

Харківська національна академія міського господарства

ДАНЬКО Микола Іванович

УДК 656.212.4

**НАУКОВІ ОСНОВИ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ
ОРГАНІЗАЦІЇ ВАНТАЖНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

05.22.01 – транспортні системи

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Харків – 2005

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту на кафедрі „Управління експлуатаційною роботою”, Міністерство транспорту та зв’язку України

Офіційні опоненти:

- доктор технічних наук, професор

Негрей Віктор Якович,

Білоруський державний університет транспорту, перший проректор

- доктор технічних наук, професор

Жуковицький Ігор Володимирович,

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, кафедра „Електронно-обчислювальні машини”, завідувач кафедри

- доктор технічних наук, професор

Нечасв Григорій Іванович,

Навчально-науковий інститут транспортних технологій Східноукраїнського національного університету імені В. Даля, кафедра “Транспортні технології”, завідувач кафедри

Провідна установа Київський університет економіки і технологій транспорту, кафедра

“Організація перевезень і управління на транспорті”,

Міністерство транспорту та зв’язку України, м. Київ

Захист відбудеться „4” листопада 2005 р. о 13-00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.089.03 у Харківській національній академії міського господарства за адресою: 61002, м. Харків, вул. Революції, 12

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківської національної академії міського господарства за адресою: 61002, м. Харків, вул. Революції, 12

Автореферат розісланий „21” вересня 2005 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради

Линник І.Е.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Вступ. Одним із основних напрямків забезпечення конкурентоспроможності залізничного транспорту в умовах транспортного ринку та інтеграції до Європейської співдружності є розробка і впровадження ресурсозберігаючих технологій в усі ланки перевізного процесу. Вирішення цієї наукової проблеми цілком відповідає Концепції та Програмі реструктуризації на залізничному транспорті України, пакету Директив ЄС 91/440, а також основним директивним документам Укрзалізниці (УЗ). Пошук нових ідей, що спрямовані на створення ресурсозберігаючих технологій роботи технічних і вантажних станцій, прилеглих дільниць та цілих напрямків, рухомого складу повинен базуватися на відповідності законам транспортного ринку, моніторингу зміни показників експлуатаційної роботи залізниць, дослідженні основних чинників, що впливають на ресурсозбереження в перевізному процесі.

Актуальність теми. Ресурсозберігаючі технології роботи залізничного транспорту повинні носити комплексний характер і сприяти зменшенню витрат паливно–енергетичних ресурсів, вагоно– і локомотиво–годин простою, покращенню кількісних і якісних показників експлуатаційної роботи. У сучасних умовах, що характеризуються загальною тенденцією зростання обсягів перевезень при наявності їх значних коливань, змінами структури і напрямку транспортних потоків особливо актуальною стає вирішення проблеми створення методологічних основ для високоефективного використання засобів транспорту, включаючи рухомий склад залізниць, визначення раціональної кількості вантажних і сортувальних станцій для просування поїздопотоків, формування адаптивної системи поїздоутворення; можливості оперативного корегування плану формування поїздів (ПФП) та складання графіків руху поїздів (ГРП).

Інструментом для реалізації цієї проблеми є розробка комплексу математичних моделей, що у сукупності дозволяють сформувати таку ієрархічну систему підтримки прийняття рішень оперативних працівників всіх рівнів, яка дає можливість реалізації заходів щодо економії паливно–енергетичних ресурсів, раціонального розподілу і використання вищезазначених засобів транспорту і як наслідок скоротити експлуатаційні витрати залізниць. У свою чергу комплекс математичних моделей, що адекватно відтворює технологію роботи як транспортних засобів, так і всієї залізничної мережі в цілому, є основою для удосконалення організаційного, інформаційного, програмного і технічного забезпечення національної автоматизованої системи керування на залізничному транспорті України, держав СНД і Балтії, Європейського Союзу. Ці напрямки розробки

ресурсозберігаючих технологій перевізного процесу залізниць дозволяють кваліфікувати тему дисертації як актуальну.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась відповідно до Концепції та Програми реструктуризації на залізничному транспорті України (1998р.), Закону України “Про енергозбереження” (74/94–ВР), Закону про інформатизацію на залізничному транспорті, Постанови Кабінету Міністрів України “Про порядок нормування питомих витрат паливно–енергетичних ресурсів у суспільному виробництві” (2002р.), а також науково–дослідних робіт „Визначення ставок зборів та розробка рекомендацій по визначенню ставок договірних тарифів” (ДР №0102U006685, інв. № 0303U001030), “Дослідження та розробка методики нормування маневрової роботи зі зниженням витрат паливно–енергетичних ресурсів на залізницях України” (ДР №0104U003709), “Підвищення конкурентноздатності залізничного транспорту України” (ДР №0104U003230), “Дослідження та розробка порядку встановлення та зміни рівня тарифів на перевезення вантажів залізничним транспортом України” (ДР №0104U008895), “Аналіз діючих вантажних тарифів, обґрунтування та розробка нового збірника тарифів на перевезення вантажів залізничним транспортом України” (ДР №0104U003233).

Мета та задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є формування наукових основ ресурсозберігаючих технологій при організації вантажних залізничних перевезень, що забезпечать скорочення непродуктивних витрат часу рухомого складу при виконанні перевізного процесу та витрат паливно-енергетичних ресурсів при експлуатації залізниць.

Реалізація цієї мети потребує постановки та вирішення таких основних задач: розробка класифікатора критеріїв ресурсозберігаючих технологій відповідно до інфраструктури залізничного транспорту; формулювання наукової концепції моделювання технології вантажних перевезень на різних рівнях ієрархії управління залізничною транспортною системою; розробка методу моделювання вибору раціональних напрямків вантажних перевезень на мережі залізниць, що забезпечує скорочення часу просування вантажів; розробка методів моделювання технології роботи залізничних вузлів, що відтворює взаємодію сортувальної станції з вантажними у вузлі та на прилеглих дільницях за критерієм мінімізації експлуатаційних витрат; розробка методу моделювання ресурсозберігаючих технологій роботи полігонів, станцій та вантажовласників дирекцій залізничних перевезень в умовах невизначеності інформації при організації вагонопотоків; розробка нової концепції автоматизованої системи управління локомотивним парком на основі сучасних методів передачі та обробки інформації; удосконалення теоретичної

основи технології маневрової роботи на основі мінімізації витрат паливно-енергетичних ресурсів з урахуванням впливу технологічних і конструктивних параметрів сортувальних гірок; удосконалення комплексу функціональних задач, що забезпечують реалізацію ресурсозберігаючих технологій у складі НАСК залізничним транспортом.

Об'єкт дослідження – Процес вантажних залізничних перевезень.

Предмет дослідження – Організація і технологія вантажних залізничних перевезень, що забезпечують ресурсозбереження.

Методи дослідження. Виконані дослідження залізничної мережі засновані на використанні принципів системного аналізу і процедури моніторингу перевізного процесу з наступним застосуванням теорії імовірності і математичної статистики; моделювання вибору раціональних напрямків вантажних перевезень проведено на основі поширених кольорових мереж Петрі; для формалізації ресурсозберігаючої технології роботи залізничних вузлів використані методи стохастичного програмування, теорії графів, теорії множин і теорії відносин; моделювання технології роботи полігонів, станцій та вантажовласників дирекцій залізничних перевезень проведено на основі теорії нечітких множин і нечіткої логіки; модель поїздоутворення базується на використанні нечіткої ситуаційної системи прийняття рішень; формалізацію ресурсозберігаючої технології маневрової роботи проведено із використанням методів множинної логарифмічної кореляції та методів динамічного програмування.

Наукова новизна одержаних результатів. У дисертації розроблені нові наукові основи формування ресурсозберігаючих технологій та організації вантажних перевезень на залізничному транспорті, які запропоновані автором особисто, що на відміну від відомих раніше враховують нормування витрат палива і зменшення непродуктивних витрат часу рухомого складу.

Вперше:

- створено концепцію, що удосконалює критерії визначення ресурсозберігаючих технологій відповідно до інфраструктури вантажних перевезень залізничним транспортом;
- формалізовано комплекс моделей технології вантажних перевезень на рівнях: залізничні напрямки, залізничні вузли, полігони дирекцій залізничних перевезень, сортувальні станції та їх елементи у взаємодії з парком рухомого складу;
- розроблено метод прийняття рішень щодо економії витрат електроенергії та дизельного палива локомотивами в умовах нечіткої вхідної інформації на базі

супутникового зв'язку та командно – навігаційної системи контролю руху при вантажних перевезеннях та маневровій роботі локомотивів;

- доведено залежність ефективності роботи залізничних вузлів від взаємодії з прилеглими дільницями за критерієм мінімізації експлуатаційних витрат на основі динамічного та стохастичного програмування;

- розроблено метод моделювання вибору раціональних напрямків вантажних перевезень на основі нової інформаційної технології поширених кольорових мереж Петрі, який відрізняється від існуючих методів теорії розкладів руху поїздів;

- створено концепцію технології ресурсозбереження роботи полігонів, станцій та вантажовласників дирекцій залізничних перевезень на основі теорії нечітких множин та нечіткої логіки, що узагальнює і розвиває методи організації вагонопотоків та поїздоутворення.

Удосконалені та набули подальшого розвитку:

- комплекс математичних моделей, які покращують технологію маневрової роботи на сортувальній станції, що забезпечує скорочення витрат паливно-енергетичних ресурсів локомотивами з урахуванням впливу множини технологічних і конструктивних факторів;

- енергетична стратегія перевізного процесу на основі сучасних автоматизованих інформаційних технологій, систем обліку та моніторингу витрат енергоресурсів, зниження питомих витрат електроенергії та палива в інфраструктурі вантажних перевезень;

- комплекс функціональних задач, що вирішуються на автоматизованих робочих місцях (АРМ) оперативних працівників на рівнях напрямків, в залізничних вузлах, на полігонах і станціях дирекцій залізничних перевезень, на сортувальних станціях для оптимізації процесів поїздоутворення і проведення маневрової роботи шляхом інтеграції розроблених комплексів моделей до комплексної системи електронного обміну даними (КСЕОД) і інформаційно-керуючої мережі Укрзалізниці (УЗ).

Практичне значення одержаних результатів. Матеріали дисертаційної роботи використано при розробці Концепції ресурсозбереження на залізничному транспорті України, в нормативно-керуючих документах та інструкціях Укрзалізниці щодо нормування витрат дизельного палива та електроенергії на тягу поїздів і маневрову роботу.

Розроблений класифікатор ресурсозберігаючих технологій на залізничному транспорті дозволяє визначити шляхи удосконалення і якості проведення технологічних процесів при вантажних перевезеннях.

У результаті розробки методу моделювання напрямків перевезень отримані практичні результати, які дозволяють вибирати раціональні напрямки перевезень вантажів

з урахуванням їх пріоритетності та прогнозувати техніко-економічні показники перевезень (витрати часу, палива, електроенергії, собівартість та ін.).

Розроблений комплекс моделей, що реалізує ресурсозберігаючі технології роботи залізничного вузла, дозволяє визначати оптимальний варіант поїздоутворення на сортувальних станціях з урахуванням експлуатаційних подій, які відбуваються у залізничних вузлах, і скоротити простій вагонів на станціях без зміни призначення струменів, та, як наслідок, прискорити доставки вантажу. Розроблені моделі враховують не тільки кількість вагонів, що прибувають на адресу вантажних станцій та відправляються з них, а й їх тип, термін доставки окремих вантажів, значущість клієнтів та їх інтереси.

Комплекс моделей на основі нечітких множин і нечіткої логіки з раціонального розподілу вагонопотоків на дирекції залізничних перевезень дозволяє визначати оптимальне число вагонів для виконання плану перевезень вантажів із урахуванням роду рухомого складу. Програмне забезпечення, що реалізує нечітку ситуаційну систему прийняття рішень оперативних працівників у лінгвістичній формі за доцільністю відправлення поїздів зі станції, дозволяє скоротити простої вагонів на технічних станціях на 3,1%.

Розроблений комплекс моделей дозволяє скорегувати напрям проходження вагонів ще на першій стадії організації вагонопотоків на розрахунковий період з урахуванням реальних потреб у вагонах підприємствами, що сприяє зменшенню відхилень між запланованою і реальною потребою у вагонах підприємствами, які є клієнтами Укрзалізниці. Розроблена технологія поїздоутворення на основі лінгвістичних змінних дозволяє підвищити надійність та якість роботи оперативного персоналу на основі надання варіантів управлінських рішень, що забезпечує зменшення експлуатаційних витрат (Донецької і Південної залізниць).

Основні результати і розроблені моделі з реалізації ресурсозберігаючої технології маневрової роботи і рекомендації щодо вибору раціональних конструктивних параметрів сортувальних гірок використані при розробці методики "Дослідження та розробка методики нормування маневрової роботи зі зниженням витрат паливно-енергетичних ресурсів на залізницях України", що затверджена Головним управлінням перевезень УЗ для впровадження на сортувальних станціях.

Розроблений комплекс моделей з реалізації ресурсозберігаючих технологій використовується у навчальному процесі УкрДАЗТ при вивченні дисципліни "Управління експлуатаційною роботою і якістю перевезень", у дипломному проектуванні, при виконанні навчально-дослідних робіт студентів, на ІППК при УкрДАЗТ при підготовці

магістрів. Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними актами впровадження.

Особистий внесок здобувача. У наукових працях, опублікованих зі співавторами, особистий внесок полягає в: [2, 4, 7, 11, 18] - проведенні семіотичного аналізу мереж Петрі, обґрунтуванні напрямків їх поширень, використанні розроблених поширень для побудови моделей, виконанні верифікації запропонованих моделей; в [3, 5, 6, 9, 10, 14, 16] – проведено аналіз якісних показників функціонування станцій у залізничному вузлі і розроблено моделі реалізації технології їх взаємодії; в [12, 13] – розроблено алгоритм визначення витрат палива маневровими локомотивами при розформуванні составів на сортувальній гірці і проведено вибір її елементів.

У додаткових наукових працях [1, 4, 5, 6, 8, 9] – розроблено раціональну схему розташування вантажу у рухомому складі та моделі прогнозування розподілу вагонопотоків і планування відправлення поїздів; [2, 3, 7] – запропоновано технологію закріплення составів та моделі визначення витрат палива з урахуванням впливу конструктивних факторів на сортувальних гірках.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації доповідалися, обговорювалися та ухвалені на: 60-й, 61-й, 62-й, 63-й, 64-й, 65-й, 66-й міжнародних науково-технічних конференціях кафедр УкрДАЗТ та спеціалістів залізничного транспорту, 1998-2004 рр. (м. Харків); 1-й міжнародній науково-практичній конференції “Проблеми міжнародних транспортних коридорів та єдиної транспортної системи України”, 2004 р. (м. Коктебель); 15-й, 16-й, 17-й міжнародних науково-технічних конференціях “Перспективні системи управління на залізничному, промисловому та міському транспорті”, 2002-2004 рр. (м. Алушта). Повністю дисертаційна робота доповідалась на об’єднаному науковому семінарі кафедр Української державної академії залізничного транспорту (2005 р., м. Харків).

Публікації. Відповідно до теми дисертації опублікована 22 наукові роботи у виданнях, що затверджені ВАК України, та 9 додаткових праць.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з вступу, десяти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг роботи складає 553 сторінок, з яких обсяг основного тексту 288 сторінок, робота ілюстрована 93 рисунками з яких 19 рисунків на 19 стор., наведено 66 таблиць з яких 21 на 24 стор. Список використаних джерел складає 296 найменувань на 25 сторінках, 14 додатків на 197 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми для функціонування залізничного транспорту в сучасних умовах транспортного ринку та інтеграції України в Європейську співдружність. Сформульовані мета та задачі дослідження, відображені зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, наукова новизна та практична цінність дисертаційної роботи, подано її загальну характеристику.

У **першому розділі**, виходячи з мети дисертації, проведені дослідження та аналіз вантажо - та вагонопотоків, технологічних процесів вантажних перевезень на мережі залізниць України, кількісних і якісних показників експлуатаційної роботи залізниць, функціонування діючих на Україні міжнародних транспортних коридорів та їх розвитку, технології управління вагонними парками, включаючи інформаційні технології, проаналізовані наукові розробки та практичний досвід щодо впровадження ресурсозберігаючих технологій на залізничному транспорті, включаючи маневрову роботу на станціях. Доведено, що незважаючи на довготривале, починаючи з 1992 року, скорочення перевізної роботи залізниць України за останні п'ять років спостерігаються позитивні зрушення, діє благодатна динаміка росту вантажообігу, покращення якісних показників використання рухомого складу.

Однак технологія перевізного процесу ще не повністю узгоджується з обсягами перевізної роботи, залишається витратною, тому вона потребує комплексного дослідження її ресурсозберігаючої спрямованості на зменшення паливно-енергетичних ресурсів, потрібного парку вагонів і локомотивів при виконанні перевізного процесу у межах міжнародних транспортних коридорів, на дільницях, вузлах, станціях.

У розвиток теорії та практики технології перевізного процесу, а саме: організації вагонопотоків, розроблення плану формування вантажних поїздів, нормування маневрової роботи та визначення параметрів технологічних процесів вузлів і станцій різного призначення, сортувальних гірок, застосування інформаційних технологій в експлуатаційній роботі зробили великий вклад вчені та практичні працівники залізничного транспорту.

Проблеми створення системи організації вантажо – та вагонопотоків, складання планів перевезень, розробки плану формування поїздів розглянуті в роботах В.М. Акулінічева, Є.В. Архангельського, К.А. Бернгарда, А.Ф. Бородіна, В.К. Буянової, В.К. Долі, М.Д. Іловайського, Г.М. Кірпи, Г.І. Нечаєва, В.Т. Осипова, А.П. Петрова, А.О. Сміхова та ін.

Взаємодію плану формування зі складанням графіків руху поїздів і врахуванням роботи локомотивного парку розглянули у своїх роботах В.А. Івницький, А.Д. Каретников, В.С. Козлов, В.А. Кудрявцев, В.І. Некрашевич, А.К. Угрюмов, А.Д. Чернюгов, П.О. Яновський та ін.

Визначенню і оптимізації параметрів технологічних процесів роботи вузлів, сортувальних, дільничних, вантажних станцій, включаючи їх інформаційні технології, організацію і нормування маневрової роботи на них присвятили свої дослідження О.М. Бабичков, А.В. Бикадоров, Б.Є. Боднар, Т.В. Бутько, В.А. Буянов, П.С. Грунтов, Ю.І. Єфіменко, І.В. Жуковицький, Г.І. Загарій, М.Д. Іловайський, А.М. Котенко, В.М. Кулешов, М.І. Луханін, В.К. Мироненко, В.М. Мирошніченко, Є.В. Нагорний, В.Я. Негрей, В.М. Самсонкін, І.Б. Сотников, Є.А. Сотников, І.Г. Тихоміров, М.П. Топчієв, Є.М. Шафіт, М.Р. Ющенко та ін.

На базі цих досліджень в Україні видані такі офіційні документи, як “Типовий технологічний процес роботи сортувальних станцій” (1998 р.), “Типовий технологічний процес дільничних станцій” (1998 р.), “Методичні рекомендації з визначення норм часу на маневрову роботу, що виконується на залізничному транспорті” (2001 р.), “Рекомендований технологічний процес роботи вантажних станцій” (2004 р.), “Технічне завдання на розробку національної автоматизованої системи керування на залізничному транспорті України” (1996 р.) та інші офіційні документи.

Аналіз попередніх досліджень, присвячених удосконаленню системи організації вагонопотоків і розробці автоматизованих робочих місць персоналу, показав, що не в повній мірі враховується нечіткість вхідної інформації, яка є базовою для складання плану перевезень, а на його основі - плану формування і графіка руху поїздів. Усі існуючі методи розробки ПФП ґрунтуються на постійності технічних засобів та інтенсивності відправлення поїздів зі станцій тільки для вагонів державної власності, що в сучасних умовах транспортного ринку неповністю враховує реальну потребу у вагонах для вантажовідправників протягом доби, місяця, року. Крім того, недостатньо відображений людський фактор, фактор наближення до звітного періоду, сезонність, про що свідчить нерівномірне виконання планів перевезень, недотримання термінів доставки вантажів та багато інших недоліків в експлуатаційній роботі залізниць. Крім того, ні в теоретичних дослідженнях, ні в офіційних виданнях не враховувались в числі нормативів та еквівалентів плану формування поїздів витрати палива або електроенергії і ресурсозберігаючі технології маневрової роботи на станціях.

У теперішній час для виконання терміну доставки вантажів та покращення експлуатаційних показників доцільно застосовувати гнучкі технології поїздоутворення, в тому числі на базі своєчасного оперативного корегування ПФП на базі комплексу АРМ керівників Укрзалізниці, залізниць, диспетчерського персоналу та інженерно-технічних працівників.

На основі аналізу попередніх досліджень, присвячених технології роботи залізничних вузлів, виявлено, що не в повній мірі була врахована стохастична природа процесів поїздоутворення та вплив чинників ресурсозбереження як на процеси поїздоутворення, так і на процеси взаємодії станцій вузла й прилеглих дільниць: час знаходження на станціях державних, власних, іноземних вагонів, витрати палива та електроенергії на поїзну і маневрову роботу, час роботи локомотивів і локомотивних бригад тощо.

У теперішній час відправлення передаточних поїздів як в Україні, так і на станціях залізниць СНД, в основному здійснюється за жорстким графіком. Але для прискорення доставки вантажів та покращення експлуатаційної роботи треба застосовувати гнучкі технології, в тому числі й комбіновані графіки руху, тобто ті, що враховують відправлення за нормативним графіком та за потребою при оптимальному використанні локомотивів.

Питання розрахунку числа й порядку прямування передаточних поїздів розглядалися у роботах К.А. Бернгарда, Г.Б. Бабинешвілі, М.В. Кондрахіна, І.М. Мартинова, А.П. Романова, К.К. Тихонова, І.М. Шапкіна та інших авторів. Усі вони запропонували вибір оптимального числа передаточних поїздів за умовами досягнення найменших сумарних приведених експлуатаційних витрат, але не в повній мірі враховують паливно-енергетичні витрати на маневрову роботу, витрати на збір і передавання оперативної інформації.

Усі попередні методи при обґрунтуванні експлуатаційних витрат врахували лише середні дані з вартості однієї вагоно-години, локомотиво-години, локомотиво-кілометра пробігу та інших показників.

Питаннями удосконалення значень конструктивних параметрів сортувальних гірок займалися І.В. Берестов, С.О. Бессоненко, В.І. Бобровський, М.П. Божко, Е.О. Гібшман, В.П. Жуков, І.В. Жуковицький, Ю.А. Муха, Є.В. Нагорний, Н.Н. Новгородов, О.М. Огар, В.Є. Павлов, В.І. Смірнов, Л.Б. Тішков, О.П. Шипулін та ін.

Розроблені вищеназваними авторами наукові підходи щодо оптимізації поздовжнього профілю сортувальних гірок і значень його окремих елементів в основному були спрямовані на підвищення переробної спроможності, що було обумовлено

інтенсивним зростанням розмірів сортувальної роботи. Загальним недоліком більшості розробок є відсутність ресурсозберігаючого підходу при виборі раціональних параметрів повздовжнього профілю, зокрема насувної частини сортувальних гірок. В умовах транспортного ринку вирішення зазначених проблем набуває особливої актуальності і вказує на необхідність удосконалення транспортних технологій та роботи технічних засобів на основі ресурсозбереження.

У другому розділі наводяться класифікація норм витрат дизельного палива та існуючі методи їх розрахунків. Задачі удосконалення методів розрахунків витрат енергоресурсів при реалізації перевізного процесу залізниць присвячена велика кількість наукових робіт. Найбільшу відомість набули фундаментальні праці А.І. Долінджева, І.П. Ісаєва, В.С. Молярчука, А.П. Новикова, В.Н. Тверитіна та ін. В теперішній час праці в галузі удосконалення конструкції, методів розрахунків експлуатаційної надійності та ефективності тепловозної тяги виконуються під керівництвом Г.Г. Басова, Б.Є. Боднаря, А.А. Босова, А.І. Володіна, О.Л. Голубенка, С.Г. Грищенка, В.І. Киселева, Є.Є. Косова, А.П. Кудряша, Т.Ф. Кузнецова, В.Д. Кузьмича, Ю.А. Кулікова, В.І. Могили, В.І. Мороза, Л.А. Мугінштейна, В.В. Стрекопитова, Е.Д. Тартаковського, В.П. Феоктістова та ін.

Розглянуті у дисертаційному дослідженні методи нормування відрізняються один від одного використаним математичним апаратом, варіантами підрахунку норм, ступенями урахування факторів, які впливають на енерговитрати та іншими особливостями. Аналіз існуючих методів нормування витрат енергії проводився за допомогою розробленої системи для розрахунку моделі витрат дизельного палива тепловозами на тягу поїздів, що полягала у виборі єдиної моделі найбільшої точності за допомогою перебору, не враховуючи суб'єктивної думки людини про структуру моделі.

Результати проведених досліджень виявили, що жодна з моделей не може претендувати на абсолютну точність, тому що вибір обмеженої кількості незалежних змінних не дозволяє з достатньою вірогідністю врахувати вплив на питомі витрати палива інших факторів, що по різному впливають на умови руху поїзда при конкретних експлуатаційних обставинах.

У практичній діяльності більш доцільно використовувати єдину модель, що базується на такому алгоритмі розрахунків норм витрат палива на тягу поїздів, яка б забезпечувала облік усіх основних експлуатаційних факторів. Порівняльний аналіз методів, що досліджувались, дозволив зробити висновок про те, що за точністю результатів, які розраховувались, і можливостями їх подальшого удосконалення за базовий може бути прийнятий метод, основи якого були розроблені ЦТ, ВНДІЗТ, ІКТП. В основі

цього методу лежить визначення витрат енергії локомотивами на експлуатаційний вимірник перевізної роботи (10 тис. ткм брутто для поїзної і 100 лок.км для маневрової роботи), а також загальних витрат енергоресурсів з урахуванням обсягів перевезень і маневрової роботи. Прогнозні витрати енергії в даній методиці визначаються за такою формулою:

$$e = e_0 \cdot \prod_{j=1}^{j=n} K_j, \quad (1)$$

де e - очікувані витрати електроенергії або палива в заданий період часу, кВт;

e_0 - базові витрати електроенергії або палива, що визначаються по енергетичних паспортах локомотивів в залежності від заданих вагових норм і швидкості руху, кВт;

K_j - коефіцієнти впливу нормоутворюючих факторів.

Підбір коефіцієнтів і методика їх обчислення виконується на базі узагальнення і систематизації накопиченого досвіду з визначення питомих енерговитрат як функції сукупної дії багатьох експлуатаційних факторів.

Існуючі методи визначення норм та фактичних витрат палива в основному спрямовані на умови роботи магістрального транспорту, тобто на тягу поїздів і в значно меншому ступені адаптивні до маневрового процесу на станціях.

Аналіз методів визначення технічних норм витрат паливно-енергетичних ресурсів, що найбільш близька до специфіки маневрової роботи є модель, розроблена за участю автора в УкрДАЗТ. Вона враховує вплив множини таких факторів, як маса состава, час роботи, кількість відцепів у составі, кількість вагонів при розформуванні состава, номер позиції контролера машиніста при роботі маневрового локомотива у парках приймання та відправлення та на сортувальній гірці, температуру навколишнього середовища, інші технологічні і конструктивні параметри, врахування яких понад діючі методики надасть можливість повністю адаптувати її до умов проведення маневрових операцій, що може бути основою для реалізації комплексних систем електронної обробки даних від інформаційно-вимірювальних комплексів локомотивів, командних пунктів гірки, станції, вузла, дирекції, залізниці, Укрзалізниці.

Згідно із запропонованим класифікатором, ресурсозбереження в залізничній галузі включає такі ресурси:

- паливно-енергетичні ресурси;
- експлуатаційний ресурс парку рухомого складу та його окремих одиниць;

- експлуатаційний ресурс верхньої будови колії, контактної мережі, цивільних споруд;
- трудові ресурси для забезпечення основної та допоміжної діяльності;
- фінансові ресурси, які витрачаються по розділу “витрати” на основну і допоміжну діяльність Укрзалізниці і окремих її підрозділів та юридичних осіб;
- фінансові і трудові ресурси на забезпечення роботи управлінського апарату, підрозділів контролю, інформаційно-статистичної звітності;
- виробничий ресурс обладнання, цивільних споруд та інших видів основних фондів ремонтних підрозділів;
- запчастини і витратні матеріали для забезпечення основної та допоміжної діяльності залізничної галузі;
- фінансові і трудові ресурси підрозділів науково-дослідної підтримки перспективного розвитку Укрзалізниці;
- фінансові і трудові ресурси підрозділів охорони і юридичного забезпечення;
- трудові ресурси, матеріальні фонди та запаси підрозділів матеріально-технічного забезпечення.

Третій розділ присвячений розробці нової технологічної мови моделювання перевізного процесу на основі поширених навантажених кольорових мереж Петрі. На їх основі розроблено методологію моделювання з використанням сучасних комп'ютерних технологій.

Процес функціонування залізничного транспорту потребує використання технологічної, інформаційної і фінансово-економічної взаємодії різних залізничних підрозділів: станцій, локомотивних, вагонних депо та ін. Інформація про перевізний процес (ПП) і формування на її основі раціональних рішень щодо нього здійснюється диспетчерським персоналом за допомогою відповідних моделей.

Таким чином ПП полягає у взаємодії складових його технологічних операцій, які відбуваються в реальному часі, і являє собою ланцюг послідовних взаємообумовлених дискретних подій. Ці події виникають внаслідок впливів на ПП збурювань, якими є, зокрема, заявки на перевезення.

До останнього часу мережі Петрі використовувалися для моделювання **однорідних** процесів перевезень. Це стосувалося створення моделей організації вагонопотоків.

Процес перевезень в загальному вигляді є неоднорідним (необхідно враховувати вагонопотоки, види вантажу, витрати енергії та ін.), тому доцільно використати кольорові мережі Петрі.

Показано, що мережі Петрі дозволяють моделювати різні етапи і технологічні операції з урахуванням динамічного характеру ПП.

У розділі виконаний семіотичний аналіз мереж Петрі, аналіз дає три їх основних складові: **прагматику, синтактику і семантику**. Мережа Петрі являє собою орієнтований біограф (граф із двома типами вершин). Вершини одного типу – це позиції (i). Вершини другого типу – переходи (j). Позиції та переходи з'єднуються між собою дугами, причому дуга, що виходить з переходу j , повинна входити у позицію i , а дуга, що виходить з позиції i , повинна завжди входити в перехід j (з'єднання позиції або переходів між собою дугами заборонено). Дуги можуть мати цілочисельну вагу та колір. Дуги, що входять у переходи, позначимо як $kc(i,j)$, де k – вага дуги ($k = \overline{1, n}$), c -її колір ($c = \overline{1, p}$), а дуги, вихідні з переходів, позначимо як $kc(j,i)$, де k – вага дуги ($k = \overline{1, m}$), c -її колір ($c = \overline{1, r}$). Сукупність (множина) дуг, що входять у переходи, позначається як $КС(i,j)$, а виходять з переходу - $КС(j,i)$.

Позиції i та переходи j поєднуються в орієнтований біограф (рис. 1,а) - простішу мережу Петрі. Мережі Петрі, які навантажені кольором, можуть мати конвеєрні або транспортні дуги, наприклад, на рис. 1в показані конвеєрні дуги з кольором, а на рис. 1г - показані стримуюча та транспортна дуги.

Рис.1. Найпростіші мережі:

- а) підмережа 1-го роду з транспортною дугою;
- б) підмережа 2-го роду з транспортною дугою;
- в) елементарна мережа з конвеєрними дугами;
- г) підмережа із стримуючою та транспортними дугами

Об'єднання підмереж, наведених на рис. 1, дає змогу будувати складні мережі. Для цього в розділі виконано поширення мереж. Об'єкти поширення показані на рис.2.

Рис.2. Шість об'єктів поширення кольорових мереж Петрі

З рис.2 бачимо, що поширення елементарної мережі Петрі стосується підмереж 1-го або 2-го роду, або міток. Якщо представити складові 1...6 МП як множини відповідних елементів, то формально визначимо структури мережі Петрі. Об'єднання підмереж 1-го і 2-го роду: $S_1 = \{I, J, KC(i,j)\}$, $S_2 = \{I, J, KC(j,i)\}$; $S = \{S_1, S_2\}$ (S_1, S_2 - підмережі 1-го і 2-го роду, відповідно, I, J - множини позицій і переходів). Може бути формально записано як четвірка

$$S_n = S_1 \cup S_2 = \{I, J, KC(i,j)\} \cup \{I, J, KC(j,i)\} = \{I, J, KC(i,j), KC(j,i)\}.$$

Моделі, що створюються, вимагають для свого функціонування наявності ресурсів (це мітки m). Мова мереж Петрі дозволяє ввести в структуру S_n початковий ресурс у вигляді вектора початкової розмітки M_{i_0} . Цілком визначена мережа Петрі - це структура S_n разом з ресурсом m . Відповідний формальний запис N_p (п'ятірка) виникає після доповнення S_n вектором M_{i_0}

$$N_p = \{S_n, M_{i_0}\} = \{I, J, KC(i, j), KC(j, i), M_{i_0}\}, \quad (2)$$

де M_{i_0} - початковий розподіл ресурсу в множині позицій $\{I\}$, а N_p - маркована мережа Петрі.

Удосконалено прагматику мереж Петрі. При цьому у множині дуг $KC(i,j)$ присутні дуги 3-х видів: 1. **Транспортні** (позначаються відрізком зі стрілкою на кінці $i \longrightarrow j$, причому вага разом з кольором задається як ${}^+kc(i,j)$); 2. **Стримуючі** дуги з вагою (позначаються відрізком з порожнім кружечком на кінці $i \text{---} \bigcirc j$ разом з вагою і кольором ($kc(i,j)$)); 3. **Конвеєрні** (представляються відрізком з подвійною стрілкою на кінці $i \longrightarrow j$ та $j \longrightarrow i$, вага цих дуг з кольором позначається відповідно як ${}^0kc(i,j)$, ${}^0kc(j,i)$). Конвеєрні дуги виконують операції цілочисельного віднімання з позиції або додавання вантажу в напрямку орієнтованої кольорової дуги (до наступної позиції).

Для опису мережі Петрі в дисертації використано математичний апарат матриць, що не мають нулів, крім позначення кольору та кількості міток. Це значно спрощує опис мереж.

Опис мережі з використанням матриць запропоновано виконувати у такій послідовності: нумеруються усі позиції графа; нумеруються усі переходи у послідовності виходячи з їх пріоритету; вводяться матриці M_{ij} (для опису дуг, які виходять з позицій з урахуванням кольору); M_{ji} (для опису дуг, які виходять з переходу, з врахуванням кольору); M_{i_0} (для опису початкового розподілу ресурсу – міток) по всіх позиціях.

Таким чином, розроблене поширення полягає у доповненні існуючих елементів мови мереж Петрі новими елементами (спеціальними дугами та їх сполученнями), введеними з метою збільшення образотворчих засобів мови. Так, наприклад, затримка мітки в часі на будь-яке число кроків моделювання може бути здійснена структурою, що являє модель обслуговування.

Запропоновану мову моделювання використано для верифікації різних мереж Петрі за допомогою програм Winpet і Colpet, які розроблені з метою спрощення моделювання. Це автоматні мережі, клас маркованих графів, клас мереж вільного вибору і клас простих мереж.

У розділі виконано верифікацію неоднорідних технологічних процесів за допомогою програм Winpet і Colpet. Верифікацію виконано на наведених нижче задачах. **1.** Порівняння результатів верифікації за допомогою програм Winpet і Colpet для двох однакових мереж, перша з яких містить мітки без кольору, а друга – мітки трьох кольорів. **2.** Розгляд простої мережі, що відображає при моделюванні задач процесу перевезень параметр – час відправлення і прибуття транспортних засобів. **3.** Реалізація моделі приладу обслуговування за допомогою програми Colpet. **4.** Використання в мережах Петрі стримуєчих дуг і структурних обмежень. **5.** Моделювання процесу збору поїздів на одній станції і розподіл їх по різних станціях призначення. **6.** Розгляд верифікації за допомогою програми Colpet віртуального перевізного процесу для транспортування трьох різних вантажів.

Для прикладу наведено задачу 5. Ця задача складається з двох етапів: моделювання накопичення поїздів на станції i_4 – частина мережі Петрі на рис.3 до позиції i_4 - і моделювання задачі роз'їзду поїздів зі станції i_4 по станціях призначення i_5 – i_7 .

Рис. 3. Мережа Петрі для задачі паралельного розподілу ресурсів через одну позицію i_4

Таким чином, задача моделювання збирання ресурсу розв'язується разом із задачею доставки ресурсів, вона моделює неоднорідний технологічний процес перевезень.

Відповідні матриці і верифікація за допомогою програми Colpet наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Матриці, що описують граф рис. 3, і результати верифікації

M_{ij}	M_{ji}	M_{0i}	такт	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	i_6	i_7
----------	----------	----------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

1 1 0 1	1 4 0 1	(1,10)	t ₀	(1,10)	(2,20)	(3,30)	(1,0) (2,0) (3,0)	(3,0)	(2,0)	(1,0)
2 2 0 2	2 4 0 2	(2,20)	t ₁	(1,0)	(2,0)	(3,0)	(1,10) (2,20) (3,30)	(3,0)	(2,0)	(1,0)
3 3 0 3	3 4 0 3	(3,30)	t ₂	(1,0)	(2,0)	(3,0)	(1,0) (2,0) (3,0)	(3,30)	(2,20)	(1,10)
4 4 0 3	4 5 0 3	(1,0),(2,0),(3,0)	t ₃	(1,0)	(2,0)	(3,0)	(1,0) (2,0) (3,0)	(3,30)	(2,20)	(1,10)
4 5 0 2	5 6 0 2	(3,0)								
4 6 0 1	6 7 0 1	(2,0)								
		(1,0)								

Верифікація показує, що на нульовому кроці розміщення вантажів задається в такий спосіб: три позиції $i_1 - i_3$ завантажені ресурсом (мітками) таких кольорів: $10 - c_1=1$, $20 - c_2=2$, $30 - c_3=3$; інші позиції $i_4 - i_7$ ресурси не містять, однак напрямки передачі відповідного ресурсу пофарбовані. На першому такті t_1 ресурс переміщається в позицію i_4 по конвеєрних дугах. На другому такті t_2 ресурс переміщається також по конвеєрних дугах у позиції $i_5 - i_7$. У результаті перший ресурс перейде в позицію i_7 , другий – в i_6 , третій – в i_5 . На наступному такті інформація не змінюється, тобто процес моделювання закінчений.

У розділі наведено кілька прикладів моделювання, які підтверджують ефективність запропонованих поширень мереж Петрі.

У четвертому розділі пропонується нова інформаційна технологія моделювання перевізного процесу на залізницях України на основі поширених мереж Петрі, які використовують кольорові ознаки.

Раніше для моделювання процесу перевезень на залізницях України використовувалися мережі Петрі, що не були навантажені кольором. Це дозволяло розглядати тільки однорідні процеси перевезень (під однорідністю розумілося тільки визначення напрямків руху поїздів). Враховуючи суттєву неоднорідність (під неоднорідними процесами перевезень будемо розуміти перевізні процеси, які характеризуються пріоритетами, урахуванням затримок часу, підрахунком вартості перевезень та ін.) перевізних процесів, нами запропоновано для їх опису використовувати мережі Петрі, навантажені кольором.

Розроблено загальну характеристику напрямків перевезень по залізницях України (наведена на рис. 4). Кожна подвійна стрілка характеризує множину кольорових переходів у прямому та зворотному напрямках перевезень. Вона спирається на структуру перевезень, що склалася на залізницях України, враховує кількість колій на кожному з напрямків,

характеристики станцій та перегонів між ними, а також інші параметри, що супроводжують заданий перевізний процес.

Вершини цього графу позначають центри залізниць: i_2 – Південна (м. Харків), i_3 – Південно-західна (м. Київ), i_4 – Львівська (м. Львів), i_6 – Донецька (м. Донецьк), i_7 – Придніпровська (м. Дніпропетровськ), i_8 – Одеська (м. Одеса). Позиції i_1 , i_5 та i_9 характеризують напрямки перевезень на північ, захід та південь відповідно (у міждержавному сполученні). В розділі на основі системного підходу досліджується новий метод моделювання неоднорідних перевізних процесів по різних напрямках руху.

Рис.4. Напрямки перевезень по залізницях України

(двонаправлена стрілка позначає напрямки перевезень між залізницями, характеристики перегонів та станцій)

На основі узагальнених **напрямків перевезень** розроблено граф залізниць України на основі узагальнених мереж Петрі, що навантажені кольором (рис. 5). Ця мережа Петрі враховує всі напрямки перевезень між залізницями, а також кінцеві пункти, з яких виконується зв'язок перевезень між різними державами: на заході (Європа), півночі (Росія), сході (Середня, Центральна Азія), півдні (вихід на залізничні морські поромні переправи або перевезення морськими суднами).

Поняття „**напрямок перевезень**” визначимо як тимчасову організацію ієрархічної залізничної транспортної мережі для реалізації необхідного перевізного процесу у певному напрямку з використанням лише конвеєрних дуг.

Один із основних напрямків реалізації реформування залізничного транспорту України – це інформатизація галузі. При цьому система керування перевезеннями припускає створення ієрархічної інформаційно-керуючої системи Укрзалізниці, яка буде включати: центр управління перевезеннями; сучасні диспетчерські центри управління перевезеннями на базі нової апаратури “Каскад”; центр управління місцевою роботою.

Тому у розділі запропоновані нові методи моделювання, що у сукупності дають змогу моделювати у динаміці неоднорідні процеси перевезень та забезпечувати раціональну організацію перевезень по різних напрямках. При цьому маємо можливість моделювання перевізного процесу з урахуванням пріоритетності окремих маршрутів по транспортних коридорах. Маршрутом будемо називати ієрархічну структуру з використанням тільки конвеєрних дуг (рис. 5). Усе це у сукупності дає змогу на рівні

центрів управління перевезеннями прогнозувати і організувати раціональні перевезення. Виконано верифікацію перевізного процесу при наявності пріоритетних напрямків та внутрішніх перевезень. На рис. 5 граф мережі Петрі моделює перевізний процес залізниць України з наявністю пріоритетних напрямків. На цьому графі для позицій прийняті позначення, які наведені на рис. 4.

На графі рис. 5 виділено пріоритетний напрямок перевезень Росія–Польща (та Польща–Росія) транзитом через залізниці України. Цей напрямок виділено тонованою ділянкою. Для переходу із залізниць України в Росію введені переходи j_4 та j_{11} , а із залізниць України в Польщу – переходи j_1 та j_{14} . Граф описується матрицями $M_{ij}^* i$

$$M_{ji}^{**}$$

* Розмір - 36×4 , кожний з чотирьох стовпців позначає номер позиції, номер переходу, вагу дуги, колір відповідно.

** Розмір 35×4 , кожний з чотирьох стовпців позначає номер переходу, номер позиції, вагу дуги, колір відповідно. Колір описує напрямки перевезень, їх маршрутизацію та різні характеристики неоднорідних процесів перевезень.

Третя матриця M_{i0} задає початкову розмітку мережі Петрі. У цій матриці нами введено пару чисел у дужках. Ця пара означає відповідно колір міток та їх кількість, наприклад, характеризує ознаку різних вантажів та їх обсяги.

Три кольори кодування перевізного процесу означають: два кольори – 1 (червоний) і 2 (синій) – використовуються для моделювання перевізного процесу вантажів у прямому та зворотному напрямках (між Росією і Польщею), колір 3 (чорний) кодує внутрішні перевезення в Україні. Кольорова мережа Петрі дозволяє використовувати потрібну кількість напрямків і кольорів і показує сумісну роботу пріоритетних напрямків.

Матриці M_{ij}^* , M_{ji}^{**} , M_{i0} використані для верифікації за допомогою програми ColPet. Розглянуто варіант моделювання напрямку перевезень, який орієнтовано з Північного Сходу на Захід (для перевезень з Росії до Одеси і далі з Одеси морем).

Результати моделювання підтверджують раціональність використання розробленої технології моделювання для побудови інформаційно-модулюючої підсистеми в рамках корпоративної системи управління процесом перевезень.

В п'ятому розділі проведено моделювання технології роботи залізничного вузла на основі варіантного поїздоутворення. Технологія взаємодії сортувальної станції з прилеглими дільницями формалізована у вигляді моделі, цільовою функцією якої є сумарні експлуатаційні витрати. Визначені в явному вигляді залежності аргументів, що входять до складу цільової функції та обмежень у найбільш напружену годину ($4^{30} \div 5^{30}$). Аналіз показав, що дискретні величини (кількість вагонів різних категорій в залізничному вузлі) підпорядковані гіпергеомеричному закону розподілу, а неперервні – законам Ерланга k -го порядків (при $k = 1, 2, 10$) та нормальному.

Розроблена модель відправлення поїздів зі станції являє собою композицію відношень множин локомотивів, бригад, поїздів і ниток графіка. Поїзди, що відправляються зі станції, являють собою множину P :

$$P = \bigcup_{k=1}^n P_k, \quad (3)$$

де n – кількість усіх поїздів, що відправляються.

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

$$P_k = \{ \{M_p\}, \{n\}, \{Q_{\text{бр}}\}, \{l_p\}, \{t_{\text{гот}}^{\text{від}}\} \}, \quad (4)$$

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 являє собою множину

$$L = \bigcup_{k=1}^n L_k. \quad (5)$$

При цьому

$$L_k = \{ \{N_l\}, \{Y_o\}, \{S_n\}, \{t_{zom}\} \},$$

(6)

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

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

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

$t_{zom} = \{ t_{zom} : t_{zom} - \text{час готовності локомотива до відправлення} \}.$

Відомості про локомотивну бригаду подаються у вигляді

$$B_k = \{ \{B\}, \{D\}, \{t_{яв}\}, \{t_{дiл}\} \}$$

(7)

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

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

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

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

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

$$L_k \cap (B_k \cap P_k) \neq \emptyset.$$

(8)

Модель відправлення поїздів включає умови на обмеження часу роботи локомотивної бригади, тобто

$$t_{дiл} \in T_{дiл}, \text{ а } t_{cm} \in T_{cm}.$$

Тоді, якщо $D_o(V) \subset T_{дiл}$ та $D_z(W) \subset T_{cm}$, то

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

де $t_{дiл} = \{ t_{дiл} : t_{дiл} - \text{тривалість знаходження на дільниці} \};$

$t_{cm} = \{ t_{cm} : t_{cm} - \text{тривалість знаходження на станціях дільниць} \}.$

$$t_{дiл} = \{ t_{дiл} \mid i = \overline{1, Z} \},$$

(9)

де Z – кількість перегонів на дільниці обороту.

$$t_{cm} = \{ t_{cm} \mid i = \overline{1, S} \},$$

(10)

де S – кількість станцій, розташованих на ділянці.

При відправленні поїзда додатково врахована умова

$$M_p = \{M_{pi} | i = \overline{1, C_k}\}, S_n = \{S_{ni} | i = \overline{1, D_k}\}$$

та $\forall C_{km}, C_{kn} \in M_p$.

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

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

Таким чином, модель відправлення поїздів зі станцій формалізована у вигляді:

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

Обмеження

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{кількість вагонів } 1 \leq l_n \leq l_{\max}; \\ \text{кількість локомотивів } m_l \geq 1; \\ \text{маса поїзда } Q_n \leq Q_{\max}; \\ T_c = \text{відношення } T_{ct} \text{ "бути сумою" } T_{dil}; T_c = \{T_c : T_c < 8\}, \end{array} \right.$$

де E – цільова функція, що являє витрати на організацію відправлення поїздів на прилеглі ділянки, грн;

v_1 – витрати, пов'язані з простоем вагонів на станціях в очікуванні відправлення, грн;

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 ділянки сформульована в термінах дискретної математики та являє композицію відношень:

$$A \subset G \times P \text{ та } B \subset P \times L,$$

$$A \times B \begin{cases} = \emptyset, \text{ то } A \times B \text{ за умови } B \subset L \times P, A \subset P \times G, \\ \neq \emptyset, \text{ оптимальне рішення} \end{cases} \quad (15)$$

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. Реалізація вибору оптимального варіанта взаємодії станцій вузла та прилеглих дільниць потребує використання сучасних СУБД.

У шостому розділі розроблено комплекс математичних моделей аналізу плану перевезення вантажів і плану формування вантажних поїздів спрямованих на визначення стратегії оперативного корегування вагонопотоків та розрахунку завантаженості основних елементів станцій полігону дирекції залізничних перевезень. З метою урахування невизначеності при розподілі вагонопотоків по підприємствах дирекції використано апарат теорії нечітких множин і нечіткої логіки. Сформовано гнучку модель поїздоутворення на основі нечіткої ситуаційної системи прийняття рішення (НССПР).

Аналіз плану формування вантажних поїздів ґрунтується на визначенні ступеня зв'язаності щомісячного відправлення вагонів зі станції з урахуванням добової, декадної та кварталної нерівномірності відправлення вагонів зі станції.

Врахування факторів сезонності та наближення до звітного періоду базується на поетапній оцінці ступеня зв'язаності між кількістю відправлених вагонів щодавно протягом місяця та щомісячно протягом року. Ступінь зв'язаності буде виходити зі ступеня зв'язаності окремих тримісячних інтервалів. Для цього знайдено та проаналізовано ступені зв'язаності між декадами місяця та місяцями року. Для базової множини B , яка є щодобовою кількістю відправлених вагонів протягом місяця, визначена підмножина \tilde{E}

$$\tilde{E} = \left\{ \left\langle \mu_E(b_i, b_{i+1}) / (b_i, b_{i+1}) \right\rangle \right\}, \quad (16)$$

де $b_i \in B$,

$$\mu_E \in [0; 1].$$

Візуалізація визначення ступеня зв'язаності наведена на рис. 6, для цього побудовано граф співвідношень $\tilde{\mathcal{G}}_j$ між кількістю вагонів відправлених за декади місяця, де $j = \{1, 2, 3, 4\}$.

Оцінка ступеня зв'язаності відношення $\tilde{\mathcal{G}}_j$ виконується за формулою

$$\alpha(\tilde{\mathcal{G}}_j)_{con} = \&_{\substack{b_i, b_{i+1} \in B \\ b_i \neq b_{i+1}}} (\mu_E \langle b_i, b_{i+1} \rangle \vee \mu_E \langle b_{i+1}, b_i \rangle). \quad (17)$$

Оцінка ступеня зв'язаності відправлення вагонів за рік $\alpha(\tilde{\mathcal{G}})_{con}$ основана на виконанні операції кон'юнкції ступенів зв'язаності

$$\alpha(\tilde{\mathcal{G}})_{con} = \& \alpha(\tilde{\mathcal{G}}_j)_{con}. \quad (18)$$

Рис. 6. Граф співвідношень $\tilde{\mathcal{G}}_j$

Після аналізу одержаних результатів необхідно обрати стратегію подальших дій поїзного диспетчера. При одержанні $\alpha(\tilde{\mathcal{G}})_{con} \geq 0.5$ доцільним буде побудувати функцію приналежності $\mu_E(b)$, яка буде характеризувати ступінь впевненості прийняття рішення про вибір повної кількості вагонів, відправлених зі станції протягом місяця для кожного призначення плану формування поїздів.

На основі аналізу функції приналежності $\mu_E(b)$, якщо $\mu_E(b_{\min}) = 1$, доцільно приймати рішення про відправлення вагонів зі станції.

Побудова НССПР базується на визначенні ознак ситуацій:

$$\tilde{\mathcal{S}} = \left\{ \left\langle \mu_{\mu_s(y_1)}(T_1^1) / \text{поїзд} \right\rangle, \left\langle \mu_{\mu_s(y_1)}(T_2^1) / \text{група вагонів} \right\rangle / \text{"Повносоставність"} \right. \\ \left. \left\langle \mu_{\mu_s(y_2)}(T_1^2) / \text{поїзд} \right\rangle, \left\langle \mu_{\mu_s(y_2)}(T_2^2) / \text{група вагонів} \right\rangle / \text{"Повноваговість"} \right. \\ \left. \left\langle \mu_{\mu_s(y_3)}(T_1^3) / \text{вчасно} \right\rangle, \left\langle \mu_{\mu_s(y_3)}(T_2^3) / \text{прострочено} \right\rangle / \text{"Термін доставки"} \right\}.$$

Визначення вхідних ситуацій базується на порівнянні зі всіма типовими ситуаціями, які знаходяться у вирішальній таблиці. Для визначення поточного стану об'єкту управління нечітка ситуація $\tilde{\mathcal{S}}_0$ порівнюється з кожною нечіткою ситуацією вирішальної таблиці типових нечітких ситуацій $S = \{\tilde{\mathcal{S}}_1, \tilde{\mathcal{S}}_2, \dots, \tilde{\mathcal{S}}_N\}$. Мірою якості при визначенні ступеня близькості нечіткої ситуації $\tilde{\mathcal{S}}_0$ нечіткій ситуації

$\tilde{\mathcal{S}}_0 \in S$ ($i \in K = \{1, 2, \dots, N\}$) можуть бути: ступінь нечіткого включення нечіткої ситуації

$\tilde{\mathcal{S}}_0$ у нечітку ситуацію $\tilde{\mathcal{S}}_i$; ступінь нечіткої рівності $\tilde{\mathcal{S}}_0$ та $\tilde{\mathcal{S}}_i$; ступінь нечіткої спільності.

Згідно з вищезазначеним, ступінь включення нечіткої ситуації \tilde{S}_0 в ситуацію \tilde{S}_i , $v(\tilde{S}_0, \tilde{S}_i)$ визначається виразом

$$v(\tilde{S}_0, \tilde{S}_i) = \&_{y \in Y} v(\mu_{s_0}(y), \mu_{s_i}(y)). \quad (19)$$

Величина $v(\mu_{s_0}(y), \mu_{s_i}(y))$ визначається як

$$v(\mu_{s_0}(y), \mu_{s_i}(y)) = \&(\mu_{\mu_{s_0}(y)}(y) \rightarrow \mu_{\mu_{s_i}(y)}(y)), \quad (20)$$

і характеризує ступінь включення нечіткої множини $\mu_{s_0}(y)$ в нечітку множину $\mu_{s_i}(y)$.

Підвищення рівня впевненості прийняття рішення оперативним персоналом по відправленню поїздів зі станції виходить з умови, що ситуація \tilde{S}_0 нечітко включається в ситуацію \tilde{S}_i , якщо ступінь включення \tilde{S}_0 в \tilde{S}_i не менше порога включення $i_{inc} \in [0,6; 1]$. Таким чином, ситуація \tilde{S}_0 нечітко включається в ситуацію \tilde{S}_i , якщо нечіткі значення ознак ситуації \tilde{S}_0 нечітко включаються в нечіткі значення відповідних ознак ситуації \tilde{S}_i .

Для ідентифікації ситуацій побудовано зважений граф \tilde{G}_{δ_1} , який відображає ступінь включення ситуацій і є основою для формування діаграми Хассе $H(\tilde{G})_{\delta_1}$.

Побудована ієрархія типових ситуацій на $H(\tilde{G})_{\delta_1}$ використана для ідентифікації вхідної ситуації \tilde{S}_0 методом направлено пошуку ситуації $\tilde{S}_i \in S$, такої що

$$\tilde{S}_0 \subseteq \tilde{S}_i \text{ та } (\forall \tilde{S}_j \in S) ((\tilde{S}_j \subseteq \tilde{S}_i) \rightarrow (\tilde{S}_0 \not\subseteq \tilde{S}_j)). \quad (21)$$

Використання НССПР надає змогу диспетчерському персоналу генерувати оперативні вказівки щодо ситуації оптимального поїздоутворення. Розроблені моделі реалізовано у вигляді програмного продукту під управлінням системи управління базами даних (СУБД) Oracle або Access, що сприяє подальшому удосконаленню процесу перевезень вантажів в умовах полігону дирекції залізничних перевезень з можливістю поширення на мережу Укрзалізниці. Проведено економічне обґрунтування запропонованих заходів.

Сьомий розділ присвячено розробленню математичної моделі, що дозволяє реалізувати підходи для створення ресурсозберігаючих технологій маневрової роботи. Для

цього, з метою формування множини технологічних і конструктивних факторів, що впливають на витрати палива при проведенні маневрових операцій, було проведено детальний аналіз операцій по обробці транзитних поїздів, поїздів, що надійшли у розформування, поїздів свого формування в гірковому районі, в районі формування, в пунктах місцевої роботи, в приймально – відправних парках для транзитних поїздів.

Відповідно до цього аналізу сформовано множини таких факторів, що впливають на витрати палива: Q - маса состава брутто, т; N_e - ефективна потужність локомотива, кВт; $t_{рг}$ - час розпуску на гірці та при перестановленні составів, хв; $K_{ваг}$ - кількість вагонів у составі; $K_{від}$ - кількість відчепів у составі; K_M - позиція контролера машиніста; T_{nc} - температура навколишнього середовища, °С; Ψ_K - коефіцієнт зчеплення “колесо-рейка”; $\omega_{ск}$ - додатковий опір від стрілок та кривих, Н/кН; $\omega_{св}$ - додатковий опір від навколишнього середовища та вітру, Н/кН; H_r - висота гірки, м; H_e - енергетична висота, кДж/кН; V_p - розрахункова швидкість розпуску, м/с; I_{cp} - середня крутість підйому насувної частини, ‰; $F_{кт}$ - сила тяги локомотива при зрушенні з місця, кН; S_r – довжина насувної частини, м.

Для обліку ступеня впливу вище зазначених факторів на реалізацію ресурсозберігаючої технології маневрової роботи запропоновано коефіцієнт стійкості функціонування ($K_{ст}$) у вигляді

$$K_{ст} = \frac{G_F}{G_I}, \quad K_{ст} \in [1,0 \div 1,05], \quad (22)$$

де G_F – фактичні витрати палива маневровим локомотивом при роботі на сортувальній гірці та в парках приймання - відправлення при проведенні маневрових операцій за напіврейс;

G_I – мінімально можливі витрати палива маневровим локомотивом при роботі на сортувальній станції на аналогічних операціях за напіврейс.

Для аналітичного опису залежності поточних витрат палива у даний момент G_{Fi} від множини технологічних та конструктивних факторів використана множинна логарифмічна кореляційна модель

$$G_{Fi} = f(Q, N_e, K_{ваг}, K_{від}, K_M, \Psi_K, \omega_{ск}, \omega_{св}, H_r, H_e, V_p, I_{cp}, F_{кт}, S_r) = e^{\alpha_0} \cdot z_1^{\alpha_1} \cdot z_2^{\alpha_2} \cdot z_4^{\alpha_4} \cdot z_5^{\alpha_5} \cdot z_6^{\alpha_6} \cdot z_7^{\alpha_7} \cdot z_8^{\alpha_8} \cdot z_9^{\alpha_9} \cdot z_{10}^{\alpha_{10}} \cdot z_{11}^{\alpha_{11}} \cdot z_{12}^{\alpha_{12}} \cdot z_{13}^{\alpha_{13}} \cdot z_{14}^{\alpha_{14}}, \quad (23)$$

$$\text{де } z_1 = \frac{Q_i}{Q}; z_2 = \frac{N_{ei}}{N}; z_3 = \frac{K_{ваг i}}{K_{ваг}}; z_4 = \frac{K_{від i}}{K_{від}}; z_5 = \frac{K_{Mi}}{K_M}; z_6 = \frac{\Psi_K i}{\Psi_K};$$

$$z_7 = \frac{\omega_{CK} i}{\overline{\omega_{CK}}}; z_8 = \frac{\omega_{CB} i}{\overline{\omega_{CB}}}; z_9 = \frac{H_{\Gamma i}}{\overline{H_{\Gamma}}}; z_{10} = \frac{Hei}{\overline{He}}; z_{11} = \frac{V_{pi}}{\overline{V_p}}; z_{12} = \frac{I_{spi}}{\overline{I_{sp}}};$$

$$z_{13} = \frac{F_{kmi}}{\overline{F_{km}}}; z_{14} = \frac{S_{\Gamma i}}{\overline{S_{\Gamma}}};$$

i – номер поточних значень факторів;

e – основа натурального логарифма;

$Q_i, \overline{Q}, N_{ei}, \overline{N_e}, K_{вагi}, \overline{K_{ваг}}, K_{відi}, \overline{K_{від}}, K_{міi}, \overline{K_{мі}}, \Psi_{Ki}, \overline{\Psi_K}, \omega_{CKi}, \overline{\omega_{CK}}, \omega_{CBi}, \overline{\omega_{CB}}, H_{\Gamma i}, \overline{H_{\Gamma}}, Hei, \overline{He}, V_{pi}, \overline{V_p}, I_{spi}, \overline{I_{sp}}, F_{kmi}, \overline{F_{km}}, S_{\Gamma i}, \overline{S_{\Gamma}}$ - відповідно поточні значення і математичне очікування випадкової величини вищенаведених експлуатаційних факторів;
 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{14}$ - показники ступеня кореляційної моделі.

За фізичною сутністю величина e^{α_0} являє існуючу норму витрат дизельного палива, а множники $z_k^{\alpha_k}$ ($k = \overline{1, 14}$) відповідають за ступінь впливу технологічних і конструктивних факторів на витрати палива при проведенні маневрової роботи.

Чисельні значення показників α_k були оцінені на основі емпіричних даних, що були зібрані на станціях Південної, Донецької, Одеської та Львівської залізниць із використанням пакета MathCAD. Отримані чисельні значення показників α_k наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Чисельні значення показників кореляції

α_0	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	α_7	α_8	α_9	α_{10}	α_{11}	α_{12}	α_{13}	α_{14}
2,33	0,48	0,14	0,57	1,122	0,19	0,12	0,009	0,014	0,14	0,09	0,35	0,12	0,13	0,11

Для перевірки адекватності запропонованої математичної моделі визначення витрат палива G_F проведено експериментальні дослідження в умовах станції Красний Лиман Донецької залізниці.

Чисельні величини α_k є основою для визначення суттєвих факторів, що впливають на витрати палива при проведенні маневрових операцій, і тих, що можуть оперативно корегуватися маневровим диспетчером. До таких факторів доцільно віднести: $Q, K_{ваг}, K_{від}, K_{мі}, V_p$.

Для зазначених технологічних факторів у процесі розпуску составів на сортувальній гірці були отримані номограми залежностей кореляційних коефіцієнтів від

експлуатаційних факторів. Вони є основою для створення системи підтримки прийняття оперативних рішень маневровим диспетчером по корегуванню технологічних показників, значення яких забезпечує знаходження коефіцієнта стійкості $K_{ст}$ в межах $[1,0; 1,05]$, тобто для реалізації ресурсозберігаючої технології.

У восьмому розділі для дослідження впливу конструктивних параметрів сортувальних гірок з позиції економії паливно-енергетичних ресурсів розроблена математична модель, що враховує залежність сумарної витрати палива G_n від характеру поздовжнього профілю насувної частини. При формуванні моделі состав розглядається не як матеріальна точка, а у вигляді протяжного об'єкта зі змінною довжиною і масою. Поздовжній профіль насувної частини у моделі представлено двохелементним, як найбільш розповсюджений на території України, що підтверджується відповідними дослідженнями автора.

Запропонована модель формалізована в такому аналітичному вигляді

$$G_n = \int_0^{t_k} (b_0 + b_1 \cdot V(t, i_1, i_2) + b_2 \cdot (V(t, i_1, i_2))^2) dt \rightarrow G_{n \min}, \quad (24)$$

$$\begin{cases} F_k(V(t, i_1, i_2)) \leq F_{k \max}, \\ 0 \leq V(t, i_1, i_2) \leq V_p \text{ при } 0 \leq t \leq t_p, \\ |V(t, i_1, i_2) - V_p| \leq 0.5 \text{ при } t_p < t \leq t_k, \\ 0 \leq Q'(t) \leq Q, \quad 0 \leq l_c'(t) \leq l_c, \\ -2.5 \leq i_k \leq 2.5, \quad 50 \leq l_2 \leq 150, \\ 0 \leq i_1 \leq 2, \quad 8 \leq i_2 \leq 16, \\ l_1 + l_2 = l_{нас}, \quad i_1 \cdot l_1 + i_2 \cdot l_2 = h_{np}, \end{cases}$$

$$V(0) = 0, \quad t(0) = 0, \quad S(0) = 0, \quad Q'(0) = Q, \quad l_c'(0) = l_c,$$

де t_k - момент закінчення розпуску состава, с;

b_0, b_1, b_2 - емпіричні коефіцієнти;

$V(t, i_1, i_2)$ - швидкість состава в момент часу t , м/с;

i_1, l_1, i_2, l_2 - ухил, ‰, та довжина, м, відповідно першого і другого елементів профілю насувної частини;

$F_k(V(t, i_1, i_2))$ - сила тяги локомотива, Н;

t_p - інтервал часу від початку насуву до моменту досягнення швидкості розпуску, с;

(V_p) , с; $Q'(t)$ - вага состава в момент часу t , кН;

$l_c'(t)$ - довжина состава в момент часу t , м;

i_k - ухил колій передгіркового парку (витяжних колій), ‰;

h_{np} , $l_{нас}$ - відповідно профільна висота, м, та довжина насувної частини сортувальної гірки, м.

Величина миттєвої швидкості состава при його насуві та розпуску визначається з диференційного рівняння

$$\begin{cases} \frac{dV(t, i_1, i_2)}{dt} = \frac{g}{P_n + Q'(t)} (F_k(V(t, i_1, i_2)) - W_k(V(t, i_1, i_2)) - \\ - (P_n + Q'(t)) \cdot i_{cp}(i_1, i_2, S(t), l_c'(t))), \\ dS = V(t, i_1, i_2) dt, \end{cases} \quad (25)$$

де g - прискорення вільного падіння, м/с²;

P_n - вага локомотива, кН;

$W_k(V(t, i_1, i_2))$ - опір руху состава, Н;

$i_{cp}(i_1, i_2, S(t), l_c'(t))$ - середній підйом, на якому знаходиться состав, що насувається, ‰;

$S(t)$ - пройдений шлях локомотивом до моменту часу t , м.

Для визначення сили тяги $F_k(V(t, i_1, i_2))$ використані характеристики тепловоза ЧМЕ-3, що у моделі кусковоапроксимовані методом найменших квадратів для різних позицій контролера машиніста і швидкостей руху.

Знаходження оптимальних значень i_1, i_2 виконано при застосуванні релаксаційних методів, оскільки у порівнянні з іншими дані методи дозволяють зменшити обсяг обчислень і прискорити пошук.

Запропонована математична модель для визначення витрат палива реалізована у вигляді програмного забезпечення. На основі моделювання отримано номограми витрат палива маневровим локомотивом від довжини та композиції составів, що розформовуються на сортувальній гірці, при різних варіантах поздовжнього профілю насувної частини з використанням математичної моделі насуву та розпуску составів (рис. 7, 8).

При

$$l_1=400\text{м}; l_2=50\text{м}$$

$$i_1=2\text{‰}; i_2=14\text{‰}$$

Рис. 7. Залежність витрати палива від довжини состава при різному числі відчепів у составі

Аналіз номограм вказав на необхідність зосереджування важких відчепів у голові состава, зменшення кількості відчепів та формування повносоставних составів.

При

$$l_1=400\text{м}; l_2=50\text{м}$$

$$i_1=2\text{‰}; i_2=14\text{‰}$$

Рис. 8. Залежність витрати палива від довжини состава при різному розташуванні відчепів у составі

Запропонована математична модель насуву та розпуску составів дозволяє визначати раціональні конструктивні параметри поздовжнього профілю насувної частини гірки з позиції ресурсозбереження і надавати рекомендації щодо його виправлення.

У дев'ятому розділі розв'язана задача удосконалення інформаційної системи сортувальної станції. На основі проведеного аналізу комплексу задач, що розв'язуються існуючою КСЕОД, було виявлено, що вона здатна тільки зафіксувати експлуатаційні події та кількісно їх оцінювати. Запропонований комплекс моделей, що інтегрований до КСЕОД, дозволяє деталізувати технологію маневрової роботи з точністю до напіврейсу і додатково враховувати витрати палива, внаслідок чого можливо реалізувати ресурсозберігаючу технологію при оснащенні маневрових локомотивів інформаційно-керівними комплексами.

Розроблена модель, що реалізує ресурсозберігаючу технологію, встановлено на АРМ маневрового диспетчера і АРМ працівників, що з ним взаємодіють. Вона дозволяє в

залежності від того, чи виконується умова $K_{ст} \in [1,0; 1,05]$, організувати систему підтримки прийняття рішень маневрового диспетчера і оперативно коригувати його рішення щодо технологічних факторів.

У роботі також запропонована модель інформаційної взаємодії різних користувачів, що забезпечує режим сумісної експлуатаційної роботи структурних підрозділів станції та маневрових локомотивів з виходом через сервер ДЦУ на сервер інформаційно-статистичного центру УЗ.

Проведені розрахунки з техніко-економічної ефективності від впровадження ресурсозберігаючої технології маневрової роботи в умовах станції Красний Лиман довели, що при загальному відправленні 766500 вагонів за рік економія паливних ресурсів склала 145000 грн, тобто 7,6%, внаслідок чого річні експлуатаційні витрати зменшились відповідно на 1,8%, а собівартість одного відправленого вагона на 0,15 грн/ваг.

Для оцінки ефективності впровадження запропонованих конструкцій насувної частини гірок, що забезпечують ресурсозбереження, розроблена методика економічного порівняння варіантів поздовжнього профілю.

Дослідження показали, що при збільшенні швидкості розпуску зменшуються витрати палива при розформуванні составів, але поряд з цим може виникнути необхідність збільшення потужності гальмівних позицій, що розташовані на спускній частині і коліях сортувального парку, за умови допустимої швидкості входу на них або внаслідок зміни режимів регулювання швидкості скочування відчепів з метою отримання найменших інтервалів на вершині гірки. Особливо це стосується паркових гальмівних позицій, де рядом авторів встановлена прямопропорційна залежність збільшення швидкості розпуску і потужності цієї позиції.

На підставі розробленої методики економічного оцінювання варіантів поздовжнього профілю насувної частини визначена ефективність застосування оптимального профілю на сортувальній гірці станції Красний Лиман. Впровадження такого профілю дозволить зменшити річні приведені витрати на 6,8%.

Десятий розділ присвячений аналізу автоматизованої системи управління локомотивами та локомотивними бригадами (АСУ ЛОКБРИГ) та розробленню нової концепції цієї проблеми за умови ресурсозбереження. Функціонування АСУ ЛОКБРИГ має забезпечити автоматизацію процесу збору та представлення інформації про роботу локомотивів і локомотивних бригад, а також автоматизацію функцій оперативного контролю за дислокацією, станом та використанням локомотивного парку залізниць, складанням графіка роботи локомотивних бригад, контролем за використанням на

залізницях паливно-мастильних матеріалів та електроенергії, підготовкою даних для розрахунку заробітної плати, оперативного обліку роботи та відпочинку локомотивних бригад. Згідно з загальними вимогами в дисертації розроблено проект АРМ інженера-теплотехніка локомотивного депо та нова концепція автоматизованої системи управління локомотивом (АСУЛ).

Розглянуто шляхи удосконалення методичного забезпечення ресурсозберігаючих технологій на прикладі енергетичної стратегії перевізного процесу залізниць. Енергозабезпечення перевізного процесу залізниць тісно пов'язано з реформуванням залізничного транспорту та енергетичної політики України. Основними напрямками удосконалення енергетичної стратегії перевізного процесу слід вважати покращення структури управління енергетичним комплексом галузі на основі сучасних автоматизованих інформаційних технологій, систем обміну та моніторингу витрат енергоресурсів, зниження питомих витрат електроенергії та дизельного палива у всіх сферах діяльності залізничного транспорту (тяга, інфраструктура, експлуатація, ремонт, виробництво, соціальна сфера тощо). Це у свою чергу потребує розроблення та впровадження сучасної ресурсозберігаючої техніки та технологій. У цьому напрямку під керівництвом й безпосередньою участю автора розгорнутий комплекс науково-дослідних робіт в Українській державній академії залізничного транспорту.

Головним енергоносієм для тяги та експлуатаційних потреб є електроенергія, на долю якої в енергобалансі припадає понад 50%. Сьогодні розробляється та пропонується, як стратегічний напрямок, утворення системи не тільки закупівлі, а й забезпечення управління споживанням придбаних енергоресурсів. Раніше розв'язання цих задач виконувалось паралельно, незалежно одна від одної. Це викликає необхідність утворення механізму реалізації – комплексу технічних засобів і технологій, організаційного включення його в систему галузі тягового електропостачання, обсягу витрат електроенергії, транзиту електроенергії. При цьому виникає необхідність методичного прогнозування витрат електроенергії та введення штрафних санкцій за відхилення від фактичного споживання більш ніж на 5% від прогнозованого, що потребує ув'язки з графіком руху поїздів та підвищенням якості інформації по питомих витратах електроенергії та її моніторингу.

Розроблена нова концепція автоматизованої системи управління локомотивом (АСУЛ), яка призначена для контролю за положенням локомотивів на запрограмованій ділянці (ділянках) маршруту і розрахунку оптимальних режимів роботи щодо витрат енергоресурсів, для контролю за підвищенням безпеки руху шляхом прогнозування

ситуацій. У склад АСУЛ входять: приймач супутникової інформації, передавач супутникової інформації, аналогово-цифровий перетворювач, датчик вхідних сигналів, автоматизоване робоче місце машиніста (АРМ М), автоматизоване робоче місце начальника поїзда (АРМ НП). До складу обладнання також включено: командно - навігаційна система контролю руху локомотива (КРЛ), багатофункціональний індикатор машиніста (МФІ) та автоматизоване робоче місце чергового по депо (АРМ ТЧД); обладнання зв'язку, обладнання системи обліку електроенергії електровозів; апаратура повного контролю, з'ємний носій (ноутбук); індивідуальний тренажер машиніста (ІТМ) та інше.

Структура АСУЛ складається з таких алгоритмів: система обліку електроенергії електровоза; багатофункціональний індикатор машиніста; автоматизоване робоче місце чергового по депо; приймання та обробка супутникової інформації; формування та передача інформаційного кадру по GSM- зв'язку; запис та зчитування архівної інформації та використаної електроенергії на з'ємний носій.

Задачами багатофункціонального індикатора є: реєстрація машиніста (введення його табельного номера, пароля системи); відображення ділянок обслуговування; відображення фактичного місцезнаходження локомотива за супутниковою інформацією; екстраполяція траєкторії руху локомотива за фактичною швидкістю та заданим часом.

На цей час запропонована система проходить випробування на Південній залізниці на ділянках локомотивного депо Лозова.

На Південній та Південно-Західній залізницях впроваджуються автоматизовані системи моніторингу витрат дизельного палива тепловозами з обробкою інформації з використанням АРМ інженерів-теплотехніків у локомотивних депо, АРМ маневрових диспетчерів та чергових по гірках, поїзних, локомотивних диспетчерів та АРМ керівників депо, залізниць, УЗ.

ВИСНОВКИ

1. Існуюча технологія та організація вантажних залізничних перевезень визначається нормуванням витрат часу на проведення технологічних операцій без урахування ресурсозбереження.

2. Розроблено концепцію удосконалення організації вантажних залізничних перевезень, яка базується на комплексі критеріїв ресурсозберігаючих технологій відповідно до інфраструктури залізничного транспорту.

3. На основі принципів системного аналізу сформульовано основні положення наукової концепції моделювання технології вантажних перевезень на таких рівнях: залізничні напрямки, залізничні вузли, полігони дирекцій залізничних перевезень, сортувальні станції та їх елементи, у взаємодії з парком локомотивів та локомотивних бригад.

4. Розроблено метод вибору пріоритетних напрямків вантажних перевезень та міжнародних транспортних коридорів на основі поширених кольорових мереж Петрі, який забезпечує реалізацію гнучкого графіка руху поїздів за критеріями мінімізації затримок вантажів та плати за перевезення.

5. Запропоновано узагальнені моделі перевезень по залізницях України, які дають змогу прогнозувати раціональні напрямки перевезень “схід-захід”, “південь-північ”, що дозволяють створити підсистему підтримки прийняття рішень оперативним персоналом, та як наслідок – збільшити пропускну спроможність напрямків перевезень приблизно на 12% від існуючої.

6. Розроблено комплекс моделей для створення ресурсозберігаючих технологій роботи залізничних вузлів на основі динамічного і стохастичного програмування, що відтворює взаємодію сортувальної станції з вантажними станціями вузла та з прилеглими дільницями за критерієм мінімізації експлуатаційних витрат і передбачає підтримку попередніх, основних та заключних операцій у технології роботи вузла. Економічне обґрунтування запропонованих заходів показало, що при впровадженні технології варіантного поїздоутворення, яка інтегрована 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. Для удосконалення технології роботи полігонів, станцій та вантажовласників дирекції залізничних перевезень сформовано комплекс моделей на основі теорії нечітких множин і нечіткої логіки, використання яких передбачає урахування невизначеності при організації вагонопотоків та в процесі поїздоутворення і забезпечує скорочення простоїв вагонів на технічних станціях і як наслідок – зменшення обігу вантажного вагона. Економічне обґрунтування запропонованих заходів показало, що при впровадженні технології оперативного коригування вагонопотоків, яка в свою чергу інтегрована в АРМ ДНЦ на базі КСЕОД, можливо одержати до 15% вивільнення вагонів за рахунок раціонального використання рухомого складу. Загальна середня економія по

розглядуваних підприємствах Ясинуватської дирекції з урахуванням економії від надання вивільнених вагонів під додатковий план склала 546 612 грн/рік.

8. Розроблено нову концепцію прийняття рішень на основі автоматизованої системи управління локомотивним парком з використання супутникової інформації, командно-навігаційної системи контролю руху, обладнання GSM – зв'язку.

9. Сформовані нові теоретичні основи щодо удосконалення ресурсозберігаючої технології маневрової роботи на сортувальній станції на основі розроблення комплексу математичних моделей і автоматизованої інформаційно-керівної системи, що забезпечують скорочення витрат паливно-енергетичних ресурсів локомотивами з урахуванням впливу множини технологічних і конструктивних факторів. Економічна оцінка реалізації ресурсозберігаючої технології нормування маневрової роботи забезпечує скорочення витрат палива на 7,6% від загальних витрат палива, що призводить до зменшення собівартості одного відправленого вагона в середньому на 0,15 грн/ваг і свідчить про доцільність впровадження ресурсозберігаючої технології нормування маневрової роботи. При цьому річна економія паливних ресурсів складає в середньому 145 000 грн/р. на одній сортувальній станції.

10. Розроблена енергетична стратегія перевізного процесу на основі сучасних автоматизованих інформаційних технологій, систем обліку та моніторингу витрат енергоресурсів, зниження питомих витрат електроенергії та палива в інфраструктурі вантажних перевезень.

11. Розроблено комплекс функціональних задач, що вирішуються на автоматизованих робочих місцях (АРМ) оперативних працівників на рівнях залізничних напрямків, у залізничних вузлах, на полігонах і станціях дирекцій залізничних перевезень, на сортувальних станціях для оптимізації процесів поїздоутворення і проведення маневрової роботи інтегровано КСЕОД та інформаційно-керівної мережі УЗ.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

1. Данько М.І. Моделювання витрат палива локомотивами у залізничному вузлі // Інформаційно – керуючі системи на залізничному транспорті. – 1999. - №3. - С.74-76.
2. Семиотический анализ языка Петри и его расширений / И.В. Гусев, Н.И. Данько, Н.И. Луханин и др. // Інформаційно – керуючі системи на залізничному транспорті. -2001. -№6. –С.54-58.

3. Математичні моделі вантажної станції (обслуговування автотранспорту) / М.І. Данько, А.М. Котенко, Д.І. Мкртчян, О.М. Пелепейко // Зб. наук. праць. – Харків: ХарДАЗТ, 2001. –Вип.47. –С.12-18.
4. Данько Н.И., Луханин Н.И., Михаль О.Ф. Адаптивные распределенные нечеткие управляющие системы с интеграцией эволюционного опыта на локально - параллельных алгоритмах // Інформаційно - керуючі системи на залізничному транспорті. -2002. - №4,5. -С.60-64.
5. Данько М.І., Котенко А.М., Ковальов А.О. Прогнозування показників роботи під'їзних колій і станцій примикання // Залізничний транспорт України. -2002. - №6. -С.18-19.
6. Данько М.І., Бутько Т.В., Сіконенко Г.М. До питання визначення оптимальної кількості сортувальних станцій // Коммунальное хозяйство городов. -Харьков: Техника, 2002. -№45. - С.237-242.
7. Теория и практика расширенных сетей Петри // Н.И. Данько, Г.И. Загарий, Н.И. Луханин и др. // Інформаційно - керуючі системи на залізничному транспорті. - 2003. -№4. -С.61-65.
8. Данько Н.И. «Цветные» сети Петри в задачах моделирования неоднородных технологических процессов // Інформаційно - керуючі системи на залізничному транспорті. - 2003. -№6. -С.78-81.
9. Данько М.І., Петрушов В.В. Організація роботи з місцевими вантажами у залізничному вузлі // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. -2003. -№2. -С.78-81.
10. Данько М.І., Крячко К.В. Теоретичні основи оптимального функціонування системи вантажної станції // Зб.наук.праць. - Харків: УкрДАЗТ, 2003. - Вип.53. -С.5-12.
11. Алейник В.С., Данько Н.И., Тимошенко Е.В. Применение программы Winpet для верификации конфигураций основных классов сетей Петри // Інформаційно - керуючі системи на залізничному транспорті. -2004. -№6. - С.3-7.
12. Математичне моделювання витрат палива маневровими локомотивами / М.І. Данько, Т.В. Бутько, В.Д. Зонов, М.П. Топчієв // Залізничний транспорт України. - 2004. - Вип.3. - С. 29-32.

13. Данько М.І., Чеклов В.Ф. Прогнозування паливно-енергетичних витрат при розформуванні составів на сортувальних гірках // Інформаційно - керуючі системи на залізничному транспорті. - 2004. - Вип.2. -С.58-62.
14. Данько М.І., Бутько Т.В., Сіконенко Г.М. Оптимізація роботи мережі залізниць на основі раціонального розподілу сортувальної роботи // Коммунальное хозяйство городов. –Харьков: Техника, 2004. -Вып 58. - С.196-200.
15. Аналіз конструкції поздовжнього профілю насувної частини сортувальних пристроїв станцій залізниць України / М.І. Данько, М.П. Топчієв, В.С. Алейник, І.В. Берестов, О.М. Огар // Зб. наук. праць. -Харків: УкрДАЗТ, 2004. -Вип.62. -С.67-75.
16. Данько М.І., Поляков А.О., Ходаківський О.М. До питань підвищення ефективності перевезення вантажів // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. - Вип.57. -С.72-78.
17. Данько М.І. Удосконалення методичного забезпечення ресурсозберігаючих технологій перевізного процесу залізничного транспорту // Зб. наук. праць. - Харків: УкрДАЗТ, 2004. -Вип.64. -С.123-126.
18. Верификация сетей Петри, нагруженных цветом /В.С. Алейник, Н.И. Данько, Ж.В. Дейнека и др. // Інформаційно - керуючі системи на залізничному транспорті. - 2005. -№1,2. -С.101-106.
19. Данько М.І. Узагальнена схема перевізного процесу залізницями України та її моделювання на кольорових мережах Петрі // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 2005. -№3. -С.57-60.
20. Данько М.І. Удосконалення планування перевізних процесів на залізничному транспорті методами нечіткої логіки // Новини науки Придніпров'я. -2005. -№2. -С.55-58.
21. Данько М.І. Вирішення проблем удосконалення систем підтримки прийняття рішень на залізничному транспорті // Зб. наук. праць. -Харків: УкрДАЗТ, 2005. - Вип.66. -С.61-67.
22. Данько М.І. Модель прогнозування розподілу порожніх вагонів на дирекції залізничних перевезень із застосуванням теорії нечітких множин // Зб. наук. праць. -Харків: УкрДАЗТ, 2005. -Вип.71. -С.25-30.

Праці, котрі додатково відображають наукові результати дисертації:

1. Данько М.І., Поляков А.О., Сіконенко Г.М. Поліпшення способів доставки емалей та лаків у сталевих барабанах на експорт з використанням спеціалізованих піддонів емалей / Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. -2001. -№5. –С.121-122.
2. Данько М.І., Чеклов В.Ф. Автоматизована система закріплення составів // Залізничний транспорт України. - 2004.- Вип. 3. -С. 12-15.
3. Данько М.І., Бутько Т.В., Огар О.М., Топчієв М.П. Розробка моделі для визначення витрат палива гірковими локомотивами при насуві та розформуванні составів // Коммунальное хозяйство городов. – Харьков: Техника, 2004. –Вып. 58. -С.217 – 220.
4. Данько М.І., Кизим О.В. Умови функціонування опорних станцій на полігоні вугледобувного регіону // Інформаційно - керуючі системи на залізничному транспорті. - 2004. -Вип.2. -С.77-79.
5. Данько М.І., Лаврухін О.В. Прогнозування розподілу вагонопотоків на основі теорії нечітких множин // Інформаційно - керуючі системи на залізничному транспорті. - 2004. - Вип.2. - С.80-83.
6. Данько М.І., Малахова О.А. Розроблення моделі варіантної технології відправлення поїздів на сортувальній станції // Зб. наук. праць. - Харків: УкрДАЗТ, -2004. -Вип.62. -С.101-112.
7. Данько М.І., Крячко В.І., Крячко К.В. Оптимізація процесу управління перевантажувальними засобами на контейнерних терміналах // Зб. наук. праць. - Харків: УкрДАЗТ, 2004. -Вип.62. -С.37-44.
8. Данько М.І., Кулешов В.В. Визначення парку вагонів операторських компаній для забезпечення перевезень вантажів залізничним транспортом // Зб. наук. праць. –Харків: УкрДАЗТ, 2004. -Вип.57. -С.121-127.
9. Данько М.І., Кулешов В.В. До питання ефективного використання парку вагонів, що знаходяться у власності операторських компаній // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. -Вип.62. -С.167-179.

АНОТАЦІЯ

Данько М.І. Наукові основи ресурсозберігаючих технологій при організації вантажних залізничних перевезень. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи; Харківська національна академія міського господарства; Харків, 2005.

Дисертацію присвячено вирішенню наукової проблеми удосконалення організації та технології вантажних перевезень на залізничному транспорті на основі ресурсозбереження. З цією метою розроблено класифікатор критеріїв ресурсозберігаючих технологій. Для реалізації цих критеріїв на основі принципів системного аналізу залізнична мережа розглядається як комплекс підсистем: напрямки, залізничні вузли, полігони дирекцій, сортувальні станції та їх елементи, а також парк локомотивів і локомотивних бригад. Виходячи із єдиних методологічних позицій для кожного рівня за критеріями ресурсозбереження розроблено комплекс математичних моделей, що відтворюють технологію роботи кожної підсистеми.

Для вибору раціональних напрямків на залізничній мережі розроблені моделі на базі поширених кольорових мереж Петрі з урахуванням пріоритетності для створення міжнародних транспортних коридорів із мінімізацією затримок вантажу і плати за перевезення. Для розроблення варіантних ресурсозберігаючих технологій роботи залізничних вузлів розроблені моделі динамічного і стохастичного програмування, що реалізують взаємодію сортувальної станції з прилеглими дільницями за критерієм мінімізації експлуатаційних витрат. Для удосконалення технології роботи полігонів, станцій та вантажовласників дирекції залізничних перевезень розроблено комплекс моделей на основі теорії нечітких множин і нечіткої логіки. Використання цих моделей передбачає врахування невизначеності при організації вагонопотоків та поїздоутворення і дозволяє вивільнити близько 15% вагонів робочого парку. Теоретично обґрунтована можливість реалізації ресурсозберігаючої технології маневрової роботи на сортувальних станціях за рахунок коригування технологічних і конструктивних факторів. Комплекс розроблених моделей інтегровано до інформаційно-керівної системи Укрзалізниці.

Ключові слова: ресурсозберігаючі технології, вагони, вагонопотоки, залізничні напрямки, залізничні вузли, сортувальні станції, сортувальні гірки, поїздоутворення, локомотиви.

АННОТАЦІЯ

Данько Н.И. Научные основы ресурсосберегающих технологий при организации грузовых железнодорожных перевозок. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.01 – транспортные системы; Харьковская национальная академия городского хозяйства; Харьков, 2005.

Диссертация посвящена решению научной проблемы усовершенствования организации и технологии грузовых перевозок на железнодорожном транспорте на основе ресурсосбережения. С этой целью разработан классификатор критериев ресурсосберегающих технологий. Для реализации этих критериев на основе принципов системного анализа железнодорожная сеть рассматривается как комплекс подсистем: железнодорожные направления, железнодорожные узлы, полигоны дирекций железнодорожных перевозок, сортировочные станции и их элементы во взаимодействии с парком вагонов, локомотивов и с локомотивными бригадами. Исходя из единых методологических позиций для каждого уровня в соответствии с критериями ресурсосбережения разработан комплекс математических моделей, которые отображают технологию работы каждой подсистемы. При этом ресурсосберегающие технологии направлены на уменьшение непроизводительных простоев подвижного состава и экономию топливно-энергетических ресурсов в перевозочном процессе, включая и маневровую работу на технических станциях.

Для выбора рациональных направлений на железнодорожной сети разработаны модели на основе расширенных цветных сетей Петри с учетом приоритета для организации международных транспортных коридоров и минимизации задержек грузов и платы за перевозки. Показано, что сети Петри позволяют моделировать разные этапы и технологические операции, которые являются дискретными событиями. Произведен семиотический анализ сетей Петри и выделены три их составляющие: прагматика, синтактика и семантика. Усовершенствована прагматика сетей Петри за счет дополнительных расширений (множество дуг состоит из трех видов: транспортные, сдерживающие и конвейерные). С учетом этого произведена верификация перевозочного процесса для выделения приоритетных направлений.

Для формализации вариантных ресурсосберегающих технологий работы железнодорожных узлов разработаны модели динамического и стохастического программирования, которые реализуют взаимодействие сортировочной станции с прилегающими участками в соответствии с критерием минимизации эксплуатационных затрат.

С целью усовершенствования технологии работы полигонов, станций и грузополучателей на дирекции железнодорожных перевозок разработан комплекс моделей

на основе теории нечетких множеств и нечеткой логики. Использование этих моделей предусматривает учет неопределенности при организации вагонопотоков и поездообразовании. Для прогнозирования распределения порожних вагонов по предприятиям дирекции железнодорожных перевозок получены функции принадлежности, которые учитывают декадную, месячную, квартальную и годовую неравномерности. Разработанная модель в виде программного продукта интегрирована в автоматизированное рабочее место товарного кассира и позволяет сократить простой вагонов на технических станциях на 8% в сравнении с существующим и как следствие уменьшить оборот грузового вагона.

Для рациональной организации поездообразования разработана математическая модель на основе лингвистических переменных для формирования системы поддержки принятия решений поездным диспетчером, в основу которой положена диаграмма Хассе. При этом простой вагонов на технических станциях сокращается на 10%. В совокупности эти мероприятия позволяют высвободить около 15% рабочего парка вагонов под дополнительный план перевозок.

Для формирования ресурсосберегающей технологии работы сортировочной станции проведен анализ технологии маневровой работы, а также элементов конструкции подвижной части сортировочных горок при условии уменьшения расхода топлива маневровыми локомотивами, сокращения времени на маневровые операции и улучшения взаимодействия между элементами станции и графиком движения поездов. Предложен коэффициент устойчивости как отношение фактического расхода топлива к минимально возможному по каждому полуреису. Сформировано множество технологических и конструктивных факторов, которые влияют на фактический расход топлива тепловозами. Для формализации модели ресурсосберегающих технологий маневровой работы в явном виде использована множественная логарифмическая корреляция. Для оценки коэффициентов корреляции были проведены статистические наблюдения и определены наиболее влияющие факторы: масса составов, количество вагонов, количество отцепов, скорость движения. Для оценки минимально возможного расхода топлива сформированы соответствующие графоаналитические модели при работе тепловозов на сортировочной горке и в процессе передвижения локомотивов в парках приема-отправления. Разработанная ресурсосберегающая технология интегрирована на автоматизированное рабочее место маневрового диспетчера. Данные модели могут быть адаптированы в технологию работы участковых и грузовых станций. Для определения оптимальных

конструкционных параметров подвижной части горки по критерию минимального расхода топлива тепловозами разработана модель динамического программирования.

По результатам моделирования был сформирован ряд номограмм зависимостей расхода топлива от величины противоуклона при различных массах состава; длины состава при разном расположении отцепов; длины состава при разном количестве отцепов и определены оптимальные элементы профиля подвижной части сортировочной горки. Для реализации ресурсосберегающей технологии маневровой работы была разработана модель информационного взаимодействия различных пользователей, которая может быть интегрирована в информационно-управляющую систему Укрзализныци.

Для рационального использования локомотивного парка в поездной и маневровой работе и времени работы локомотивных бригад было предложено усовершенствовать контуры управления в АСУТ (АСУ локомотивного хозяйства), включая систему ЛОКБРИГ (локомотивные бригады).

На основе проведенных исследований предложена схема передачи информации в информационно-управляющей системе Укрзализныци на основе спутниковой системы связи по каналам GSM.

Ключевые слова: ресурсосберегающие технологии, вагоны, вагонопотоки, железнодорожные направления, железнодорожные узлы, сортировочные станции, сортировочные горки, поездообразование, локомотивы.

THE SUMMARY

Danko M.I. The Scientific Bases Of Resources-saving Technology In Organizations Of Cargo Railway Transportations. – manuscript.

The Thesis is submitted by professor degree competitor for profession 05.22.01 - the transport systems; Kharkov National Academy Of Municipal Facilities; Kharkov, 2005.

The Thesis is dedicated to solving of the scientific problems of the improvement of organizations and technologies of the freight transportations on railways based on resources-saving. The qualifier of the criterion of resources-saving technologies is designed for this purpose. For realization of these criteria on the base of principles of system analysis, the railway network is considered as complex of such subsystems: directions, cars, railway nodes, firing ranges managements, switchyards and their elements, as well as park of locomotives and locomotive crews. Coming from uniform methodological position for any level due to criteria of resources-

saving, the complex of the mathematical models is designed, which simulate operation technology of each subsystem.

The enhanced colour Petri nets based models had been designed for rational selection of railway lines, with consideration of priority for making international transport corridor with minimization of time of cargo delivery and freight charges. The models of dynamic and stochastic programming is designed to development of variant resources-saving technologies of railway nodes operation, which are using the interaction between switchyard and verged lines due to criteria of minimization of exploitational expanses. The complex of models is designed, which based on theory of fuzzy sets and fuzzy logic, for improvement of operational technology of railway firing ranges and consignors and consignees. Usage of these models provides the considering of uncertainties at organizations of car traffics and train forming, and allows to reduce the amount cars of working park on 15%. The possibility of realization of resources-saving technology in shunting operations in swithyards to account of adjustment of technological and constructive factors. The Complex of the designed models is integrated to information-controlling system of Ukrzaliznytsya.

The Keywords: resources-saving technologies, cars, cartraffic, railway directions, railway nodes, switchyards, sorting hutches, train-formation, locomotives.

Данько Микола Іванович

УДК 656.212.4

НАУКОВІ ОСНОВИ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ
ВАНТАЖНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

05.22.01 – транспортні системи

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

доц. Лаврухін О.В.

Підписано до друку _____
Формат паперу 60x84 1/16 . Папір писальний.
Умовн.-друк.арк. 1,9. Обл.-вид.арк. 2,0.
Замовлення № _____ Тираж 100.

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК № 112 від 06.07.2000 р.
Друкарня УкрДАЗТу,
61050 , Харків - 50, пл. Фейєрбаха, 7

