

Українська державна академія залізничного транспорту

Малахова Олена Анатоліївна

УДК 656.21.02:656.222.3

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВУЗЛІВ
НА ОСНОВІ ВАРІАНТНОГО ПОЇЗДОУТВОРЕННЯ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2004

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту на кафедрі „Управління експлуатаційною роботою та міжнародними перевезеннями” Міністерства транспорту України

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор

Бутько Тетяна Василівна, Українська державна академія залізничного транспорту, кафедра „Управління експлуатаційною роботою і міжнародними перевезеннями”, завідувач кафедри

Офіційні опоненти: - доктор технічних наук, доцент

Бобровський Володимир Ілліч, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, кафедра „Станції та вузли”, завідувач кафедри

- кандидат технічних наук, доцент

Берестов Ігор В’ячеславович, Українська державна академія залізничного транспорту, кафедра „Залізничні станції, вузли та організація митного контролю”, завідувач кафедри

Провідна установа - Східноукраїнський національний університет ім. В.Даля, кафедра „Транспортні технології”, Міністерство освіти і науки, м. Луганськ.

Захист відбудеться „18” березня 2004 р. об 11-00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 в Українській державній академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту, за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий ” 17 ” лютого 2004 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

А.П.Фалендиш

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ. В умовах реформування економіки України залізничному транспорту належить вирішувати складні проблеми адаптації до роботи в ринкових умовах і забезпечення зростаючих вимог до якості та ефективності транспортних послуг.

Перехід народного господарства до ринкових відносин вимагає інтенсивного пошуку ефективних технологій процесу перевезення та методів їх реалізації, спрямованих як на поліпшення економічних показників, так і підвищення якості перевезень, привабливості, престижності та конкурентоспроможності залізниць.

Згідно з Концепцією та Програмою реструктуризації галузі, директивою ЄС 91/440 від 29.07.1991р., Програмою інформатизації потрібно удосконалювати існуючі та створювати нові технології роботи станцій вузла і прилеглих дільниць у їх взаємодії з орієнтацією на споживача.

Актуальність теми. Сьогодні гостро постає питання зменшення числа перевізних засобів при існуючих обсягах роботи й перспективі їх зростання. Для раціоналізації використання вагонного парку, скорочення обігу вагонів, підвищення якісних і кількісних показників роботи станцій необхідно проводити планування составоутворення на сортувальних і вантажних станціях залізничних вузлів з урахуванням усіх експлуатаційних подій, що відбуваються на станціях вузла та прилеглих дільницях і впливають на визначення точного часу прибуття й відправлення передаточних поїздів зі станцій, їх складу та призначень вагонів.

З точки зору системного аналізу залізничні вузли є складною системою, до складу яких входять такі елементи, як: головні колії магістралей, залізничні станції, під'їзні колії, коліспровідні розв'язки, самостійні виробничі одиниці залізничного транспорту та ін., центральною ланкою якого є сортувальна станція. При розробці технології роботи залізничних вузлів необхідно враховувати їх різноманітність, відсутність типового технологічного процесу, багатофакторність задачі й стохастичність процесів, що відбуваються у залізничних вузлах.

Скорочення часу знаходження вагонів на сортувальних станціях істотно сприяє прискоренню доставки вантажів і задоволенню потреб зацікавленої клієнтури у перевезеннях. Так, у 1991 році за час обороту вагон на мережі залізниць перероблювався в середньому 3,8 раза, в тому числі понад два рази на сортувальних станціях. Середній простій при кожній переробці складав більше 8 годин. По Укрзалізниці за 2002 рік переробка вагона збільшилася вдвічі, а час знаходження на технічних станціях зменшився на 12%.

Для підтримки конкурентоспроможності залізниць, залучення нових клієнтів необхідне удосконалення технології роботи залізничного вузла на основі варіантного поїздоутворення, що при організації передаточного руху враховує тип вагону, рід вантажу, обсяги роботи, значущість клієнтів, ступінь відношень елементів залізничного вузла, можливість застосування гнучких технологій та забезпечує поліпшення експлуатаційних показників роботи рухомих одиниць і якості перевезень, зменшення собівартості продукції.

Загострилось питання планування роботи у залізничному вузлі за відсутності достовірної інформації. Задача накопичення передаточних поїздів вивчена недостатньо: в попередніх дослідженнях не враховано, що поїзди, які обертаються в межах вузла, як правило, накопичуються не до повної маси, а простій під накопиченням таких поїздів визначається за детермінованими залежностями, як і для звичайних поїздів; черга передачі вагонів на станції вузла та назад встановлюється без урахування значущості клієнта, а витрати на маневрову й поїзну роботу не враховують фактичних витрат палива. Одним із чинників, що впливає на поїздоутворення, є нерівномірність надходження вагонів протягом доби. Так, коефіцієнт нерівномірності ще в 1990-х роках складав 1,2, а тепер - 1,9 – 2,0. Для підвищення надійності функціонування таких складних систем, як залізничний вузол, необхідно розширювати період планування, що дозволить отримати достовірну інформацію про наявність вагонів і вантажів на станціях залізничних вузлів й прилеглому полігону.

Для реалізації технології варіантного поїздоутворення необхідно вживати заходів щодо впровадження нових комплексів задач, інтегрованих в інформаційні системи, створення нових і розвитку існуючих автоматизованих робочих місць персоналу.

Таким чином, розробка й реалізація варіантної технології, представленої в дисертаційній роботі, є актуальною науково–прикладною задачею.

Мета та задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є удосконалення технології роботи залізничних вузлів на основі варіантного поїздоутворення, яка у вигляді додаткового комплексу моделей інтегрована в систему автоматизованих робочих місць оперативного та інженерно–технічного персоналу станцій, сприяє скороченню експлуатаційних витрат залізничних вузлів, пов'язаних з організацією передаточного руху за умови ресурсозбереження.

Реалізація цієї мети потребує постановки й вирішення таких основних задач: аналіз існуючої технології роботи та інформаційного забезпечення станцій залізничних вузлів і прилеглому полігону з дослідженням вхідних поїздопотоків, структури місцевого вагонопотоку; формалізація задачі організації передаточного руху для побудови математичної моделі; розробка комплексу математичних моделей та програмного забезпечення для реалізації варіантної технології за умови ресурсозбереження; дослідження впливу неповноти

вхідної інформації на період планування поїздоутворення; розробка нових функціональних задач, пов'язаних з реалізацією варіантної технології та інтеграція їх у комплексну систему автоматизованих робочих місць оперативного та інженерно-технічного персоналу даних технологічних комплексів; обґрунтування економічної доцільності запропонованих заходів у різних умовах експлуатації з розробкою практичних рекомендацій щодо технології роботи на сортувальних станціях і прилеглих полігонах.

Об'єкт дослідження – взаємодія залізничних вузлів та прилеглих дільниць.

Предмет дослідження – технологія роботи станцій залізничного вузла в єдиному інформаційному середовищі.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалася відповідно до „Концепції та Програми реструктуризації залізничного транспорту України”, прийнятих державною адміністрацією залізничного транспорту України в 1998 році, а також науково-дослідної теми „Визначення ставок зборів та розробка рекомендацій по визначенню ставок договірних тарифів” (номер держреєстрації 0102U006685, інв. № 0303U001030).

Методи дослідження Виконані дослідження базуються на процедурі моніторингу надходження вагонів на опорну сортувальну станцію вузла з використанням інформаційної моделі процесу перевезення, методів статистичного аналізу, теорії імовірностей та математичної статистики для дослідження вхідних поїздопотоків, структури місцевого вагонопотоку, методів теорії оптимальних рішень, динамічного та стохастичного програмування при розробці моделей організації передаточного руху у залізничних вузлах, методів дискретної математики: теорії графів, теорії множин і теорії відносин для розробки моделі відправлення поїздів.

Наукова новизна отриманих результатів: вперше розроблена модель технології роботи залізничних вузлів на основі варіантного поїздоутворення з урахуванням типів вагонів, їх кількості та експлуатаційного стану і формалізована як задача стохастичного програмування за умови ресурсозбереження; вперше запропоновані залежності критерію оптимізації поїздоутворення у залізничних вузлах від маси составу та часу експлуатаційних подій з вагонами різних типів при оперативному плануванні роботи станцій вузла; вперше запропоновано визначати глибину періоду планування поїздоутворення на сортувальних станціях через інформаційну ентропію, як міру невизначеності інформації, що впливає на точність розрахунків планів; удосконалена модель відправлення поїздів з оцінкою ступеня відносин між локомотивами, локомотивними бригадами, поїздами та нитками графіка руху поїздів; дістали подальшого розвитку технологія взаємодії станцій вузла з урахуванням значущості вагонів на основі динамічного програмування і технологія функціонування комплексу автоматизованих робочих місць (АРМ) в умовах реалізації технології варіантного

поїздоутворення з техніко–економічним обґрунтуванням при впровадженні сучасних СУБД.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій. Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій обумовлена відповідними математичним апаратом, коректністю формалізації та рішення задачі, адекватністю моделі реальним об'єктам, репрезентативністю вибірки статистичного матеріалу. Підтвердженням достовірності є співпадіння з похибкою 4,03% результатів експериментів з результатами обробки даних натурних спостережень за 1991 - 2003 роки на залізничних вузлах різної конфігурації.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблений комплекс моделей дозволяє визначати оптимальну технологію поїздоутворення на станціях з урахуванням експлуатаційних подій, що відбуваються у залізничних вузлах, надати пріоритетність клієнтам і станціям вузла в обслуговуванні, скоротити простій вагонів на станціях без зміни призначення струменів та, як наслідок, прискорити доставку вантажу та застосовувати гнучкі технології відправлення поїздів; отримані залежності періоду планування поїздів від інформаційної ентропії дозволяють оперативно впливати на процес поїздоутворення на станціях з урахуванням наявності поїздів і вагонів, що є на підходах і станціях вузла; запропоновані нові функціональні задачі, які при їх реалізації в системі КСЕОД дозволяють скоротити простій вагонів всіх категорій на станціях вузла на 5-12 %; розроблена дискретна модель дає можливість визначати оптимальний час відправлення поїздів з урахуванням раціонального використання локомотивів та локомотивних бригад за умови ресурсозбереження.

Основні результати і розроблені методики з організації варіантної технології поїздоутворення використані і впроваджені на станції Основа Південної залізниці, Львів Львівської залізниці, а також у навчальний процес УкрДАЗТ при вивченні дисциплін "Управління експлуатаційною роботою і якістю перевезень" і "Математичні моделі в розрахунках на ПЕОМ", у дипломному проектуванні і при проведенні навчально-дослідних робіт студентів і магістрів. Відповідно до цього виконано звіт з науково-дослідної роботи з проблем вищої школи "Аналіз ефективності використання комп'ютерних технологій при вивченні дисциплін "Математичні моделі в розрахунках на ПЕОМ" та профільюючих дисциплін спеціальності ОПУТ", за номером держреєстрації РК0102U002541, інв. № 0202U006396. Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами, що наведені в додатках до роботи.

Особистий внесок здобувача. Усі результати роботи отримані особисто автором або при його безпосередній участі.

Експериментальні дослідження вагонопотоків та аналіз результатів експериментальних

даних виконані автором, розроблений комплекс моделей та основні висновки належать дисертанту. Впровадження результатів і розробок в інформаційне та програмне забезпечення на виробництві і в навчальному процесі УкрДАЗТ виконувалося під керівництвом автора.

У співавторстві опубліковані дві статті.

В статті [5] зроблений аналіз чинників, що впливають на організацію передаточних та вивізних поїздів, розроблена модель відправлення внутрівузлових поїздів.

В статті [6] розроблена модель поїздоутворення на станціях залізничних вузлів, обґрунтування періоду планування оперативної роботи на станціях.

Апробація результатів дисертації.

Основні положення дисертації доповідалися, обговорювалися та ухвалені на:

- науково–технічних конференціях кафедр УкрДАЗТ та працівників залізниці в 1998 – 2001 рр.;
- міжнародних науково–технічних конференціях кафедр УкрДАЗТ та працівників залізниці в 2002 – 2003 рр.;
- засіданні 16 міжнародної школи–семінару в 2003 р. (м. Алушта);
- міжнародній науково–практичній конференції „Проблеми енергозбереження”, Львівська політехніка (м. Львів), 2003.

Публікації.

Відповідно до теми дисертації опубліковано 6 наукових робіт у виданнях, що затверджені ВАК України, як фахові (чотири з них без співавторів).

Структура та обсяг дисертації.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та 11 додатків.

Повний обсяг роботи складає 220 сторінки, з яких обсяг основного тексту 145 сторінок; додатків, списку використаних джерел, рисунків та таблиць 75. сторінка. Робота ілюстрована 39 рисунками, наведено 30 таблиць. Список використаних джерел складає 128 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовані мета та задачі дослідження, відображені наукова новизна та практична цінність, подано загальну характеристику роботи.

У першому розділі дисертації розглядається структура залізничних вузлів і технологія їх функціонування в різних умовах експлуатації.

У розвиток теорії й практики технології роботи залізничних вузлів, технічного обладнання станцій, застосування інформаційних технологій в експлуатаційній роботі, що значно впливають на тривалість обробки поїздів й вагонів, собівартість переробки, а також на безпеку руху поїздів і маневрової роботи, внесли великий вклад такі вчені та практики: В.М. Акулінічев, І.В. Берестов, К.А. Бернгард, В.І. Бобровський, Б.Ф. Брагін, В.А. Буянов, А.В. Бикадоров, Н.А. Воробйов, П.С. Грунтов, Ю.В. Дьяков, Ю.І. Єфименко, І.В. Жуковицький, В.А. Івницький, М.Д. Іловайський, А.Д. Каретніков, В.Є. Козлов, В.М. Кулешов, В.І. Крячко, В.К. Мироненко, Є.В. Нагорний, В.Я. Негрей, В.І. Некрашевич, Є.А. Сотніков, І.Г. Тихоміров, Є.М. Тишкин, А.К. Угрюмов, В.А. Шаров, Є.М. Шафіт, М.Р.Ющенко, П.О.Яновський та інші.

На основі аналізу попередніх досліджень, присвячених розробці наукових підходів до удосконалення технології роботи таких складних об'єктів, як залізничні вузли, виявлено, що не в повній мірі була врахована стохастична природа процесів поїздутворення. Крім того, технологія функціонування повинна враховувати вплив чинників ресурсозбереження як на процеси поїздутворення, так і на процеси взаємодії станцій вузла й прилеглих дільниць: простій вагонів на станціях, витрати палива та електроенергії на маневрову та поїзну роботу.

У теперішній час відправлення передаточних поїздів як на Україні, так і на станціях залізниць СНД здійснюється за жорстким графіком. Але для прискорення доставки вантажу та покращання експлуатаційних показників треба застосовувати гнучкі технології, в тому числі й комбіновані графіки руху, тобто ті, що враховують відправлення за жорстким графіком та за накопиченням (або за потребою).

Питання розрахунку числа й порядку слідування передаточних поїздів розглядалися у роботах К.А. Бернгарда, Г.Б. Бибинешвілі, В.А. Буянова, О.С. Гершвальда, М.В. Кондрахіна, І.М. Мартинова, А.П. Романова, К.К. Тихонова, І.М. Шапкіна та інших авторів. Усі вони вважають, що оптимальне число передаточних поїздів необхідно розраховувати, виходячи з умов досягнення найменших сумарних експлуатаційних витрат, пов'язаних з просуванням поїздів і простоями вагонів вузлових призначень, але в попередніх дослідженнях не враховані витрати на маневрову роботу та передачу інформації.

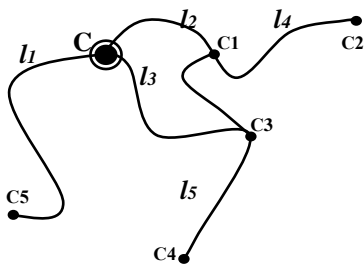
Усі попередні методики при обґрунтуванні витрат на маневрову та поїзну роботу враховували лише середні дані з вартості однієї вагоно-години та локомотиво-години. Фактичні ж витрати палива на проведення маневрів і відправлення як повносоставних, так і неповносоставних поїздів відрізняються від середніх на 7-10%.

Таким чином, технологія варіантного поїздоутворення комплексно, з єдиних методологічних позицій, враховує означені процеси і чинники, може бути реалізована в умовах впровадження корпоративних інформаційно-керуючих мереж. Рішення оптимізаційної задачі варіантного поїздоутворення дозволяє знайти розумний компроміс між інтересами перевізника (зменшення експлуатаційних витрат) та інтересами клієнтів.

В другому розділі розроблена модель функціонування залізничного вузла та прилеглих дільниць.

Для розв'язання задачі варіантного поїздоутворення припустимо вважати залізничний вузол як неорієнтований зважений граф, вершини якого - станції, а ребра – перегони (рис.1).

Робочий парк вагонів:



$$m = \{ \{U\} \{C\} \{R\} \},$$

де $U = \{U:U \text{ універсальні та спеціальні вагони}\};$

$C = \{C:C \text{ цистерни}\};$

$R = \{R:R \text{ ізотермічний рухомий склад}\}.$

Рис.1. Структура залізничного вузла.

З метою надання пріоритету кожному вантажовідправнику та вантажоодержувачу варіантна технологія поїздоутворення повинна передбачати не тільки якісні характеристики (тип вагону, його завантаження), але й кількісні. Таким чином, структуру вагонного парку, що прибуває на сортувальну станцію доцільно представити як зв'язаний ациклічний граф (дерево) (рис.2).

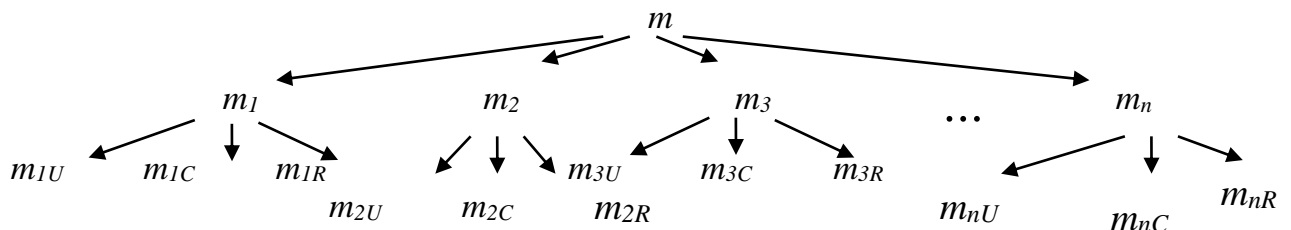


Рис. 2. Розподіл вагонів за структурними групами.

Рівень достовірності планування роботи у залізничному вузлі за відсутності попередньої інформації або її неповноти пропонується оцінювати за допомогою ентропії, як міри невизначеності інформації:

$$H_e = -\sum_{j=1}^n P(A_j) \log_a P(A_j), \quad (1)$$

де $P(A_j)$ - імовірність прибуття вагонів на станцію.

У результаті отримана залежність періоду планування від інформаційної ентропії. Межі зміни інформаційної ентропії складають від 0,3 (в годину найбільшого інформаційного навантаження) до 0,9 (при найменшому навантаженні). Це свідчить про необхідність розширювати період планування до 12 ÷ 14 годин для отримання інформації про підхід поїздів до сортувальної станції.

Імовірність прибуття окремого типу вагонів на адресу окремої станції оцінено за допомогою умовної імовірності з використанням формули Байєса:

$$P(H_i | A) = \frac{P(A|H_i) \cdot P(H_i)}{P(A|H_1) \cdot P(H_1) + \dots + P(A|H_n) \cdot P(H_n)}, \quad (2)$$

де подія „ A ” – надходження вагонів на сортувальну станцію;

гіпотеза „ H_i ” – надходження вагонів на адресу i -тої станції вузла.

Для реалізації технології варіантного поїздоутворення запропонована модель стохастичного програмування з цільовою функцією, що представляє загальні витрати на організацію передаточного руху у залізничних вузлах:

$$E(z_1, z_2, z_3, z_4) \rightarrow \min E. \quad (3)$$

Обмеження:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{кількість вагонів } m_c > 0, m_c - \text{ціле;} \\ \text{місткість фронту } m_c \leq m_{\max}^{fp}; \\ \text{маса поїзду } q \leq Q_{\max}; \\ P_C + P_U + P_R = 1; \\ \text{витрати палива маневровими локомотивами } \sum_{i=0}^8 t_i \cdot g_i \leq B_{\text{норм}}, \end{array} \right.$$

де z_1 – витрати, пов’язані з простоем вагонів на вантажних та сортувальних станціях:

$$z_1 = (e_U \cdot P_U + e_C \cdot P_C + e_R \cdot P_R) m_c \cdot (t_{\text{ван}} + t_{\text{сорт}}), \quad (4)$$

де e_U, e_C, e_R - плата за користування відповідно універсальними та спеціальними вагонами, цистернами та ізотермічним рухомим складом, грн.; P_U, P_C, P_R – імовірності надходження на станцію відповідно універсальних і спеціальних вагонів, цистерн та ізотермічного рухомого

складу; m_c – загальна кількість вагонів; $t_{\text{ван}}$, $t_{\text{сорт}}$ – тривалість знаходження вагонів на вантажних і сортувальних станціях, год.; z_2 – витрати палива на маневрові переміщення, грн.;

$$z_2 = \int_{Q_{\min}}^{Q_{\max}} G(Q_n) dQ \cdot e_{\text{нал}} \cdot 10^{-3}, \quad (5)$$

де $G(Q_n)$ – залежність витрат палива від ваги поїзда, кг; $e_{\text{нал}}$ – вартість однієї тонни палива, грн.; z_3 – витрати на поїзну роботу, грн.

$$z_3 = Q_n \cdot L \cdot k \cdot e_{\text{нал}} \cdot 10^{-4}, \quad (6)$$

де Q_n – маса поїзда, т; L – довжина дільниці переміщення, км; k – коефіцієнт питомих витрат; z_4 – витрати на інформаційне забезпечення:

$$z_4 = V_i \cdot e_{\text{Мб}}, \quad (7)$$

де V_i – обсяг інформації, Мб; $e_{\text{Мб}}$ – вартість передачі 1-го Мб інформації; t_i – час роботи маневрового локомотива на i -тій позиції; g_i – погодинні витрати палива при роботі на i -тій позиції; $B_{\text{норм}}$ – нормативні витрати палива.

Для формування варіантної технології визначені залежності аргументів цільової функції в явному вигляді від основних чинників: ваги составу та часу на виконання окремих технологічних операцій.

Основна задача удосконалення управління експлуатаційної роботи сортувальних станцій полягає в оптимізації всіх видів планування та оперативного управління.

В умовах зменшення вагопотоків для підвищення точності планування, визначення раціональної кількості технічних засобів, нормування експлуатаційної роботи доцільно розглядати всі експлуатаційні події, що відбуваються на станціях залізничного вузла, з урахуванням взаємодії сортувальної та вантажної станцій. Для формалізації цього процесу запропоновано модель динамічного програмування. У процесі моделювання знаходиться таке оптимальне управління:

$$U = u, \quad (8)$$

при якому витрати будуть мінімальні:

$$Z_{\min} = \min_u \{Z(U)\}. \quad (9)$$

За умовно оптимальний варіант приймається той, при якому початкові витрати на один місцевий вагон мінімальні, тобто виконується умова:

$$Z_{\min} = \frac{Z_i^{rc}}{m}, \quad (10)$$

а за умовне оптимальне управління на i -му кроці – визначена черга обслуговування.

Відповідно витрати для кожної вантажної станції складають:

$$Z_i^{GC} = f(z_1, z_2, z_3, z_4) \cdot P(H_i | A), \quad (11)$$

де подія „А” – надходження вагонів на адресу конкретної вантажної станції;

гіпотеза „H_i” – надходження вагонів конкретного типу.

Таким чином загальні витрати сортувальної станції складають:

$$Z^{CC} = \sum_{i=1}^n Z_i^{GC}, \quad (12)$$

де n – кількість вантажних станцій вузла.

Кожна вантажна станція має ряд клієнтів, на адресу яких надходять вагони різних типів. Тому при плануванні роботи були враховані значущість кожного вантажовідправника (вантажодержувача) й тип обраного вагона та вантажу, що представлено за допомогою коефіцієнта значущості вагона $K_{зв}$:

$$K_{зв} = P(H_u | A) + \frac{\sum_{i=1}^k e_s}{\sum_{i=1}^k e_u} \cdot P(H_c | A) + \frac{\sum_{i=1}^k e_r}{\sum_{i=1}^k e_u} \cdot P(H_r | A), \quad (13)$$

де гіпотеза „H_u” – надходження універсальних та спеціальних вагонів; гіпотеза „H_c” – надходження цистерн; гіпотеза „H_r” – надходження ізотермічного рухомого складу; e_u , e_s , e_r – плата за користування відповідно універсальними та спеціальними вагонами, цистернами та ізотермічним рухомих складом, грн.

Варіанти стратегій взаємодії отримані з урахуванням того факту, що вагони інших вантажних станцій залишаються на сортувальній станції та простоюють додатковий час (зі зміною маси складу або ж без поповнення груп вагонів). Тоді:

$$Z_2^{GC} = \begin{cases} f(z_1, z_2, z_3, z_4) \cdot P(H_i | A) \cdot K_{зв} + \sum_{i=1}^n (\Delta t_{дон} \cdot m_i \cdot P_i) \cdot n_{пу} \cdot Q = const \\ f(z_1, z_2, z_3, z_4) \cdot P(H_i | A) \cdot K_{зв} + f_{дон}(z_1, z_2, z_3, z_4) \cdot n_{пу} \cdot Q = Q + \Delta Q \end{cases}, \quad (14)$$

де $\Delta t_{дон}$ – додаткова тривалість простою вагонів під накопиченням, год.;

$f_{дон}(z_1, z_2, z_3, z_4)$ – додаткові витрати, пов’язані з організацією передаточного руху, грн.

За безумовно оптимальний варіант обирається саме той, при якому безумовно оптимальне рішення на останньому кроці відповідає мінімальним витратам, тобто:

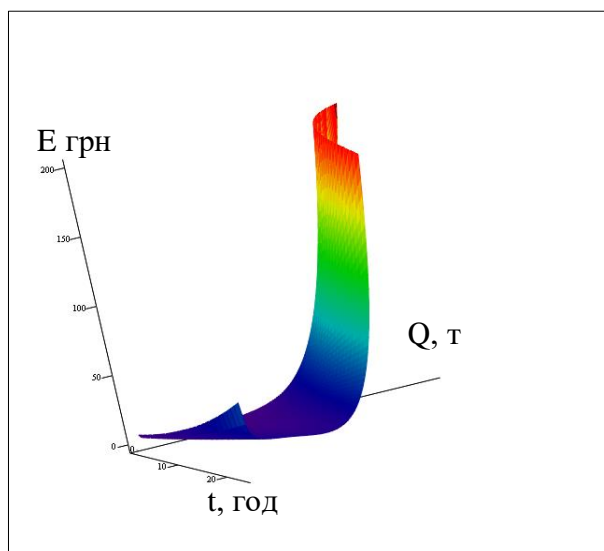
$$Z_{\min} = \min_{S \in \tilde{S}_0} \{Z_1(U)\}. \quad (15)$$

Планування поїздоутворення на сортувальних станціях є однією з основних задач, що вирішує маневровий диспетчер (ДСЦ).

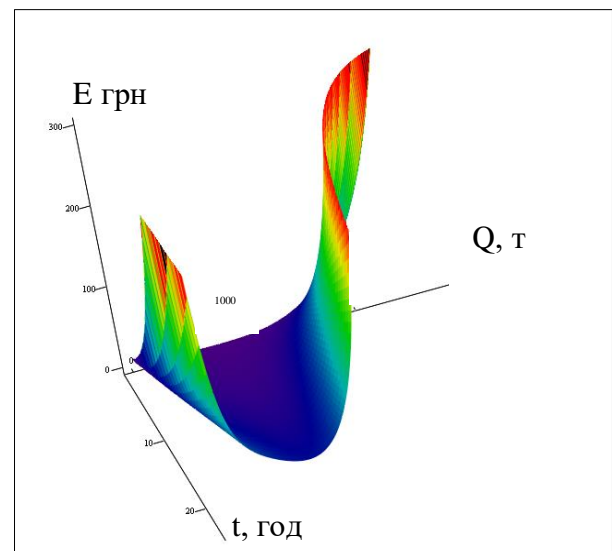
У третьому розділі проведено моделювання процесів варіантного поїздоутворення. Для цього визначені в явному вигляді залежності аргументів, що входять до складу цільової функції та обмежень у найбільш напружену годину (4-30 ÷ 5-30). Аналіз показав, що дискретні величини (кількість вагонів різних категорій в залізничному вузлі) підпорядковані гіпергеометричному закону розподілу, а неперервні – законам Ерланга k -го порядків (при $k = 1, 2, 10$) та нормальному.

Враховуючи, що коефіцієнт нерівномірності в теперішній час зріс на 50% і коливається в межах $1,9 \div 2,1$, особливо актуальним стає питання впровадження гнучкого графіку руху при впровадженні варіантної технології.

У результаті моделювання отримано поверхню у тримірному просторі. Вигляд поверхні відгуку доводить існування екстремуму функції – мінімуму експлуатаційних витрат (рис.3).



Expences

при $P_U = 1$ 

Expences

при $P_C = 1$

Рис. 3. Дослідження цільової функції.

Аналіз запропонованої моделі показав, що на витрати найбільше впливають прості вагонів та маса составу при виконанні маневрової та поїзної роботи.

Аналіз номограм залежності експлуатаційних витрат від маси й часу простою вагонів доводить, що найменші витрати досягаються при відправленні составу вагою 900 – 1000 т та простою вагонів під накопиченням до 2 годин. Аналіз відправлення составів із сортувальних станцій показав, що середня маса в поїздах, які обертаються в межах вузла, складає 1042 т, а середній простій під накопиченням – 3,6 год.

Порівняння результатів запропонованої та існуючої технології обслуговування вантажних станцій у вузлі дозволяє виявити відхилення та скоригувати методи управління експлуатаційною роботою вузла.

Розроблена модель відправлення поїздів зі станції представляє собою композицію відношень множин локомотивів, бригад, поїздів і ниток графіка.

Поїзди, що відправляються зі станції, представляють собою множину P :

$$P = \bigcup_{\kappa=1}^n P_{\kappa}, \quad (17)$$

де n – кількість усіх поїздів, що відправляються.

Для кожного поїзда характерні свої дані, що визначені за допомогою підмножин:

$$P_{\kappa} = \{ \{M_p\}, \{n\}, \{Q_{\text{бр}}\}, \{l_p\}, \{t_{\text{гот}}^{\text{від}}\} \}, \quad (18)$$

де $M_p = \{M_p : M_p - \text{маршрут поїзда}\};$

$n = \{n : n - \text{кількість осей}\};$

$Q_{\text{бр}} = \{Q_{\text{бр}} : Q_{\text{бр}} - \text{маса поїзда}\};$

$l_p = \{l_p : l_p - \text{умовна довжина поїзда}\};$

$t_{\text{гот}}^{\text{від}} = \{t_{\text{гот}}^{\text{від}} : t_{\text{гот}}^{\text{від}} - \text{час готовності поїзда до відправлення}\}.$

Робочий парк локомотивів представляє собою множину:

$$L = \bigcup_{\kappa=1}^n L_{\kappa}. \quad (19)$$

При цьому:

$$L_{\kappa} = \{ \{N_l\}, \{Y_o\}, \{S_n\}, \{t_{\text{гот}}\} \}, \quad (20)$$

де $N_l = \{N_l : N_l - \text{тип та серія локомотиву}\};$

$Y_o = \{Y_o : Y_o - \text{дільниця звороту локомотиву}\};$

$S_n = \{S_n : S_n - \text{роздільні пункти, через які прямує локомотив}\};$

$t_{\text{гот}} = \{t_{\text{гот}} : t_{\text{гот}} - \text{час готовності локомотиву до відправлення}\}.$

Відомості про локомотивну бригаду доцільно представити у вигляді:

$$B_{\kappa} = \{ \{B\}, \{D\}, \{t_{\text{яв}}\}, \{t_{\text{дйл}}\} \} \quad (21)$$

де $B = \{B : B - \text{прізвище машиніста та помічника}\};$

$D = \{D : D - \text{дільниці, на яких дозволено працювати бригаді}\};$

$t_{\text{яв}} = \{t_{\text{яв}} : t_{\text{яв}} - \text{час явки локомотивної бригади}\};$

$t_{\text{дйл}} = \{t_{\text{дйл}} : t_{\text{дйл}} - \text{час руху по дільниці}\}.$

Необхідна умова для вирішення питання про відправлення поїзда визначається теоремою де Моргана:

$$Лк \cap (Бк \cap Рк) \neq \emptyset. \quad (22)$$

Модель відправлення поїздів включає умови на обмеження часу роботи локомотивної бригади. Тобто:

$$t_{\text{дїл}} \in T_{\text{дїл}}, \text{ а } t_{\text{ст}} \in T_{\text{ст}}.$$

Тоді, якщо $D_o(V) \subset T_{\text{дїл}}$ та $D_z(W) \subset T_{\text{ст}}$, то

$$U = \text{вїдношення } V \text{ "бути сумою" } W; u_i = \{u_i : u_i < 8\},$$

де $t_{\text{дїл}} = \{t_{\text{дїл}} : t_{\text{дїл}} - \text{тривалїсть знаходження на дїльниці}\};$

$t_{\text{ст}} = \{t_{\text{ст}} : t_{\text{ст}} - \text{тривалїсть знаходження на станцїях дїльниць}\}.$

$$t_{\text{дїл}} = \{t_{\text{дїл}} \mid i = \overline{1, Z}\}, \quad (23)$$

де Z – кїлькїсть перегонїв на дїльниці обороту.

$$t_{\text{ст}} = \{t_{\text{ст}} \mid i = \overline{1, S}\}, \quad (24)$$

де S – кїлькїсть станцїй, розташованих на дїльниці.

При вїдправленнї поїзда додатково врахована умова:

$$M_p = \{M_{pi} \mid i = \overline{1, C_k}\}, S_n = \{S_{ni} \mid i = \overline{1, D_k}\} \quad (25)$$

та $\forall C_{km}, C_{kn} \in M_p.$

Ланцюг $S(C_{km}, C_{kn}) = (D_{km}, D_{km+1}, \dots, D_{kn-1}),$

$$D_{kq} = (C_{kq}, C_{kq+1}). \quad (26)$$

Таким чином, модель вїдправлення поїздїв зї станцїй формалїзована у наступному виглядї:

$$E(v_1, v_2, v_3) \rightarrow \min E. \quad (27)$$

$$\text{Обмеження} \left\{ \begin{array}{l} \text{кїлькїсть вагонїв } 1 \leq l \leq l_{\max} \\ \text{кїлькїсть локомотивїв } m_l \geq 1 \\ \text{маса поїзду } Q_n \leq Q_{\max} \\ T_c = \text{вїдношення } T_{\text{ст}} \text{ "бути сумою" } T_{\text{дїл}}; T_c = \{T_c : T_c < 8\}, \end{array} \right.$$

де E – цїльова функцїя, що представляє витрати на органїзацїю вїдправлення поїздїв на прилегли дїльниці, грн.;

v_1 – витрати, пов'язанї з простоем вагонїв на станцїях в очїкуваннї вїдправлення;

v_2 – витрати палива на маневрові переміщення, грн.;

v_3 – витрати на обслуговування локомотивів і локомотивних бригад, грн.

Множина можливих варіантів відправлення поїздів на прилеглі дільниці сформульована в термінах дискретної математики та представляє композицію відносин:

$$A \subset G \times P \text{ та } B \subset P \times L, \quad (28)$$

$$A \times B \begin{cases} = \emptyset, \text{ то } A \times B \text{ за умови } B \subset L \times P, A \subset P \times G \\ \neq \emptyset, \text{ оптимальне рішення} \end{cases}, \quad (29)$$

де G – множина ниток графіка руху; P – множина поїздів; L – множина локомотивів.

Оптимальний варіант відправлення поїздів є декартовим добутком відповідних елементів множин.

Задача визначення часу відправлення поїзда втілюється на АРМ маневрового диспетчера, АРМ чергового по станції, АРМ чергового по депо та АРМ поїзного диспетчера.

Таким чином, задача вибору оптимального варіанта взаємодії станцій вузла та прилеглих дільниць потребує використання сучасних СУБД.

У четвертому розділі для удосконалення потоків оперативної й статистичної інформації в рамках варіантного поїздуотворення запропонована модель розвитку інформаційно–керуючих мереж АРМ на сортувальних станціях і прилеглих дільницях, що сприяє: поліпшенню системи оперативного та економічно–статистичного обліку та управління процесом перевезення, автоматизації прогнозування поїзних обставин і стану вантажної роботи на об’єктах управління на черговий період планування, оперативному плануванню роботи станції на підставі використання моделей прогнозу.

Модернізація станцій вузла подана у вигляді зваженого орграфа типу „дерево”. Послідовність впровадження полягає в знаходженні екстремального дерева за критерієм максимальної сумарної інтенсивності інформаційних потоків:

$$\lambda_K = \sum_{(V_i, V_j) \in K} \lambda_{ij}, \quad (30)$$

де λ_{ij} - інтенсивність інформаційних потоків.

Для підсумкового рішення про доцільність впровадження АРМ проведена економічна оцінка ефективності автоматизації:

$$E = \sum_{i=1}^{K_n} (E_{nз} + E_{nб} + E_{в-г} + E_{ек} - (K_i + W_i)) \rightarrow \max E, \quad (31)$$

де $E_{nз}$ – позатранспортний ефект, грн.;

$E_{nб}$ – економія працевитрат, грн.;

$E_{\theta-z}$ – економія вагоно-годин від використання просування, грн.;

$E_{ек}$ – економія експлуатаційних витрат, грн.;

K_i – капітальні витрати, грн.;

W_i – експлуатаційні витрати, пов'язані з обслуговуванням КСАРМ, грн.

Розрахунки економічного обґрунтування показали, що при впровадженні варіантної технології роботи залізничних вузлів, інтегрованої в інформаційну систему автоматизованих робочих місць оперативного та інженерно-технічного персоналу залізничного вузла простої вагонів зменшуються на 6,6%, 11,2% та 5,6% відповідно для транзитних без переробки, транзитних з переробкою та місцевих вагонів. Собівартість одного відправленого вагона зменшується на 0,37 грн., або 5,7% від існуючої.

ВИСНОВКИ

У дисертації вирішена науково-прикладна задача удосконалення технології роботи залізничних вузлів на основі варіантного поїздоутворення для підвищення ефективності оперативного управління вагонопотоками у залізничних вузлах і на прилеглих дільницях, як наслідок, скорочення експлуатаційних витрат залізничних вузлів, пов'язаних з організацією передаточного руху за умови ресурсозбереження.

На підставі проведених досліджень можна зробити наступні висновки.

1. Організація передаточного руху в залізничних вузлах на теперішній час вирішена не повністю. Планування поїздоутворення на сортувальних станціях відбувається без урахування подій, що трапляються у залізничних вузлах та на підходах до неї. Крім того, при плануванні черги обслуговування станцій вузла не повністю враховані структура й вартісні оцінки простоїв вагонів різних типів, що значно впливає на собівартість одного відправленого вагона й дозволяє надавати пріоритети в обслуговуванні. Аналіз структури місцевого вагонопотоку показав, що дискретні величини (кількість вагонів різних типів) підпорядковуються гіпергеометричному закону розподілу, а неперервні (маса составу, час простою вагонів на станціях, час роботи по позиціях контролера машиніста) – законам Ерлагна k -го порядків ($k = 1, 2, 10$) та нормальному. Застосування варіантної технології дозволить підвищити якість оперативного планування та ефективність експлуатаційної роботи залізничних вузлів у взаємодії з прилеглими дільницями.

2. Формалізована технологія передаточного руху на основі варіантного поїздоутворення як задача стохастичного програмування. Запропонована модель дозволяє, з одного боку, підтримувати конкурентоспроможність залізниць, заохочувати нових клієнтів у послугах залізничним транспортом, враховувати обсяги роботи конкретних станцій та значущість клієнтів, кількість вагонів різних типів, що прибувають чи відправляються, обсяги

навантаження та вивантаження станцій, нерівномірність надходження вузлових місцевих вагонопотоків, фактичні витрати палива при виконанні маневрової та поїзної роботи, ефективність відправлення неповносоставних поїздів, сприяє впровадженню гнучких технологій, а з другого, впливати на термін доставки вантажу, зменшувати час перебування вагону в обороті.

3. Розроблений комплекс математичних моделей та програмне забезпечення для реалізації варіантної технології дозволяє впроваджувати гнучкі технології поїздоутворення та відправлення поїздів зі станції залізничних вузлів. Достовірність вхідної інформації, що значно впливає на процес поїздоутворення, запропоновано визначати за допомогою інформаційної ентропії, яка залежно від обсягів інформації коливається в межах від 0,3 до 0,9.

4. Чергу обслуговування станцій вузла формалізовано у вигляді задачі динамічного програмування, в результаті розв'язування якої отримано набір стратегій обслуговування вантажних станцій залежно від пріоритетності клієнта, що дозволяє зменшити собівартість одного відправленого вагона. Процес відправлення поїздів представлено у вигляді дискретної моделі, побудованої на принципах теорії множин і відносин між ними, що сприяє впровадженню гнучких технологій оперативного управління із застосуванням сучасних СУБД.

5. Реалізація технології варіантного поїздоутворення потребує поповнення існуючих інформаційних систем переліком додаткових задач. Тому розроблена технологія взаємодії АРМ оперативного та інженерно-технічного персоналу станції при впровадженні варіантної технології роботи залізничного вузла, з інтеграцією в інформаційно-керуючу систему, що дозволяє удосконалити технологію організації вагонопотоків. Визначена черговість модернізації інформаційно-керуючих систем залізничного вузла за умови мінімальних витрат.

6. Економічне обґрунтування запропонованих заходів показало, що при впровадженні варіантної технології обслуговування залізничного вузла, який інтегрований в інформаційну систему автоматизованих робочих місць оперативного та інженерно-технічного персоналу залізничного вузла, простої вагонів різних категорій зменшуються на 6,6%, 11,2% та 5,6% відповідно для транзитних без переробки, транзитних з переробкою та місцевих вагонів. Собівартість одного відправленого вагона зменшується на 0,37 грн., що складає 5,7% від існуючої.

7. Запропоновані технічні рішення рекомендовані для впровадження при корегуванні технологічних процесів роботи сортувальних, вантажних станцій і технологічних карт проміжних станцій, а також при корегуванні технологічних процесів роботи залізничних вузлів та розробці типового технологічного процесу роботи залізничного вузла. Практичні рекомендації надані для станцій Основа Південної залізниці, Львів Львівської залізниці.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

- 1 Малахова Е.А. Вопросы анализа достоверности информации и надежности технических средств АСОУП // Зб. наук. пр. ХарДАЗТ. - 1997. - Вип. 28. – С. 58 - 65.
- 2 Малахова Е.А. Техническим станциям – комплексную систему автоматизированных рабочих мест // Залізничний транспорт України, 1998 № 2 – 3. – С. 26 – 28.
- 3 Малахова О.А. Етапність підготовки станційних об'єктів до функціонування в умовах КСАРМ // Зб. наук. пр. ХарДАЗТ. - Вип. 38.- 1999. – С. 22 - 29.
- 4 Малахова Е.А. Создание новой информационной технологии на сортировочных станциях в условиях функционирования комплекса автоматизированных рабочих мест // Інформаційно – керуючі системи на залізничному транспорті, 1999. - №5. – С.46-50.
- 5 Кулешов В.М., Малахова О.А. Оперативне корегування відправлення внутривузлових поїздів // Зб. наук. пр. ХарДАЗТ.- Вип. 47.- 2001. – С. 71 - 75.
- 6 Бутько Т.В., Малахова О.А. Нові підходи до планування поїздоутворення на залізничних станціях вузлів: Сб. науч. тр. // Коммунальное хозяйство городов. -Харьков: Техника, 2002.- № 47.- С. 193 - 198.

АНОТАЦІЯ

Малахова О.А. Удосконалення технології роботи залізничних вузлів на основі варіантного поїздоутворення. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту; Українська державна академія залізничного транспорту; Харків, 2003 р.

Дисертація присвячена питанням удосконалення експлуатаційної роботи залізничних вузлів у взаємодії з прилеглими дільницями на основі варіантної технології поїздоутворення, спрямованої як на покращення економічних показників, так і на підвищення якості перевезень, конкурентоспроможності та престижності залізниць.

З цією метою в роботі розроблений комплекс моделей, що дозволяють реалізувати варіантну технологію формування і відправлення поїздів у вузлі в умовах транспортного ринку, визначити стратегію обслуговування вантажних станцій вузла і станцій прилеглих дільниць за умови неповноти вхідної інформації, тобто з урахуванням стохастичних властивостей процесу функціонування полігону; досліджений вплив неповноти вхідної інформації на період планування поїздоутворення; розроблена модель планування відправлення поїздів на основі методів дискретної математики, яка дозволяє створити бази

даних для подальшої автоматизації процесів управління, розроблений комплекс задач, пов'язаних з реалізацією варіантної технології та інтеграція їх в комплексну систему автоматизованих робочих місць оперативного та інженерно – технічного персоналу даних технологічних комплексів.

Ключові слова: технологія поїздоутворення, залізничний вузол, вагонопотоки, тип вагону, автоматизація процесів.

АННОТАЦІЯ

Малахова Е.А. Совершенствование технологии работы железнодорожных узлов на основе вариантного поездообразования. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 - эксплуатация и ремонт средств транспорта; Украинская государственная академия железнодорожного транспорта; Харьков, 2003 г.

Диссертация посвящена вопросам совершенствования технологии работы железнодорожных узлов во взаимодействии с прилегающими участками на основе вариантного поездообразования, направленной как на улучшение качества перевозок, так и на повышение конкурентоспособности и престижности железных дорог.

В работе исследованы показатели работы железной дороги. Выявлено, что значительная часть времени в обороте вагона приходится на простой его под накоплением.

Для обеспечения эффективности работы и повышения качества перевозок предлагается при планировании поездообразования на станциях железнодорожных узлов следует учитывать эксплуатационные события, происходящие в станциях узла и прилегающего полигона, а планирование очередности обслуживания станций узла производить с учетом структуры и стоимостной оценки вагонов разных типов, определяя приоритеты в обслуживании в зависимости от объемов работы и значимости клиента. С этой целью формализована модель, позволяющая реализовать технологию определения моментов окончания накопления составов с учетом значимости клиента, объемов погрузки и выгрузки станции в целом и каждого конкретного клиента, фактических расходов топлива на поездную и маневровую работу при условии ресурсосбережения (вариантного поездообразования), как модель стохастического программирования. Для формализации процесса планирования эксплуатационной работы в железнодорожных узлах, в том числе и определения очередности обслуживания станций узла, предложена модель динамического программирования. Анализ аргументов, которые входят в состав целевой функции и ограничений показал, что дискретные величины (количество вагонов разных категорий) подчиняются

гипергеометрическому закону, а непрерывные (масса состава, простой вагонов на сортировочных и грузовых станциях, время работы на разных позициях контроллера машиниста) – законам Эрланга k -го порядка ($k = 1, 2, 10$) и нормальному.

Теоретически обоснованы положения формируемой технологии, разработан программный продукт, внедрение которого предполагается на автоматизированном рабочем месте маневрового диспетчера в рамках комплексной системы электронного обмена данными (КСЕОД). Технология основана на прогнозных данных о составе и подходе каждого поезда с учетом факторов ресурсосбережения.

Значительно влияет на процесс поездообразования наличие и достоверность исходной информации. Предложена зависимость значения периода планирования от информационной энтропии, как меры неопределенности информации, которая колеблется в пределах от 0,3 до 0,9.

Процесс отправления поездов предложено рассматривать как дискретную модель, построенную на теории множеств и отношений между ними. Задачу определения времени отправления предлагается реализовывать на АРМ маневрового диспетчера, АРМ дежурного по станции, АРМ дежурного по депо и АРМ поездного диспетчера с использованием современных СУБД.

Для реализации технологии вариантного поездообразования предложено дополнение существующих информационных систем перечнем дополнительных задач. Поэтому разработана технология взаимодействия автоматизированных рабочих мест инженерно–технических и оперативных работников станций и дорожных центров управления перевозками, что позволяет совершенствовать организацию вагонопотоков и применять гибкие технологии в организации управления работой полигонов.

Экономическое обоснование предложенных мероприятий показало, что при внедрении технологии вариантного поездообразования, интегрированной в информационную систему автоматизированных рабочих мест оперативного и инженерно–технического персонала железнодорожных узлов, простой вагонов сокращаются на 6,6%, 11,2%, 5,6% соответственно для транзитного вагонопотока без переработки, транзитного вагонопотока с переработкой и местного. Себестоимость одного отправленного вагона сокращается на 5,7% по сравнению с существующей.

Предложенные технические решения рекомендованы для внедрения при корректировке технологических процессов работы сортировочных и грузовых станций, а также при разработке типового технологического процесса железнодорожного узла.

Ключевые слова: технология поездообразования, железнодорожный узел, вагонопотоки, тип вагона, автоматизация процессов.

THE SUMMARY

Malakhova Y.A. Improvement of the technology of the work of rail junctions on the basis of alternative forming of trains. - The Manuscript.

Dissertation on appropriation of scientific extent of candidate of technical sciences on specialty 05.22.20 - Maintenance and repair of means of transport; the Ukrainian state academy of railway transport; Kharkov, 2003.

Dissertation is devoted to the problems of improvement of a train operation of rail junctions in interacting with adjoining sections on the basis of alternative technology of forming of trains, directed on martempering of economic parameters, and improvement of quality of transportation, competitiveness and prestigiousness of railways.

With this purpose the complex of models which allow to implement alternative technology of forming of trains and departure of trains in a junction in conditions of the transport market, to determine strategy of service of freight stations of a junction and stations of adjoining sections in conditions of incompleteness of an input information, that is with the account of staxostics habits of process of functioning of proving ground; agency of incompleteness of an input information on phase of scheduling of education of trains is investigated, the model of scheduling of a departure of trains is developed on the basis of methods of discrete mathematics that allows to create databases for the further automation of the managerial processes, the developed complex of the problems connected to implementation of alternative production engineering and their integration in a complex system of automated work areas operative and engineering - technical of the personnel of the given adaptable to streamlined production complexes.

Keywords: technology of trains, a rail junction, traffic volumes, type of the coach, automation of processes.

**УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ВУЗЛА НА ОСНОВІ
ВАРІАНТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПОЇЗДОУТВОРЕННЯ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Автореферат

Дисертація на здобуття наукового ступеню
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

к.т.н., проф. В.М. Кулешов

Підписано до друку „ 29 ” січня 2004 р.

Формат 60 x 84 1/16. Папір для множних апаратів.

Ум. друк. арк. 0,9. Обл. – вид. арк. 1,0 Безкоштовно.

Замовлення № 59 Тираж 100 прим.

Видавництво УкрДАЗТу. Свідоцтво ДК № 112 від 06.07.2000 р.

Друкарня УкрДАЗТу: 61050, м. Харків, майдан Фейсрбаха, 7