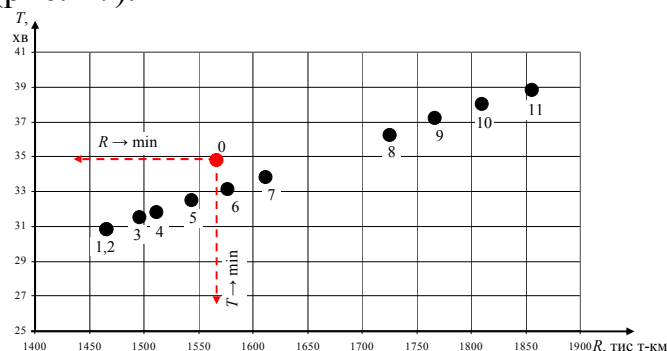


Рис. 17 Порівняння варіантів розподілу потоку поїздів у векторній площині

На рис. 17 варіант «0» передбачає пропуск поїздопотоків по паралельному (одноколіїному) ходу через станцію Дніпропетровськ-Південний. Варіанти з 1 по 11 – пропуск поїздопотоків від 140 до 160 поїздів/добу основним ходом. З рисунку видно, що «кращими» за варіант «0» є варіанти, що лежать нижче і лівіше на графіку, тобто варіанти 1, 2, 3, 4 та 5, що відповідають кількості поїздів 140, 142, 144, 146 та 148 поїздів за добу. Решта варіантів «гірші», тобто варіант 6, що відповідає величині поїздопотоків 148 поїздів/добу, є граничним. При перебільшенні цієї величини поїзди доцільно пропускати паралельним ходом, тобто через станцію Дніпропетровськ-Південний.

З метою оцінити економічний ефект від впровадження запропонованої методики розподілу поїздопотоків необхідно зазначити, що витрати на пропуск одного вантажного поїзда при перерозподілі поїздопотоків скорочуються в серед-

ньому від 111 до 684 грн в залежності від інтенсивності вхідного потоку та маси бруто поїзда, що складає приблизно 16 млн грн тільки за період літнього графіку.

Таким чином, у даному розділі математично обґрунтовано принцип вибору раціональної кількості поїздів на ділянках залізничного вузла, розроблена імітаційна модель для виконання розрахунків, удосконалена методика розрахунку вартості пропуску поїздів та вирішена задача організації пропуску вантажних поїздів у залізничному вузлі.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота містить отримані автором результати, які в сукупності вирішують **науково-практичну задачу вибору раціонального розподілу поїздопотоків по ділянкам вузла**. Мета дослідження автором дисертації була досягнута, а усі поставлені задачі вирішені. Виконані в роботі дослідження дозволяють зробити наступні висновки та пропозиції:

1. Аналіз сучасних методів організації вагоно- та поїздопотоків показав, що техніко-експлуатаційні показники функціонування залізничної мережі (залізничного вузла) залежать не тільки від конфігурації мережі, але і від способу організації руху поїздів. Вибір оптимальних варіантів руху поїздопотоків у межах залізничного вузла дозволить зменшити експлуатаційні витрати, пов'язані з пропуском поїздів. Вибір оптимальних маршрутів пропуску поїздів являє собою складну багатокритеріальну задачу, яка на даний момент не отримала кінцевого рішення. Аналіз сучасних методів організації вагоно- та поїздопотоків показав, що на даний час немає чіткого алгоритму, яким можна користуватися при виборі оптимальних маршрутів.

2. Існуючі методи вибору оптимальних маршрутів пропуску поїздів на мережі та у залізничному вузлі не враховують зміну експлуатаційних витрат при різкій зміні величини поїздопотоків.

3. Дослідження існуючих параметрів поїздопотоків Дніпропетровського залізничного вузла показало, що середньодобові обсяги вантажних поїздопотоків на протязі року мають періодичний характер і коливаються з коефіцієнтом варіації 0,1-0,2 в обох напрямках. Виконано аналіз інтенсивності зміни поїздопотоків на протязі року та встановлено параметри надходження поїздів з парного і непарного напрямків. Визначені закони та параметри розподілу випадкової величини інтервалів між вантажними поїздами в потоці. Виявлено, що інтервали надходження поїздів з обох напрямків мають показниковий розподіл. Виконано аналіз розподілу випадкової величини маси бруто поїздопотоків вузла. Математичне очікування маси бруто поїздів складає 4052,4 т, а середнє квадратичне відхилення 1132,5 т.

4. *Розроблено математичний алгоритм, який призначений для розрахунку оптимальних маршрутів руху поїздопотоків у залізничному вузлі, враховуючи пропускну спроможність колій та заданий поїздопотік вузла. Оптимальні маршрути обираються за векторним критерієм, якій містить у собі дві величини: час руху поїздів та затрати механічної роботи при русі поїзда по колії. В дисертації модель залізничного вузла формалізована на основі мультиграфу. Завдання вибору оптимальних маршрутів пропуску поїздів зводиться до розв'язання задачі век-*

торної оптимізації при заданих обмеженнях. Цільовими функціями є функції затрат часу та затрат механічної роботи. Використовується метод Парето у вирішенні поставленого завдання.

5. З використанням імітаційної моделі пропуску поїздів на залізничних лініях *визначено витрати часу та витрати механічної роботи* на пропуск вантажних поїздів різної маси по ділянках Дніпропетровського залізничного вузла, отримано відповідні залежності та встановлено питомі витрати роботи на 1 км руху вантажного поїзда по головному та паралельному ходу вузла. Аналіз отриманих залежностей показав, що тривалість руху поїздів, яка закладається до графіку руху, завищена, особливо це стосується одноколійної ділянки Дніпропетровського залізничного вузла. *Визначено вартість пропуску вантажних поїздів* різної ваги по ділянках. З'ясувалося, що величина витрат пропорційна загальній величині витрат механічної роботи. Вартість пропуску поїзда вагою 5000 т у непарному напрямку головною ділянкою не набагато перевищує вартість пропуску непарного поїзда масою брутто 4000 т одноколійною ділянкою.

7. *Виконано дослідження впливу завантаженості ділянок* залізничного вузла на основні показники руху поїздів у вузлі. Встановлено, що при насиченні пропускної спроможності відбувається різке падіння середньої швидкості руху. Також було визначено витрати на рух поїзда при різному заповненні ділянки; з'ясовано, що різниця у витратах на рух одного поїзда складала до 100 грн в залежності від інтенсивності вхідного потоку; це складає приблизно 2,2 млн грн./рік. Для кожної з ділянок необхідно з'ясувати величину раціонального заповнення, при перевищенні якої доцільно розглядати варіанти перерозподілу потоків поїздів по паралельних ділянках.

8. *Встановлено величину раціонального заповнення головного ходу* Дніпропетровського залізничного вузла. Ця величина склала 148 поїздів/добу. *Отримано раціональний розподіл поїздопотоку у межах вузла*, який забезпечує одночасно мінімальний час слідування поїздів та мінімально можливі витрати механічної роботи. Частина поїздопотоку перерозподілена по паралельному ходу вузла, який мав резерв пропускної спроможності.

9. Розроблена методика дозволяє формалізувати прийняття рішення по вибору оптимального маршруту слідування конкретного поїзда в залежності від рівня завантаженості залізничної лінії і може бути використана поїзними диспетчерами у часи граничного використання пропускної спроможності ділянок. З економічної точки зору це допоможе зменшити експлуатаційні витрати, що пов'язані з пропуском вантажних поїздів. Економічний ефект від впровадження розробленої методики розподілу поїздопотоку складає приблизно 16 млн грн. на рік.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні праці:

1. Босов А. А. Визначення раціональних маршрутів руху поїздів на мережі доріг [Текст] / А. А. Босов, Ю. В. Чибісов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Вип. 34 – Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2010. – С. 180-188.
2. Мозолевич Г. Я. Дослідження характеристик поїздопотоків дніпропетровського залізничного вузла [Текст] / Г. Я. Мозолевич, Ю. В. Чибісов // Вісник Національного технічного університету «Харківського політехнічного інституту» – Вип. 9 – Вид-во Харків.

техн. ун-ту «ХПІ», 2011 – С. 72–78.

3. Переста Г. І. Усовершенствование технологии организации перевозок: международный опыт и анализ существующей практики управления [Текст] / Г. І. Переста, Ю. В. Чибісов, С. І. Музикіна // Вісник академії митної служби України (секція Технічні науки) №1 – 2011, С.11–15.
4. Чибісов Ю. В. Імітаційна модель розподілу поїздопотоку по оптимальним маршрутам [Текст] / Ю. В. Чибісов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Вип. 36 – Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2010.– С.219–225.

Додаткові праці:

1. Переста Г. І. Аналіз параметрів поїздопотоків дніпропетровського залізничного вузла [Текст] / Г. І. Переста, Ю. В. Чибісов // Вагонний парк №5, 2011, С. 11–14.
2. Козаченко Д. М. Комп'ютерний тренажер поїзного диспетчера [Текст] / Д. М. Козаченко, Г. Я. Мозолевич, Ю. В. Чибісов // Тези LXVI Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» – Д.: ДІПТ, 2006. – С. 169–170.
3. Козаченко Д. М. The use of simulating methods for the railway line research [Текст] / Д. М. Козаченко, Ю. В. Чибісов // Труды IV международной научной студенческой конференции «TRANS-MECH-ART-CHEM» – М.: 2006 – С. 174.
4. Музикіна Г. І. Оптимизация распределения поездопотоков на участках железнодорожного узла [Текст] / Г. І. Музикіна, Ю. В. Чибісов // Доклади XV міжнародної конференції з автоматичного управління Автоматика –2008, С. 381–382.
5. Музикіна Г. І. Моделювання пропуску поїздів по ділянках залізничного вузла [Текст] / Г. І. Музикіна, Ю. В. Чибісов, О. В. Хитрич // Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції «Транспортні зв'язки. Проблеми та перспективи» – Д.: ДІПТ, 2008 – С.45–46.
6. Чибісов Ю. В. The analysis of the existing technology of the railway management [Текст] / Ю. В. Чибісов, В. І. Тітяпов // Abstracts of the VIIIth Student's Scientific Conference "Engineer of the 3rd Millennium" Д.: ДІПТ, 2009 – С. 99–100.
7. Музикіна Г. І. Технология организации перевозок и пути ее усовершенствования [Текст] / Г. І. Музикіна, Ю. В. Чибісов, В. І. Тітяпов // Тези LXIX Міжнародної науково - практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» – Д.: ДІПТ, 2009 – С. 86–87.
8. Музикіна Г. І. Усовершенствование технологии организации перевозок [Текст] / Г. І. Музикіна, Ю. В. Чибісов // Тези I Міжнародної науково-практичної конференції «Інтеграція України в міжнародну транспортну систему» – Д.: ДІПТ, 2009 – С.40–41.
9. Чибісов Ю. В. Новые подходы к технологии организации управления перевозками [Текст] / Ю. В. Чибісов, В. І. Тітяпов // Тези 69-ї Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції «Науково-технічний прогрес на залізничному транспорті» – Д.: ДІПТ, 2009 – С.91–92.
10. Музикіна Г. І. Днепропетровский узел как сложная система взаимодействия элементов транспортного процесса [Текст] / Г. І. Музикіна, Ю. В. Чибісов // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития транспортного комплекса: образование, наука, производство» – Ростов-на-Дону, 2009, С. 142.
11. Переста Г. І. Математичний метод опису процесів на залізничних ділянках [Текст] / Г. І. Переста, Ю. В. Чибісов // Тези 70-ї Міжнародної науково - практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» – Д.: ДІПТ, 2010 – С. 142.
12. Переста Г. І. Аналіз експлуатаційної роботи дніпропетровського залізничного вузла [Текст] / Г. І. Переста, Ю. В. Чибісов // Матеріали семінару «Вдосконалення експлуатаційної роботи» – Д.: ДІПТ, 2010 – С. 14–15.
13. Переста Г. І. Статистичний аналіз параметрів поїздопотоків дніпропетровського залізничного вузла [Текст] / Г. І. Переста, Ю. В. Чибісов // Тези 71-ї Міжнародної науково -

практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» – Д.: ДПТ, 2011 – С. 150–151.

14. Чибісов Ю. В. Аналіз числових характеристик поїздопотоків Дніпропетровського залізничного вузла [Текст] / Ю. В. Чибісов, А. В. Лантух // Тези 71-ї Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції «Науково-технічний прогрес на залізничному транспорті» – Д.: ДПТ, 2011 – С. 11–12.

АНОТАЦІЯ

Чибісов Ю. В. Підвищення ефективності вантажних перевезень у залізничному вузлі за рахунок вибору раціонального розподілу поїздопотоків по ділянкам вузла. – 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, 2012.

Дисертація присвячена питанням удосконалення технології вантажних перевезень у залізничному вузлі за рахунок визначення оптимальних значень величини поїздопотоків по кожному маршруту.

Вперше задача вибору раціональних маршрутів пропуску поїздів у залізничному вузлі представлена як багатокритеріальна задача векторної оптимізації; розроблено алгоритм її вирішення.

Встановлено параметри вхідного поїздопотоків для поїздів різних категорій та вперше отримано диференційні функції розподілу кількості поїздів по категоріях для Дніпропетровського залізничного вузла. Також отримана залежність тривалості пропуску вантажних поїздів різної ваги та обсягу механічної роботи від довжини пробігу поїздів.

Розроблено модель для визначення раціональних маршрутів руху заданого поїздопотоків для будь-якої конфігурації залізничної мережі на основі векторної оптимізації.

Вперше встановлено величину раціонального заповнення головного ходу Дніпропетровського залізничного вузла та математично обґрунтовано метод вибору раціонального розподілу поїздопотоків у межах вузла, який забезпечує одночасно мінімальний час слідування поїздів та мінімально можливі витрати механічної роботи.

Дістала подальший розвиток функціональна модель залізничних ліній, яка була використана для визначення впливу завантаженості ділянок залізничного вузла на показники руху поїздів. Удосконалено методику розрахунків експлуатаційних витрат, пов'язаних з пропуском поїздів. Отримані математично обґрунтовані рекомендації щодо вибору оптимальних маршрутів пропуску вантажних поїздів у залізничному вузлі.

Ключові слова: залізничний вузол, потоки поїздів, векторна оптимізація.

АННОТАЦИЯ

Чибисов Ю. В. Повышение эффективности грузовых перевозок в железнодорожном узле за счет выбора рационального распределения поездопотоков по участкам узла.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.01 – транспортные системы. Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, Днепропетровск, 2012.

Диссертация посвящена вопросам усовершенствования технологии грузовых перевозок в железнодорожном узле за счет определения оптимальных значений величины поездопотока по каждому маршруту.

Впервые задача выбора рациональных маршрутов пропуска поездов в железнодорожном узле формализована и представлена как многокритериальная задача векторной оптимизации, разработан алгоритм её решения.

Определены параметры входящего поездопотока для поездов разных категорий и впервые получены дифференциальные функции распределения количества поездов по категориям для Днепропетровского железнодорожного узла. Анализ параметров грузового поездопотока показал, что среднесуточное количество грузовых поездов в течение года имеет периодический характер и меняется с коэффициентом вариации 0,1–0,2 в обоих направлениях. Определены законы и параметры распределения поездов в потоке. Выяснилось, что интервалы между поездами имеют показательное распределение. Выполнен анализ распределения случайной величины веса поездов брутто в узле. Математическое ожидание веса брутто поезда составило 4052,4 т, а среднеквадратическое отклонение 1132,5 т. Также получена зависимость времени пропуска грузовых поездов разной массы и объёма механической работы от пройденного расстояния.

Впервые разработан математический алгоритм и универсальная модель для определения рациональных маршрутов движения существующего поездопотока для любой конфигурации железнодорожной сети на основе векторной оптимизации. В качестве критериев оптимальности выбраны время хода поездов по маршруту и затраты механической работы на пропуск поездов. В диссертации модель железнодорожного узла формализована в виде мультиграфа, что позволило учесть характеристики перегонов между станциями. В решении поставленной задачи использован метод Парето.

Определена величина рационального заполнения главного хода Днепропетровского железнодорожного узла и математически обоснован метод выбора рационального распределения поездопотока в пределах узла, который обеспечивает одновременно минимальное время следования поездов и минимально возможные затраты механической работы.

Получила дальнейшее развитие функциональная модель железнодорожных линий, которая была использована для определения влияния загрузки участков железнодорожного узла на показатели движения поездов. Усовершенствована методика расчета эксплуатационных расходов, связанных с пропуском поездов. Получены математически обоснованные рекомендации по выбору оптимальных маршрутов пропуска поездов в железнодорожном узле.

Разработанная методика позволяет формализовать принятие решения по выбору оптимального маршрута следования конкретного поезда в зависимости от уровня загрузки железнодорожной линии и может быть использована поездными диспетчерами во время предельного использования пропускной способности линий. С экономической точки зрения это поможет уменьшить эксплуатационные расходы, связанные с пропуском поездов.

Ключевые слова: железнодорожный узел, потоки поездов, векторная оптимизация.

THE SUMMARY

Chibisov Yu. V. Increasing the efficiency of the freight transportation in the railway junction by means of the rational distribution of the trainflows on the lines of the junction.

The thesis on winning the scientific degree of the candidate of technical sciences on specialty 05.22.01 – transport systems. – Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan, 2012.

The thesis is dedicated to the problem of the improvement of the freight transportation technology in the railway junction by means of the determining the optimal amount of the trainflow on every route.

For the first time the task of the choosing the route of the running trains in the railway junction is represented as multicriterion task of the vector optimization. The algorithm of its solution was developed.

There were determined the incoming flow parameters of the trains of different category. The differential functions of the distribution of the random quantity of trains were obtained for the first time for the conditions of Dnepropetrovsk railway junction. There were also obtained the dependences between the time of the train running and the distance accomplished and between the amount of the mechanical work wasted for the train running and the distance accomplished.

There were developed the model for the determining the rational routes of the given trainflow for the terms of any possible configuration of the railway network. The model is based on the vector optimization.

The rational amount of the main railway line traffic was determined for the first time for the conditions of Dnepropetrovsk railway junction. The method used for choosing the rational distribution of the trainflow in the railway junction was mathematically grounded. According to this method, it became possible to figure out the optimal routes that provide both minimal time of train running and minimal mechanical work wasted.

The functional model of railway lines was given its further development. This model was used for determining the influence between the railway line load and the main indexes of the train running. The method of the maintenance costs calculation was improved. Mathematically grounded recommendations for choosing the optimal routes of the trainflow running in the railway junction were obtained.

Key words: railway junction, train flows, vector optimization.

ЧИБІСОВ ЮРІЙ ВІТАЛІЙОВИЧ

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У ЗАЛІЗНИЧНОМУ ВУЗЛІ
ЗА РАХУНОК ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ
ПОЇЗДОПОТОКІВ ПО ДІЛЯНКАМ ВУЗЛА

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора
Підписано до друку ____ січня 2012 р.
Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 1,4. Обл.-вид. арк. 1,6.
Тираж 100 пр. Зам. № ____.

Видавництво Дніпропетровського національного університету
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
Свідоцтво суб'єкта видавничої діяльності ДК № 1315 від 31.03.2003
Адреса видавництва та дільниці оперативної поліграфії:
вул. Лазаряна, 2; Дніпропетровськ, 49010