

МІНІСТЕРСТВО ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ
Дніпропетровський національний університет залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна

МОЗОЛЕВИЧ ГРИГОРІЙ ЯКОВИЧ

УДК 656.222

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ
ЗА РАХУНОК ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ
ПАРАМЕТРІВ ПОЇЗДОПОТОКІВ**

05.22.01 - транспортні системи

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ 2011

Дисертацією є рукопис

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

Науковий керівник:

кандидат технічних наук, доцент **Козаченко Дмитро Миколайович**,
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, начальник науково-дослідної частини, доцент кафедри «Управління експлуатаційною роботою»

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор **Чернецька-Білецька Наталя Борисівна**,
Східноукраїнський національний університет імені В. Даля Міністерства освіти і науки, молоді та спорту, завідувач кафедри «Організація перевезень та управління на транспорті»

кандидат технічних наук, **Андрющенко Вадим Олександрович**,
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, доцент кафедри «Комп'ютерні інформаційні технології».

Захист відбудеться «19» жовтня 2011 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 «19» вересня 2011 р.

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



І. В. Жуковицький

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасні умови функціонування залізничного транспорту України характеризуються постійною зміною структури та обсягів вантажо- та поїздопотоків при наявності резервів пропускної спроможності більшості ділянок залізничних напрямків. В зв'язку з цим зростає актуальність проблеми вибору раціональних параметрів маси та довжини поїздів з метою зменшення експлуатаційних витрат залізниці та витрат клієнтів як єдиної синергетичної системи. Залізничний транспорт України одночасно працює в ринкових умовах конкуренції з іншими видами транспорту, і в той же час, згідно закону України про транспорт, його головним завданням є своєчасне, повне і якісне задоволення потреб населення та суспільного виробництва в перевезеннях. При цьому залізничний транспорт виступає монополістом в масових перевезеннях вихідної, металургійної та хімічної промисловості. Тому його особливістю є значна частка витрат на утримання інфраструктури, що не залежить від обсягів роботи. Це визначає необхідність пошуку шляхів адаптації залізниць до наслідків коливань вантажопотоків та зміни їх структури.

Визначення раціональних параметрів поїздопотоків є складною оптимізаційною задачею, що не отримала остаточного вирішення і в даний час. У зв'язку з цим тема дисертації, що присвячена удосконаленню пропуску потоків поїздів на залізничних напрямках за рахунок оптимізації вибору їх параметрів, є досить актуальною.

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 розподілу сортувальної роботи в залізничних вузлах» (№ державної реєстрації 0107U001826); «Розробка технологічного процесу Одеської залізниці» (№ державної реєстрації 0108U010418); «Аналіз действующего порядка и документооборота по учету времени нахождения грузовых вагонов на территории государств СНГ, Латвийской республики, Литовской республики и Эстонской республики при передаче в третьи страны в соответствии правилами эксплуатации, пономерного учета и расчетов за пользование грузовыми вагонами» (№ державної реєстрації 0109U003740); «Розробка методів оцінки ефективності експлуатації на території України вагонних парків власності держав СНД і Балтії в сполученні з третіми країнами» (№ державної реєстрації 0110U000329).

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності вантажних перевезень за рахунок вибору раціональних параметрів поїздопотоків на залізничних напрямках. Для досягнення зазначеної мети в дисертації поставлено і вирішено наступні задачі:

- аналіз сучасних напрямків вибору раціональних параметрів поїздопотоків;
- дослідження існуючих параметрів поїздопотоків на залізничних напрямках, ви-

значення взаємозв'язку між ними;

- дослідження впливу управлінської діяльності оперативно-диспетчерського персоналу на показники роботи залізниць;
- розробка системи математичних моделей технічних станцій та залізничного напрямку, а також дослідження з використанням цих моделей впливу параметрів поїздопотоків на показники роботи технічних станцій та напрямків;
- дослідження зміни структури та обсягів вантажопотоків у часі;
- розробка методу визначення раціональних параметрів маси та довжини поїздів.

Об'єктом дослідження є процес пропуску поїздо- та вагонопотоків на залізничних напрямках.

Предмет дослідження – параметри вантажних поїздопотоків на залізничних напрямках.

Методи дослідження. Методи теорії ймовірності, математичної статистики, регресійного аналізу, математична теорія транспортних потоків використані для визначення існуючих параметрів поїздопотоків на вантажо- та пасажиронапруженому залізничних напрямках, аналізу тривалості знаходження вагонів та составів у різних підсистемах, аналізу структури та обсягів вантажопотоків. Методи імітаційного моделювання, тягових розрахунків, лінійного програмування, факторних експериментів, теорія скінчених автоматів, теорія масового обслуговування, методи теорії логістики були використані для розробки моделі залізничного напрямку та при дослідженнях впливу параметрів поїздопотоків на показники роботи технічних станцій та залізничних напрямків, а також для розробки методу визначення раціональних параметрів маси та довжини составів. Методи векторної оптимізації були використані для визначення раціональних параметрів поїздопотоків.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

Вперше встановлено функціональний зв'язок між зустрічними поїздопотоків по станціям обороту поїзних локомотивів та його математичні характеристики, що дало змогу суттєво підвищити точність моделей залізничних напрямків.

Вперше встановлено, що при оптимізації параметрів поїздопотоків необхідно враховувати, що загальна величина тривалості знаходження поїздів на технічних станціях має дві складові: величина однієї з них залежить тільки від інтенсивності поїздопотоків, іншої – визначається довжиною поїздів, і не врахування цього факту призводить до отримання неоптимальних значень.

Удосконалено модель залізничного напрямку, що на відміну від існуючих, дозволяє досліджувати роботу залізничних станцій та дільниць як єдину синергетичну систему.

Удосконалено метод визначення раціональних параметрів маси та довжини поїздів, який на відміну від існуючих враховує витрати клієнтів залізниць на закупівлю та зберігання вантажів, витрати, що пов'язані із параметрами поїздопотоків, а також зміну обсягів та структури вантажопотоків, і за рахунок цього дозволяє скоротити загальні витрати у логістичному ланцюгу вантажопотоків.

Практичне значення отриманих результатів. Наукові результати, отримані у дисертаційній роботі, а також розроблені моделі та методи можуть бути використані при визначенні раціональних параметрів маси та довжини поїздів на основних напрямках залізничних перевезень. Розроблено програмне забезпечення,

що дозволяє здійснювати імітаційне моделювання та оцінку показників роботи залізничного напрямку, в тому числі локомотивного парку, в умовах зміни обсягів, параметрів та структури поїздопотоків.

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».

Результати впроваджені на ДП «Укрзалізниця». Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами, що наведені у додатках до дисертації.

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

Стаття [1] опублікована одноосібно. В роботах, опублікованих у співавторстві, особистий внесок автора полягає у наступному. В роботі [2] удосконалено модель роботи залізничного напрямку, яка враховує особливості роботи як роздільних пунктів так і дільниць між ними. В статтях [3, 5] визначені числові характеристики параметрів поїздопотоків на пасажиронапруженому та вантажонапруженому залізничних напрямках, а також у Дніпропетровському залізничному вузлі. В статті [4] розроблено методику визначення раціональних параметрів маси та довжини поїздів в логістичному ланцюгу вантажопотоків.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені на 66-71-й науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2006-2011 рр.); на IV-й міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології» (Київ, ДЕТУТ, 2008 р.); на міжнародній науково-практичній конференції «Транспортні зв'язки. Проблеми и перспективи» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2008, 2010 р.); на 9-й міжнародній науковій конференції «Проблеми економіки транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2009 р.); на V міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми економіки та управління на залізничному транспорті», на наукових семінарах кафедри «Станції та вузли» 2008, 2010 рр. У повному обсязі дисертація доповідалася та була схвалена у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна на міжкафедральному науковому семінарі (травень 2011 р.).

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 24 наукових праці: 5 наукових статей у фахових виданнях, затверджених ВАК України та 19 тез доповідей у матеріалах і тезах міжнародних та всеукраїнських конференцій.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків і 8 додатків. Повний обсяг роботи – 199 сторінок; з них основного тексту 140 сторінок; рисунків, таблиць, список використаних джерел і додатків 59 сторінок. Список використаних джерел зі 130 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.

В першому розділі виконано аналіз сучасних напрямків удосконалення системи пропуску потоків поїздів на залізничних напрямках та визначення раціональних параметрів поїздопотоків.

Значний внесок у вирішення теоретичних та практичних проблем оптимізації технології роботи залізничних станцій та напрямків, визначення раціональних параметрів поїздопотоків, розробці теорії транспортних потоків зробили такі вчені як В.М. Акулінічев, П.В. Бех, В.І. Бобровський, Т.В. Бутко, Р.В. Вернигора, Є.Є. Гібшман, П.С. Грунтов, М.І. Данько, Д.М. Козаченко, Ф.П. Кочнєв, Д.Ю. Левін, І.Ю. Левицький, Д.В. Ломотько, Ю.О. Муха, Є.В. Нагорний, В.Я. Негрей, Г.І. Нечаєв, П.М. Орловський, В.М. Образцов, Б.Е. Пейсахзон, Г.І. Переста, Г. Поттгоф, М.В. Правдін, А.С. Савенко, Є.О. Сотніков, І.Є. Сотніков, Л.Б. Тішков, К.К. Тихонов, Б.І. Торопов, Д. Фалкерсон, Л. Форд, Ф. Хейт, Н.Б. Чернецька-Білецька, Є.М. Шафіт, М.Р. Ющенко, П.О. Яновський та інші.

Проведений аналітичний огляд літератури показав, що визначення раціональних параметрів поїздопотоків є складною оптимізаційною задачею. Норми маси та довжини поїздів є найважливішими техніко-експлуатаційними показниками, від яких залежать наявна провізна і пропускна спроможність залізничних ліній, витрати електроенергії та палива, собівартість перевезень, швидкість доставки вантажів, потреба у вагонному і локомотивному парках.

В наукових роботах пропонуються різні методи рішення зазначеної задачі та різні критерії оптимальності (прямі експлуатаційні витрати при заданому рівні технічного використання локомотивів, приведені вагоно-години, тощо). Однак вони характеризують виключно діяльність залізниці без зв'язку з інтересами клієнтів. Недоліками цих методів є використання недосконалих моделей, що враховують не всі елементи транспортного процесу.

На підставі виконаного аналітичного огляду сформульовані мета, задачі дослідження і загальний методологічний підхід до їхнього розв'язання.

У другому розділі вирішені задачі дослідження існуючих параметрів поїздопотоків на залізничних напрямках, впливу довжини поїздів на їх простій на технічних станціях та впливу управлінської діяльності оперативно-диспетчерського персоналу на показники роботи залізниць.

Залізничний напрямок представляє 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. Підсистемами залізничного напрямку є технічні станції та залізничні дільниці, елементами виступають колії перегонів, приймально-відправних та сортувальних парків станцій, горловини станцій, поїзди, локомотиви, вагони, працівники, тощо. Залізничному напрямку як системі властива багатакомпонентність, багатокритеріальність, високий динамізм поведінки.

Оскільки умови роботи залізничних напрямків суттєво відрізняються в залежності від їх функціонального призначення, конструкції та технічного оснащення станцій та дільниць, обсягів та структури вагоно- та поїздопотоків виконано збір статистичної інформації на вантажонапруженому напрямку Донбас-Кривбас та пасажиронапруженому Кримському напрямку Запоріжжя-Симферополь. Для визначення впливу параметрів поїздопотоків на простій поїздів виконано комплексне дослідження роботи станцій Нижньодніпровськ-Вузол та Джанкой. Визначені закони та параметри розподілу випадкової величини інтервалів між вантажними поїздами в потоці.

При дослідженні інтервалів між одиницями потоку поїздів на залізничних дільницях, де на кінцевих станціях розташовані оборотні депо, виявлено взаємозв'язок між парними та непарними потоками. Він пояснюється технологією роботи залізниць, в якій на локомотивних та дорожніх диспетчерів покладено функцію узгодження ниток графіку парних та непарних потоків для мінімізації простою поїздів в очікуванні локомотивів і локомотивів в очікуванні поїздів на станціях обороту локомотивів. Для станції П'ятихатки-Стикова Придніпровської залізниці було визначено характер випадкової величини простою локомотивів по обороту (рис. 1). Виявилось, що вона розподілена за законом Ерланга з математичним очікуванням $M[t]=102$ хв та коефіцієнтом Ерланга $k=5$. Враховуючи знайдену залежність, при моделюванні зустрічних потоків поїздів пропонується спочатку моделювати, наприклад, парний потік за показниковим законом розподілу, а потім до математичних очікувань моментів прибуття парних поїздів на кінцеву станцію прив'язувати моменти відправлення непарних поїздів з інтервалами, розподіленими за законом відповідним до закону простою локомотивів по обороту.

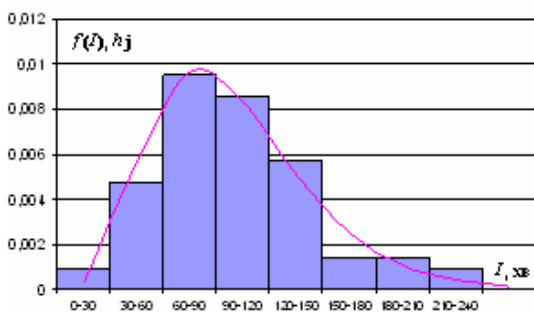


Рис. 1 - Розподіл випадкової величини інтервалів між парними та непарними поїздами в потоці

В дисертації визначені закони розподілу параметрів поїздопотоків вантажо- та пасажиронапруженого напрямку. Диференційні функції нормального закону розподілу маси та довжини поїздів мають наступний вигляд:

$$f(x) = ae^{-\frac{(x-M(x))^2}{b}}, \quad (1)$$

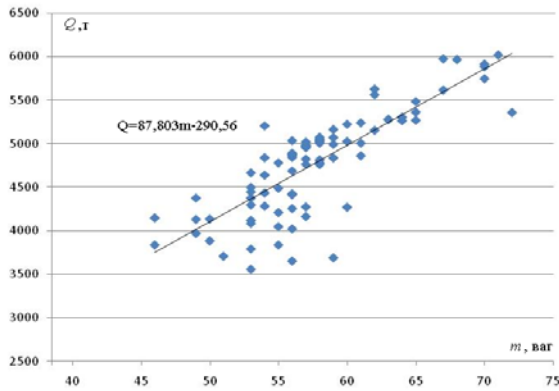
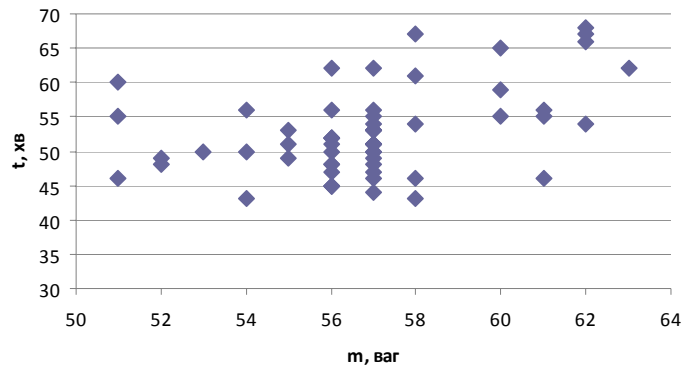
де a та b - коефіцієнти, що відповідають характеру потоку, $M(x)$ - середнє значення показнику. Кількість вагонів у складі поїздів m тісно пов'язана із масою поїздів Q (рис 2):

коефіцієнт кореляції коливається в межах 0,64 ... 0,81 в залежності від напрямку. Функціональний зв'язок між параметрами поїздів встановлено методом найменших квадратів

$$Q = 87,803m - 290,56 \text{ при } m \geq 5 \quad (2)$$

З метою оцінки впливу довжини поїздів на тривалість виконання технологічних операцій був виконаний хронометраж процесу обслуговування составів у приймально-відправних парках станції Нижньодніпровськ-Вузол (рис. 3). За шкалою Чеддока ступінь зв'язку між параметрами виявився помітним ($r_{mt}=0,6$).

Для визначення впливу управлінської діяльності оперативно-диспетчерського персоналу на показники роботи залізничних дільниць виконано збір кількісних та якісних показників роботи поїзних диспетчерів (ДНЦ).

Рис. 2 – Поле точок $N(m; Q)$ Рис. 3 – Поле точок $t = f(m)$

На рис. 4 та рис. 5 наведено функції розподілення та багатокутники розподілу випадкової величини маси сформованих поїздів та їх дільничної швидкості для двох різних диспетчерів. За допомогою критерію Уїлкоксона проведено порівняння показників роботи двох ДНЦ. Виявлено, що вибірки за такими показниками, як добова здача вагонів, добове навантаження, середня вага поїзда, відносяться до однієї генеральної сукупності. Це пояснюється тим, що відділом перевезень ведеться жорсткий контроль за виконанням кількісних показників. Інша ситуація спостерігається з виконанням таких показників, як оборот вагону, дільнична швидкість, середньодобова продуктивність локомотива, середній простій одного вагона на одній технічній станції. Їх випадкові величини при роботі різних ДНЦ не належать до однієї генеральної сукупності. Отже, робота диспетчерського апарату суттєво впливає на якісні показники роботи залізничних ділянок і це треба враховувати при моделюванні роботи залізничних станцій та напрямків.

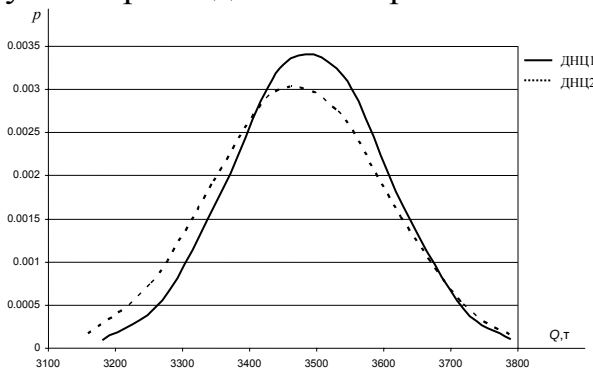


Рис. 4 – Функції розподілу випадкової величини маси поїздів, що сформовані на диспетчерській ділянці при роботі двох диспетчерів

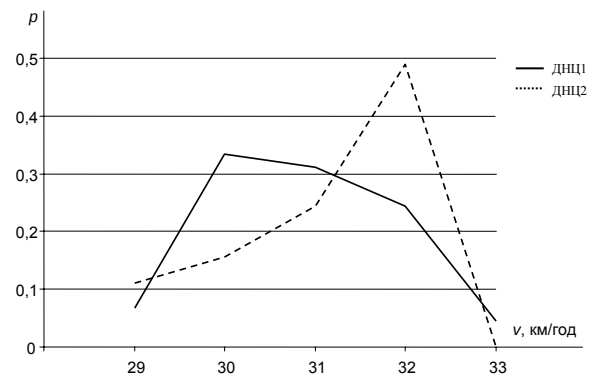


Рис. 5 – Багатокутник розподілу випадкової величини дільничної швидкості поїздів на диспетчерській ділянці при роботі двох диспетчерів

У третьому розділі для виконання досліджень впливу параметрів поїздопотоків на показники роботи залізниць розроблено систему математичних моделей технічних станцій та залізничного напрямку.

На мікрорівні об'єктом дослідження є процес переробки транзитних вагонопотоків та формування поїздопотоків на сортувальних і дільничних станціях напрямку з різними параметрами маси та довжини. На макрорівні об'єктом дослідження виступає процес пропуску поїздопотоків по залізничному напрямку, що являє собою багатозадачну систему масового обслуговування (СМО), окремими фазами якої є станції та дільниці. Тому зміна параметрів поїздопотоків та технології роботи впливає на завантаження залізничних об'єктів та виконавців, на міжділя...

ційні простої та тривалість знаходження рухомого складу в окремих фазах обробки та в СМО в цілому. Суттєвий вплив цих факторів також має і на експлуатаційні витрати. В зв'язку з цим в дисертації вирішена задача побудови адекватних функціональних моделей залізничних напрямків для прогнозування та оптимізації техніко-експлуатаційних показників їх роботи.

Імітаційна модель залізничної станції на мікрорівні включає моделі технологічного процесу станції (МТП), інформаційну модель (ІМ) та модель системи управління (МСУ). При цьому використана технологія ергатичного моделювання залізничних станцій, що передбачає можливість безпосередньої участі у процесі моделювання особи, яка приймає рішення, для виконання функцій маневрового диспетчера, або чергового по станції. Альтернативою ергатичному моделюванню є модель системи управління, що передбачає усі можливі сценарії технології роботи об'єкту. За основу МТП станції прийнята модель, в якій станція розглядається як багатофазна, багатоканальна, керована СМО. Фазами обслуговування є окремі технологічні операції, які виконуються в певній послідовності відповідно до технологічного процесу (ТП). Тривалості цих операцій моделюються як випадкові величини, параметри яких залежать від характеристик об'єкту. Обслуговуючими пристроями є виконавці технологічних операцій. ТП обслуговування об'єктів кожної категорії формалізований на основі відповідного скінченного автомата (СА). На рис. 6 показано приклад формалізації технологічного процесу формування составів на технічній станції. Об'єкт послідовно проходить фази ТП, займаючи та звільнюючи виконавців.

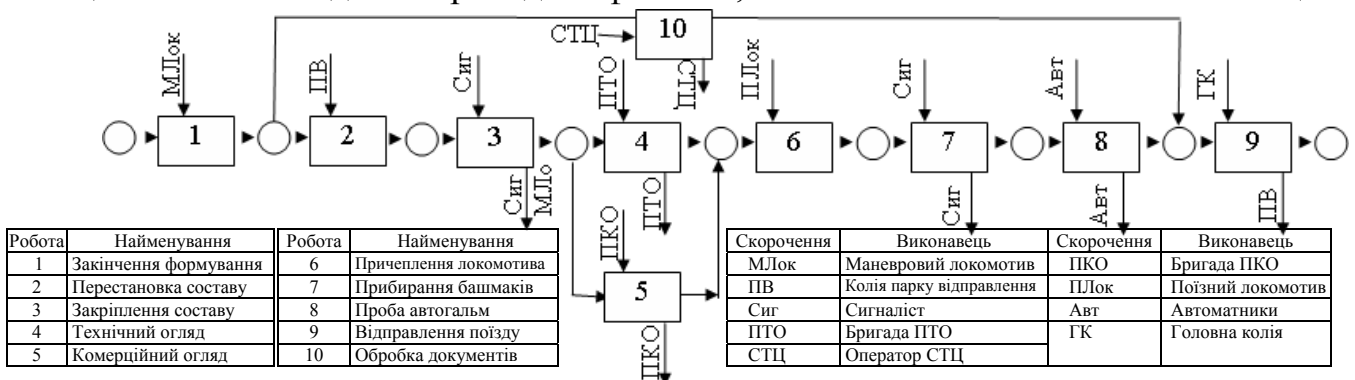


Рис. 6 – Формалізація технологічного процесу формування составів на основі СА

ІМ (рис. 7) призначена для надання особі, що приймає рішення (ОПР) інформації про поточний стан технологічного процесу, а також для сприйняття від ОПР керуючих команд і передачі їх в МТП. Вона являє собою зображення добового плану-графіка станції на часовій сітці.

Основою МТП на макрорівні є модель, в якій залізничний напрямок розглядається як багатоканальна багатофазна СМО. Фазами обслуговування поїздів є залізничні перегони та станції. Тривалості обслуговування моделюються як випадкові величини, параметри яких залежать від характеристик заявок на обслуговування та об'єктів обслуговування. В якості вихідних даних використовувались графік руху пасажирських поїздів, визначені у другому розділі закони розподілу випадкової величин інтервалів між вантажними поїздами в потоці, кількості вагонів у составі вантажних поїздів та їх маси, відстань між сусідніми станціями напрямку, профіль та план колії перегонів та головних колій станцій, колійний розвиток роздільних пунктів, існуючі локомотиви та їх характеристика.

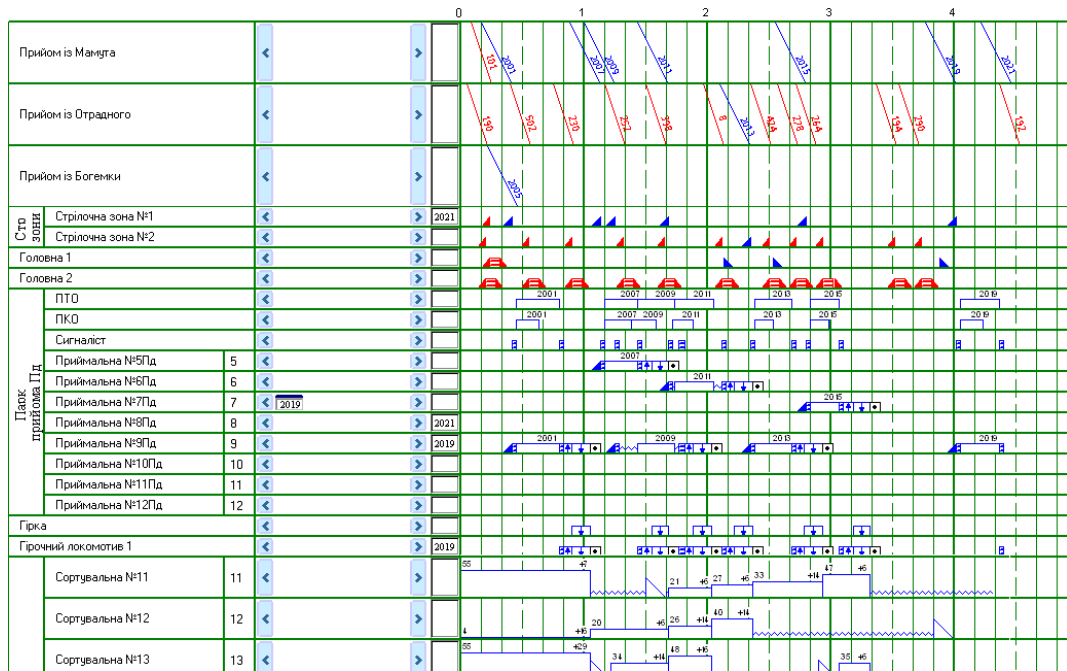


Рис. 7 – Фрагмент інформаційної моделі підсистеми розформування сортувальної станції

Вхідний потік вантажних поїздів співпадає з вихідним потоком моделей за- лізничних станцій початкової та кінцевої вершини напрямку та характеризується певною структурою. В модель надаються моменти надходження та параметри по- їздів, їх номери-ідентифікатори та підходи надходження. Момент прибуття ванта- жних поїздів на станцію визначається за формулою $T_i = T_{i-1} + t_i$, де t_i – інтервал між поїздами, $T_0 = 0$. Значення t_i моделюються окремо для кожного підходу станції за модифікованим розподілом Ерланга за допомогою виразу

$$t_i = \frac{I_{\min} - M[t]}{k} \ln \prod_{i=1}^k r_i + I_{\min}, \quad (3)$$

де $I_{\min}$ – мінімальний інтервал між поїздами, що встановлюється вимогами авто- блокування; r – випадкове число, що рівномірно розподілене в інтервалі $[0, 1]$.

Для імітації процесу руху поїздів проведені дослідження з використанням методу тягових розрахунків. В результаті експериментів з масою поїздів в межах 1000...8500 т отримано енергетичні витрати і час руху поїздів на перегонах діль- ниць. Окремо для вантажного та порожнього потоків переглянуто 58 різних регре- сійних моделей $T_x = f(Q, L)$ часу ходу вантажного поїзда по перегону як функції маси составу Q_j і довжини L_i перегону. На основі методу найменших квадратів об- рано варіант з мінімальною залишковою дисперсією:

$$T_x = 0,859 + 1,27 \cdot 10^{-4} Q_j + 8,7 \cdot 10^{-4} L_i, \text{ хв.} \quad (4)$$

Для перевірки адекватності отриманої залежності був проведений повний факторний експеримент із загальним видом функції відгуку

$$\epsilon = b_0 + b_1 \cdot \tilde{X}_1 + b_2 \cdot \tilde{X}_2 + b_{12} \cdot \tilde{X}_1 \cdot \tilde{X}_2, \quad (5)$$

де $\tilde{X}_1$ та $\tilde{X}_2$ – рівні першого та другого факторів – маси та довжини перегону, b_0, b_1, b_2, b_{12} – невідомі коефіцієнти. Результати розрахунків для верхніх та нижніх рівнів факторів дозволили визначити коефіцієнти функції відгуку та саму функцію

$$\epsilon = 11,86 + 0,285 \cdot \tilde{X}_1 + 7,13 \cdot \tilde{X}_2 + 0,0005 \cdot \tilde{X}_1 \cdot \tilde{X}_2 \quad (6)$$

Адекватність отриманої залежності перевірено при нульових рівнях факторів: $T_x \approx \epsilon = 11,86$ хв. Оскільки коефіцієнти b_1, b_2 додатні, то між функцією відгуку та фак-

торами має місце прямопропорційний зв'язок. Порівнюючи розраховані коефіцієнти b_1 і b_2 між собою, можна відзначити, що значно більший вплив на функцію відгуку має другий фактор, тобто довжина перегону. Треба зазначити, що збільшення маси поїздів, наприклад, у 3 рази з 2000 т до 6000 т призводить до збільшення тривалості руху поїзда на перегоні всього на 3-5 %.

Технологічні процеси обробки об'єктів на напрямку представляють комплекс технологічних операцій g_i , кожна з яких повинна бути виконана в певному порядку перед тим як об'єкт залишить систему. В якості об'єктів, що обслуговуються на дільницях, розглядаються поїзди та поїзні локомотиви. Згідно технологічного процесу в моделі передбачено можливість поділу поїздів на состави та поїзні локомотиви, що мають різну технологію обслуговування на технічних станціях, де відбувається зміна локомотивів.

В МТП технологія пропуску поїздів представляється структурою

$$q_i = \{ I_w, I_o, p, U_q, F_q, t_q \}, i = 1, 2 \dots, n_q, \quad (7)$$

де I_w – ідентифікатор шаблону технологічної операції; I_o – об'єкт з яким виконується операція; p – множина параметрів об'єкту; U_q – список перегонів; F_q – список умов закінчення технологічної операції; t_q – момент закінчення виконання технологічної операції.

Шаблони w_i містять інформацію, яка необхідна для параметризації окремих технологічних операцій q : $w_i = \{ I_w, f_t, \zeta \}, i = 1, 2 \dots, n_w, f_t$ – функція, що визначає тривалість руху поїзда по перегону; ζ – параметр, що вказує на порядок відправлення поїздів на перегон ($\zeta=1$ – поїзд займає перегін, $\zeta=0$ – поїзд зупиняється для обгону поїздом іншої категорії).

Інформаційна модель залізничного напрямку на макрорівні призначена для надання інформації про поїзний стан та для відображення показників роботи напрямку (рис 8). Вона являє собою зображення графіку руху поїздів напрямку на часовій сітці. В пунктах обороту локомотивів їх узгодження здійснюється на основі пошуку мінімальних простоїв в очікуванні поїздів з урахуванням необхідності виконання ТО-2 та технологій роботи станцій. Цей пошук виконується за допомогою методів лінійного програмування.

Розроблені моделі реалізовані в середовищі *C++ Builder* та *Visual Studio* та дозволяють визначити показники роботи графіку руху поїздів, локомотивного та вагонного парку. Адекватність моделей була підтверджена за допомогою критерію Уїлкоксона порівнянням вибірок результуючих показників дільничної швидкості, обороту локомотиву, середньої маси поїзда тощо, отриманих за результатами моделювання та на реальних об'єктах.

У **четвертому розділі** вирішена задача дослідження та оцінки впливу параметрів поїздопотоків на експлуатаційні показники роботи станцій та дільниць.

На першому етапі проведено дослідження впливу кількості вагонів m у составах поїздів різних категорій (в розформування, свого формування, транзитних) на тривалість знаходження транзитного вагону t_{tp} на станціях та дільницях при постійному вагонопотоці – на рис. 9 показані результати при літньому (верхня крива) та не літньому (нижня крива) графіках руху пасажирських поїздів. В результаті була отримана множина значень функції $t_{tp}(m)$, аналіз якої показав збільшення дисперсії

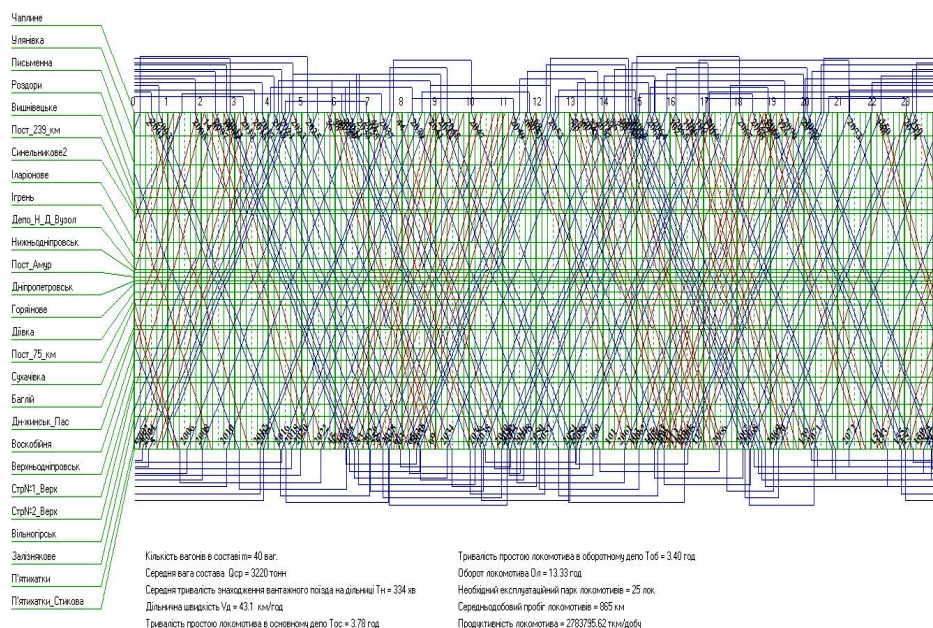


Рис. 8 – Фрагмент імітаційної моделі залізничного напрямку

показника $t_{\text{тр}}^{3/\pi}$ із зменшенням кількості вагонів у поїзді при нелінійній формі залежності математичного очікування $M[t_{\text{тр}}^{3/\pi}]$ як функції від m . Це доводить, що існує обмеження знизу по величині m , яке призведе до різкого збільшення необхідної кількості колій в парках станцій та безпосередньо поступового збільшення обороту вагону через перевантаження виконавців та обслуговуючих пристроїв.

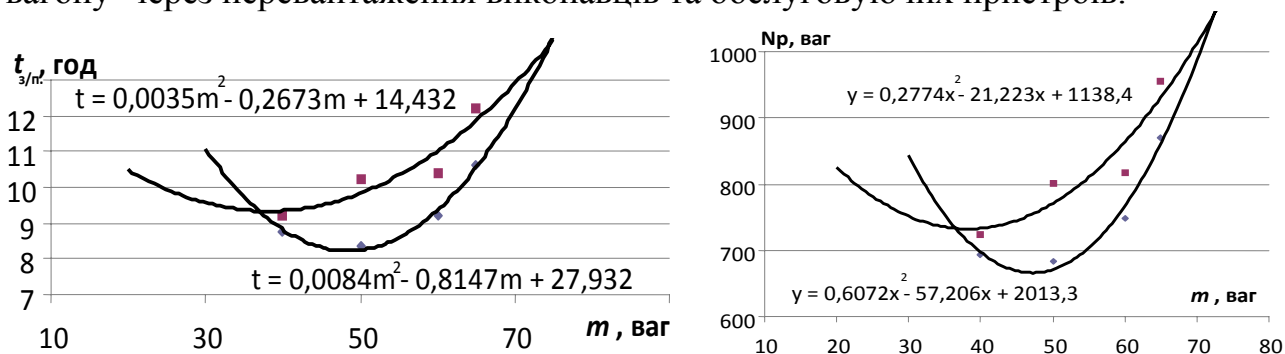


Рис. 9 – Залежності простою транзитних вагонів з переробкою на сортувальних станціях та робочого парку вагонів від кількості вагонів у составі поїздів

На другому етапі проведено дослідження впливу розміру вагонопотоку на величину $t_{\text{тр}}$, в результаті якого встановлено лінійну залежність простою при формуванні та розформуванні поїздів з $m=50$ ваг/состав; нелінійні залежності при збільшенні величини m і збільшення простою при зменшенні кількості вагонів у составі по причині перевантаженні транспортних систем. В подальших експериментах визначено вплив випадкової величини m на простій t_{mp} при формуванні поїздів із змінною довжиною $m \in [m_{\min}; m_{\max}]$, де $m_{\min}$ – норма по накопиченню, $m_{\max}$ – максимальна кількість вагонів у поїзді. Таким чином, кількість вагонів у составі поїздів, що формують технічні станції, істотно впливає на показники їх роботи, і врахування лише фактору обмеження по масі та корисній довжині колії при визначенні норми по накопиченню призведе до отримання їх неоптимальних значень.

В існуючих методиках розрахунку оптимальної маси поїздів у витратах, що пов'язані з роботою станцій, враховуються лише витрати на накопичення составів поїздів. В той же час, кількість вагонів у составі поїздів впливає на тривалість технологічних операцій, що виконуються з ними, на технічних станціях, а саме на тривалість закріплення рухомого складу та його зняття, технічного та комерційного огляду поїзда, насуву та розформування составу на сортувальній гірці, осаджування вагонів після розпуску, формування поїздів, випробування автогальм. У загальній величині тривалості технологічних операцій є складова, яка пов'язана з об'єктом, що оброблюється в цілому. До таких операцій можна віднести приготування маршрутів, видачу необхідних розпоряджень, заїзд локомотиву під состав, інші. Виконаний аналіз показує, що тривалість виконання технологічних операцій по обробці поїздів в загальному вигляді може бути представлено за допомогою виразу

$$t = z + f(m), \quad (8)$$

де z - тривалість операцій, що відносяться на поїзд в цілому, $f(m)$ - тривалість операцій, що відносяться на кількість вагонів у составі.

Для детального аналізу впливу кількості вагонів на роботу парку прийому сортувальної станції виконано серію експериментів з використанням ергатичної імітаційної моделі. Результати моделювання показали нелінійну залежність (рис. 10) тривалості знаходження вагонів у парку прийому від кількості вагонів у составі. При цьому загальний вагонопотік, що надходив на станцію, був постійний, а кількість вагонів у поїздах в процесі моделювання змінювалась.

Таким чином, виконані в дисертації техніко-експлуатаційні розрахунки показали, що існуюча спрощена методика оптимізації маси поїздів призводить до заниження експлуатаційних витрат на 10-15% і відповідних похибок в розрахунках.

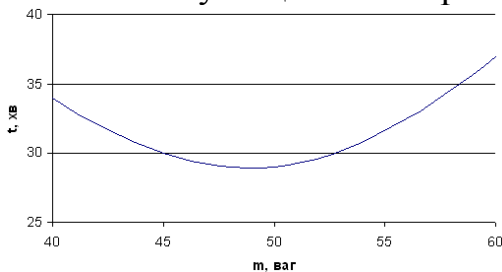


Рис. 10 – Результати ергатичного моделювання роботи підсистеми розформування

Для визначення впливу потужності вантажного вагонопотоку A , довжини поїздів m та кількості пасажирських поїздів N на тривалість знаходження вантажних поїздів на напрямку T з використанням теорії факторних експериментів, отримано математичну модель у вигляді поліному першого ступеня: $t = f(m, N, A)$ або

$$t = a_0 + a_1 m + a_2 A + a_3 N + a_{12} mA + a_{13} mN + a_{23} AN + a_{123} mAN \quad (9)$$

Для перевірки відтворюваності експерименту визначені оцінки дисперсії S_i^2 в досліді та виконано аналіз їх однорідності за критерієм Кохрена $G = \max_i S_i^2 (\sum_{i=1}^N S_i^2)^{-1} = 0,243 < G_{кр} = 2,8$ для числа ступенів свободи $\nu_{1\text{від}} = 8$ і $\nu_{2\text{від}} = 8$ при рівні значимості $q_{\text{від}} = 0,05$. Отже, всю групу вибірових дисперсій S_i^2 можна вважати оцінками однієї і тієї ж генеральної дисперсії σ^2 відтворюваності експерименту. За розрахунками отримано функцію виду

$$t = 396,15 + 0,35x_1 + 1,19x_2 + 7,03x_3 - 0,19x_1x_2 - 0,06x_1x_3 + 0,33x_2x_3 - 0,01x_1x_2x_3 \quad (10)$$

Таким чином, результати моделювання на макрорівні дозволили визначити взаємозв'язок між параметрами поїздопотоків та основними експлуатаційними показниками роботи залізничних напрямків.

У п'ятому розділі формалізована та вирішена задача визначення раціональних параметрів поїздопотоків на залізничних напрямках як задача векторної оптимізації. Критеріями оптимізації виступають витрати учасників логістичного ланцюгу вантажопотоків, а її параметрами – маса Q (т) та довжина m (ваг) поїздів:

$$\begin{cases} C_3 = E_3(m, Q) \rightarrow \min \\ C_{\text{кл}} = E_{\text{вант}}(m, Q) + E_{36}(m, Q) \rightarrow \min, \end{cases} \quad (11)$$

де E_3 - витрати залізниці на переміщення поїздопотоків на напрямку; $E_{\text{вант}}$ - витрати вантажовласників на закупівлю вантажів, що постійно знаходяться в русі під час перевезень; E_{36} - витрати на зберігання вантажів на складах відправників та одержувачів.

Всі вищезазначені витрати в оптимізаційній задачі розглядаються як функції параметрів m та Q при постійних значеннях інших, таких як добовий вагонопотік по напрямку – A ваг/добу, наявна пропускна спроможність – $N_{\text{н}}$, пар поїздів/добу, максимальна довжина приймально-відправних колій – $l_{\text{кол}}$, м, максимальна маса поїздів на дільницях напрямку при існуючих поїзних локомотивах – $Q_{\text{мах}}$, т, добовий вантажопотік на напрямку – $P_{\text{вант}}$, т/добу, доля порожнього вагонопотоку в переважно порожньому напрямку – $\alpha_{\text{пор}}$, обсяги пасажирського руху при літньому та не літньому графіку руху поїздів – $N_{\text{пас}}$, поїздів/добу, середня тара вагонів – $q_{\text{т}}$, т, середня вантажопідйомність вагонів – $q_{\text{ваг}}$, т/ваг, локомотивний парк – $W_{\text{л}}$.

Витрати залізниці на пропуск поїздопотоків визначаються наступним чином:

$$E_3 = E_{\text{проб}}(m, Q) + E_{\text{лок}}(N_{\text{в}}) + E_{\text{лок-бр}}(N_{\text{в}}), \quad (12)$$

де $E_{\text{проб}}$ - витрати на пробіг поїздів заданої маси та довжини, що припадають на витрати електроенергії чи дизельного палива та переробку на технічних станціях; $E_{\text{лок}}$ - витрати, що припадають на локомотиво-години роботи для пропуску заданого вагонопотоку; $E_{\text{лок-бр}}$ - витрати на утримання локомотивних бригад. Витрати $E_{\text{лок}}$ та $E_{\text{лок-бр}}$ безпосередньо залежать від кількості вантажних поїздів на напрямку, яку в свою чергу визначають параметри поїздопотоків. Вони визначені з використанням імітаційних моделей залізничних станцій та дільниць.

Витрати клієнтів на закупівлю вантажів розраховуються за формулою:

$$E_{\text{вант}} = A\alpha_{\text{нав}}qc_{\text{т}}d_{\text{ст}}t_{\text{дост}}(1+t_{\text{напр}}^*/t_{\text{напр}}), \quad (13)$$

де $\alpha_{\text{нав}}$ - доля навантажених вагонів від загального вагонопотоку; q - середнє навантаження вагону на напрямку; $c_{\text{т}}$ - середньозважена вартість однієї тонни вантажу; $d_{\text{ст}}$ - дисконтна ставка; $t_{\text{дост}}$ - середня тривалість знаходження вантажу в русі від станції завантаження до станції призначення; $t_{\text{напр}}^*/t_{\text{напр}}$ - відношення тривалостей знаходження вантажу на напрямку після та до зміни параметрів поїздопотоків.

Витрати на зберігання вантажу змінюються пропорційно величинам партій доставок m , що відповідають кількості вагонів у складах поїздів, для окремого состава $E_{36}=0,5mc_sT$, де c_s – середні витрати на зберігання вантажу, грн/год; T – середня тривалість споживання однієї партії вантажу, год.

Дослідження впливу параметрів поїздопотоків на витрати залізниці для Кримського напрямку виконано з використанням розробленої моделі роботи залізничного напрямку. Результати досліджень показали, що із збільшенням довжини та маси поїздів на напрямку, витрати залізниці зменшуються (рис. 11) і одночасно з цим збільшується тривалість знаходження вагонопотоків на напрямку.

Оптимізаційна задача полягає у пошуку таких значень m та Q , які забезпечують виконання умови (11) при наступних обмеженнях: 1 – по наявній пропускній спроможності дільниць напрямку; 2 – по відповідності добового обсягу вагонопотоків поїздопотоків; 3 – по довжині приймально-відправних колій; 4 – по силі тяги поїзних локомотивів; 5 – по обсягам перевезених вантажів; 6 – по вантажопідйомності вагонів; 7 – по локомотивному парку.

Для Кримського напрямку побудована область допустимих значень параметрів поїздопотоків (рис. 12). Обмеження $1'$ та $1''$ відповідають не літнім та літнім розмірам руху пасажирських поїздів на напрямку. Конус, утворений обмеженням 5, пояснюється співвідношенням випадкових параметрів m та Q . Величина кута при вершині пропорційна долі порожнього вагонопотоку на напрямку. Обмеження 7 паралельне обмеженням 1 та коливається в межах між $1'$ та $1''$, оскільки локомотивний парк напрямку може використовуватись на суміжних напрямках, бути доповнений локомотивами інших депо. І, як показали дослідження, оборот локомотиву не може бути прийнятий постійною величиною, оскільки він залежить від параметрів та обсягів поїздопотоків.

Для визначення витрат $E_{\text{вант}}$ та $E_{\text{зб}}$ виконано статистичний аналіз інформації про структуру, обсяги та вартість вантажопотоків, що перевозились Укрзалізницею за останні роки. Він показав, що в останнє десятиріччя відбувається зміна кон'юнктури ринку вантажних перевезень. Одночасно з цим змінювався попит та пропозиція на окремі товари, що перевозилися залізницями України, деякі групи вантажів стали транспортуватись іншими видами транспорту або перевозитись шляхами в обхід території України. Все це вплинуло на собівартість самих вантажів. Аналіз зміни вартості масових вантажів, що перевозилися залізницями з 2002 по 2010 р., показав значні коливання, що пояснюються зміною попиту та обсягів споживання тих чи інших вантажів на ринку України. Між середньозваженою вартістю та обсягами перевезень було встановлено тісний кореляційний зв'язок $r_{c_s \sum Q} = 0,77$.

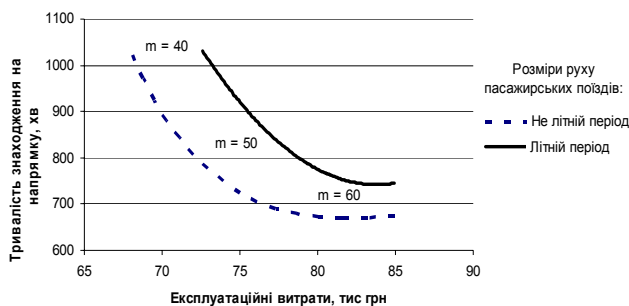


Рис. 11 – Залежність експлуатаційних витрат від тривалості знаходження поїздів на дільниці

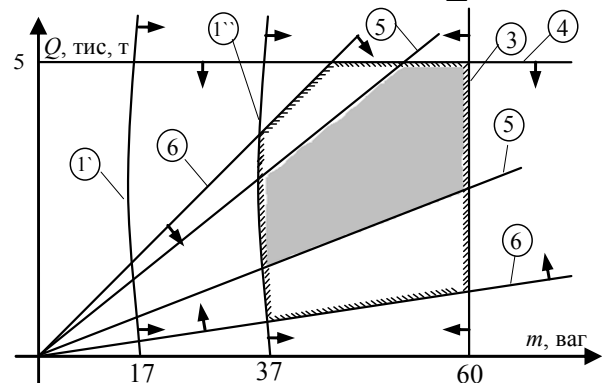


Рис. 12 – Область допустимих значень параметрів поїздопотоків

Для визначення параметрів поїздопотоків, що задовольняють умову (1), була побудована поверхня $E = f(m; c_s)$ (рис. 13, а), де c_s – середня вартість однієї тони вантажу. Для наочності виконані розтини поверхні площинами при деяких постійних значеннях параметру c_s (рис. 13, б), з чого видно, що загальні витрати учасників процесу перевезень досягають мінімального значення при зменшенні довжини поїздів до 48-54 вагонів у складі в залежності від співвідношення витрат на перевезення та вартості перевезених вантажів.

Розв'язок задачі векторної оптимізації полягає у пошуку усіх пар параметрів поїздопотоків, які задовольняють умову (11) при будь-якому співвідношенні витрат між собою $t = C_3/C_{кл}$. При двох невідомих значення m та Q , вони повинні задовольняти наступну систему рівнянь

$$\begin{cases} \frac{\partial C_3(m, Q)}{\partial m} + t \frac{\partial C_{кл}(m, Q)}{\partial m} = 0, \\ \frac{\partial C_3(m, Q)}{\partial Q} + t \frac{\partial C_{кл}(m, Q)}{\partial Q} = 0. \end{cases} \quad (17)$$

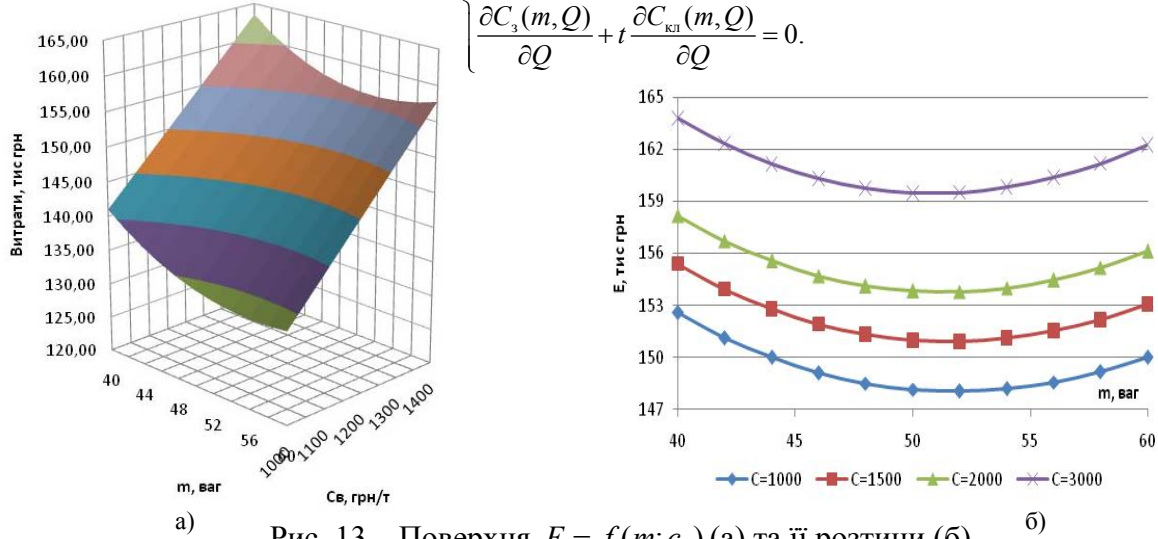


Рис. 13 – Поверхня $E = f(m; c_v)$ (а) та її розтини (б)

Розв'язок цієї системи рівнянь для функцій витрат Кримського напрямку залізничних перевезень (рис. 14) отримано з використанням програмного засобу *Maple 7*. Так при $t \notin \{1,58; 4,42\}$ значення оптимальних параметрів поїздопотоків знаходяться на границі ОДЗ, а при $\forall t \in \{1,58; 4,42\}$ рішення буде мати наступний вигляд (рис. 15 а).

Необхідно зазначити, що пошук функцій витрат виконувався відносно стандартних параметрів поїздопотоків, що задавалися б в тих чи інших випадках на напрямку, а справжні експлуатаційні значення $\tilde{m}$ та $\tilde{Q}$ відрізняються від них, оскільки існуюча технологія формування поїздів на технічних станціях передбачає накопичення до досягнення одного з граничних параметрів поїздопотоків (рис. 15 б).

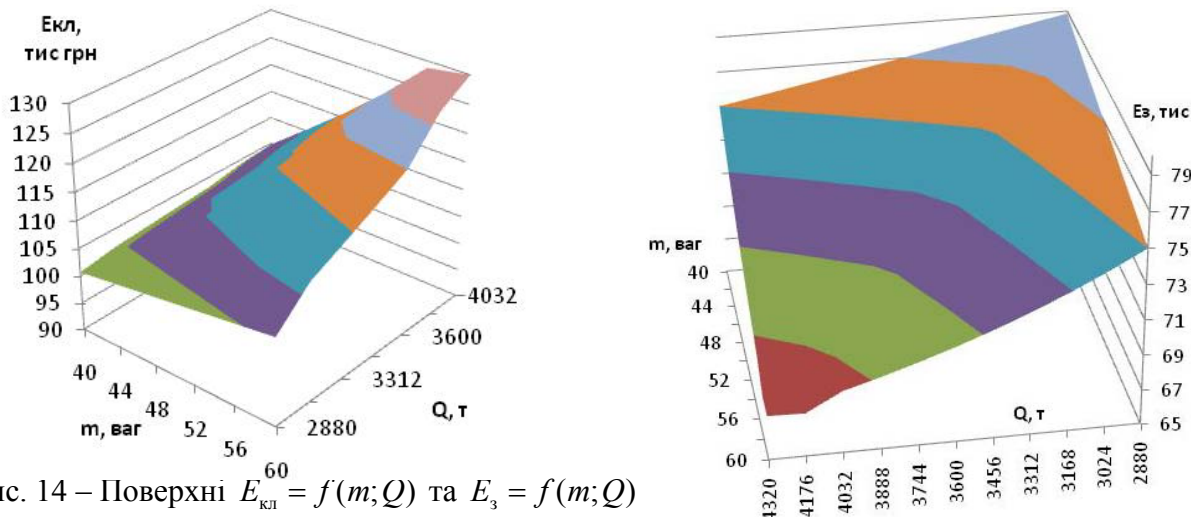


Рис. 14 – Поверхні $E_{кл} = f(m; Q)$ та $E_3 = f(m; Q)$

Таким чином, при зменшенні обсягів перевезень на залізниці виникає проблема прискорення руху поїздопотоків в зв'язку із збільшенням тривалості простою вагонів на технічних станціях під накопиченням для запобігання виплати штрафів за несвоєчасну доставку вантажів клієнтам. Насправді ж, в цей період часу відбувається зменшення вартості вантажної маси, що знаходиться в русі, і тому

її перевезення може бути виконано в більш довші строки із максимально

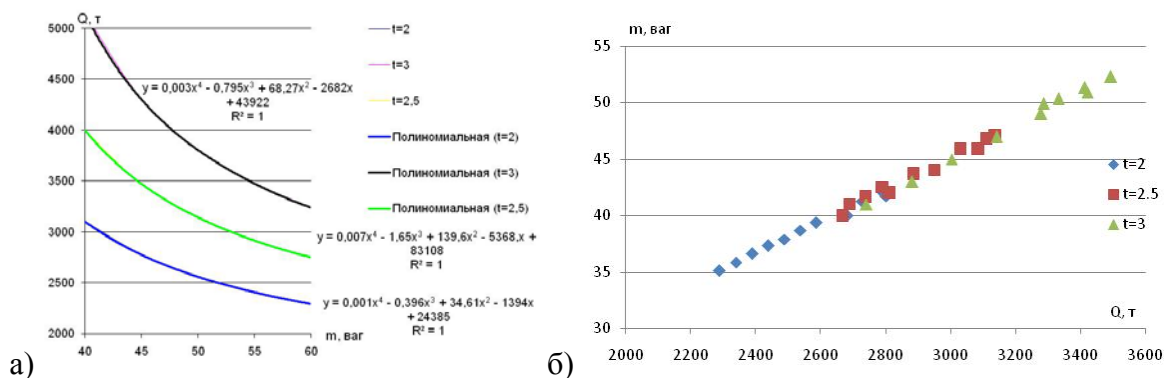


Рис. 15 – Розв’язок задачі векторної оптимізації

можливим збільшенням довжини та маси поїздів та відповідним зменшенням експлуатаційних витрат залізниці. При збільшенні обсягів перевезення відбувається поступове збільшення вартості вантажів, тому в цей час раціональним стає зменшення маси та довжини поїздів, що призведе до прискорення просування поїздопотоків по напрямках з організацією руху неповносоставних поїздів довжиною 42-50 вагонів в залежності від роду вантажопотоків на напрямку та їх обсягу.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота містить отримані автором результати, які в сукупності вирішують **науково-практичну задачу вибору раціональних параметрів поїздопотоків на залізничних напрямках**. Виконані в роботі дослідження дозволяють зробити наступні висновки та пропозиції:

1. Виконаний аналіз наукових робіт по проблемі вибору раціональних параметрів поїздопотоків на залізничних напрямках показав, що в сучасних умовах відсутній комплексний підхід до розв’язання задачі вибору маси та довжини поїздів. В існуючих наукових роботах вплив параметрів поїздопотоків розглядається в аспектах експлуатаційної роботи станцій та дільниць, а клієнти залізниці при цьому знаходяться поза межами системи перевезень і ніяким чином не можуть вплинути на строки доставки вантажів, окрім збільшення партій відправок. Для розв’язання вказаної проблеми необхідна *побудова адекватних математичних моделей технологічних процесів роботи залізничних станцій та напрямків і розробка методів техніко-експлуатаційної та техніко-економічної оцінки вибору параметрів поїздопотоків*.

2. Дослідження мережі УЗ показали, що залізничні напрямки можуть суттєво відрізнятися характером поїздопотоків. Тому в роботі більш детально розглянуто вантажонапружений Донбас – Кривбас та Кримський пасажиронапружений напрямки. Встановлено взаємозв’язок по вузловим станціям з оборотним локомотивним депо між парними та непарними потоками, що пояснюється підв’язкою поїзних локомотивів. Визначено, що випадкова величина їх простою у таких вузлах розподілена за законом Ерланга з параметром $k = 5$ та математичним очікуванням 102 хв (ст. П’ятихатки). 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 напрямках коливається від 0,64 до 0,81 для переважно навантаженого потоку. Функціональний зв’язок між масою та довжиною поїздів встановлено методом мінімальних квадратів $Q = 87,803m - 290,56$ при $m \geq 5$.

3. Для дослідження впливу людського фактору управління технологічними

процесами на залізничних напрямках виконані дослідження показників роботи різних поїзних диспетчерів. Встановлено, що на кількісні показники роботи дільниць їх досвід, кваліфікація, методи управління практично не впливають – коливання статистичних параметрів виконаних показників різних диспетчерів відбуваються в межах 2-3%. Якісні ж показники роботи суттєво залежать від людини-диспетчера і коливаються в досить широких межах 15-80 % – при практично однаковому значенні математичного очікування дільничної швидкості (30,54 та 31,11 км/год) у двох диспетчерів суттєво відрізняється дисперсія цього показника (10,41 та 1,08 (км/год)²).

4. Для дослідження процесів пропуску поїздопотоків на залізничних напрямках побудовано систему імітаційних моделей: на мікрорівні – модель роботи технічних станцій; на макрорівні – модель роботи залізничного напрямку та на метарівні – модель переміщення вантажопотоків в цілому. Розроблені моделі, на відміну від існуючих, надають можливість системно проаналізувати організацію руху поїздів на залізничних напрямках з урахуванням особливостей роботи як роздільних пунктів, так і залізничних ліній. Існує можливість брати участь оперативно-диспетчерському персоналу у процесі прийняття рішень або використовувати модель системи управління, побудовану на основі теорії кінцевих автоматів. Адекватність моделей була підтверджена за допомогою критерію Уїлкоксона порівнянням результуючих показників, таких як дільнична швидкість, оборот локомотиву, середня маса поїзда тощо, отриманих за результатами моделювання та на реальних об'єктах. Розроблені моделі дозволяють встановлювати взаємозв'язки між параметрами поїздопотоків та техніко-експлуатаційними показниками роботи станцій та напрямків.

5. На мікрорівні ергатичне моделювання показало, що не можна знехтувати завантаженістю виконавців, оперативно-диспетчерського апарату та елементів, що приймають участь у технологічних процесах. Було встановлено, що тривалість знаходження поїздів в приймально-відправних та транзитних парках станцій можна представити у вигляді функції двох змінних $t = f(m, N)$, тобто частина часу знаходження припадає на кількість вагонів у поїздах m , а частина на кількість самих поїздів N . Не врахування впливу кількості вагонів у поїзді на роботу приймально-відправних та транзитних парків станцій напрямку призводить до заниження експлуатаційних витрат на 10-15% і відповідних похибок при оптимізації маси поїздів. На макрорівні отримано нелінійну залежність тривалості знаходження поїздів на напрямку від їх довжини та маси.

6. Для техніко-економічної оцінки раціональних параметрів поїздопотоків використано методи факторних експериментів та регресійного аналізу. Отримано залежності, що враховують витрати на енергоресурси, використання локомотивного та вагонного парку. Встановлено, що збільшення маси поїздів призводить до зменшення витрат залізниці, які пов'язані з пропуском поїздопотоків у відношенні 3-5 : 1 в залежності від профілю дільниць.

7. Для вирішення задачі вибору раціональних параметрів поїздопотоків на метарівні проведено аналіз зміни обсягів роботи УЗ в цілому та по родам вантажу, визначено наявність кореляційного зв'язку між обсягами роботи та середньою вартістю 1 т вантажу, що перевозиться: $k = 0,77$. На метарівні логістичний ланцюг вантажопотоків представлений сукупністю залізничних напрямків, а УЗ з її клієн-

тами розглянуто як єдину синергетичну систему.

8. Задача вибору раціональних параметрів поїздопотоків повинна вирішуватись за критерієм мінімізації витрат учасників логістичного ланцюгу вантажопотоків на відміну від існуючих критеріїв натуральних показників роботи залізниць. При зменшенні обсягів перевезень на залізниці виникає необхідність прискорення руху поїздопотоків в зв'язку із збільшенням тривалості простою вагонів на технічних станціях під накопиченням для запобігання виплати штрафів за несвоєчасну доставку вантажів клієнтам. Визначено, що в цей період часу відбувається зменшення вартості вантажної маси, що знаходиться в русі, і тому її перевезення може бути виконано із максимально можливим збільшенням довжини та маси поїздів і відповідним зменшенням експлуатаційних витрат залізниці. При збільшенні обсягів перевезення відбувається поступове збільшення вартості вантажів, тому в цей час раціональним стає зменшення маси та довжини поїздів, що призведе до прискорення просування поїздопотоків по напрямках з організацією руху неповносоставних поїздів довжиною 42-50 вагонів в залежності від роду вантажопотоків на напрямку та їх обсягу. Значний вплив на вибір параметрів поїздопотоків будуть вже мати обмеження за наявною кількістю локомотивів, завантаженість дільниць та елементів станцій. Збільшення експлуатаційних витрат на пропуск поїздопотоків при цьому можна покласти на клієнтів, відповідно збільшивши тарифні ставки. Для Кримського напрямку, збільшивши власні витрати на 4000 грн/добу, витрати клієнтів на утримання вантажної маси в русі скорочуються на 15000 грн. Отже, частково розподіливши скорочення загальних витрат системи між її учасниками, можна отримати економічний ефект в розмірі 4 млн грн./рік лише на напрямку довжиною 200-250 км, які частково направити на реновацію локомотивного парку для усунення обмеження по парку локомотивів.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні праці:

1. Козаченко Д. М. Дослідження параметрів потоків поїздів на залізничних напрямках / Д. М. Козаченко, Г. Я. Мозолевич // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – № 3/5 (45). – С. 17–21.
2. Мозолевич Г. Я. Аналіз показників роботи поїзних диспетчерів / Г. Я. Мозолевич // Вісник ДНУЗТ. – Д.: ДІТ, 2007. – Вип. 18. – С. 151–153.
3. Козаченко Д. М. Моделювання роботи залізничного напрямку / Д. М. Козаченко, Г. Я. Мозолевич, О. В. Власюк // Вісник ДНУЗТ. – Д.: ДІТ, 2009. – Вип. 28. – С. 143–148.
4. Козаченко Д. М. Визначення раціональних параметрів поїздопотоків на залізничних напрямках / Д. М. Козаченко, Г. Я. Мозолевич, О. О. Мазуренко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 2/3 (50). – С. 40–45.
5. Мозолевич Г. Я. Дослідження поїздопотоків Дніпроперовського залізничного вузла / Г. Я. Мозолевич, Ю. В. Чибісов // Вісник НТУ «ХП». – Х.: ХП, 2011. – Вип. 9. – С. 72–78.

Додаткові праці:

6. Козаченко Д. М. Комп'ютерний тренажер поїзного диспетчера / Д. М. Козаченко, Г. Я. Мозолевич, Ю. В. Чибісов // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: тези доп. LXVI Міжнар. науково-практ. конф. – Д.: ДІТ, 2006. –

С. 169–170.

7. Мозолевич Г. Я. Дослідження експлуатаційної надійності витяжок формування / Г. Я. Мозолевич, С. В. Бондаренко // Науково-технічний прогрес на залізничному транспорті: тези доп. 67 науково-техніч. конф. студентів та аспірантів. – Д.: ДІТ, 2007. – С. 71–72.

8. Козаченко Д.М. Розробка ергатичної моделі диспетчерської дільниці / Д. М. Козаченко, Г. Я. Мозолевич, Д. І. Вовк // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: тези доп. LXVII Міжнар. науково-практ. конф. – Д.: ДІТ, 2007. – С.131–132.

9. Козаченко Д. М. Дослідження впливу маси поїздів на роботу сортувальних станцій /Д. М. Козаченко, Г. Я. Мозолевич // Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: тези доп. IV Міжнар. науково-практ. конф. – К.: ДЕДУТ, 2008. – С. 132–133.

10. Мозолевич Г. Я. Дослідження впливу кількості вагонів у складі на показники роботи сортувальної станції / Г. Я. Мозолевич, Г. В. Лиска // Науково-технічний прогрес на залізничному транспорті: тези доп. 68 науково-техніч. конф. студентів та аспірантів. – Д.: ДІТ. – 2008. – С. 119.

11. Козаченко Д. М. Дослідження впливу параметрів поїздів на показники роботи сортувальної станції / Д. М. Козаченко, Г. Я. Мозолевич, Г. В. Лиска // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: тези доп. LXVIII Міжнар. науково-практ. конф. – Д.: ДІТ, 2008. – С. 32.

12. Mozolevich G. Y. Research of Train Parameter Influence on Characteristics of Railroad Station Functioning / G. Y. Mozolevich, A. V. Lyska // Engineer of the 3-rd Millennium, student scientific conferece. – D. DNURT, 2008. – P. 54–55.

13. Мозолевич Г. Я. Дослідження способів формування та відправлення поїздів на показники роботи залізничних станцій та напрямів / Г. Я. Мозолевич // Вдосконалення експлуатаційної роботи: матеріали семінару. – Д.: ДІТ, 2009. – С. 45–49.

14. Мозолевич Г. Я. Дослідження впливу способів формування та відправлення поїздів на показники роботи залізничних станцій та напрямків / Г. Я. Мозолевич, О. В. Власюк // Науково-технічний прогрес на залізничному транспорті: тези доп. 69 науково-техніч. конф. студентів та аспірантів. – Д.: ДІТ, 2009. – С. 90–91.

15. Козаченко Д. М. Дослідження організації руху поїздів на залізничному напрямку / Д. М. Козаченко, Г. Я. Мозолевич, О. В. Власюк // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: тези доп. LXIX Міжнар. науково-практ. конф. – Д.: ДІТ, 2009. – С. 78–79.

16. Мозолевич Г. Я. Аналіз впливу параметрів поїздів на експлуатаційні витрати по просуванню вагонопотоку на залізничному напрямку / Г. Я. Мозолевич, Г. В. Мураховська, Б. Р. Дяків // Проблеми економіки транспорту: тези доп. VIII міжнар. наук. конф. – Д.: ДНУЗТ, 2009. – С. 57.

17. Козаченко Д. М. Дослідження впливу організації руху поїздів на показники роботи залізничних станцій та напрямків // Д. М. Козаченко, Г. Я. Мозолевич // Интеграция Украины в международную транспортную систему: тези доп. I міжнар. научно-практ. конф. – Д.: ДНУЖТ, 2009. – С. 27–28.

18. Козаченко Д. М. Дослідження параметрів потоків поїздів на залізничних напрямках / Д. М. Козаченко, Г. Я. Мозолевич // Проблеми та перспективи розвитку заліз-

- ничного транспорту: тези доп. LXX Міжнар. науково-практ. конф. – Д.: ДІПТ, 2010.
19. Мозолевич Г. Я. Розподілення сфер обслуговування між виробництвами, розташованими на лінії / Г. Я. Мозолевич, О. І. Петросенко // Проблемы экономики и управления на железнодорожном транспорте ЭКУЖТ 2010: тези доп. V междунар. научно-практ. конф. – Д. ДНУЖТ, 2010. – С. 75–76.
20. Козаченко Д. М. Енергозбереження за рахунок розподілу поїздопотоків по паралельним ланкам залізничної мережі / Д. М. Козаченко Г. Я. Мозолевич // Энергосбережение на железнодорожном транспорте. 1-я Международная научно-практическая конференция. – Мисхор.: ДНУЖТ, 2010. – С. 7.
21. Мозолевич Г. Я. Системи керування рухом поїздів на залізницях України та світу / Г.Я. Мозолевич // Інноваційні технології на залізничному транспорті. – Красний Лиман. – 2010 р. – С. 86-87.
22. Козаченко Д. М. Визначення раціональних параметрів поїздопотоків методом векторної оптимізації / Д. М. Козаченко Г. Я. Мозолевич, О. І. Петросенко // Тези доп. 73 Міжнар. науково-техн. конф. кафедр академії, інженерно-технічних працівників залізниць, підприємств та організацій України та інших країн. – Харків.: УкрДАЗТ. – 2011 р.
23. Козаченко Д. М. Визначення раціональних параметрів поїздопотоків на залізничних напрямках // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту. Тези доп. LXXI Міжнар. науково-практ. конф. – Д.: ДІПТ. – 2011 р. – С. 135-136.
24. Мозолевич Г. Я. Оцінка динаміки питомої вартості та структури вантажопотоків на залізницях України / Г. Я. Мозолевич, К. Ю. // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту. Тези доп. LXXI Міжнар. науково-практ. конф. – Д.: ДІПТ. – 2011 р. – С. 141-142.

АНОТАЦІЯ

Мозолевич Г.Я. Підвищення ефективності процесу перевезень за рахунок визначення раціональних параметрів поїздопотоків. – 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, 2011.

Дисертація присвячена питанням удосконалення пропуску потоків поїздів на залізничних напрямках за рахунок оптимізації параметрів поїздопотоків з метою визначення раціональної маси та довжини поїздів.

Вперше встановлено функціональний зв'язок між зустрічними поїздопотоків по станціям обороту поїзних локомотивів та отримано його математичні характеристики. Виявлено, що на технічних станціях залізниць частина операцій припадає на кількість составів, що обслуговується, а частина – на їх довжину, і не врахування цього фактору призводить до похибок при оптимізації параметрів поїздопотоків.

Удосконалено модель залізничного напрямку, що на відміну від існуючих, дозволяє досліджувати роботу залізничних станцій та дільниць в єдину синергетичну систему.

Удосконалено метод визначення раціональних параметрів маси та довжини поїздів у логістичному ланцюгу вантажопотоків, який на відміну від існуючих враховує витрати клієнтів залізниць на закупівлю та зберігання вантажів, витрати, пов'язані із параметрами поїздопотоків, а також зміну обсягів та структури ванта-

жопотоків.

Наукові результати, отримані у дисертаційній роботі, а також розроблені моделі та методи можуть бути використані при визначенні раціональних параметрів маси та довжини поїздів на основних напрямках залізничних перевезень. Розроблено програмне забезпечення дозволяє здійснювати імітаційне моделювання та оцінку показників роботи залізничного напрямку, в тому числі локомотивного парку, в умовах зміни обсягів, параметрів та структури поїздопотоків.

Ключові слова: залізничні напрямки, потоки поїздів, маса та довжина поїздів.

АННОТАЦИЯ

Мозолевич Г.Я. Повышение эффективности процесса перевозок за счет определения рациональных параметров поездопотоков. – Рукопись.

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, 2011.

Диссертация посвящена вопросам усовершенствования пропуска потоков поездов на железнодорожных направлениях за счет оптимизации параметров поездопотоков с целью определения рациональной массы и длины поездов.

Проведенные исследования функционирования сети железных дорог Украины показали, что железнодорожные направления отличаются характером поездопотоков, поэтому в работе детально изучены объемы, структура и связь между параметрами поездопотоков на грузонапряженном направлении Донбасс-Кривбасс и пассажиронапряженном Крымском направлении.

Впервые получена функциональная связь между встречными поездопотоками по станциям оборота поездных локомотивов и получены ее математические характеристики. Определено, что на технических станциях железных дорог часть операций приходится на количество обслуживаемых составов, а другая часть – на их длину, не учёт этого факта приводит к погрешностям при оптимизации параметров поездопотоков.

Для исследования влияния человеческого фактора управления технологическими процессами на железнодорожных направлениях были выполнены исследования работы поездных диспетчеров. Установлено, что качественные показатели работы существенно зависят от человека-диспетчера, а опыт, квалификация и методы управления практически не влияют на количественные показатели их работы.

Для исследования процессов пропуска поездопотоков на железнодорожных направлениях построена система имитационных моделей: на микроуровне - модель работы технических станций, на макроуровне – модель работы железнодорожного направления и на метауровне модель перемещения грузопотоков в целом. Разработанные модели позволяют установить взаимосвязи между параметрами поездопотоков и технико-эксплуатационными показателями работы станций и направлений. Усовершенствованная модель железнодорожного направления, в отличие от существующих, объединяет работу железнодорожных станций и направлений в общую синергетическую систему.

Задача выбора рациональных параметров поездопотоков должна решаться по критерию минимизации затрат участников логистической цепи грузопотоков в

отличие от существующих критериев натуральных показателей железных дорог. В связи с этим, усовершенствовано метод определения рациональных параметров массы и длины поездов, который в отличие от существующих учитывает затраты клиентов железных дорог на закупку и хранение грузов, затраты, связанные с параметрами поездопотоков, а также изменение объемов и структуры грузопотоков.

Научные результаты, полученные в диссертационной работе, а также разработанные модели и методы могут быть использованы при определении рациональных параметров массы и длины поездов на основных направлениях железнодорожных перевозок. Разработанное программное обеспечение позволяет проводить имитационное моделирование и оценку показателей работы железнодорожного направления, в том числе локомотивного парка, в условиях изменения объемов, параметров и структуры поездопотоков.

Ключевые слова: железнодорожные направления, потоки поездов, масса и длина поездов.

THE SUMMARY

Mozolevych G. Ya. The increase of the transportation process efficiency by the way of the rational trainflow parameters determine.

Dissertation on winning of scientific candidate degree of technical sciences on speciality 05.22.01 – Transport systems – Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after V. Lazaryan, 2011.

The thesis is dedicated to the problem of the improvement of the train flows run on the railway directions by means of the train parameters optimization.

For the first time the functional connection between the oncoming train flows was obtained. This connection describes the influence of the train locomotives turnover, and its mathematical characteristics were described. There was found out that the part of the technological operation is the share of the quantity of the trains that are being processed. Another part is the share of their length. The ignorance of this fact leads to the errors when optimizing the train parameters.

The simulating model of the train direction was improved. The improved model, unlike the existing ones, unites the work both of the railway stations and railway directions into one synergetic system.

The method of the rational train parameters determination was improved. This method, unlike the existing ones, considers the clients' loss concerning the buying and storing the freights, the loss connected with the train parameters, and the change in freightflows value and structure.

The scientific results, obtained in this thesis, as well as the developed models and methods might be used for the determination of the rational parameters of the train mass and length on the main directions of the railway transportation. The developed software allows simulating the run of the train flows and estimating the value of the main indexes of the railway direction operation, including the indexes of the locomotive fleet, under the conditions of the volume, parameters and structure change.

Key words: railway directions, train flows, train mass and length.

МОЗОЛЕВИЧ ГРИГОРІЙ ЯКОВИЧ

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ
ЗА РАХУНОК ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ
ПАРАМЕТРІВ ПОЇЗДОПОТОКІВ**

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

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

Підписано до друку 12.09.2011 р.

Замовлення № _____. Тираж 100 екз.

Видавництво Дніпропетровського національного університету
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Свідоцтво суб'єкта видавничої діяльності ДК №1315 від 31.03.03

Адреса видавництва та дільниці оперативної поліграфії:
вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, 49010.
www.diitrvv.dp.ua