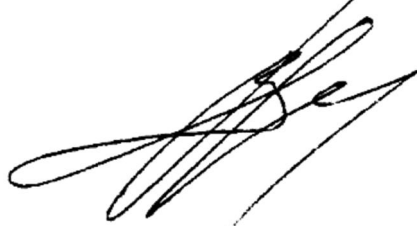


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

МАЛАШКІН ВЯЧЕСЛАВ ВІТАЛІЙОВИЧ



УДК 656.212

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ
ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
ЇХ ФУНКЦІОНУВАННЯ**

Спеціальність 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2012 р.

Дисертацією є рукопис.

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

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Бобровський Володимир Ілліч,
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна,
завідувач кафедри «Станції та вузли»

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Чернецька-Білецька Наталія Борисівна,
Східноукраїнський національний університет імені
В. Даля, завідувач кафедри «Організація перевезень та
управління на транспорті»

кандидат технічних наук, професор
Яновський Петро Олександрович,
Національний авіаційний університет, професор кафедри
«Організація авіаційних перевезень»

Захист відбудеться «07» червня 2012 р. о 11⁰⁰ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.820.02 при Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДПТ) за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2, ауд. 314.

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

Автореферат розісланий «03» травня 2012 р.

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



Жуковицький І. В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. На сучасному етапі розвитку економіки України залізничний транспорт зберіг за собою роль основного перевізника, продовжуючи виконувати 84% вантажних та 38% пасажирських перевезень. В умовах жорсткої конкуренції з іншими видами транспорту перед залізницями постає складна задача постійної підтримки ринкової привабливості за рахунок підвищення якості транспортного обслуговування та зменшення його вартості. Залізничні станції є одним з основних елементів в системі організації перевізного процесу, тому рішення поставленої задачі потребує реалізації ефективних заходів, направлених на комплексне удосконалення їх роботи. Особливої уваги при цьому вимагають питання визначення раціональної конструкції колійного розвитку залізничних станцій, що є одним з найбільш значимих факторів, які впливають на техніко-експлуатаційні показники функціонування станцій.

При проектуванні нової станції або реконструкції існуючої однією з основних задач, які необхідно вирішити, є визначення доцільного технічного оснащення та вибір раціональної конструкції її горловин. При цьому найбільші труднощі викликає отримання достовірної кількісної та якісної оцінки кожного з можливих варіантів конструкції колійного розвитку. Ефективним засобом рішення вказаної задачі є імітаційне моделювання та методи аналізу і синтезу станцій у поєднанні з використанням сучасних засобів обчислювальної техніки. В цьому зв'язку підвищення ефективності функціонування залізничних станцій за рахунок визначення раціональних техніко-технологічних параметрів на основі науково обґрунтованих методів комплексної оцінки їх технічного забезпечення та технології роботи представляє собою важливу науково-практичну задачу. Таким чином, тема дисертації, що присвячена вирішенню даної задачі, є досить актуальною.

Зв'язок теми з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у відповідності з пріоритетними напрямками розвитку залізничної галузі, які визначені у Транспортній стратегії України до 2020 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 20.10.2010), а також пов'язана з НДР, що виконані Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна: «Автоматизація проектування залізничних станцій» (договір №43.00.05.06, № ДР 0105U001800), «Удосконалення конструкції та технології роботи сортувальних комплексів на станціях» (договір №43.02.09.10, № ДР 0109U000480), «Будівництво електрометалургійного заводу і загальнозаводських об'єктів (ЗАТ «КНВЕМЗ»», «Розробка імітаційної моделі та визначення пропускної спроможності станції Промислова та під'їзних колій» (договір №43.19.09.10, № ДР 0110U003344), та НДР, виконані НВП «Укртранскад» Східного наукового центру Транспортної академії України: «Розробка і аналіз варіантів будівництва зовнішньої під'їзної залізничної колії подачі металевого брухту ТОВ «МЗ «Дніпросталь»» (№ ДР 0108U008053), «Розробка технологічного процесу роботи під'їзної колії ТОВ «Трансінвестсервіс» (договір №62, № ДР 0110U003345), по яких автор є виконавцем та автором звітів.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності функціонування залізничних станцій за рахунок визначення раціональних техніко-технологічних параметрів на основі науково обґрунтованих методів комплексної оцінки їх технічного забезпечення та технології роботи. Поставлена мета досягається в результаті вирішення наступних задач:

– Аналіз сучасних методів дослідження та оцінки ефективності функціонування залізничних станцій.

- Дослідження технічного стану залізничних станцій України у сучасних умовах розвитку залізниць.
- Удосконалення структурно-параметричних моделей і методів автоматизованого синтезу колійного розвитку залізничних станцій.
- Розробка процедури комплексної оцінки конструкції колійного розвитку станцій.
- Розробка регенеративного методу функціонального моделювання залізничних станцій.
- Удосконалення функціональної моделі залізничних станцій, яка призначена для отримання кількісної оцінки їх техніко-технологічних параметрів. Ідентифікація моделі та оцінка її адекватності.
- Формалізація та вирішення задачі вибору раціональної черговості виконання реконструктивних заходів, спрямованих на підвищення ефективності функціонування залізничних станцій.

Об'єктом досліджень є процес функціонування залізничних станцій.

Предметом досліджень є вплив конструкції та технології роботи залізничних станцій на техніко-експлуатаційні та техніко-економічні показники їх функціонування.

Методи дослідження. Математична статистика та кореляційний аналіз використані для оцінки існуючого технічного оснащення залізничних станцій України та технології обробки вантажних поїздів.

Теорія графів, методи аналітичної і обчислювальної геометрії використані для побудови, аналізу і перетворення геометричних моделей колійного розвитку станцій.

Теорія прийняття рішень на основі кількісної інформації про відносну важливість критеріїв використана для визначення раціональних проектних рішень щодо конструкції колійного розвитку залізничних станцій.

Теорія графів, методи імітаційного моделювання, теорія масового обслуговування, теорія скінчених автоматів використані для розробки ергатичних функціональних моделей станцій.

Методи динамічного програмування використані для розробки методу визначення раціональної черговості проведення реконструктивних заходів, спрямованих на удосконалення техніко-технологічних параметрів залізничних станцій.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

- вперше розроблено регенеративний метод функціонального моделювання залізничних станцій, який дозволяє отримувати оцінку їх техніко-технологічних параметрів з заданою точністю при мінімальних обсягах моделювання;
- удосконалено структурно-параметричні моделі та методи автоматизованого синтезу колійного розвитку станцій, що, на відміну від існуючих, дозволяють аналізувати великі залізничні станції, в тому числі розташовані на кривих ділянках;
- удосконалено ергатичну модель залізничної станції, що, на відміну від існуючої, забезпечує її синхронну адаптацію до поточного стану станції і за рахунок цього дозволяє особі, яка виконує моделювання, забезпечити адекватність процесу керування та істотно скоротити витрати часу на моделювання;
- удосконалено метод комплексної техніко-економічної оцінки проектних рішень при будівництві чи реконструкції залізничних станцій, який дозволяє на основі методу динамічного програмування визначати раціональну черговість реконструктивних заходів.

Практичне значення отриманих результатів. Запропоновані методи та алгоритми реалізовано у вигляді програмних комплексів для ЕОМ «Програмний комплекс для моделювання технологічних процесів транспортних об'єктів на базі сітьових графіків» (свідоцтво про державну реєстрацію авторських прав на твір № 32786) та «Построитель сетки плана-графика работы станции» (свідоцтво про державну реєстрацію авторських прав на твір № 33139). Наукові результати, отримані у дисертації, а також розроблені моделі та методи можуть бути використані при створенні автоматизованих систем підтримки прийняття рішень для оцінки варіантів удосконалення конструкції, технології роботи та системи керування станцій, також в проектних бюро та технічних відділах залізничних станцій для побудови планів їх колійного розвитку. Функціональні моделі залізничних станцій, побудовані на основі розробленої методики, доцільно використовувати для прогнозування показників функціонування залізничних станцій у різних умовах роботи. В даний час отримані результати використані:

- при розробці рекомендацій щодо удосконалення конструкції та технології роботи парної підсистеми розформування станції Нижньодніпровськ-Вузол Придніпровської залізниці;
- при проектуванні промислової сортувальної станції Металургійного заводу «Дніпросталь»;
- при розробці технологічного процесу роботи під'їзної колії ТОВ «Трансінвестсервіс»;
- в учбовому процесі при виконанні лабораторних робіт студентами факультету «Управління процесами перевезень» ДНУЗТу з використанням ергатичної моделі станції.

Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами, що наведені у додатках до дисертації.

Особистий внесок здобувача. Всі результати теоретичних та експериментальних досліджень, що наведені у роботі, отримані автором самостійно. Статті [3, 5] опубліковані без співавторів. В роботах, опублікованих у співавторстві, особистий внесок автора полягає у наступному: в роботі [1] автором розроблено вхідну модель, яка забезпечує графічний ввід схеми станції в ЕОМ, в статті [2] автором розроблені модулі функціональної моделі станції для отримання комплексної оцінки її техніко-технологічних параметрів; в статті [4] розроблено методику автоматизованого синтезу великих залізничних станцій на основі сімейства геометричних моделей.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені на 65-й, 66-й, 67-й, 68-й та 70-й Міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2005, 2006, 2007, 2008, 2010 р.р.); на 4-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 та перспективи» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2008 р.); на II Міжнародній науково-практичній конференції «Інтеграція України в міжнародну транспортну систему» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2010 р.); на наукових семінарах кафедри станцій та вузлів ДНУЗТ 2006-2011 рр. У повному обсязі дисертація доповідалась і була схвалена у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна на міжкафедральному науковому семінарі (2012 р.).

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 16 наукових праць, з них 1 монографія, 4 науково-технічних статі у фахових виданнях, затверджених ВАК України та 11 тез доповідей на наукових конференціях.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновків, переліку використаної літератури і шести додатків. Повний обсяг роботи складає 232 сторінки, з яких основний зміст викладено на 180 сторінках, що містять 57 рисунків та 12 таблиць; список використаних джерел складається з 143 найменувань, викладених на 15 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

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

В першому розділі виконано всебічний аналіз сучасного стану проблеми отримання техніко-технологічної оцінки ефективності функціонування залізничних станцій.

Значний внесок у вирішення проблем удосконалення роботи залізничних станцій зробили вчені Акулінічев В.М., Бикадоров А.В., Березовий М.І., Бобровський В.І., Болотний В.Я., Бутько Т.В., Вернигора Р.В., Головнич А.К., Грунтов П.С., Єфименко Ю.І., Жуковицький І.В., Козаченко Д.М., Ломотько Д.В., Мироненко В.К., Муха Ю.О., Нагорний Є.В., Негрей В.Я., Образцов В.Н., Правдін М.В., Сотніков Є.А., Сюй Ю.А., Тихомиров І.Г., Торопов Б.І., Чернецька-Білецька Н.Б., Шафіт Є.М., Шабалін Н.Н., Ющенко М.Р., Яновський П.О. та інші.

Колійний розвиток і технічне оснащення залізничних станцій України склалися за часів СРСР і в умовах суттєвого зменшення обсягів роботи, яке відбулось у 90-ті роки ХХ сторіччя, мають резерви переробної спроможності. В той же час, в сучасних умовах технічні засоби є суттєво зношеними, а фінансування заходів по їх модернізації та реконструкції, якщо і здійснюється, то, як правило, поетапно. У цьому зв'язку постає питання вибору раціональної послідовності виконання реконструктивних заходів, яка б забезпечувала мінімальні експлуатаційні витрати. Однією з найбільш складних задач, яка постає при цьому, є задача отримання достовірної кількісної оцінки існуючих чи проектних техніко-технологічних параметрів залізничних станцій. При цьому основним засобом аналізу та оцінки показників функціонування станцій є математичне моделювання станційних процесів, яке базується на використанні аналітичних, графічних та імітаційних моделей.

Аналіз вітчизняного і закордонного досвіду моделювання залізничних станцій показав, що існуючі моделі, як правило, орієнтовані на рішення вузькоспеціалізованих задач і в багатьох випадках тільки для конкретної станції. Крім того, сучасні методи побудови імітаційних моделей вимагають значних витрат праці і часу висококваліфікованих програмістів і технологів і тому такі моделі, як правило, недоступні широкому колу практиків.

Однією з невирішених проблем є адекватне моделювання систем оперативного керування залізничними станціями, у яких головну роль відіграє людина-диспетчер. У більшості існуючих моделей станцій управлінська діяльність диспетчера або взагалі не враховується, або моделюється за допомогою спрощених алгоритмів, що не забезпечує достатню адекватність цих моделей.

На підставі виконаного аналітичного огляду сформульована мета дослідження, що полягає у розробці науково обґрунтованих методів техніко-економічної оцінки залізничних станцій для підвищення їх експлуатаційної ефек-

тивності функціонування за рахунок покращення проектних та управлінських рішень.

В другому розділі представлена структура дослідження, визначено основні задачі дослідження, порядок та методи їх розв'язання; виконано дослідження сучасного стану колійного розвитку та технічного забезпечення приймально-відправних парків залізничних станцій України.

Аналіз схем існуючих залізничних станцій виявив, що значна їх кількість побудована по нетиповим проектам. Однією з поширених є комбінована схема, в якій частина парків розташовуються паралельно один до одного. До таких станцій відносяться Одеса-Застава-1, Одеса-Сортувальна, Коростень, Запоріжжя-Ліве, Верхівцеве та інші. Зазвичай такі схеми використовують через труднощі у послідовному розміщенні всіх парків на станційній площадці. Недоліком таких схем є суттєве завантаження горловин парків відправлення і затримка маневрової роботи на витяжних коліях при перестановці готових составів в парк відправлення. Окремі двосторонні станції (наприклад, Іловайськ Донецької залізниці) мають нетипове розміщення локомотивного і вагонного господарств. При таких схемах утворюється значна кількість перетинань маршрутів маневрових локомотивів з рухом організованих поїздів, складні маневри по перестановці вагонів на колії вагоноремонтного депо. Подібні схемі склалися історично в результаті виконання перебудов в межах раніше сформованої станційної площадки. Зустрічаються схеми станцій з парками, що розташовані у вигляді трикутника (Жмеринка Південно-Західної залізниці). В таких схемах локомотивне господарство відірвано від основних парків і передачі локомотивів викликають додаткові перетинання маршрутів руху і значні затримки.

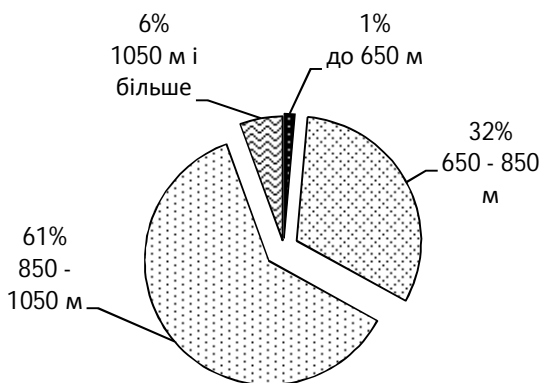


Рисунок 1 - Діаграма розподілу корисної довжини колій в приймально-відправних парках технічних станцій

Аналіз довжини приймально-відправних колій технічних станцій України показав, що корисна довжина тільки 67% з них відповідає нормам проектування і є більшою ніж 850 м. Розподіл корисної довжини колій приймально-відправних парків наведений на рис. 1.

Разом з тим мають місце суттєві недоліки в конструкції існуючих стрілочних горловин приймально-відправних парків станцій України. Основною вимогою до конструкції горловини є забезпечення безпеки руху при виконанні поїзної та маневрової роботи за рахунок використання секціонування колій при дотриманні компакт-

ності горловини та її мінімальної довжини. При цьому конструкція стрілочних горловин повинна забезпечувати мінімальне середнє квадратичне відхилення корисної довжини колій σ_L в приймально-відправних парках з метою зменшення їх загальної довжини та, відповідно, витрат на утримання колій. Як показав проведений аналіз конструкції горловин існуючих парків, не всі вони відповідають вказаній вимозі. Розподіл величини σ_L при різній кількості колій m в різних за призначенням парках залізничних станцій України наведений на рис. 2.

За результатами дослідження встановлено, що при збільшенні кількості колій m в парках станцій значення σ_L зростає. Міру лінійного взаємозв'язку між m і σ_L визначено на основі кореляційного аналізу; поля точок вказаних величин, а також коефіцієнти кореляції r наведені на рис. 3.

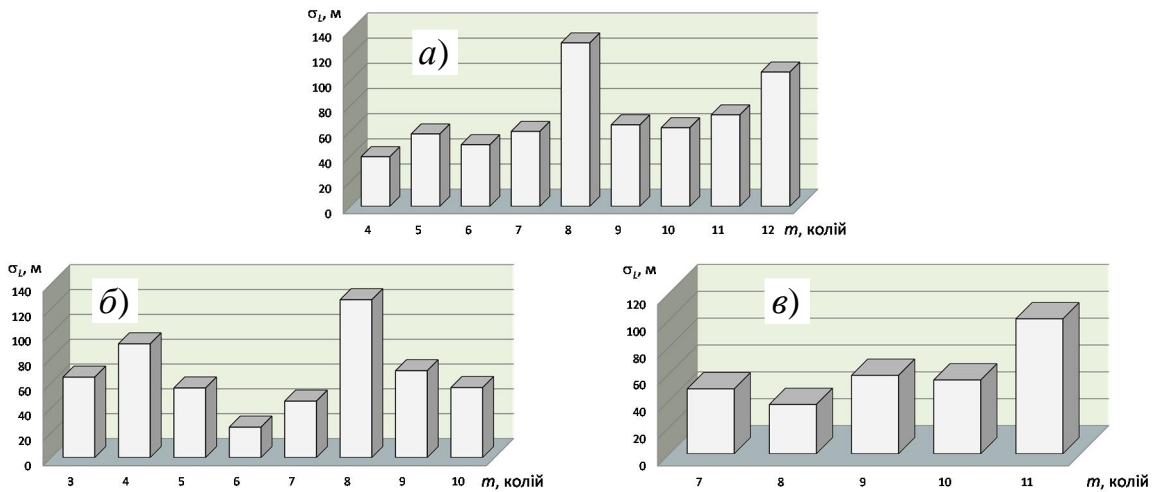


Рисунок 2 – Гістограми розподілу величини σ_L :
 а) в парках прийому; б) в приймально-відправних парках;
 в) в парках відправлення

В результаті аналізу встановлено, що в приймально-відправних парках станцій величина σ_L не залежить від m , оскільки такі парки, як правило, розвинені в обидві сторони відносно їх поздовжньої вісі. Парки прийому та відправлення, навпаки, мають колійний розвиток, розташований з однієї сторони відносно їх поздовжньої вісі, тому в цих парках спостерігається надлишкова корисна довжина частини колій.

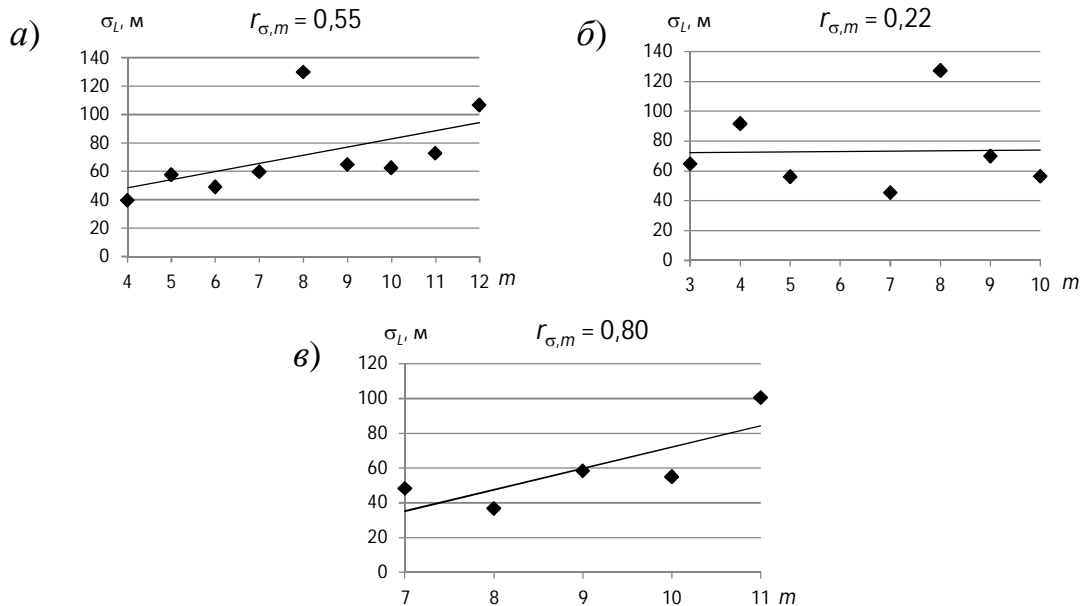


Рисунок 3 – Залежність σ_L від m :
 а) в парках прийому; б) в приймально-відправних парках;
 в) в парках відправлення

Одним з основних факторів забезпечення безпеки руху на станціях є відокремлення маневрової роботи від поїзної. Аналіз конструкції колійного розвитку парків показав, що у 29% парків прийому двосторонніх та 17% односторонніх сортувальних станцій відсутні тупикові колії, призначені для виконання заїзду маневрових локомотивів за складами для їх розформування, а на односторонніх станціях – ще і для прибирання поїзних локомотивів від складів, що прибувають з напрямку, протилежного напрямку сортування. За відсутності таких тупикових ко-

лій вказані маневри виконують на головних коліях перегонів, що примикають до парків прийому. Недосконалість конструкції колійного розвитку подібних парків прийому суттєво зменшує рівень безпеки на залізничних станціях та знижує їх пропускну спроможність.

Дослідження кількості колій в приймально-відправних парках показали її надлишок на сортувальних станціях, що забезпечує додатковий резерв їх переробної спроможності, але призводить до значних витрат на утримання колій. Разом з тим, на більшості вантажних станцій спостерігається дефіцит наявної кількості приймально-відправних колій, що негативно позначається на ефективності їх функціонування.

Аналіз технічного стану колійного господарства станцій виявив значний знос приймально-відправних колій, що спричиняє зниження рівня безпеки та швидкості руху по станціям – близько 9% колій мають обмеження по швидкості руху до 3 км/год., 17% – до 5 км/год., 24% – до 10 км/ год.

Таким чином, в результаті аналізу техніко-технологічних параметрів основних технічних станцій України були виявлені суттєві недоліки в їх конструкції, що спричиняють зниження ефективності роботи станцій та підвищують вартість перевезень. Такий стан потребує виконання комплексних досліджень щодо удосконалення як конструкції, так і технології роботи станцій. У цьому зв'язку в дисертації поставлена задача розробки системи геометричних і функціональних моделей станцій з урахуванням системного підходу щодо підвищення ефективності їх функціонування за рахунок удосконалення конструкції, технічного оснащення і технології роботи. Геометричні моделі повинні детально відтворювати конструкцію станцій і використовуватися для їх синтезу, а також служити основою для побудови функціональних моделей. Функціональні моделі мають відображати технологічні процеси роботи станцій і використовуватися для вирішення задач їх аналізу. Такі моделі дозволяють отримувати кількісну оцінку ефективності функціонування станцій, яка повинна використовуватися для пошуку раціонального комплексу заходів по удосконаленню їх конструкції та технології роботи.

В третьому розділі удосконалені структурно-параметричні моделі та методи автоматизованого синтезу колійного розвитку залізничних станцій; розроблено процедуру комплексної оцінки конструкції колійного розвитку станцій, яка базується на принципах теорії прийняття рішень.

В основі реалізації методів автоматизованого синтезу колійного розвитку залізничних станцій покладена система геометричних моделей: вхідна, внутрішня і вихідна моделі. З метою скорочення часу виконання процесу синтезу станцій необхідно максимально прискорити процедуру підготовки вихідних даних. У цьому зв'язку в дисертації удосконалена вхідна модель станції, яка дозволяє організувати інтерактивний процес вводу в ЕОМ схеми залізничної станції з мінімальними витратами часу.

Вхідна модель станції $\Omega_{\text{вх}}$ представлена множиною графічних об'єктів, серед яких виділені ділянка колії e , центр стрілочного перевodu s , вершина кута повороту c , номер колії w , міжколійя m та світлофор l :

$$\Omega_{\text{вх}} = \{e, s, c, w, m, l, T\}, \quad (1)$$

де T – додаткові параметри вхідної моделі.

Кожному об'єкту поставлені у відповідність список конструктивних параметрів X і екранні координати характерних точок $p=(x, y)$. Вказані об'єкти записуються до вхідної моделі $\Omega_{\text{вх}}$ в порядку введення схем в ЕОМ. На цьому етапі виконується розпізнавання графічних об'єктів і модифікація вхідної моделі.

Внутрішня модель станції представлена оргграфом $G=(V, E)$, в якому виділе-

ні три підмножини вершини: V^S , V^C та V^W . Вершини $v_i \in V^S$ є центрами стрілочних переводів (ЦП), вершини $v_j \in V^C$ – вершинами кутів повороту кривих (ВК), вершини $v_k \in V^W$ – кінцями колій (КК). Дуга графа $e=(v, u)$ позначається упорядкованою парою, яка складається з початкової v та кінцевої u вершин; її напрямок задано від вершини v до вершини u . Прийнято, що всі дуги орієнтовані зліва праворуч.

В дисертації удосконалені методи розрахунку конструктивних параметрів елементів станцій, які використовуються внутрішньою моделлю; це дало змогу виконувати автоматизований синтез колійного розвитку скорочених з'єднань і спеціалізованих стрілочних вулиць.

Вихідна модель містить всі необхідні розміри та координати плану колійного розвитку станції і забезпечує його графічну реалізацію у вигляді масштабного креслення. Окрім того, вихідна модель містить дані, які є основою для побудови функціональної моделі залізничних станцій.

Аналіз процесу інтерактивного вводу в ЕОМ схем колійного розвитку станцій шляхом додавання, видалення і зміни відрізків, які відповідають ділянкам колій, показав наявність певних резервів часу на формування вхідної моделі. У цьому зв'язку в дисертації розроблена компонентна модель, яка дозволяє суттєво скоротити час на введення схеми станції в ЕОМ за рахунок використання більш укрупнених примітивів – компонентів. Компонент являє собою фрагмент залізничної станції (стрілочна горловина, станційний парк тощо) і представлений структурою:

$$T_k = \{\Omega_k, p_{0k}, \varphi_k\}, \quad (2)$$

де Ω_k – список об'єктів (**e, s, c, w, m, l**), з яких складається фрагмент станції, представлений у компоненті; p_{0k} – базисна точка прив'язки компонента до основної схеми ескізу; φ_k – кут повороту локальної системи координат компоненту Σ_k .

Включення чергового компонента до основної схеми станції виконується у два етапи. На першому етапі коригуються координати графічних об'єктів списку Ω_k з урахуванням значень p_{0k} і Σ_k . На другому етапі виконується додавання об'єктів списку Ω_k до $\Omega_{\text{вх}}$ основної схеми, їх розпізнавання та модифікація вхідної моделі.

При автоматизованому синтезі станційних парків виникає задача забезпечення потрібної корисної довжини $L_{\text{пкд}}$ станційних колій. У цьому зв'язку в дисертації розроблено метод автоматизованого розрахунку потрібної корисної довжини колій, який складається з чотирьох етапів.

На першому етапі з використанням графу станції G визначаються координати точок однієї з горловин парку та будується остовне дерево $U=(V, E_u)$, що містить дуги, які представляють відрізки з відомими довжинами. На другому етапі за допомогою остовного дерева U визначаються координати точок іншої горловини при заданій довжині L_p однієї з колій парку – розрахункової колії. На третьому етапі на графі G виконується пошук дуг, які відповідають коліям парку, і визначається їх фактична корисна довжина $L_{\text{фкд } i}$. На заключному, четвертому етапі, здійснюється коригування значень $L_{\text{фкд } i}$ усіх колій парку таким чином, щоб виконувалась умова $L_{\text{фкд } i} \geq L_{\text{пкд}}$. У цьому зв'язку для кожної з n колій парку проводиться розрахунок відхилення ΔL_i фактичної корисної довжини від потрібної $\Delta L_i = |L_{\text{фкд } i} - L_{\text{пкд}}|$. При цьому максимальне відхилення $\Delta L_{\text{max}} = \max\{\Delta L_1, \Delta L_2, \dots, \Delta L_n\}$ визначає необхідне збільшення довжини всіх колій групи, що забезпечує необхідну корисну довжину цих колій. У завершення четвертого етапу збільшуються на ΔL_{max} значення координат точок плану станції, визначених на другому етапі, і, відповідно, корисні довжини колій групи.

Удосконалена система геометричних моделей забезпечує розрахунок планів колійного розвитку окремих горловин або парків з прямолінійними горизонтальними коліями. Великі станції, що складаються з декількох парків, а також станції, які цілком або частково розташовуються на кривих ділянках, необхідно розбити на базові елементи (блоки), у межах яких колії залишаються прямолінійними і горизонтальними. Для кожного блоку виконуються попередні розрахунки, результати яких представляються у вигляді вихідної моделі певної структури. Надалі вихідні моделі блоків використовуються для їх об'єднання в загальний плані станції, яке здійснюється в інтерактивному режимі. Вказаний режим забезпечує можливість вибору і оперативної зміни положення кожного блоку на плані станції. При цьому блок представляє собою ієрархічну модель, оскільки кожне їх об'єднання можна знову розглядати як окремий блок, використовуючи його для продовження процесу автоматизованого синтезу великих станцій.

Удосконалені геометричні моделі та методи синтезу колійного розвитку станцій реалізовані у вигляді прикладних програм для автоматизованого проектування станцій, робочі вікна яких зображені на рис. 4.

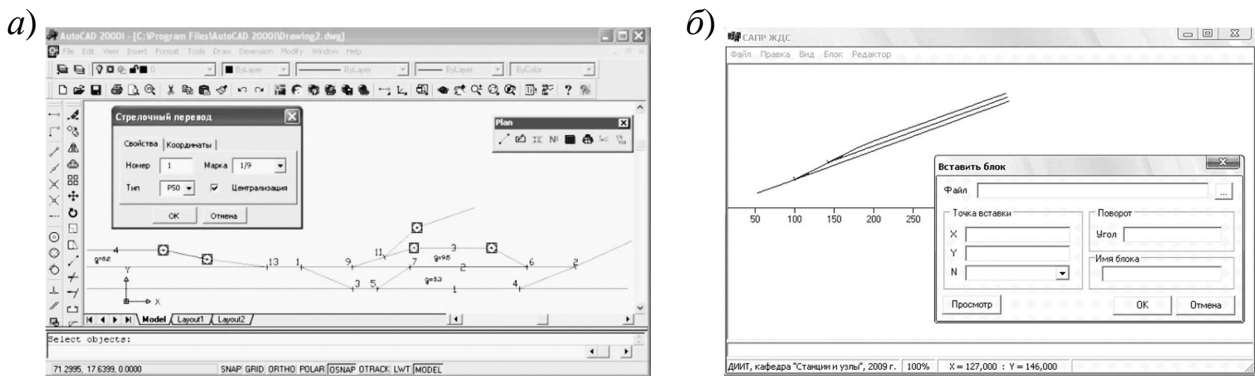


Рисунок 4 – Вікна прикладних програм для автоматизованого проектування залізничних станцій: а) проектування плану станції; б) вставка блоку в загальний план станції

Для прискорення відбору конкурентоспроможних варіантів з множини можливих розроблено процедуру комплексної оцінки конструкції колійного розвитку станцій з використанням методів теорії прийняття рішень.

Оцінка планів колійного розвитку залізничних станцій виконується з використанням комплексу показників, які дозволяють враховувати конструктивні параметри (загальна кількість стрілочних переводів, корисна та будівельна довжини та ін.) та якісні особливості варіантів проектних рішень (максимальна кількість одночасних переміщень в горловині, кількість стрілок і сума кутів повороту на маршруті руху та кількість стрілочних переводів на головній колії). Розрахунок вказаних показників базується на принципах теорії графів та методах їх аналізу.

Відбір кращих варіантів проектних рішень оснований на методі аналізу ієрархій, який передбачає виконання наступних етапів: 1) структурування проблеми вибору у вигляді ієрархії «мета → критерії → альтернативи»; 2) побудова множини матриць парних порівнянь критеріїв; 3) визначення коефіцієнтів важливості критеріїв; 4) розрахунок комплексного вагового коефіцієнту та відбір кращої альтернативи.

Застосування розробленої методики відбору найкращих альтернатив серед можливих в системі автоматизованого синтезу планів колійного розвитку залізничних станцій дозволяє значно скоротити час на пошук конкурентоспроможних варіантів проектних рішень.

У четвертому розділі удосконалена функціональна ергатична модель залізничних станцій, призначена для отримання кількісної оцінки її техніко-технологічних параметрів для заданих експлуатаційних умов; розроблено регенеративний метод функціонального моделювання залізничних станцій.

Імітаційне моделювання станційних процесів є ефективним засобом аналізу та оцінки показників функціонування станцій, їх техніко-технологічних і економічних параметрів. Але разом з тим основною проблемою, що виникає при створенні моделей залізничних станцій, є імітація функцій діючих систем керування, основною ланкою яких є людина-диспетчер. Очевидно, що без адекватного моделювання зазначених систем одержання достовірної кількісної оцінки показників функціонування станцій неможливе. У цьому зв'язку в дисертації функціональна модель залізничної станції (ФМС) розроблена на основі концепції ергатичного моделювання. При цьому особа, яка виконує моделювання (ОВМ), бере безпосередню участь у процесі моделювання і керує технологічним процесом станції, виконуючи функції диспетчера. З урахуванням цих умов сформульовані основні принципи побудови ФМС, призначеної для визначення кількісної оцінки техніко-технологічних параметрів станцій:

- наявність у ФМС інформаційної моделі станції (ІМ) для оцінки поточної ситуації і передачі управлінських рішень ОВМ у ФМС;
- імітація пересувань рухомого складу по станції з відображенням в інформаційній моделі;
- максимальне прискорення системного часу у випадках, коли технологічний процес чітко формалізований і не вимагає втручання ОВМ;
- автоматичний перехід у реальний масштаб системного часу у моменти, коли необхідне прийняття рішень ОВМ (вибір черговості обслуговування або маршрутів руху транспортних об'єктів).

ФМС складається з моделі колійного розвитку станції (МКР), моделі керування переміщенням рухомого складу (МКПРС), моделі технологічного процесу (МТП) та ІМ. Синхронізація вказаних моделей виконується за командами системного таймера у відповідності з системним часом T_c . Структура ФМС у складі системи інтегрованих моделей для синтезу та аналізу залізничних станцій наведена на рис. 5.

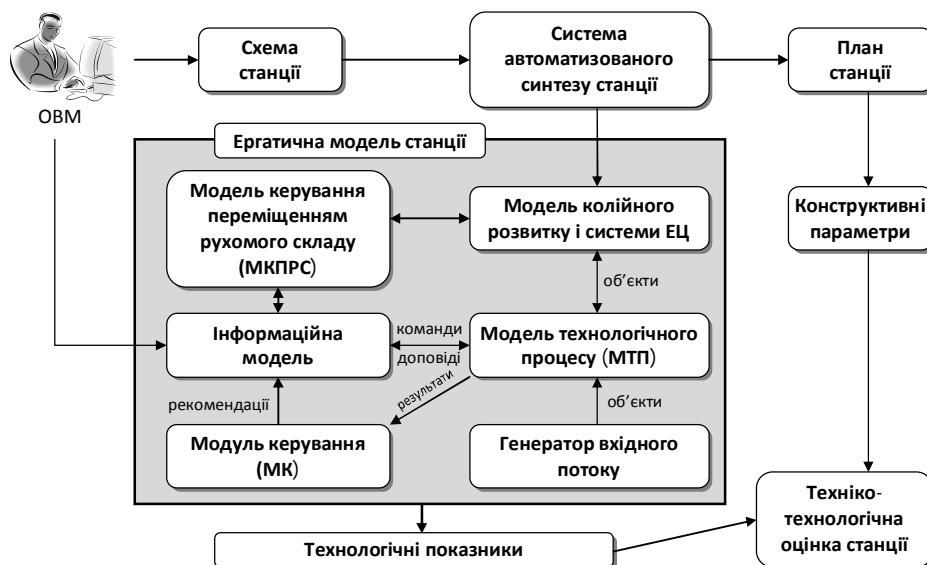


Рисунок 5 – Система інтегрованих моделей для синтезу і аналізу залізничних станцій

В дисертації з метою мінімізації часу на формалізацію технічного оснащення конкретної станції та з урахуванням основних принципів побудови ФМС удосконалені моделі МКПРС та ІМ.

Модель керування переміщенням рухомого складу (МКПРС) контролює процес приготування маршрутів та передає і приймає мінімум інформації від ОВМ за допомогою ІМ. У цьому зв'язку МКПРС виконує наступні функції:

- контролює стан колійних і стрілочних ізольованих секцій (ІС) станції;
- імітує переведення стрілок і перемикання світлофорів по маршрутах руху;
- синхронізує стан динамічних елементів ІМ зі станом моделі колійного розвитку на кожному кроці моделювання;
- обробляє команди від моторних елементів керування інформаційної моделі.

МКПРС побудована на основі зваженого орієнтованого графа $G=(V, E)$. Множина вершин графа V ділиться на дві підмножини вершин: стрілочні переводи V^S і світлофори V^C . Дугам графа $e \in E$ відповідають ізольовані колійні ділянки системи електричної централізації. У пам'яті ЕОМ граф G представлений списком дуг, де кожна дуга задана початковою і кінцевою вершинами. Орієнтація дуг графа прийнята зліва направо. Для моделювання функцій системи станційної автоматики граф схеми G доповнюється списками технічних параметрів, що характеризують елементи станції і їх функціональні зв'язки в системі станційної автоматики.

На кожному кроці системного часу МКПРС здійснює контроль поточного стану всіх ізольованих секцій. При цьому для кожної ІС перевіряється зайнятість рухомим складом колійних ділянок у МКР. Ізольована секція вважається вільною, якщо всі колійні ділянки, що входять до її складу, не зайняті рухомим складом. При зміні стану секції (замикання, заняття або звільнення) в інформаційну модель передається команда, у якій вказується номер ІС та її стан (див. рис. 5).

При моделюванні руху об'єктів використовується методика, що базується на припущенні про рівноприскорений (рівноуповільнений) характер пересувань. На кожному кроці ΔT_c виконується коригування параметрів руху (прискорення та швидкості) кожного рухомого об'єкта, на основі чого визначаються його нові координати. У разі встановлення на станції обмеження по швидкості руху, пов'язаного, наприклад, з незадовільним станом колійних ділянок, дуги $e \in E$, які відповідають вказаним ділянкам, доповнюють параметром V_{\max} – максимальна швидкість руху на ділянці. Параметр V_{\max} враховується при моделюванні руху об'єктів по станції.

Для моделювання переміщень поїздів і маневрових составів по станції необхідний повний список усіх можливих маршрутів $\mathbf{M}_i, i=1, 2, \dots, n$. Маршрут руху в ФМС представляється структурою:

$$\mathbf{M}_i = \{N_m, v_n, v_k, \mathbf{U}, \mathbf{S}\}, \quad (3)$$

де N_m – ідентифікатор маршруту; v_n, v_k – відповідно, початковий і кінцевий сигнали маршруту; \mathbf{U} – список ізольованих ділянок, зайнятих у маршруті; \mathbf{S} – список номерів стрілочних переводів і їх положень у маршруті.

Для побудови списку маршрутів використовується МКР станції у вигляді орієнтованого графа G . При пошуку маршруту \mathbf{M}_i виконується обхід графа G у бік, відповідний до напрямку установки сигналу v_n , поки не буде знайдений сигнал v_k із протилежним напрямком дії. При цьому у відповідні списки даного маршруту \mathbf{M}_i (3) заносяться номери ізольованих ділянок та стрілочних переводів і їх необхідних положень у маршруті. Пошук маршрутів здійснюється роздільно в

кожній горловині парку станції і по закінченні визначені маршрути сортуються по пріоритетності, яка встановлюється експертним шляхом.

Інформаційна модель (ІМ) включає сукупність даних, необхідних ОВМ для контролю та керування об'єктами ТП в моделі станції. У розробленій ІМ схема станції зображується лініями, кожна з яких являє собою окрему ділянку колії. Зайнятість ізольованих стрілочних і колійних секцій відображається певним кольором. Керування об'єктами рухомого складу здійснюється за допомогою команд контекстних меню. Для готування маршруту руху об'єктів по станції в ІМ передбачені кнопки, які відповідають світлофорам в МКПРС. Зовнішній вигляд ІМ для ергатичної моделі приймально-відправного парку великої вантажної станції наведено на рис. 6.

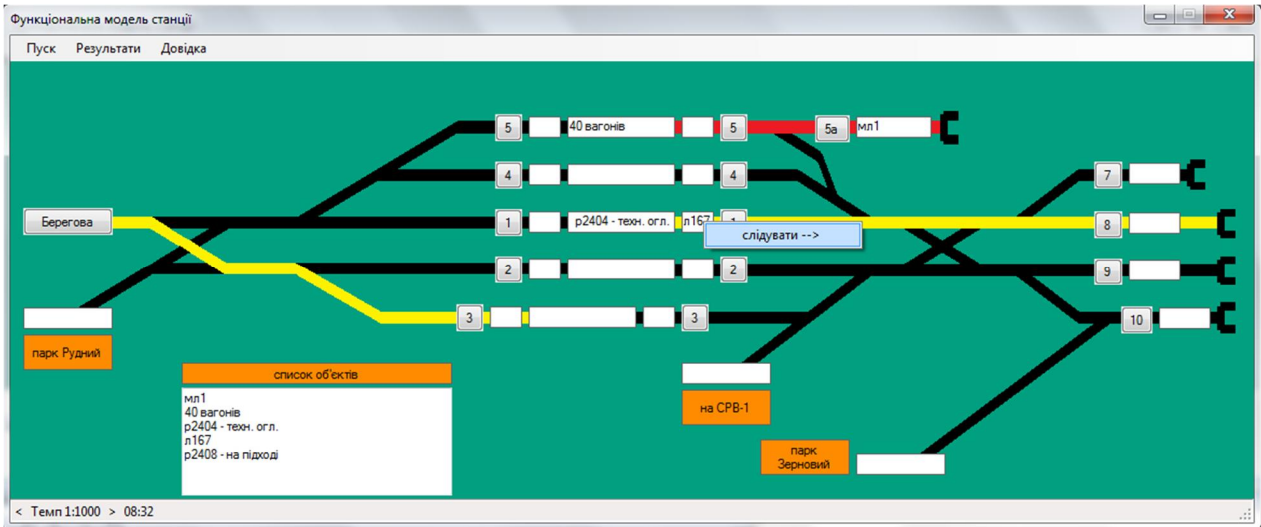


Рисунок 6 – Інформаційна модель приймально-відправного парку вантажної станції

При моделюванні роботи станції визначається критерій ефективності її функціонування $E\{W\}$. В якості критерію W можна розглядати тривалість знаходження вагонів на станції, тривалість затримки поїздів, пов'язаної з відмовою у їх прийомі на станцію і т. і. Вибіркове середнє значення величини W визначається як $(W_1 + W_2 + \dots + W_N) / N$, де N – кількість вимог, що обслужені в системі. Відомо, що вибіркове середнє прагне до істинного значення $E\{W\}$ з імовірністю 1 при $N \rightarrow \infty$. Такий підхід потребує виконання значних обсягів моделювання і є недоцільним в умовах ергатичного моделювання. Крім того, вибіркове значення W в силу початкових умов моделювання є зміщеною оцінкою для істинного значення $E\{W\}$. У цьому зв'язку в дисертації розроблено регенеративний метод функціонального моделювання залізничних станцій, який дозволяє отримати достовірне значення критерію $E\{W\}$ при мінімальних обсягах моделювання.

Набір даних W_1, W_2, \dots, W_N , які істотно корелюють, розбивають на k циклів (Y_k, α_k) , де Y_k – сума значень W_i у k -му циклі, α_k – кількість обслужених у k -му циклі вимог. Кожен цикл k починається при однакових умовах моделювання і система в ці моменти «відновлюється» (регенерує). Таким чином, задача оцінки істинного значення $E\{W\}$ така ж, як і оцінки відношення $E\{Y_1\}/E\{\alpha_1\}$. При цьому дане відношення оцінюється по незалежним і однаково розподіленим парам $(Y_1, \alpha_1), \dots, (Y_n, \alpha_n)$ за допомогою побудови довірчого інтервалу:

$$I = \frac{\bar{Y}}{\alpha} \pm \frac{\Phi^{-1}\left(1 - \frac{\delta}{2}\right) \cdot \sqrt{D_{\alpha, Y}}}{\alpha \sqrt{k}}, \quad (4)$$

де $\bar{Y}, \bar{\alpha}$ – відповідно, середні значення параметрів Y_k і α_k ; Φ^{-1} – функція стандартизованого нормального розподілення; δ – параметр, який залежить від рівня довіри ξ у відсотках і складає $\delta = 1 - 0,01 \cdot \xi$; $D_{\alpha, Y}$ – вибіркова дисперсія від значень α_k та Y_k ; k – кількість циклів регенерації.

Оцінка ефективності запропонованого регенеративного методу була виконана на основі порівняння періоду моделювання роботи станції, необхідного для отримання показників їх функціонування. Встановлено, що регенеративний метод дозволяє зменшити період моделювання на 30%; при цьому розбіжність показників не перевищує 5%.

У процесі моделювання дані, необхідні для розрахунку показників роботи станції, передаються до модулю керування (МК) з МТП (див. рис. 5). Даний модуль призначений для попереднього розрахунку результатів функціонування станції з урахуванням регенеративного методу і видачі ОВМ рекомендацій щодо можливості припинення процесу моделювання.

У п'ятому розділі виконано ідентифікацію функціональної моделі станції та оцінку її адекватності, формалізовано та вирішено оптимізаційну задачу вибору раціональної черговості виконання реконструктивних заходів, спрямованих на підвищення ефективності функціонування залізничних станцій.

В рамках поставленої в дисертації задачі підвищення ефективності функціонування залізничних станцій розроблена ергатична модель станції для оцінки її техніко-технологічних параметрів. З цією метою виконане комплексне обстеження приймально-відправного парку (ПВП) великої вантажної станції України, колійний розвиток якої наведено на рис. 7. За результатами обстеження на основі розробленої методики формалізовані технічне оснащення і технологічний процес роботи ПВП станції, а також побудована відповідна інформаційна модель.

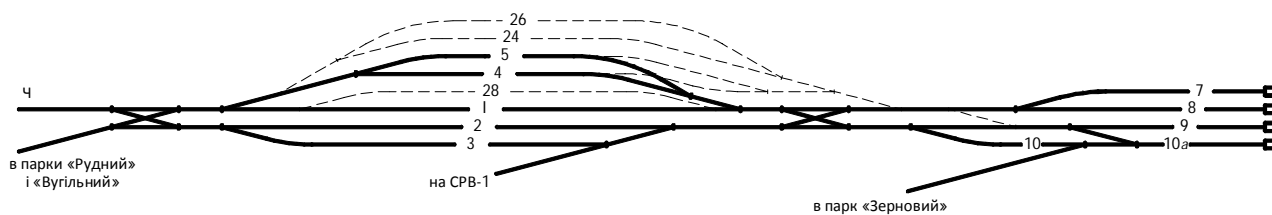


Рисунок 7 – Схема колійного розвитку ПВП станції з варіантами реконструкції

В дисертації отримані числові характеристики законів розподілу випадкових величин, що характеризують вхідний потік поїздів та систему обслуговування станції. Для визначення параметрів вхідного потоку об'єктів (поїздів і маневрових составів), що надходять у ПВП, виконана статистична обробка даних графіків виконаного руху та натурних листів на вантажні поїзди. По результатам обробки отримані дані, необхідні для моделювання процесу надходження об'єктів в ПВП: моментів прибуття, кількості вагонів, їх призначення та ін. Числові характеристики законів розподілу випадкових величин тривалості виконання окремих технологічних операцій отримані на основі статистичної обробки результатів хронометражу процесу обслуговування составів у ПВП станції. Необхідно зазначити, що деякі параметри об'єктів розглядалися як системи випадкових величин (тривалості технологічних операцій), для яких методами регресійного аналізу встановлений

характер відповідних залежностей; це дозволяє адекватно моделювати тривалості виконання вказаних операцій.

Для перевірки адекватності удосконаленої ергатичної моделі залізничної станції використаний X -критерій Ван-дер-Вардена; з його допомогою була підтверджена гіпотеза про приналежність одній генеральній сукупності вибірок часу знаходження вагонів на станції, що були отримані на реальній станції та за результатами моделювання її роботи.

Розроблена функціональна ергатична модель станції використана при визначенні раціональної черговості виконання реконструктивних заходів, спрямованих на підвищення ефективності вантажної станції; перелік заходів наведено на рис. 8. З цією метою виконано аналіз конструкції колійного розвитку ПВП вантажної станції і технології його роботи, який дозволив виявити певні недоліки. Для їх усунення розроблено варіанти можливих організаційно-технічних заходів (ОТЗ) γ_g , $g=1, 2, \dots, z$, спрямованих на підвищення ефективності роботи ПВП станції. Вирішити поставлену оптимізаційну задачу вибору черговості виконання ОТЗ прямим перебором при їх значній кількості досить складно. У цьому зв'язку в дисертації вказана задача розв'язана методом динамічного програмування.

Приймально-відправний парк станції розглядається як фізична система S , стан якої характеризується набором певних техніко-технологічних показників. Процедура зміни стану ПВП в момент $t \in$ керуванням $U_m^{i \rightarrow j}(t)$, в результаті якого реалізується m -ий варіант ОТЗ і виконується перехід системи S із стану i в стан j . Кожному періоду t ($t \neq 0$) експлуатації системи в стані S_i відповідає певна величина приведених експлуатаційних витрат $C_{t,i}$. Для переходу системи в наступний стан $S_i \rightarrow S_j$ ($i \neq j$) потрібні інвестиційні вкладення у розмірі $K_{i \rightarrow j}$.

Вирішення поставленої оптимізаційної задачі зводиться до пошуку такого набору керувань $U_m^{i \rightarrow j}(t)$ ($i=0, 1, \dots, n-1, j=0, 1, \dots, n, t \in [0; T], m=1, 2, \dots, z$), який би забезпечив за розрахунковий період T мінімум величини приведених витрат, пов'язаних з функціонуванням ПВП вантажної станції, тобто:

$$E = \left(\int_0^T (K_t \cdot \alpha_t) dt + \int_p^T (C_t \cdot \alpha_t) dt \right) \rightarrow \min, \quad p > 0, \quad (5)$$

де K_t, C_t – відповідно інвестиційні вкладення і експлуатаційні витрати у момент t , грн.; α_t – коефіцієнт дисконтування витрат, який при постійній нормі дисконту дорівнює $(1+r)^{-t}$ (r – величина дисконтної ставки, $r = 0,12$); T – період розрахунку, роки.

Обмеження цієї задачі полягають у наступному.

1) Сумарна вартість реалізації обраного комплексу ОТЗ в i -му стані системи не повинна перевищувати загальної величини інвестиційних вкладень, передбаченої на t -му кроці K_t , тобто:

$$\sum_{m=1}^Y K_{m_i} \leq K_t, \quad (6)$$

де Y – кількість можливих ОТЗ в i -му стані системи.

2) Величина кроку t повинна бути не меншою за тривалість t_{\min} , значення якої залежить від часу на підготовчій операції та виконання ОТЗ, тобто:

$$t \geq t_{\min}. \quad (7)$$

3) Переробна спроможність системи на t -му кроці N_t повинна забезпечувати задане значення $N_t^{\text{потр}}$ та бути не меншою, ніж на попередньому кроці, тобто:

$$\begin{cases} N_t(U_{i \rightarrow j}) \geq N_t^{\text{потр}}, \\ N_t(U_{i \rightarrow j}) \geq N_{t-1}(U_{i \rightarrow j}). \end{cases} \quad (8)$$

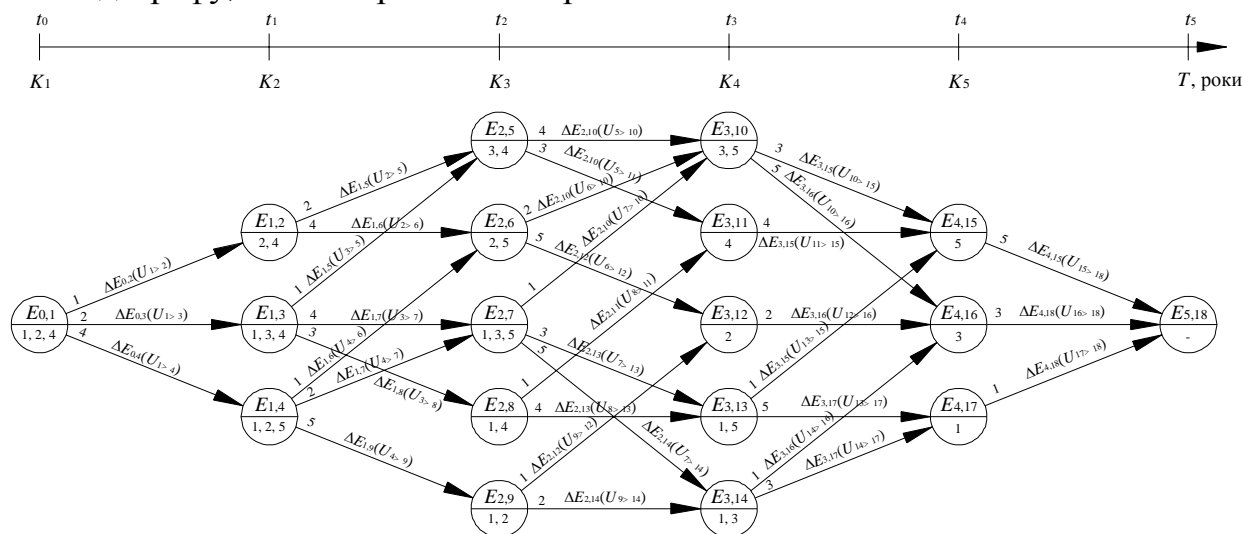
Задача вибору черговості виконання ОТЗ вирішується у два етапи. На першому етапі виконується процедура вибору умовно-оптимальних переходів з використанням рекурентного співвідношення:

$$E_{t,j} = \min[E_{t-1,i} + \Delta E_{t,j}(U_m^{i \rightarrow j})], \quad (9)$$

($i=0, 1, \dots, n-1, j=0, 1, \dots, n, t \in [0; T], m=1, 2, \dots, z$),

де $E_{t-1,i}$ – мінімальні загальні приведені витрати в i -му стані ПВП у кінці $(t-1)$ -го кроку; $\Delta E_{t,j}(U_m^{i \rightarrow j})$ – приріст критерію ефективності на t -му кроці при переході від i -го до j -го варіанту ОТЗ; z – загальна кількість ОТЗ.

На другому етапі по умовно-оптимальним рішенням визначається безумовно оптимальне рішення. Можливі ОТЗ, стани ПВП та переходи між ними представлені у вигляді графу, який зображений на рис. 8.



Варіанти реконструктивних заходів:

- | | |
|--|---|
| 1 - оснащення контактною мережею колій 2, 4, 5 | 4 - будівництво колії 28 |
| 2 - будівництво колій 24 і 26 | 5 - оснащення контактною мережею колії 28 |
| 3 - оснащення контактною мережею колій 24, 26 | |

Рисунок 8 – Граф станів ПВП вантажної станції за період T в залежності від черговості виконання варіантів ОТЗ

Для одержання техніко-експлуатаційних показників, що характеризують функціонування ПВП по кожному з можливих варіантів, виконане моделювання роботи ПВП з використанням розробленої ергатичної моделі. З урахуванням отриманих значень показників по кожному варіанту ОТЗ розраховані приведені витрати E на його реалізацію, а також визначене максимальне значення переробної спроможності, яке може бути досягнуте при реалізації даного варіанту. Графічна інтерпретація рішення задачі вибору раціональної черговості виконання ОТЗ, спрямованих на підвищення ефективності функціонування вантажної станції, методом динамічного програмування наведена на рис. 9.

В результаті рішення оптимізаційної задачі отримана раціональна черговість виконання ОТЗ на станції: 1) будівництво колій №24 і 26; 2) будівництво колії №28; 3) оснащення контактною мережею колій №2, 4 і 5; 4) оснащення контактною мережею колій №24 і 26; 5) оснащення контактною мережею колії №28.

Отримане раціональне рішення дозволяє скоротити приведені витрати, пов'язані з функціонуванням станції, по відношенню до найгіршого рішення в се-

редньому на 7% або 1,53 млн. грн. на рік, а по відношенню до початкового стану ПВП – на 31% або 9,35 млн. грн. на рік.

Подібне рішення може бути отримане для технічних станцій любой складності, а розроблена методика та моделі можуть бути покладені в основу сучасної системи підтримки прийняття рішень для керівництва залізниць.

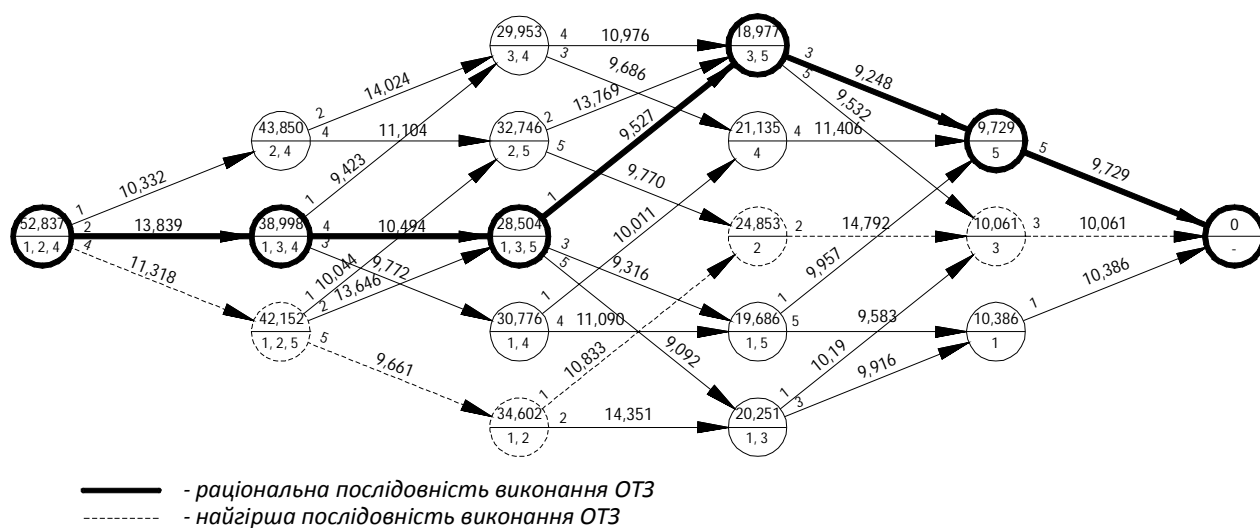


Рисунок 9 – Вибір черговості виконання реконструктивних заходів у ПВП станції методом динамічного програмування

У додатках наведено результати спостережень за роботою залізничних станцій, моделі окремих елементів станції, приклади результатів моделювання, отриманих за допомогою розроблених програм, а також довідки про впровадження результатів дисертаційної роботи.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота містить отримані автором результати, які в сукупності вирішують науково-практичну задачу підвищення ефективності функціонування залізничних станцій за рахунок визначення раціональних техніко-технологічних параметрів на основі науково обґрунтованих методів комплексної оцінки їх технічного оснащення та технології роботи. Основні наукові результати і висновки дисертації полягають у наступному:

1. Виконаний аналіз наукових робіт по проблемі підвищення ефективності функціонування залізничних станцій показав, що існуючі методики базуються на використанні аналітичних, графічних і імітаційних моделей, які, як правило, орієнтовані на рішення вузькоспеціалізованих задач і в багатьох випадках тільки для конкретної станції. Для вирішення вказаної проблеми необхідна розробка системи інтегрованих геометричних та функціональних моделей для параметричного синтезу та аналізу залізничних станцій. При цьому здобула подальший розвиток концепція ергатичних функціональних моделей станцій, в яких людина приймає безпосередню участь у процесі моделювання, виконуючи функції диспетчера.

2. Дослідження технічного стану залізничних станцій України виявили суттєві недоліки в їх конструкції і відмінність від типових рішень. Аналіз довжини колій в приймально-відправних парках станцій показав, що близько 33% з них мають корисну довжину меншу за 850 м. Разом з цим, в парках деяких залізничних станцій середнє квадратичне відхилення корисної довжини колій перевищує 140 м, що свідчить про недосконалу конструкцію стрілочних горловин станцій. Аналіз технічного стану колійного господарства станцій виявив значний знос

приймально-відправних колій, що спричиняє зниження рівня безпеки та швидкості руху по станції – близько 50% колій мають обмеження по швидкості руху до 10 км/год.

Дослідження кількості колій показали їх надлишок на більшості сортувальних станціях, що забезпечує додатковий резерв переробної спроможності, але призводить до значних витрат на утримання колій. Разом з тим, на деяких вантажних станціях України спостерігається дефіцит кількості приймально-відправних колій, що негативно впливає на ефективність їх функціонування.

3. Розроблена система структурно-параметричних моделей залізничних станцій та процедура формування вхідної геометричної моделі станції в інтерактивному графічному вигляді дозволяють скоротити час побудови схем станцій в ЕОМ на 10-20%.

4. Розроблена методика відбору раціональних варіантів проектних рішень, яка основана на використанні методів аналізу ієрархій, дозволяє істотно прискорити аналіз та відбір конкурентоспроможних варіантів конструкції плану колійного розвитку станцій для подальшого вибору раціонального варіанту.

5. Удосконалена ергатична модель залізничних станцій забезпечує синхронну адаптацію до поточного стану станції, що дозволяє виконати моделювання її добової роботи за 10-15 хвилин.

6. Запропонований регенеративний метод дозволяє скоротити період моделювання роботи станцій на 30% у порівнянні з традиційними методами. При цьому похибка результатів моделювання не перевищує 5%.

7. Перевірка адекватності удосконаленої ергатичної моделі залізничної станції з використанням Х-критерію Ван-дер-Вардена підтвердила гіпотезу про належність одній генеральній сукупності вибірок часу знаходження вагонів на станції, що були отримані на реальній станції та за результатами моделювання її роботи.

8. Оптимізаційні задачі вибору раціональної черговості виконання реконструктивних заходів раціонально вирішувати з використанням методу динамічного програмування. При цьому необхідна техніко-економічна оцінка кожного комплексу планованих організаційно-технічних заходів може бути отримана за допомогою розробленої функціональної ергатичної моделі станції. Показано, що раціональна черговість виконання реконструктивних заходів на розглянутій станції дозволяє скоротити річні приведені витрати, пов'язані з її функціонуванням, на 1,53 млн. грн./рік.

НАУКОВІ ПРАЦІ, В ЯКИХ ОПУБЛІКОВАНІ ОСНОВНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Бобровский В.И. Модели, методы и алгоритмы автоматизированного проектирования железнодорожных станций: Монография // В.И. Бобровский, Д.Н. Козаченко, Р.В. Вернигора, В.В. Малашкин – Дн-вск: Изд-во Маковецкий, 2010. – 156с.

2. Бобровский В.И. Количественная оценка технико-технологических параметров железнодорожных станций на основе эргатических моделей / В.И. Бобровский, Р.В. Вернигора, В.В. Малашкин // Вісник Дніпр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. академіка В. Лазаряна. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. унт-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, – 2007. – Вип. 16. – С. 50-57.

3. Малашкин В.В. Технико-экономическая оценка схем путевого развития железнодорожных станций на основе их многоуровневого параметрического анализа / В.В. Малашкин // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – Л.: Вид-во

Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля, – 2010. – Вип. 1. – С. 106-113.

4. Бобровский В.И. Формализованное представление и расчет планов путевого развития крупных железнодорожных станций / В.И. Бобровский, В.В. Малашкин // Вісник Дніпр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. академіка В. Лазаряна. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, – 2010. – Вип. 31. – С. 226-231.

5. Малашкін В.В. Аналіз технічного стану приймально-відправних парків сортувальних станцій України / В.В. Малашкін // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – Вип 6/3 (54). – С. 55-59.

НАУКОВІ ПРАЦІ АПРОБАЦІЙНОГО ХАРАКТЕРУ

1. Вернигора Р.В. Повышение эффективности оперативного управления железнодорожными станциями на основе функционального моделирования их работы / Р.В. Вернигора, В.В. Малашкин // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 65 міжнар. наук.-практ. конф.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2005. – С. 104-105.

2. Бобровский В.И. Автоматизация расчета плана путевого развития станций / В.И. Бобровский, В.В. Малашкин // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: тези доп. 66 міжнар. наук.-практ. конф. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2006. – С.159-160

3. Бобровский В.И. Автоматизированный расчет полезных длин станционных путей / В.И. Бобровский, Д.Н. Козаченко, В.В. Малашкин // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: тези доп. 66 міжнар. наук.-практ. конф. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2006. – С.155-157

4. Бобровський В.І. Графічне введення схем колійного розвитку в системі автоматизованого проектування залізничних станцій / В.І. Бобровський, Д.М. Козаченко, В.В. Малашкін // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: тези доп. 66 міжнар. наук.-практ. конф. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2006. – С.157-158

5. Бобровский В.И. Эргатическая модель станции для оценки ее технико-технологических параметров / В.И. Бобровский, Р.В. Вернигора, В.В. Малашкин // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 67 міжнар. наук.-практ. конф., 2007 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2007. – С. 117-118.

6. Бобровский В.И. Повышение эффективности технико-экономического управления станциями, на основе методов имитационного моделирования и векторной оптимизации / В.И. Бобровский, Р.В. Вернигора, В.В. Малашкин // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 67 міжнар. наук.-практ. конф., 2007 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2007. – С. 118-119.

7. Бобровский В.И. Оценка проектных решений с использованием эргатических моделей железнодорожных станций / В.И. Бобровский, Р.В. Вернигора, В.В. Малашкин // Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: IV наук.-практ. конф., 2008 р.: тези доп. – Київ: ДЕГУТ. – 2008. – С. 117-118.

8. Вернигора Р.В. Технико-экономическая оценка схем путевого развития железнодорожных станций на основе их многоуровневого параметрического анализа / Р.В. Вернигора, В.В. Малашкин // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 68 міжнар. наук.-практ. конф., 2008 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2008. – С. 18-19.

9. Вернигора Р.В. Структурно-параметрический синтез эргатических моделей железнодорожных станций / Р.В. Вернигора, В.В. Малашкин // Транспортні зв'язки. Проблеми та перспективи: збірн. матер. міжн. наук.-практ. конф., 2008 р.:

тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2008. – С. 31-32.

10. Вернигора Р.В. Программный комплекс для анализа и технико-экономической оценки схем путевого развития железнодорожных станций / Р.В. Вернигора, В.В. Малашкин // Проблемы та перспективи розвитку залізничного транспорту: 70 міжнар. наук.-практ. конф., 2010 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2010. – С. 124-125.

11. Козаченко Д.Н. Комплексное совершенствование технико-технологических параметров пограничных станций как логистических систем / Д.Н. Козаченко, Р.В. Вернигора, В.В. Малашкин // Інтеграція України в міжнародну транспортну систему: II міжнар. наук.-практ. конф., 2010 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2010. – С. 47-48.

АНОТАЦІЯ

Малашкін В.В. Удосконалення методів техніко-технологічної оцінки залізничних станцій з метою підвищення ефективності їх функціонування. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпропетровськ, 2012.

Дисертація присвячена проблемі підвищення ефективності функціонування залізничних станцій за рахунок визначення раціональних техніко-технологічних параметрів на основі науково обґрунтованих методів комплексної оцінки їх технічного забезпечення та технології роботи.

У дисертації удосконалена система геометричних і функціональних моделей для комплексного аналізу і синтезу залізничних станцій. Геометричні моделі відображають конструкцію колійного розвитку станцій і використовуються для його синтезу, а також є основою для побудови функціональних моделей станцій. Функціональні моделі використовуються для аналізу станцій і дозволяють одержати кількісну оцінку їх ефективності, необхідну для пошуку шляхів покращення конструкції і технології роботи станцій.

Методами імітаційного моделювання визначено залежності витрат станцій від їх технічного забезпечення та технології роботи. Задача вибору раціональної черговості виконання заходів, пов'язаних з удосконаленням техніко-технологічних параметрів станцій, формалізована і розв'язана як задача динамічного програмування, що дозволяє відійти від існуючої методики техніко-економічного порівняння варіантів і забезпечує пошук найкращого рішення для залізничних станцій.

Результати роботи впроваджені на Придніпровській залізниці, на промисловому залізничному транспорті ТОВ «МЗ «Дніпросталь», у технологічному процесі під'їзної колії ТОВ «Трансінвестсервіс» 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: залізнична станція, автоматизований синтез станцій, функціональна модель станції, комплексна оцінка станцій.

АННОТАЦИЯ

Малашкин В.В. Усовершенствование методов технико-технологической оценки железнодорожных станций с целью повышения эффективности их функционирования. – 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, 2012.

В диссертационной работе получено решение актуальной научной задачи повышения эффективности функционирования железнодорожных станции за счет определения рациональных технико-технологических параметров на основе научно обоснованных методов комплексной оценки их технического оснащения и технологии работы.

Автором выполнен всесторонний анализ отечественного и зарубежного опыта моделирования станций. Существующие методы моделирования путевого развития станций и станционных процессов имеют ряд недостатков. В связи с этим в диссертации получила дальнейшее развитие интегрированная система структурно-параметрических и функциональных эргатических моделей железнодорожных станций.

Структурно-параметрические модели отображают конструкцию путевого развития станций и используются для его синтеза. Они реализованы с использованием геометрических моделей станций, основанных на представлении их схем с помощью взвешенных ориентированных графов. Система геометрических моделей, используемых на отдельных этапах синтеза станции (входные, внутренние, выходные модели), позволяет осуществить графический ввод немасштабной схемы, автоматически выполнить ее топологический анализ и идентификацию отдельных элементов, расчет плана путевого развития, а также является информационной базой для построения функциональных моделей.

Автором усовершенствованы методы расчета конструктивных параметров элементов станций, которые используются внутренней моделью; это дало возможность выполнять автоматизированный синтез путевого развития сокращенных соединений и специализированных стрелочных улиц. Решена задача обеспечения потребной полезной длины станционных путей, которая возникает при автоматизированном синтезе парков железнодорожных станций.

Для ускорения выбора из множества возможных вариантов наиболее конкурентоспособных разработана процедура комплексной оценки конструкции путевого развития станций, которая основывается на методах анализа иерархий.

Функциональные модели используются для анализа станций и позволяют получить количественную оценку их эффективности, необходимую для поиска путей улучшения конструкции и технологии работы станций. Функциональные модели построены как эргатические; в них человек принимает непосредственное участие в моделировании, выполняя функции оперативно-диспетчерского персонала.

Усовершенствованная эргатическая модель железнодорожных станций обеспечивает синхронную адаптацию к текущему состоянию станции и за счет этого позволяет лицу, выполняющему моделирование, обеспечить адекватность процесса управления. В диссертации разработан регенеративный метод эргатического функционального моделирования станций, который позволяет сократить период моделирования их работы.

Проверка адекватности усовершенствованной эргатической модели железнодорожной станции с использованием X-критерия Ван-дер-Вардена подтвердила гипотезу о принадлежности одной генеральной совокупности выборок времени нахождения вагонов на станции, которые были получены на реальной станции и по результатам моделирования ее работы.

Методами имитационного моделирования определены зависимости станций от их технического оснащения и технологии работы. Задача выбора рациональной очередности выполнения мероприятий, связанных с усовершенствованием технико-технологических параметров станций, формализована и решена как задача динамического программирования, которая позволяет отойти от существующей методики технико-экономического сравнения вариантов, и обеспечивает поиск наилучшего решения для железнодорожных станций.

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

Ключевые слова: железнодорожная станция, автоматизированный синтез станций, функциональная модель станции, комплексная оценка станций.

THE SUMMARY

Malashkin V.V. Improvement of methods of a technical and technological estimation of railway stations with the purpose of increase of efficiency of their functioning. - Manuscript.

In dissertational work the decision of an actual scientific problem of increase of efficiency of functioning railway stations at the expense of definition of rational technical and technological parameters on the basis of scientifically well-founded methods of a complex estimation of their technical maintenance and technology of work is received.

The author makes the all-round analysis of domestic and foreign experience of modeling of traveling development of stations and station processes. Results of researches promoted the further development geometrical and functional ergatic models of railway stations.

In the dissertation the system of geometrical and functional models for the complex analysis and synthesis of railway stations is improved. Geometrical models display a design of traveling development of stations and are used for its synthesis, and also are a basis for construction of functional models of stations. Functional models are used for the analysis of stations and allow to receive the quantitative estimation of their efficiency necessary for search of ways of improvement of a design and technology of work of stations.

Methods of imitating modeling define dependences of stations on their technical maintenance and technology of work. The problem of a choice of rational sequence of performance of the actions connected with improvement of technical and technological parameters of stations, is formalized and solved as a problem of dynamic programming which allows to depart from an existing technique of technical and economic comparison of variants, and provides search of the best decision for railway stations.

Key words: railway station, automated synthesis of stations, functional model of station, complex estimation of stations.

Малашкін Вячеслав Віталійович

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ
ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
ЇХ ФУНКЦІОНУВАННЯ

Автореферат

дисертацій на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано до друку «23» квітня 2012 р. Формат 60x84 1/16
Ум. друк. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 1,0. Тираж 100 прим. Замовлення № 630.

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