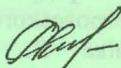


9738

К 68

Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна



Коробйова Руслана Геннадіївна

УДК 656.212

656.212,03.13

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ
ЗАЛІЗНИЧНИХ ВУЗЛІВ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ МІСЦЕВИХ ВАГОНОПОТОКІВ**

05.22.20 – Експлуатація та ремонт засобів транспорту

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2009

НТБ
ДНУЗТ

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрах «Управління експлуатаційною роботою» та «Станції та вузли» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства транспорту та зв'язку України.

Науковий керівник:

кандидат технічних наук, доцент Музикіна Галина Іванівна,
Дніпропетровський національний університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, декан факультету «Управління процесами перевезень», завідувач кафедри «Управління експлуатаційною роботою».

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор Нагорний Євген Васильович,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
завідувач кафедри «Транспортні технології»

кандидат технічних наук, доцент Яновський Петро Олександрович,
Державне підприємство «Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України», головний науковий співробітник відділу транспортних технологій.

...ні на засіданні спеціалізованої
...нальному університеті залі-
... за адресою: 49010,
...4

...ського національного
...Лазаряна за адресою:

НТБ
ДНУЗТ

В. Жуковицький

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Одним з основних елементів транспортної інфраструктури країни є залізничні вузли. На них припадає основна частина місцевої роботи залізниць. В залізничних вузлах виконується близько 70% вантажних операцій та більш, ніж 40% обсягів загальної переробки вагонів. В результаті зменшення обсягів перевезень, яке відбувалось у 90-ті роки XX сторіччя на технічних станціях утворилися резерви пропускної та перероблюючої спроможності, що можуть бути використані для переробки місцевих вагонопотоків.

Актуальність роботи. В сучасних умовах ринкової економіки на залізничному транспорті особливо гостро постали питання раціонального використання наявних технічних засобів з метою зниження експлуатаційних витрат та отримання найбільшого економічного ефекту. У зв'язку з цим тема роботи, яка направлена на зниження експлуатаційних витрат, пов'язаних з переробкою місцевих вагонопотоків у залізничних вузлах, є актуальною.

Зв'язок теми з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у відповідності з пріоритетними напрямками розвитку залізничної галузі, які визначені у Концепції Державної програми реформування залізничного транспорту (розпорядження Кабінету Міністрів України від 27.12.2006 № 651-р), Законом України «Про енергозбереження» від 1 липня 1994 р. №74/94-ВР, а також пов'язана з НДР, що виконані Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна: «Удосконалення розподілу сортувальної роботи в залізничних вузлах» (№ державної реєстрації 0107U011636), «Удосконалення методики оперативного управління сортувальним процесом на станціях», (№ державної реєстрації 0108U000642), «Розробка технологічного процесу Одеської залізниці» (№ державної реєстрації 0107U011636); та НДР, виконаним Східним науковим центром Транспортної академії України «Розробка і аналіз варіантів будівництва зовнішньої під'їзної залізничної колії подачі металевого брутку ТОВ «МЗ «Дніпросталь» (№ державної реєстрації 0108U008053) по яким автор є виконавцем та автором звітів.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є зменшення експлуатаційних витрат, пов'язаних з переробкою місцевих вагонопотоків у залізничних вузлах за рахунок більш ефективного використання технічних засобів сортувальних та вантажних станцій. Поставлена мета досягається в результаті вирішення наступних задач: дослідження характеристик місцевих вагонопотоків залізничних вузлів та технології їх обслуговування для ідентифікації моделей станцій залізничних вузлів; визначення залежності між конструктивними параметрами технічних засобів залізничних станцій і тривалістю формування багатогрупних составів; побудова адекватних функціональних моделей залізничних станцій для визначення техніко-експлуатаційних показників їх роботи; дослідження впливу об'ємів сортувальної роботи по формуванню багатогрупних поїздів на показники роботи сортувальних станцій; формалізація задачі оптимізації розподілу сортувальної роботи

з місцевими вагонами у вузлі і розробка методики її рішення.

Об'єктом дослідження є процес переробки місцевих вагонопотоків у залізничних вузлах. **Предмет дослідження** – вплив розподілу сортувальної роботи по формуванню багатогрупних составів на експлуатаційні показники роботи вузла.

Методи дослідження: математична статистика та кореляційний аналіз для ідентифікації моделей станцій залізничного вузла; чисельні методи рішення диференціальних рівнянь для моделювання процесів руху маневрових составів на сортувальних пристроях; теорія ймовірності, імітаційне моделювання, математична статистика, планування факторних експериментів для дослідження впливу технічного оснащення залізничних станцій на витрати по формуванню багатогрупних составів; теорія скінчених автоматів, імітаційне моделювання і регресійний аналіз для побудови функціональних моделей залізничних станцій та дослідження впливу об'ємів сортувальної роботи по формуванню багатогрупних составів на показники роботи сортувальних і вантажних станцій; динамічне програмування для оптимізації розподілу сортувальної роботи між станціями залізничного вузла.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в розв'язанні наступних задач:

- 1) Вперше задачу концентрації маневрової роботи з підбирання місцевих вагонів по фронтам вантажної роботи у залізничних вузлах формалізовано як оптимізаційну та запропоновано математичний метод її розв'язання, що дозволяє раціонально використовувати технічні засоби сортувальних і вантажних станцій і зменшити експлуатаційні витрати на переробку місцевих вагонопотоків у вузлах.
- 2) Удосконалено математичну модель руху маневрових составів, яка, на відміну від існуючих, дозволяє при виконанні тягових розрахунків врахувати характер та величину сил, що діють під час маневрових пересувань, і забезпечує більш точну оцінку витрат, що пов'язані з виконанням маневрової роботи.
- 3) Отримала подальший розвиток функціональна ергатична модель роботи залізничної станції, в якій доопрацьовано методи формалізації технологічних процесів на основі скінчених автоматів та розроблено методи візуалізації інформаційної моделі у графічній формі, що дозволяє суттєво скоротити тривалість створення моделей для конкретних станцій та підвищити достовірність оцінки варіантів технології та технічного забезпечення залізничних станцій.

Практичне значення отриманих результатів:

Запропоновані методи та алгоритми реалізовано у вигляді програмного комплексу для ЕОМ «План-графік роботи станції» (свідцтво про державну реєстрацію авторських прав на твір № 24658).

Результати роботи використані: для удосконалення роботи Дніпропетровського залізничного вузла; при проектуванні промислової сортувальної станції ТОВ «Металургійний завод «Дніпросталь»; в навчальному процесі при підготовці спеціалістів та магістрів спеціальності 8.100403 «Організація перевезень та управління на залізничному транспорті» ДНУЗТ з дисципліни «Управління експлуатацій-

ною роботою та якість перевезень». Відповідні акти впровадження результатів дослідження наведені у додатках до дисертації.

Наукові положення, висновки і рекомендації, а також розроблені методи, моделі і алгоритми можуть бути використані в системах підтримки рішень по розробці та удосконаленню технологічних процесів залізничних станцій та вузлів.

Особистий внесок здобувача. Всі результати теоретичних та експериментальних досліджень, що наведені у роботі, отримані автором самостійно. Стаття [4] опублікована без співавторів. В роботах, опублікованих у співавторстві, особистий внесок автора полягає у наступному: в статті [1] автором досліджено вплив маси вантажного поїзда на вибір варіантів оптимального варіанту плану формування поїздів; в статті [2] розроблено методика розподілу колій сортувального парку технічних станцій між призначеннями багатогрупних поїздів; в статті [3] розроблено математичну модель для імітаційного моделювання роботи залізничних станцій на основі добового плану-графіку; в роботі [5] формалізовано задачу оптимізації розподілу маневрової роботи з місцевими вагонами між станціями залізничного вузла та розроблена методика її розв'язання; в статті [6] виконано статистичне моделювання параметрів составів, що надходять в розформування.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені на 67-й та 68-й міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2007, 2008 рр.); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту» (Київ, 2008); VII Міжнародної науковій конференції «Проблеми економіки транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2008); Міжнародній науково-практичній конференції «Транспортні зв'язки. Проблеми та перспективи» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2008); Третій Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми економіки и управления на железнодорожном транспорте» (Київ, ДЕГУТ, 2008); II Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса» (Гомель, БелГУТ, 2008). У повному обсязі дисертація доповідалась і була схвалена на міжкафедральному науковому семінарі у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (2008 р.).

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 6 наукових статей у фахових виданнях, затверджених ВАК України та 13 тез доповідей на міжнародних наукових та науково-практичних конференціях.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновків і дев'яти додатків. Повний обсяг роботи – 152 сторінки; з них основного тексту 109 сторінок; додатків, списку використаних джерел, рисунків і таблиць 33 сторінки. Список використаних джерел із 121 найменування.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність проблеми, сформульовані мета і задачі досліджень, основні положення, що захищаються автором, дані про практичне використання результатів дисертації.

В першому розділі виконано аналіз сучасного стану проблеми удосконалення роботи з місцевими вагонами у залізничних вузлах.

Значний внесок по удосконаленню роботи залізничних вузлів внесли вчені Акуліничев В.М., Бернард К.А., Бобровський В.І., Бутько Т.В., Вернигора Р.В., Грунтов П.С., Козаченко Д.М., Левицький І.Ю., Ломотько Д.В., Музикіна Г.І., Мироненко В.К., Муха Ю.О., Нагорний Є.В., Негрей В.Я., Образцов В.Н., Савенко А.С., Сотніков Є.А., Тихомиров І.Г., Ющенко М.Р., Яновський П.О. та інші.

Однією з основних операцій, що виконується у вузлах, є доставка місцевих вантажів. На залізничні вузли припадає основна частина місцевої роботи залізниць. Знаходження вагонів у вузлах складає більш, ніж 50 % від величини їх обороту. Зважаючи на це, задача удосконалення роботи у вузлах з місцевими вагонами завжди була актуальною. В сучасній експлуатаційній науці склалися такі основні напрямки удосконалення місцевої роботи вузлів: скорочення витрат на виконання вантажних операцій (спеціалізація вантажних станцій); удосконалення графіку руху передаточних поїздів у вузлах; оптимізація маси передаточних поїздів; удосконалення процесів поїздоутворення; оптимізація розподілу маневрової роботи; удосконалення конструкції сортувальних станцій для переробки місцевих вагонопотоків. Для вирішення вказаних задач використовуються наступні методи дослідження: теорія систем масового обслуговування, аналітичне, графічне та імітаційне моделювання, лінійні та нелінійні методи оптимізації.

Після різкого спаду обсягів перевезень технічне оснащення залізничних вузлів України має значні резерви перероблюючої спроможності. Для скорочення обсягів маневрової роботи та покращення використання маневрових локомотивів на технічні станції рекомендується покласти роботу по підбору вагонів по вантажоодержувачам, а, по можливості, і по вантажним фронтам та вантажах. В той же час, формування багатогрупних составів передаточних поїздів на сортувальних станціях традиційної конструкції збільшує завантаження сортувальних гірок, а, відповідно, і простої составів в очікуванні розформування. В сучасних умовах задача концентрації сортувальної роботи з місцевими вагонами у вузлах розв'язується шляхом техніко-економічного порівняння обмеженої кількості конкуруючих варіантів на основі недосконалих аналітичних та графічних моделей.

На підставі виконаного аналітичного огляду сформульована задача підвищення ефективності експлуатації технічних засобів залізничних вузлів при переробці місцевих вагонопотоків і загальний методологічний підхід до її розв'язання.

В другому розділі представлена структура дослідження, визначено основні задачі дослідження, порядок та методи їх розв'язання, виконано дослідження характеристик місцевих вагонопотоків залізничного вузла і технології їх обслуговування.

Залізничний вузол являє собою ієрархічну систему, тому в дисертації задача підвищення ефективності експлуатації технічних засобів при переробці місцевих вагонопотоків у вузлах розглядається на трьох рівнях: мікрорівень – сортувальний пристрій; макрорівень – залізнична станція та метарівень – залізничний вузол в цілому. Для кожного з цих рівнів в роботі визначено задачі дослідження та методи їх розв'язання, при цьому залежності, отримані на кожному з більш низьких рівнів слугують вихідними даними для досліджень на більш високих рівнях.

Умови роботи залізничних вузлів суттєво відрізняються в залежності від їх призначення, конструкції та технічного оснащення станцій, обсягів вагонопотоків. Тому при побудові моделей залізничних вузлів для розв'язання задач удосконалення організації їх роботи необхідно виконати збір та статистичну обробку даних про існуючі умови функціонування конкретного залізничного вузла. Так, в дисертаційній роботі виконано детальний аналіз функціонування Дніпропетровського залізничного вузла. Переробка вагонопотоків, що надходять у вузол виконується в непарній системі позакласної сортувальної станції Нижньодніпровськ-Вузол. В сучасних умовах переробна спроможність непарної гірки цієї станції використовується на 50%. Вантажна робота у вузлі виконується на 9 станціях. З метою одержання числових характеристик законів розподілу випадкових величин тривалості виконання окремих технологічних операцій (ТО) був виконаний хронометраж процесу обслуговування составів у парку прийому. При цьому для кожного составу фіксувалися наступні данні: інтервали між поїздами, кількість вагонів m у поїзді, маса состава Q_c , кількість відцепів q_c , тривалість закріплення t_z , тривалість огляду поїзда t_o , тривалість прибирання гальмівних башмаків $t_{\text{приб}}$ та загальна тривалість простою составу. У результаті статистичної обробки отриманих даних визначено характеристики вхідного потоку поїздів, параметри розподілу випадкових величин тривалості виконання окремих ТО та простою составів в цілому.

Для перевірки адекватності традиційної методики визначення показників роботи залізничних станцій, що ґрунтується на побудові добового плану-графіку, виконано порівняння вагоно-годин простою окремих поїздів, отриманих в результаті спостереження за роботою станції, та за допомогою графічного моделювання. В результаті встановлено, що простої отримані за добовим планом-графіком на 25,5% менше результату, отриманого після статистичної обробки даних спостережень. Зниження простою вагонів відбувається через те, що при побудові добового графіка не враховується, що кількість вагонів у складах та тривалість їх обслуговування є випадковими величинами. Таким чином, графічна модель з постійною тривалістю виконання ТО є неадекватною і не може використовуватися для порівняння варіантів технології роботи залізничних станцій. Для вирішення задач оптимізації технології роботи станцій та вузлів необхідна розробка імітаційних моделей для ЕОМ, що не мають наведених недоліків.

В третьому розділі розроблена модель процесу руху маневрових составів на сортувальних пристроях та визначено залежності між конструктивними пара-

метрами технічних засобів станцій залізничних вузлів і тривалістю формування багатогрупних составів.

При розв'язанні задачі удосконалення технології роботи залізничних станцій та вузлів виникає необхідність оцінки тривалості маневрових операцій, які виконуються на сортувальних гірках та витяжних коліях. У відповідності з існуючою методикою нормування маневрових операцій їх тривалість визначається по маневровим піврейсам за допомогою лінійної залежності $t = a + bm$ або похідним від неї формулам. Оскільки ця формула не враховує ряд факторів (ухил ділянки, масу маневрового составу та характеристики маневрового локомотива), що суттєво впливають на тривалість маневрових пересувань, то вона не може використовуватись при вирішенні задач, пов'язаних з оптимізацією маневрової роботи.

Автором була розроблена спеціальна модель руху маневрових составів, яка включає: модель маршруту пересувань та модель маневрового составу.

Модель маршруту пересування містить інформацію про план та поздовжній профіль колії. Це дозволяє моделювати рух маневрового составу з використанням методів чисельного рішення диференціальних рівнянь. Модель маршруту пересування містить також інформацію про розташування вагонів на колії, що дозволяє моделювати процес їх осаджування. Ділянки маршруту пересування представляються структурами:

$$b = \{l, s\}, \quad (1)$$

де l – довжина ділянки; s – показання сигналу, який обмежує ділянку.

Криві в плані та стрілочні переводи представляються структурою:

$$c = \{l_k, L_k, R\}, \quad (2)$$

де l_k, L_k – відповідно, координати початкової точки та довжина кривої або стрілочного перевodu; R – параметр, що розглядається як радіус кривої, якщо $R > 100$, або марка стрілочного перевodu, якщо $R < 100$.

Кожна група вагонів, що розташовується на маршруті пересування, задається структурою:

$$v = \{l_v, B\}, \quad (3)$$

де l_v – координати групи вагонів на маршруті пересування, m ; B – вектор параметрів вагонів.

Поздовжній профіль маршруту пересування складається з елементів, кожен з яких задається структурою:

$$p = \{i_p, L_p, R_p\}, \quad (4)$$

де i_p, L_p – відповідно, ухил та довжина елемента поздовжнього профілю; R_p – радіус кривої, яка сполучає даний елемент профілю з наступним.

Поздовжній профіль маршруту пересування у внутрішній моделі апроксимовано сплайном, який будується на підставі даних про елементи профілю p та забезпечує неперервність функції $i=h'(s)$ на всьому шляху составу.

В моделі маневрового составу, состав розглядається як нерозтяжний гнучкий стержень з рівномірно розподіленою по довжині масою, що дозволяє більш

повно відобразити реальні умови руху состава і врахувати поступові зміни опору від ухилу, стрілок та кривих, при переході від одної ділянки колії до іншої. В пам'яті ЕОМ маневровий состав представляється у вигляді структури даних:

$$M = \{L, B, S_r, u_{прд}\}, \quad (5)$$

де L – вектор параметрів локомотива, який включає параметр, що характеризує розташування локомотива в составі, масу локомотива, дотичну силу тяги локомотива, кількість осей локомотива; B – дані про вагони (вага вагону в тонах, тип, кількість осей та ін.); S_r – вектор параметрів поточного стану состава (координата першої вісі, поточна швидкість руху та ін.).

Диференціальне рівняння руху составу $v' = f(s, v)$ представлено у вигляді:

$$ds = \frac{v dv}{g'(f_x + i(s) - w_x - b_x)}, \quad (6)$$

де f_x, w_x, b_x – відповідно, питома дотична сила тяги локомотива, питомий опір руху состава та питома гальмівна сила; $i(s)$ – середньозважене значення ухилу під составом у точці з координатою s .

Для вирішення рівняння (6) використовується метод Рунге-Кутта 4 порядку зі змінною відстань. Використання даного методу розв'язання диференціального рівняння дозволяє суттєво збільшити крок моделювання та зменшити тривалість отримання оцінки. При моделюванні руху детально імітується процес гальмування состава, враховуються обмеження по швидкості руху при маневрах та можливість зміни кількості вагонів у составі під час маневрів. При моделюванні руху маневрового составу враховувалось значне завантаження гіркового локомотива, тому в роботі прийнято режим, який забезпечує мінімальну тривалість маневрових операцій РПГ (розгін – рух з постійною швидкістю – гальмування).

Імітаційна модель пересувань маневрових составів, що побудована на основі викладеної методики, реалізована у вигляді програми на мові C++. З метою перевірки впливу ухилу ділянки та маси составу на тривалість маневрових півреїсів виконано серію тягових розрахунків. На рис. 1 зображено залежність тривалості маневрового півреїсу від ухилу колії та маси составу з 20 вагонів. Аналіз наведених залежностей показує, що нехтування ухилом та масою составу при нормуванні тривалості маневрових півреїсів на сортувальних гірках і витяжних коліях може приводити до суттєвих похибок.

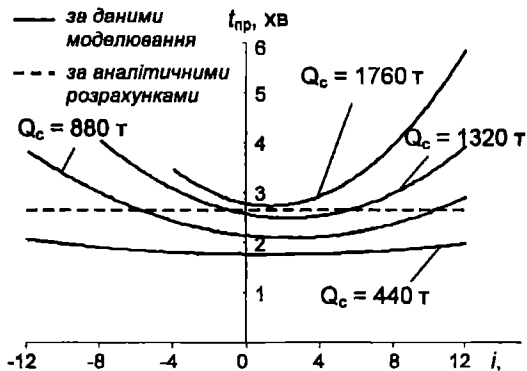


Рис. 1. Залежність тривалості маневрового півреїсу від ухилу колії та маси составу.

В результаті серії факторних експериментів, виконаних за планом Кіфера 3³,

отримано залежності для визначення тривалості маневрових півреїсів на сортувальних пристроях з заданим профілем у вигляді поліномів другого ступеню:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_{12}x_1x_2 + a_{13}x_1x_3 + a_{11}x_1^2, \quad (7)$$

де $a_0, a_1, a_2, a_3, a_{12}, a_{13}, a_{11}$ – регресійні коефіцієнти; x_1 – кількість вагонів у групі; x_2 – середня маса вагона у составі; x_3 – відстань перестановки.

Для визначення можливих витрат часу на формування багатогрупних составів на сортувальних та вантажних станціях виконана серія імітаційних експериментів. Прийнято, що перед початком формування багатогрупний состав з неупорядкованими вагонами, які розташовані в порядку їх надходження, знаходиться на одній колії. Після закінчення формування вагони повинні бути зібрані по групах, а групи в составі повинні розташовуватися в заданому порядку. Через те, що початковий порядок в составі є випадковим, то і тривалість формування конкретного составу також є випадковою величиною. Для врахування особливостей вагонопотоків при моделюванні роботи по закінченню формування багатогрупних поїздів використані результати статистичної обробки телеграм-натурних листів поїздів, що дозволило адекватно моделювати початкове розташування вагонів на коліях. Для визначення тривалості формування окремого составу T_{ϕ} , близької до оптимальної використовується непараметрична однібічна толерантна границя, яка розраховується за даними випадкової вибірки об'ємом 299 схем формування. Порядок формування по кожній із схем визначався на основі комбінаторного та розподільчого методів. Тривалість виконання окремих півреїсів при цьому визначається за поліномами (7). Статистична обробка результатів імітаційного моделювання процесу формування багатогрупних составів за призначеннями показала, що випадкова величина тривалості формування составів має нормальний закон розподілу. Математичне очікування тривалості маневрових операцій по формуванню багатогрупного составу з 56 вагонів при різному технічному оснащенні станцій представлено у табл. 1.

Таблиця 1

Середня тривалість закінчення формування составів, хв

Сортувальний пристрій	Тривалість, хв.		
	сортування	збирання	формування
Гірка великої потужності	9,8	15,5	25,3
Гірка середньої потужності	12,0	11,7	23,7
Гірка малої потужності	14,0	10,2	24,2
Витяжна колія, 2 сортувальні колії	50,7	49,9	100,6
Витяжна колія, 3 сортувальні колії	40,2	39,1	79,3
Витяжна колія, 4 сортувальні колії	39,5	38,5	78,0
Витяжна колія, ≥ 5 сортувальних колій	38,1	37,4	75,5

Розроблені математичні моделі та програмні засоби дозволяють виконувати нормування тривалості маневрових операцій з урахуванням місцевих особливостей станцій та характеристик вагонопотоків і розв'язувати оптимізаційні задачі по

розподілу маневрової роботи як між окремими маневровими районами станцій, так і між сортувальними та вантажними станціями залізничних вузлів.

В четвертому розділі наведено методику побудови імітаційної моделі залізничної станції, яка дозволяє визначити її техніко-експлуатаційні показники.

До складу розробленої імітаційної моделі входить модель технологічного процесу обслуговування об'єктів (МТП), інформаційна модель (ІМ) та модель системи оперативного управління роботою станції (МСУ). Синхронізація МТП, ІМ та МСУ виконується за командами системного таймера у відповідності з системним часом t_c . Схема взаємодії вказаних моделей наведена на рис. 2.

При розробці МТП за основу прийнята технологія ергатичного моделювання залізничних станцій, що передбачає можливість безпосередньої участі особи, яка приймає рішення (ОПР), у процесі моделювання для виконання функцій технолога. При цьому станція розглядається як багатофазна, багатоканальна, керована СМО. В наведеній СМО вхідний потік створюють об'єкти, що вимагають обслуговування на станції. Фазами обслуговування є окремі ТО, які виконуються в певній послідовності відповідно до технологічного процесу (ТП). Тривалості цих операцій моделюються як випадкові величини з певними законами розподілу, параметри яких залежать від характеристик об'єкту і визначаються на підставі спостережень, виконаних на за реальній станції. Обслуговувочими пристроями є виконавці операцій (технічні засоби станцій, бригади ПТО, ПКО та ін.).

В якості об'єктів розглядаються поїзди, локомотиви, маневрові состави і т.п. Кожен об'єкт описується структурою:

$$O_j = \{I_o, a_o, P, s, U_o, Q_o, O_{on}\}, \quad (8)$$

де I_o – ідентифікатор об'єкту; a_o – тип об'єкту; P – множина параметрів об'єкту; s – поточний стан об'єкту; U_o – список виконавців, які після закінчення виконання деяких операцій з об'єктом очікують початку виконання інших операцій з цим же об'єктом; Q_o – список ТО, що виконуються з об'єктом в поточний момент часу; O_{on} – множина підпорядкованих об'єктів.

ТП обробки об'єктів на станції являє собою комплекс ТО $q_i \in Q_o$, кожна з яких повинна бути виконана у певному порядку перед тим, як об'єкт залишить систему. У зв'язку з тим, що об'єкти можуть складатися з декількох частин, кожна з яких має свою власну технологію обслуговування (наприклад поїзд, що складається з локомотива та состава), в МТП передбачена можливість моделювання таких складних об'єктів. У цьому випадку підпорядковані об'єкти заносяться у список O_{on} складного об'єкта.

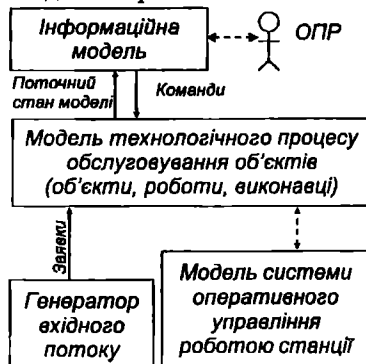


Рис. 2. Структура імітаційної моделі залізничної станції

ТО (прийом, технічний огляд, розформування і т.п.) описуються структурою:

$$q_i = \{ I_w, I_o, p, U_q, F_q, t_q, s_q \}, \quad (9)$$

де I_w – ідентифікатор шаблону ТО; I_o – об'єкт з яким виконується операція; U_q – список виконавців операції; F_q – список умов закінчення технологічної операції; t_q – момент закінчення виконання технологічної операції; s_q – стан виконання ТО.

Шаблони ТО w_i містять інформацію, яка необхідна для параметризації окремих технологічних операцій q :

$$w_i = \{ I_w, f_i, p \}, i = 1, 2, \dots, n_w$$

де f_i – функція, що визначає тривалість ТО; p – список необхідних виконавців ТО, в якому кожен елемент описується як $p = \{ \gamma, \eta, \zeta, G_p \}$; γ – спеціалізація виконавця; ζ – параметр, що вказує на порядок звільнення виконавця після закінчення ТО; G_p – список ідентифікаторів виконавців, який визначає пріоритет їх зайняття.

Прийнято, що кожен елементарну операцію повинні виконувати виконавці строго певної спеціалізації. В той же час виконавець, даної спеціалізації може виконувати декілька різних ТО. В МТП кожен виконавець представляється структурою $E_k = \{ I_w, N_e, \gamma, g_e \}$, де I_w, N_e – відповідно ідентифікатор і назва виконавця; g_e – показник активності виконавця. Для спрощення моделі станції станційні колії та стрілочні зони розглядаються також як окремі виконавці робіт. Виконавець E_k вважається зайнятим, якщо в поточний момент часу він виконує деяку ТО (знаходиться у списку U_q) або знаходиться в очікуванні виконання наступних операцій з цим же об'єктом (список U_o). Для врахування вільних виконавців в МТП введено динамічний список $U_r = \{ I_{e1}, I_{e2}, \dots, I_{em} \}$, який містить ідентифікатори виконавців, що не зайняті виконанням якої-небудь операції в поточний момент часу t_c .

ТП обслуговування об'єктів кожної категорії формалізований на основі відповідного скінченного автомата (СА), який забезпечує виконання з кожним об'єктом всього комплексу ТО у відповідності з їх взаємною обумовленістю:

$$A = \{ X, Z, S, F_z, F_s \}. \quad (10)$$

Вхідний алфавіт X автомата включає три типи вхідних сигналів: $X = \{ X_1, X_2, X_3 \}$; тут X_1 , – зовнішні команди, які надходять від ОПР чи МСУ; X_2 – внутрішні сигнали, що надходять від об'єкта після закінчення кожної ТО; X_3 – внутрішні сигнали, що надходять до об'єкта при здійсненні певних експлуатаційних подій. Кожний стан автомата $s_o \in S$ відповідає певному стану ТП обслуговування об'єкта. Обслуговування окремого об'єкта на станції моделюється послідовністю переходів СА з одного стану в інший по мірі виконання передбачених ТП операцій. Для зменшення кількості станів СА в дисертації розроблені спеціальні методи обробки вхідних сигналів в залежності від їх типу.

Моделювання вхідного потоку заявок виконується у три етапи: на першому етапі моделюється момент надходження об'єкта в систему (момент прибуття поїзда); на другому етапі – тип об'єкта a_o (категорія поїзда); на третьому етапі – параметри об'єкта P відповідно до його типу a_o (кількість вагонів у составі, маса состава та кількість відчепів у ньому).

В якості основної дисципліни обслуговування об'єктів прийнято дисципліну FIFO (першим надійшов – першим обслуговується). Для можливості керування процесом обслуговування об'єктів в МТП організовано динамічний список завдань виконавців K , де $k = \{I_o, I_q, I_e\}$. При виборі виконавця p спеціалізації y для операції q , з об'єктом O_j виконується аналіз елементів списку K . Якщо у списку є завдання, для якого $I_o(k_i)=I_o(o)$, $I_q(k_i)=I_q(q)$, $p(I_e(k_i))=p$, і це завдання є першим елементом списку для виконавця I_e , то виконавець $I_e(k_i)$ призначається для виконання операції q , з об'єктом O_j . У всіх інших випадках, якщо виконавець I_e зустрічається у списку завдань K , то він вважається зайнятим і не може бути використаний для виконання ТО з іншими об'єктами. Сортування елементів списку K може бути виконано ОПР або МСУ, згідно з закладеним у неї алгоритмом ОПР також може керувати ТП, змінюючи для виконавців параметр g_e : якщо $g_e=0$, то виконавець є неактивним і не може бути використаний для виконання будь яких операцій.

Аналіз ТП обслуговування об'єктів різних категорій на залізничних станціях показав, що функції виходів F_e та переходів F_t автомата доцільно представляти у вигляді графа переходів. Для побудови моделей технологічних процесів роботи залізничних станцій та реалізації їх на ЕОМ розроблено спеціальний програмний редактор (рис. 3), який забезпечує графічне введення в ЕОМ відповідних СА, а також автоматизоване формування параметрів ТО та їх виконавців за допомогою спеціалізованих форм.

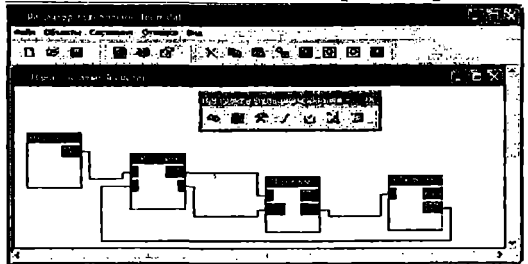


Рис. 3. Редагування технології роботи станції.

Інформаційна модель являє собою зображення добового плану-графіка станції на часовій сітці. Вона призначена для надання ОПР інформації про поточний стан ТП, а також для сприйняття від ОПР керуючих команд і передачі їх в МТП. В пам'яті ЕОМ добовий графік представляється структурою:

$$I = \{E, G, S, t_m\}, \quad (11)$$

де E – множина рядків добового графіка, при цьому рядки, що мають спільні характеристики можуть бути об'єднані в групи G ; S – протокол ТО, які виконані з об'єктами, у вигляді графічних елементів; t_m – момент закінчення моделювання.

Для автоматизованої побудови сітки добового плану-графіка також розроблено спеціальний графічний редактор.

Моделювання роботи станції може виконуватись як автоматично, під управлінням МСУ згідно з заданою системою пріоритетів, так і в інтерактивному режимі, коли порядок обслуговування об'єктів визначає ОПР. Керування процесом моделювання виконується ОПР за допомогою спеціальних елементів управління. Розроблена модель отримала програмну реалізацію на мові C++ (див. рис. 4).

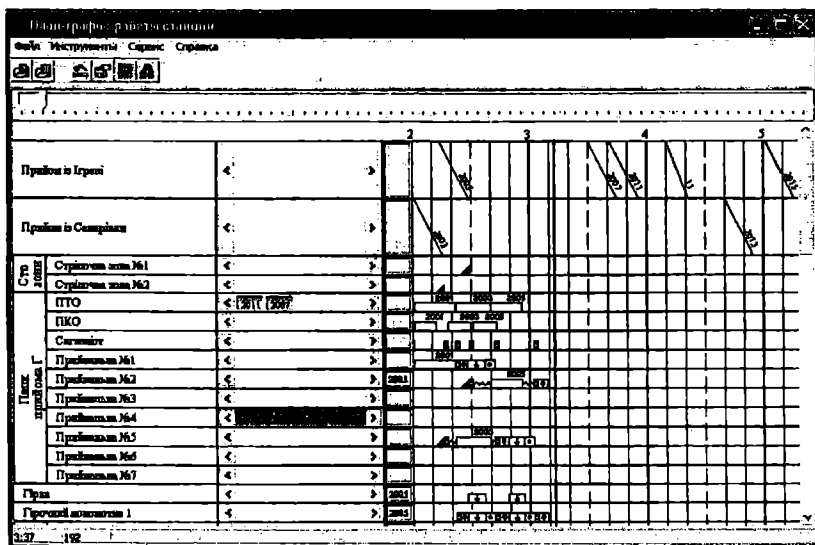


Рис. 4. Імітаційна модель станції в процесі роботи.

Для оцінки адекватності розробленої моделі було виконано статистичний аналіз випадкових величин тривалості простою составів у парку прийому, отриманих на реальній станції та методом моделювання. За даними вказаних вибірок була виконана перевірка гіпотези про їх належність до однієї генеральної сукупності. З цієї метою був використано Х-критерій ван-дер-Вардена, значення якого визначалось за допомогою виразу:

$$V_X = \sum_{i=1}^{n_x} \Psi \left(\frac{r(x_i)}{n_x + n_y + 1} \right) \text{ та } V_Y = \sum_{j=1}^{n_y} \Psi \left(\frac{r(y_j)}{n_x + n_y + 1} \right), \quad (12)$$

де $r(x_i)$, $r(y_j)$ – ранги, які відповідають елементам вибірок x та y .

В результаті для вибірок x_i та y_j встановлено $\max(X, Y) = 11,876 < X_{131; 150; 0,05} \approx 13,542$. Таким чином основна гіпотеза H про належність вибірок x та y до однієї генеральної сукупності не суперечить експериментальним даним і може бути прийнята. Виконаві розрахунки підтверджують, що модель адекватна реальній станції і може бути використана для вирішення практичних задач.

У п'ятому розділі досліджено вплив обсягів маневрової роботи з місцевими вагонами на показники роботи станцій вузла, формалізовано та вирішено задачу оптимізації розподілу сортувальної роботи з місцевими вагонами між сортувальними та вантажними станціями вузла.

У випадку, коли розглядається система «сортувальна станція – вантажна станція», обґрунтування доцільності формування на сортувальній станції передаточних поїздів з підбиранням груп вагонів по фронтах вантажної роботи може бути виконано за допомогою порівняння варіантів. Вирішити таку задачу перебором варіантів у великих вузлах важко, оскільки до їх складу може входити 1-3 техніч-

них та декілька десятків вантажних станцій, що призводить до великої кількості конкуруючих варіантів. Для вирішення задачі оптимізації розподілу маневрової роботи з місцевими вагонами між технічними і вантажними станціями у великих залізничних вузлах необхідно розробити ефективні математичні методи, які дозволять суттєво скоротити об'єм перебору варіантів, при збереженні достовірності отриманих рішень.

В якості цільової функції прийнято загальні витрати, які пов'язані з функціонуванням залізничного вузла та можуть бути представлені виразом:

$$E_n = \sum_{i=1}^N g_i(x_i) = \sum_{i=1}^N (T_{vi} e_{nH} + t_{m,i} e_m + m_i (C_{мло} + \Delta C_{квм})) \rightarrow \min, \quad (13)$$

де $g_i(x_i)$ – залежність витрат i -ї станції від кількості подач вагонів x_i , які формуються; N – кількість станцій у вузлі; T_{vi} – вагоно-години простою на i -й станції; $t_{m,i}$ – тривалість формування подач на вантажні фронти на i -й станції, год; m_i – кількість маневрових локомотивів на i -й станції, лок.; e_{nH} – вартість однієї вагоно-години, грн; e_m – вартість однієї локомотиво-години маневрової роботи; $C_{млс}$ – групова норма витрат на утримання маневрового локомотива на протязі доби, грн; $\Delta C_{квм}$ – приведені капітальні витрати на одну добу утримання маневрового локомотива, грн.

Величини T_{vi} , $t_{m,i}$ і m_i функціонально залежні від x_i . Значення функцій $g_i(x_i)$ отримано за допомогою імітаційного моделювання станційних процесів (див. р. 4). Залежність витрат сортувальної та однієї з вантажних станцій від числа составів передаточних поїздів, в яких виконано підбирання груп вагонів по фронтам вантажної роботи, приведена на рис. 5.

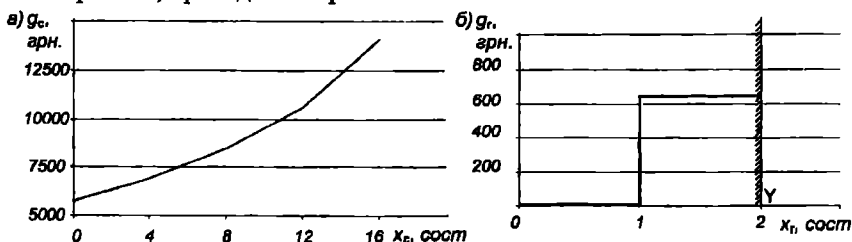


Рис. 5. Залежність витрат станцій від кількості составів, що переформуються:
а) сортувальна станція; б) вантажна станція.

Функція E_n (13) являється адитивною, оскільки загальні витрати по залізничному вузлу представляють собою суму витрат по окремим станціям $g_i(x_i)$ та витрати станцій незалежні; нелінійною, оскільки простої составів на сортувальній станції T_{vi} , а, значить, і пов'язані з ними витрати вузла, нелінійно залежать від кількості составів, з якими виконується закінчення формування; негладкою, оскільки витрати вантажних станцій можуть приймати два фіксованих значення, відповідно варіантам з виконанням підбирання груп вагонів на сортувальній станції та на даній вантажній станції.

Обмеженнями цієї задачі є загальна кількість составів передаточних поїздів

у вузлі Z , резерв перероблювальної спроможності сортувальної станції S і кількість поїздів, які поступають на вантажні станції за добу Y :

$$\begin{cases} x_0 \leq S; \\ \sum_{i=1}^N x_i = Z, \quad i=1 \dots N; \\ x_{r,i} \leq Y_i, \quad i=1 \dots (N-1). \end{cases} \quad (14)$$

Для вирішення задачі вводиться динамічний процес розподілу. Задача вирішується в два етапи. На першому етапі рішення замість однієї задачі з даною кількістю робіт (Z – составів) і фіксованим числом об'єктів (N – станцій) розглядається ціле сімейство подібних задач, в яких y може приймати будь-яке позитивне, а x_i – будь-яке ціле значення. При такому підході до розподілу в динамічному програмуванні вводиться рекурентне співвідношення, що дозволяє вирішувати поставлену задачу в загальному вигляді. Це рекурентне співвідношення при пошуку мінімального значення цільової функції (13) записується наступним чином:

$$f_N(y) = \min_{0 \leq x_N \leq y} [g_N(x_N) + f_{N-1}(y - x_N)], \quad (15)$$

де g_N – витрати, пов'язані з виконанням роботи у обсязі x_N на об'єкті N ; $f_{N-1}(y - x_N)$ – мінімальні витрати, при оптимальному розподілі робіт, по решті $(N-1)$ об'єктів.

Подібна структура формули (15) дозволяє отримати послідовність $f_1(y)$, $f_2(y)$, ..., $f_{N-1}(y)$, $f_N(y)$ для різних i :

$$f_N(y) = \min_{0 \leq x_N \leq y} [g_N(x_N) + f_{N-1}(y - x_N)]; \quad (16)$$

$$f_{N-1}(y) = \min_{0 \leq x_{N-1} \leq y} [g_{N-1}(x_{N-1}) + f_{N-2}(y - x_{N-2})]; \quad (17)$$

$$f_1(y) = \min_{0 \leq x_2 \leq y} [g_2(x_2) + f_1(y - x_2)]; \quad (18)$$

$$f_1(y) = \min_{0 \leq x_1 \leq y} [g_1(x_1) + 0]. \quad (19)$$

Оскільки функції $g_1(x_1)$, $g_2(x_2)$, ..., $g_N(x_N)$ задаються умовою задачі, то з рівняння (19) виходить, що $f_1(y)$ визначається лише вихідними даними. Функція $f_2(y)$ знаходиться через $f_1(y)$ по співвідношенню (18) і т. д. На другому етапі по умовно-оптимальним рішенням $f_i(y)$ визначається безумовно оптимальне рішення $f_N(x)$. За допомогою розробленої методики вирішена задача розподілу сортувальної роботи в Дніпропетровському залізничному вузлі, який має дев'ять вантажних та одну сортувальну станції. Розв'язання задачі розподілу сортувальної роботи між станціями залізничного вузла методом динамічного програмування наведено табл.2. Аналіз результатів оптимізації показав, що доцільно подавати підібрані групи вагонів на станції Горяїнове, Нижньодніпровськ-Пристань та Кайдацька і зберегти роботу з підбирання вагонів по вантажним фронтам на інших вантажних станціях вузла. Отримане рішення дозволяє скоротити витрати по переробці місцевого вагонопотоку на 720 тис. грн/рік у порівнянні з існуючою організацією роботи, та на 1770 тис. грн/рік у порівнянні з варіантом переносу всієї маневрової роботи по

підбиранню вагонів у групи по вантажним фронтам на сортувальну станцію.

Таблиця 2

Розподіл сортувальної роботи по станціям залізничного вузла

у	Вантажні станції																			Сорт. станція	
	ст.1		ст. 2		ст. 3		ст. 4		ст. 5		ст. 6		ст. 7		ст. 8		ст. 9				
	$f_1(y)$	x_1	$f_2(y)$	x_2	$f_3(y)$	x_3	$f_4(y)$	x_4	$f_5(y)$	x_5	$f_6(y)$	x_6	$f_7(y)$	x_7	$f_8(y)$	x_8	$f_9(y)$	x_9	$f_{10}(y)$	x_{10}	
0	0,83	0	1,66	0	2,49	0	3,31	0	4,14	0	4,14	0	4,14	0	4,14	0	4,14	0			
1	0,87	1	1,70	0	2,53	0	3,35	0	4,18	0	4,18	0	4,18	0	4,18	0	4,18	0			
2	∞		1,74	2	2,57	0	3,39	0	4,22	0	4,22	0	4,22	0	4,22	0	4,22	0			
3	∞		1,78	2	2,61	0	3,43	0	4,26	0	4,26	0	4,26	0	4,26	0	4,26	0			
4	∞		∞		2,65	1	3,48	0	4,31	0	4,31	0	4,31	0	4,31	0	4,31	0			
5	∞		∞		∞		3,69	2	4,49	2	4,49	0	4,43	1	4,43	0	4,43	0			
6	∞		∞		∞		3,74	2	4,54	2	4,54	0	4,54	0	4,54	0	4,54	0			
7	∞		∞		∞		∞		4,75	2	4,75	0	4,65	1	4,65	0	4,65	0			
8	∞		∞		∞		∞		4,79	2	4,79	0	4,79	0	4,79	0	4,78	1			
9	∞		∞		∞		∞		∞		5,82	1	4,91	1	4,91	0	4,91	0			
10	∞		∞		∞		∞		∞		∞		5,94	1	5,82	1	5,04	1			
11	∞		∞		∞		∞		∞		∞		∞		6,85	1	5,94	1			
12	∞		∞		∞		∞		∞		∞		∞		∞		6,97	1	7,29	4	

У додатках наведені файли даних для розрахунків, результати обчислювальних експериментів і акти впровадження результатів дослідження.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота містить отримані автором результати, які в сукупності вирішують науково-практичну задачу зменшення експлуатаційних витрат, пов'язаних з переробкою місцевих вагонопотоків у залізничних вузлах за рахунок більш ефективного використання технічних засобів сортувальних та вантажних станцій. Виконані в роботі дослідження дозволяють зробити наступні висновки та пропозиції:

1. Виконаний аналіз наукових робіт по проблемі підвищення ефективності роботи залізничних вузлів показав, що існуючі методики базуються на спрощених аналітичних та графічних моделях і орієнтовані на виконання техніко-економічних розрахунків по обраним конкуруючим варіантам, що не забезпечує пошук оптимального рішення. Для розв'язання вказаної задачі необхідна побудова адекватних математичних моделей станцій залізничного вузла та розробка методики вибору раціональної експлуатації транспортних засобів залізничних вузлів.

2. В результаті комплексного обстеження залізничного вузла встановлено характеристики місцевих вагонопотоків, параметри розподілу випадкових величин тривалості окремих технологічних операцій та простоїв вагонів у системі розформування сортувальної станції вузла. Для порівняння побудовано графічну модель роботи сортувальної станції у вигляді добового плану-графіку. Встановлено, що параметри розподілу випадкових величин простоїв отриманих при спостереженні за роботою станції та в результаті побудови добового-плану графіку суттєво розрізняються. При цьому простої, визначені за добовим планом-графіком є

меншими за реальні більш, ніж на 25%. Основною причиною цього є те, що при графічному моделюванні роботи станції не враховується випадкова тривалість виконання технологічних операцій з поїздами.

3. Традиційна методика нормування маневрової роботи не враховує важливих впливаючих факторів – маси состава, ухилу колії та характеристик маневрових локомотивів, що може призводити до суттєвих похибок при визначенні тривалості маневрових півреїсів. Для визначення тривалості півреїсів розроблено методику тягових розрахунків, що враховує особливості маневрового режиму роботи, а також виконано її програмну реалізацію на ЕОМ.

4. Тривалість закінчення формування багатогрупних составів являє собою випадкову величину, що має нормальний розподіл. Для визначення параметрів її розподілу для конкретних станцій доцільно використовувати метод імітаційного моделювання. Враховуючи, що тривалість закінчення формування составів на сортувальних гірках у 3-4 рази менша, ніж тривалість виконання даної операції на витяжних коліях, то більш інтенсивне використання технічних засобів сортувальних станцій дозволить скоротити загальні витрати на виконання маневрової роботи у вузлах.

5. Для визначення техніко-експлуатаційних показників роботи станцій доцільно використовувати функціональну ергатичну модель, що відображає структуру та основні взаємозв'язки між елементами станцій. При вирішенні задач аналізу технології роботи станцій функціональна модель повинна включати три модулі: модель технологічного процесу, модель системи управління та інформаційну модель. Розроблена імітаційна модель та її програмна реалізація дозволяє суттєво скоротити тривалість підготовки вихідних даних.

6. Для перевірки адекватності створеної моделі залізничної станції використаний Х-критерій ван-дер-Вардена; з його використанням була підтверджена гіпотеза про приналежність одній генеральній сукупності вибірок простоїв составів, що були отримані на реальній станції та за результатами моделювання її роботи.

7. За допомогою розроблених функціональних моделей виконана техніко-економічна оцінка варіантів завантаження сортувальної та вантажних станцій роботою по формуванню багатогрупних составів. Встановлено, що загальні експлуатаційні витрати вузла описуються адитивною, нелінійною, негладкою функцією. Задача вибору розподілу сортувальної роботи з місцевими вагонами між сортувальними та вантажними станціями залізничних вузлів формалізована як задача нелінійного програмування, що була вирішена з використанням методу динамічного програмування. Вибраний варіант для Дніпропетровського залізничного вузла дозволяє за рахунок більш ефективного використання технічних засобів станцій скоротити витрати по переробці місцевого вагонопотоку на 720 тис. грн/рік у порівнянні з існуючою організацією роботи, коли вагони на вантажні станції доставляються без підбирання у групи по вантажним фронтам та 1770 тис. грн/рік у порівнянні з варіантом переносу всієї маневрової роботи по підбиранню вагонів у гру-

пи по вантажним фронтам на сортувальній станції.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Луханин Н. И. Влияние массы поезда на план формирования поездов / Н. И. Луханин, Г. И. Музыкина, Р.Г. Коробьева // *Залізничний транспорт України*. – 2007. – № 1(60). – С. 52-53.

2. Козаченко Д. М. Оптимізація розподілу сортувальних колій між призначеннями передаточних поїздів у вузлі / Д. М. Козаченко, М. І. Березовий, Р. Г. Коробйова // *Вісник Дніпр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. академіка В. Лазаряна*. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. унт-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, – 2008. – Вип. 22. – С. 52-55.

3. Козаченко Д. М. Програмний комплекс для імітаційного моделювання роботи залізничних станцій на основі добового плану-графіку / Д. М. Козаченко, Р. В. Вернигора, Р. Г. Коробйова // *Залізничний транспорт України*. – 2008. – № 4. – С. 18-20.

4. Коробйова Р.Г. Дослідження впливу конструкції сортувальних пристроїв на тривалість закінчення формування составів багатогрупних поїздів / Р. Г. Коробйова // *Восточно-европейский журнал передовых технологий* – 2008. – № 4/3(34), – С. 18-21.

5. Левицкий И. Е. Совершенствование переработки местных вагонопотоков в железнодорожных узлах / И. Е. Левицкий, Р. Г. Коробьева // *Вісник Дніпр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. академіка В. Лазаряна*. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. унт-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, – 2008. – Вип. 23. – С. 104-107.

6. Козаченко Д. М. Дослідження впливу параметрів составів та умов скочування на величину інтервалів на розділових стрілках / Д. М. Козаченко, М. І. Березовий, Р.Г. Коробйова // *Вісник Дніпр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. академіка В. Лазаряна*. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. унт-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, – 2006. – Вип. 23. – С.79-82.

Додаткові праці:

7. Журавель В. В. Організація взаємодії сортувальної та вантажної станції, що обслуговує морський торговельний порт / В. В. Журавель, І. Л. Журавель, Р.Г.Коробйова, О. О. Дудка // *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 67 міжнар. наук.-практич. конф., 24-25 травня 2007 р.: тези доп.* – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, – 2007. – С. 125-126.

8. Козаченко Д.Н. Проблеми концентрації роботи з місцевими вагонами залізничних вузлів на технічних станціях / Д. Н. Козаченко, Р. Г. Коробйова // *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 67 міжнар. наук.-практич. конф., 24-25 травня 2007 р.: тези доп.* – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, – 2007. – С. 130-131.

9. Левицкий И.Ю. Проблеми функціонування транспортних коридорів, що проходять Одеською залізницею / І. Ю. Левицкий, Р.Г. Коробйова // *Проблеми та*

перспективи розвитку залізничного транспорту: 67 міжнар. наук.-практич. конф., 24-25 травня 2007 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, – 2007. – С. 136-137.

10. Музикіна Г.І. Аналіз впливу маси вантажних поїздів на умови роботи залізничного транспорту / Г. І. Музикіна, Р. Г. Коробйова, О. Ю. Лисенко // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 67 міжнар. наук.-практич. конф., 24-25 травня 2007 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, – 2007. – С. 140-141.

11. Коробйова Р.Г. Імітаційне моделювання маневрових пересувань на станціях / Р. Г. Коробйова // Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології: матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф., 26-27 лютого 2008 р., тези доп. –К.: ДЕТУТ. – 2008. – С. 138-139.

12. Березовий М. І. Оптимізація розподілу сортувальних колій між призначеннями / М. І. Березовий, Р. Г. Коробйова // Проблеми економіки транспорту: VII міжнар. наук. конф., 24-25 квітня 2008 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2008. – С. 33.

13. Коробйова Р. Г. Дослідження впливу конструкції сортувальних пристроїв на тривалість формування составів / Р. Г. Коробйова // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 68 міжнар. наук.-практ. конф. 22-23 травня 2008 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2008. – С. 34.

14. Левицький І. Ю. Програмні засоби для визначення показників роботи залізничних станцій/ І.Ю. Левицький, Д. М. Козаченко, Р. Г. Коробйова // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 68 міжнар. наук.-практ. конф. 22-23 травня 2008 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2008. – С. 41-42.

15. Козаченко Д. М. Автоматизація техніко-експлуатаційної оцінки проектних рішень залізничних станцій / Д. М. Козаченко, Р. Г. Коробйова, А. Н. Копил // Транспорті зв'язки. Проблеми та перспективи: міжнар. наук.-практ. конф. 29-30 квітня 2008 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, – 2008. – С. 34-35.

16. Коробйова Р.Г. Оптимізація розподілу сортувальної роботи з місцевими вагонами між технічними та вантажними станціями залізничних вузлів / Р. Г. Коробйова // Проблеми економіки і управління на залізничному транспорті: матеріали Третей Міжнарод. науч.-практ. конф. 23-27 червня 2008 р. – К.: ГЭТУТ, – 2008. – С. 371-372.

17. Левицький І. Е., Коробьева Р. Г. Совершенствование эксплуатационной работы железнодорожных узлов, обслуживающих морские порты / И. Е. Левицкий, Р. Г. Коробьева // Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса: материалы II междунар. науч.-практ. конф. 2008 р. – Гомель: БелГУТ, – 2008. – С. 71-72.

18. Березовый Н. И. Анализ влияния специализации сортировочных путей на объемы повторной сортировки вагонов / Н. И. Березовый, Р. Г. Коробьева // Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного ком-

плекса: матеріали II междунар. науч.-практ. конф. 2008 р. – Гомель: БелГУТ, – 2008. – С. 44-45.

19. Козаченко Д. Н. Программно-имитационный комплекс для моделирования работы железнодорожных станций на основе суточного плана-графика / Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора, Р. Г. Коробьева // Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса: материалы II междунар. науч.-практ. конф. 2008 р. – Гомель: БелГУТ, – 2008. – С. 63-64.

АНОТАЦІЯ

Коробйова Р. Г. Підвищення ефективності експлуатації технічних засобів залізничних вузлів при переробці місцевих вагонопотоків. – Рукопис.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпропетровськ, 2009.

Дисертація присвячена питанням зменшення експлуатаційних витрат, пов'язаних з переробкою місцевих вагонопотоків у залізничних вузлах за рахунок більш ефективного використання технічних засобів станцій.

У роботі виконано комплексне обслідування залізничного вузла, встановлена технологія обробки місцевих вагонопотоків, визначені характеристики розподілу вхідних поїздопотоків та параметри розподілу випадкових величин тривалості виконання технологічних операцій. Для оцінки впливу технічного забезпечення станцій і обсягів маневрової роботи з місцевими вагонами на показники їх функціонування розроблена модель руху маневрових составів та ергатична імітаційна модель функціонування залізничних станцій. На основі запропонованих моделей розроблено програмні комплекси для визначення техніко-експлуатаційних показників роботи залізничних станцій. Методами імітаційного моделювання визначено залежності витрат станцій від обсягів маневрової роботи з місцевими вагонами. Задача удосконалення розподілу маневрової роботи з місцевими вагонами у вузлі формалізована і розв'язана як задача динамічного програмування, що дозволяє відійти від існуючої методики техніко-економічного порівняння варіантів і забезпечує пошук оптимального рішення для крупних залізничних вузлів.

Результати роботи впроваджені на Придніпровській залізниці, на промисловому залізничному транспорті ТОВ «МЗ «Дніпросталь» та у навчальному процесі Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту при підготовці спеціалістів і магістрів за спеціальністю «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті».

Ключові слова: залізничні вузли, сортувальні станції, сортувальні пристрої, імітаційні моделі, місцеві вагони, оптимізація.

АННОТАЦИЯ

Коробьева Р.Г. Повышение эффективности эксплуатации технических

средств железнодорожных узлов при переработке местных вагонопотоков. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, Днепропетровск, 2009.

Диссертация посвящена вопросам снижения эксплуатационных расходов связанных с переработкой местных вагонопотоков в железнодорожных узлах за счет более эффективного использования технических средств станций.

Дана оценка теоретическим и практическим подходам, связанным с совершенствованием работы железнодорожных узлов. Показана актуальность задачи совершенствования распределения маневровой работы с местными вагонами между сортировочными и грузовыми станциями для более эффективного использования их технических средств. Установлено, что существующие методы решения данной задачи основываются на упрощенных аналитических и графических моделях и ориентированы на выполнение технико-экономических расчетов по сравнению ограниченного числа конкурирующих вариантов, что не обеспечивает поиск оптимального решения.

Задача совершенствования эффективности использования технических средств железнодорожного узла рассмотрена на трех иерархических уровнях: микроуровень – сортировочное устройство; макроуровень – железнодорожный узел; метауровень – железнодорожный узел в целом.

Для идентификации станций железнодорожного узла в работе выполнено комплексное обследование узла и определена технология обработки местных вагонопотоков, параметры входящих поездопотоков и параметры распределения случайных величин продолжительности технологических операций.

Для оценки влияния конструкции сортировочных средств на продолжительность маневровых операций усовершенствована модель движения маневровых составов. На основании имитационного моделирования процесса формирования многогруппных составов получены статистические оценки продолжительности маневров на сортировочных горках разной мощности и вытяжных путях.

Для оценки влияния объемов работы по сортировке местных вагонов на показатели работы станций разработана эргатическая функциональная модель железнодорожной станции. Указанная модель включает модель технологического процесса в которой последовательность операций задается конечным автоматом, информационную модель в виде суточного плана-графика и модель системы управления. На основании представленных моделей разработаны программные комплексы для получения технико-эксплуатационных показателей работы железнодорожных станций. Методами имитационного моделирования установлены зависимости расходов станций от объемов маневровой работы с местными вагонами.

Перенос работы по подборке вагонов в подачи на грузовые фронты с грузо-

вых станций на сортировочные позволяет использовать более производительные сортировочные средства и сократить продолжительность маневров, в то же время повышение загрузки сортировочной горки приводит к нелинейному росту простоев составов в ожидании обработки, поэтому задача распределения маневровой работы с местными вагонами в узле является оптимизационной. Учитывая характер целевой функции и ограничений указанная задача формализована и решена как задача динамического программирования.

Результаты работы внедрены на Приднепровской железной дороге, на промышленном железнодорожном транспорте ОАО «МЗ «Днепросталь» и в учебном процессе Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта при подготовке специалистов и магистров по специальности «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте».

Ключевые слова: железнодорожные узлы, сортировочные станции, сортировочные устройства, имитационная модель, местные вагоны, оптимизация.

THE SUMMARY

Korobiova R.G. Increase of technical means of railway junctions' operation effectiveness while processing of domestic car traffic volume – Manuscript.

Thesis for an academic degree by speciality 05.22.20 – operation and maintenance of transport means. – Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan, Dnipropetrovsk, 2009.

The dissertation is devoted to the questions of working costs reduction connected with processing of domestic traffic volumes in railway junctions at the expense of more effective utilization of stations technique.

An integrated study of railway junction is carried out, a technology of domestic traffic volumes processing is established, characteristics of distribution of incoming traffic volume and parameters of random distribution of duration of working operations performance are determined. The model of shunting rolling stock movement and ergatic imitating model of railway stations functioning is developed for estimation of the influence of stations techniques and volumes of shunting service with domestic cars on their functioning parameters. The software complexes for definition of technological and operational parameters of railway stations work are developed on the basis of proposed models. Relations of stations charges and volumes of shunting operation with domestic cars are determined by methods of simulation models. The problem of improvement of shunting operation distribution with domestic cars in junctions is formalized and solved as a dynamic programming problem. This allows to step aside from existing methods of technical and economic alternatives comparison and optimizes major railway junctions.

Results of work are implemented on Pridneprovskaya railway in industrial railway transport LLC “MZ “Dneprostal” and in academic activities of Dnepropetrovsk national university of railway transport at training of specialists and masters on speciality «The organization of transportations and management on railway transport».

Key words: railway junctions, marshalling yards, sorting means, simulation model, domestic cars, optimization.

КОРОБІЙОВА РУСЛАНА ГЕННАДІЇВНА

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ
ЗАЛІЗНИЧНИХ ВУЗЛІВ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ МІСЦЕВИХ ВАГОНОПОТОКІВ**

**Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Підписано до друку 16.04. 2009 р.

Формат 60x84 1/16. Папір для множинних апаратів. Різограф.

Ум. др. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 1,0. Тираж 100 прим.

Замовлення № 806

**Видавництво Дніпропетровського національного університету
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
ДК № 1315 від 31.03.2003**

Адреса видавництва та дільниці оперативної поліграфії:

49010, Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2

www.diitrvv.dp.ua