

ХАРКІВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

на правах рукопису

БУТЬКО Тетяна Василівна

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ
ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО
УТРИМАННЯ ЛОКОМОТИВІВ

05.22.07 - рухомий склад залізниць

та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ

ДИСЕРТАЦІЇ НА ЗДОБУТТЯ ВЧЕНОГО СТУПЕНЮ
ДОКТОРА ТЕХНІЧНИХ НАУК

Харків - 1996

№в. 35, 816

Робота виконана на кафедрі "Експлуатація та ремонт рухомого складу" (ЕРРС) Харківської державної академії залізничного транспорту.

Науковий консультант - доктор технічних наук, професор
Тартаковський Е.Д.

Офіційні опоненти - доктор технічних наук, професор
Сенько В.І.

ЛНБ ім. В. Стефаніка



00043820 (H)

доктор технічних наук, професор
Тібілов Т.А.
доктор технічних наук, професор
Федорець В.А.

Ведуча організація - Головне управління локомотивного господарства Державної адміністрації залізниць України.

Захист відбудеться 28 листопада 1996 р. в 13 годин в ауд. св. хвил. ауд.
на засіданні спеціалізованої ради Д.02.15.01 при Харківській державній академії залізничного транспорту за адресою:

Україна, 310050, м.Харків-50, майдан Фейєрбаха 7.

З дисертацією та авторефератом можна ознайомитися у бібліотеці Харківської державної академії залізничного транспорту.

Відгуки на автореферат просимо направляти за адресою спеціалізованої ради академії.

Автореферат разіслано "17" листопада 1996 р.

Вчений секретар
спеціалізованої Ради Д.02.15.01

к.т.н., доцент

П.О. Яновський

Загальна характеристика роботи

Актуальність. У теперішній час при економічному становищі, що склалося на Україні, залізничний транспорт повинен адаптуватися до змінних вантажо- та пасажиропотоків, цін на енергоносії, рухомий склад, запасні частини та агрегати, заробітної платні своїх робітників для забезпечення найбільшої ефективності його функціонування.

Зменшення величини вантажопотоку на залізницях України привело до того, що значна частина локомотивів виявилася відставленою до неексплуатованого парку, а частина виробничої потужності для проведення технічних обслуговувань (ТО) та поточних ремонтів (ПР) недовикористовується. При такій ситуації з'являється необхідність в перепрофілюванні малодіяльних депо та концентрації виробництва.

В умовах зменшення вантажопотоку, старіння локомотивного парку, зниження рівня його експлуатаційної надійності актуальною стає проблема забезпечення ефективної роботи тягового рухомого складу (ТРС). Одним з основних напрямків рішення такої проблеми стає покращення технічного утримання та використання ТРС, що в значній мірі досягається шляхом удосконалення методів розрахунку параметрів системи технічного утримання локомотивів, використання та управління депоівською ремонтною базою.

Дослідження, які було проведено раніше вченими-залізничниками в даній галузі, в основному були спрямовані на оптимізацію окремих підсистем, що входять до системи технічного утримання. Дана дисертаційна робота присвячується створенню такої теоретичної бази, котра подавала би можливість комплексно з єдиних методологічних позицій вирішувати питання удосконалення всієї системи технічного утримання локомотивів на основі економіко-математичних методів, методів дослідження операцій з урахуванням стохастичних аспектів, які притаманні транспортним процесам.

ДНБ ім. В. Стефаника
АН України

Особливу актуальність набуває дисертаційна робота у зв'язку з порушенням планово-попереджувальної системи капітальних ремонтів, з уведенням нового виду технічних обслуговувань ТО-5, можливих структурних перетворювань, умов поширення господарчої самостійності залізниць, локомотивних депо, локомотивобудівельних та локомотиворемонтних заводів.

Впровадження у практику методів розрахунку параметрів системи технічного утримання ТРС, прийняття науково-обґрунтованих технічних рішень, які створено на основі теоретичних розробок даної дисертаційної роботи, надає можливість кваліфікувати її як актуальну, спрямовану на вирішення великої науково-технічної проблеми.

Ціль та основні задачі дослідження. Ціллю роботи є вирішення науково-технічної проблеми покращення технічного стану локомотивного парку залізниць України шляхом удосконалення методів розрахунку та моделювання параметрів системи технічного утримання локомотивів, яка забезпечує мінімальні витрати.

Для досягнення указаної цілі необхідно вирішити наступні основні задачі:

- розглянути систему технічного утримання ТРС як складну динамічну систему;

- розробити динамічну модель функціонування локомотивного парку депо з урахуванням обміну локомотивами з резервом управління залізниці (РУЗ) і впливу ступеня збалансованості потужності ремонтної бази з потоком локомотивів, які надходять з експлуатації;

- провести дослідження поведінки чисельності станів локомотивного парку у розпорядженні депо, отриманні рішення перевірити на стійкість;

- провести дослідження характеру поведінки показників використання локомотивного парку та організації проведення ТО та ПР у депо;

- провести вибір та обґрунтування критерія якості управління функціонуванням ділянок ТО та ПР;

- розробити економіко-математичну модель функціонування ділянок ТО, ПР та непланових ремонтів (НР) на підставі стохастичних моделей масового обслуговування для прийняття рішень про засоби використання, розвитку та управління деповської ремонтної бази з оцінкою похибки реальної та апроксимуючої моделей;

- провести кількісну оцінку та дослідження поведінки критерія якості управління системою ділянок ТО, ПР та НР, визначити характер впливу експлуатаційних та ремонтних факторів на його величину;

- розробити методiku моделювання та визначення оптимальних розмірів запасів вузлів та агрегатів локомотивів для задоволення потреби у проведенні планових та непланових ремонтів з мінімальними витратами;

- провести кількісну оцінку показників експлуатаційної та ремонтної технологічності конструкції вузлів та агрегатів локомотивів;

- провести дослідження впливу змінювання режимів роботи ділянок ТО та ПР на процес їх функціонування;

- розробити метод формування раціональної системи циклічності та періодичності ТО та ПР з визначенням переліку робіт на ТО та ПР, який при максимальній надійності забезпечує мінімум витрат.

Характеристика методології, методу дослідження, предмету, об'єкту. Методологія дослідження - дослідження операцій та моделювання на ПЕОМ.

Методи дослідження - теорія імовірностей, математична статистика, метод динаміки середніх, теорія надійності, теорія масового обслуговування, елементи теорії множини, імовірні метрики.

Предметом дослідження є методи розрахунку та моделювання параметрів системи технічного утримання локомотивів.

Об'єктом дослідження є система технічного утримання та використання локомотивного парку.

Обґрунтування теоретичної та практичної цінності дослідження, його наукової новини. Теоретичну цінність мають:

- метод оцінки стійкості функціонування системи "локомотивний парк у розпорядженні депо - ділянки ТО та ПР" в умовах перемінного вантажопотоку;

- метод визначення оптимальних міжремонтних пробігів та періодів між ТО та ПР з вибором відповідного переліку робіт на кожному ТО та ПР з мінімальними витратами;

- метод дослідження якості функціонування ремонтних ділянок локомотивного депо.

Наукову новину становлять:

- динамічна модель для вирішення задачі забезпечення стійкого функціонування системи "локомотивний парк у розпорядженні депо - ділянки ТО та ПР" в умовах перемінних вантажо- та пасажиропотоків (при розв'язуванні враховувались нелінійність та нестационарність об'єктів, які досліджуються);

- метод та програмний комплекс для формування раціональної системи циклічності та періодичності ТО та ПР локомотивів з визначенням переліку робіт на ТО та ПР, які при максимальній надійності забезпечують мінімум витрат, що пов'язані з експлуатацією та ремонтом локомотивів;

- економіко-математична модель та комплекс програм для вирішення задач розвитку, ефективного використання та управління ремонтною базою при проведенні ТО та ПР з мінімальними економічними витратами;

- алгоритм та програма для оцінки збіжності апроксимуючих та реальних моделей функціонування ділянок ТО та ПР у термінах імовірної метрики Леві-L;

- методика та комплекс програм для розрахунку оптимальних розмірів та моделювання процесів формування перехідних запасів вузлів та агрегатів локомотивів для безперебійного виконання ТО, ПР та НР з мінімальними витратами;

- методика оцінки впливу режимів роботи ділянок ТО та ПР на величину коефіцієнта технічного використання локомотивного парку.

Практичну цінність мають:

- програмний комплекс для формування раціональної системи циклічності та періодичності ТО та ПР; міжремонтні пробіги та періоди, які розраховані для локомотивів та МВРС, що експлуатуються на залізницях України;

- програмний комплекс та номограми для визначення основних показників виробничої потужності ділянок ТО та ПР і її резервів;

- чисельні значення та закономірності змінювання критерію якості управління в функції приведеної інтенсивності, що визначають економічно допустимі межі ефективного функціонування ремонтних ділянок;

- залежності коефіцієнтів готовності, технічного використання локомотивного парку та деповського проценту несправних локомотивів, які визначають зону стійкого функціонування системи;

- алгоритм, програма для ПЕОМ та номограми для визначення оптимальних розмірів запасів вузлів та агрегатів локомотивів; методика визначення величини оптимальної партії відправки вузлів та агрегатів з депо до ремонтного заводу з мінімальними витратами у процесі формування запасів.

Рівень реалізації та впровадження наукових розробок. Розраховано міжремонтні пробіги для всіх серій локомотивів та МВРС, які експлуатуються на залізницях України, що покладені до основи наказу Укрзалізниці (УЗ) №187-95р. "Про покращення технічного утримання та використання тягового рухомого складу" замість наказу №28Ц-86р.

Методику та програмний комплекс передано до Укрзалізниці, що підтверджено актом впровадження.

Розроблено комплекти технологічної документації для проведення ТО та ПР локомотивів різних серій та передано у депо Південної, Донецької та Південно-Західної залізниць.

Визначено параметри виробничої потужності та резерви стійлової частини ділянок ТО та ПР для локомотивних депо Південної залізниці.

Розраховано оптимальні розміри страхових та технологічних запасів основних вузлів та агрегатів локомотивів для ряду депо Південної залізниці.

Розраховано величини деповського проценту несправних локомотивів, які закладено у наказі №187Ц-95р.

Розроблені методики та програми використовуються у навчальному процесі ХарДАЗТ у дисциплінах "Математичні моделі локомотивів у розрахунках на ПЕОМ", "Експлуатація локомотивів та локомотивне господарство", у курсовому та дипломному проектуванні, на ФПК та ШПК, при підготовці магістрів у дисциплінах "Економіко-математичні методи у локомотивному господарстві", "Автоматизовані системи управління локомотивним господарством".

Апробація та публікація результатів наукового дослідження.

Основні положення та результати дисертаційної роботи докладено на науково-технічному семінарі кафедри "Локомотиви та локомотивне господарство" МІІТу, Москва, 1987р.; на технічних радах служби локомотивного господарства Південної залізниці, Харків, 1986, 1989 р.р.; на науково-технічних конференціях та семінарах кафедри ЕРРС ХарДАЗТ, Харків, 1987-1996 р.р.; в виробничому управлінні головного управління локомотивного господарства Укрзалізниці, Київ, 1994р. Повністю дисертаційну роботу докладено на засіданні науково-методичної комісії завідуючих кафедрами транспортних вузів країн

СНД по спеціальності “Локомотиви”, Харків, 1994р.; на розширеному засіданні кафедри ЕРПС, Харків, 1996р.

По темі дисертації опубліковано 25 друкованих робіт і більше 20 науково-технічних звітів.

Обсяг та структура дисертаційної роботи. Дисертація складається із вступу, шести розділів, висновку, списку використаної літератури, який включає 210 найменувань, доповнення. Рукопис містить 321 сторінку, у т.ч. 234 сторінки основного тексту, 11 таблиць, 69 малюнків, а також доповнення на 13 сторінках.

Особистий внесок у розробку результатів, що виносяться на захист. У ході виконання роботи особисто автором отримано наступні наукові результати, що виносяться на захист:

1. Динамічна модель локомотивного парку депо, яка адаптована до сучасних економічних умов в країні і відображує ступень збалансованості потужності ремонтної бази з потоком локомотивів, що надходять з експлуатації на ТО та ПР.

2. Метод оцінки стійкості функціонування системи “локомотивний парк у розпорядженні депо - ділянки ТО та ПР”, який засновано на отриманих закономірностях змінювання коефіцієнтів готовності та технічного використання локомотивного парку, а також деповського проценту несправних локомотивів.

3. Економіко-математична модель та програмний комплекс, що враховують стохастичну природу транспортних процесів, для моделювання показників потужності ремонтних ділянок ТО та ПР і її резервів, для прийняття рішень про засоби розвитку, управління та використання деповської ремонтної бази.

4. Алгоритм для оцінки збіжності реальних та апроксимуючих моделей в термінах імовірної метрики Леві-L.

5. Метод оцінки якості функціонування ділянок ТО та ПР, що заснований на аналізі отриманих закономірностей змінювання критерія якості управління.

6. Модель процесу формування оптимальних розмірів страхових запасів вузлів та агрегатів локомотивів для проведення ТО, ПР та НР з мінімальними витратами.

7. Методика дослідження впливу режиму роботи ділянок ТО та ПР на стійкість функціонування системи "локомотивний парк у розпорядженні депо - ділянки ТО та ПР".

8. Метод формування раціональної системи циклічності і періодичності ТО та ПР локомотивів, який визначає глибину технічного діяння на кожному ТО та ПР і забезпечує мінімальні витрати при необхідному рівні надійності.

Зміст роботи

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи та сформульовано ціль дослідження.

У першому розділі розглянуто структуру системи технічного утримання локомотивів та проведено аналіз її окремих підсистем.

Простежено тенденцію та шляхи удосконалення системи технічного утримання і відповідних керівних наказів, в яких відображені її основні положення. Подальше удосконалення системи повинно бути спрямовано шляхом більш ефективного використання локомотивного парку та зменшення економічних витрат при проведенні технічних обслуговувань (ТО) та поточних ремонтів (ПР), а також супутніх їм процесів при підтримці необхідного рівня експлуатаційної надійності тягового рухомого складу.

З ряду об'єктивних причин транспортний процес, включаючи процеси проведення ТО та ПР, належить віднести до процесів, які

підпорядковані стохастичним закономірностям. Основні з них: нерівномірність транспортного потоку, неоднаковий час виконання однотипних операцій, випадковий характер відмов локомотивів, технічний стан локомотивів, кваліфікація виконавців, нерівномірність підводу локомотивів на ТО та ПР з експлуатації. Проте методи, які застосовуються для розрахунку параметрів системи технічного утримання, є в основному детермінованими, що стає однією із важливих причин недосконалості самої системи і визначає шляхи пошуків економії матеріальних, фінансових та трудових ресурсів.

В дисертації висвітлено загальні тенденції розвитку системи технічного утримання рухомого складу на зарубіжних залізницях Європи та США. За результатами огляду виявлено, що структура ремонтного циклу, періодичність та обсяги ремонтів локомотивів диференціюються в залежності від технічного стану, конструктивних особливостей, умов експлуатації і ремонту; широко впроваджується діагностика; розробляються та впроваджуються експертні системи для управління експлуатацією та ремонтом. Критерієм оптимізації системи технічного утримання є мінімум витрат на заплановані обсяги перевезень при безумовному забезпеченні безпеки руху. Особливо показним для України є досвід Німеччини, де у теперішній час здійснюються реформи всього ремонтного виробництва в умовах зниження обсягів вантажних перевезень, наявності великих зайвих потужностей, персоналу і обладнання заводів та депо.

В роботі проведено огляд досліджень по оптимізації системи технічного утримання транспортних засобів на основі використання імовірних методів в автомобільному та авіаційному транспорті, на морському та річному флоті, для сільськогосподарчої техніки та міського транспорту. Особливої уваги надано аналізу таких досліджень на автомобільному транспорті, які проводяться під керівництвом

В.Є.Карначука, І.А. Луйка, Є.С. Кузнецова, М.М. Бедняка та інших вчених.

Дослідження по удосконаленню системи технічного утримання рухомого складу (РС) на залізничному транспорті проводяться у країнах СНД під керівництвом С.Я. Айзінбуда, О.І. Володіна, О.А. Голубенка, А.В. Горського, В.Г. Грідюшка, І.П. Ісаєва, В.Н. Кашнікова, В.Г. Козубенка, Є.Є. Коссова, Т.Ф. Кузнецова, В.Д. Кузьміча, Є.С.Павловича, Ю.Є. Просвірова, О.М. Савчука, В.І. Сенька, І.Ф.Скіби, Т.В. Ставрова, В.В. Стрекопитова, Е.Д. Тартаковського, Т.А. Тібілова, В.А. Федорця, В.П. Феоктістова, Н.А. Фуфрянського, В.А. Четвергова та інших вчених.

Аналіз розроблених методів та проведених досліджень по проблемі удосконалення системи технічного утримання рухомого складу виявив, що вона вирішувалась на рівні оптимізації окремих підсистем: система технічного обслуговування та ремонту (СТОР); проектування, управління та використання ремонтної бази; удосконалення технології проведення ТО і ПР та інші. Крім цього, існуючі теоретичні розробки були зорієнтовані на тенденцію зростання вантажопотоку і, як слідство, на збільшення потужності ремонтної бази. У теперішній час спостерігається тенденція падіння вантажопотоку в результаті загального спаду в економіці. У зв'язку з цим створилися великі зайві потужності по виробничим площам, обладнанню та контингенту працюючих. В таких умовах більш пріоритетними стають задачі визначення резервів виробничої потужності, розробки методів її ефективного використання та управління, точної кількісної оцінки управлінських рішень, як на рівні окремих депо, так і на рівні управлінь залізницями та Укрзалізниці. Проведений аналіз також показав, що при формуванні раціональної СТОР необхідно повніше враховувати усі види витрат при проведенні ТО та ПР, включаючи витрати, які пов'язані з процесом локомотиву у цілому, збалансованість ремонтної бази по потуж-

ності та рівню технічної оснащеності з потоком локомотивів. Прийнята на Україні у теперішній час короткострокова програма по стабілізації фінансового становища залізничного транспорту передбачає зниження експлуатаційних витрат на 10%. При цьому становище основних засобів, особливо ТРС, визначається як критичне, рівень його зношення досягає по окремим серіям 80%. В складних фінансових умовах Укрзалізницею проводяться роботи по забезпеченню справного стану основних засобів і особливо ТРС. В цьому напрямку однією із важливих є проблема коректування системи технічного утримання ТРС, яка потребує як удосконалення теоретичних методів розрахунку параметрів та критеріїв оптимізації окремих підсистем, так і комплексного дослідження поведінки цих підсистем з урахуванням їх взаємовпливу. При цьому прийняття адекватних управлінських рішень по підвищенню ефективності системи технічного утримання повинно здійснюватися з урахуванням стохастичних закономірностей, які притаманні транспортним процесам, та базуватися на застосуванні економіко-математичних методів.

Відповідно до вказаного вище сформульовано ціль та основні задачі дисертаційної роботи.

У другому розділі приведено динамічну модель функціонування локомотивного парку депо, яка адаптована до сучасних умов. Вибір такої моделі обґрунтовано тим, що коректування системи технічного утримання локомотивів передбачає створення такої нормативної та інформаційної підтримки процесів експлуатації і ремонту локомотивного парку, яка б забезпечила безумовне виконання запланованих обсягів перевезень з мінімальними витратами у всіх супутних сферах (підсистемах), включно: проектування, використання та управління деповською ремонтною базою; технологію проведення ТО та ПР; формування запасів вузлів та агрегатів локомотивів для задоволення потреби в планових та непланових ремонтах; систему циклічності та періодич-

ності ТО та ПР та інше. З цих позицій процес функціонування локомотивного парку є сполучним ланцюжком усіх підсистем, які входять у систему технічного утримання локомотивів. Через усе це проблема удосконалення системи технічного утримання повинна вирішуватися шляхом визначення механізмів зв'язку окремих підсистем та їх формалізації на точній теоретичній основі.

Існуючий у теперішній час парк локомотивів у розпорядженні депо і відповідні йому виробничі потужності всіх елементів тягового господарства, у тому числі і виробничі потужності для виконання ТО, ПР та НР, були зорієнтовані на відносно постійну величину вантажо- та пасажиропотоків. В сучасних умовах величина вантажообороту носить перемінний характер. У теперішній час продовжується тенденція падіння обсягів вантажних перевезень, як внаслідок загального спаду виробництва у країні, так і внаслідок обмеженої платоспроможності вантажовласників. З падінням вантажопотоку змінюється і розмір експлуатованого парку. Зайві локомотиви відставляються у резерв управління залізниці, або експлуатований парк поновлюється із РУЗ. Враховуючи ці процеси, систему "локомотивний парк у розпорядженні депо - ділянки ТО та ПР" зображено у вигляді графа станів та переходів. Працездатний стан відповідає перебуванню локомотива у експлуатованому парку або в РУЗ, а непрацездатний відповідає перебуванню у депо на ТО-3, ТО-4, ТО-5, ПР-1, ПР-2, ПР-3 або НР. На підставі методу динаміки середніх отримано системи диференціальних рівнянь відносно середніх чисельностей станів парку локомотивів Z_{ij} . В даній моделі, з урахуванням того, що ТО-4 дозволяється поєднувати з виконанням ТО-3, ПР-1 та ПР-2, цей стан окремо не виділено, а перебування локомотива на ТО-5 поєднано з НР. В моделі з використанням принципу квазірегулярності враховано, що у загальному випадку інтенсивності переходів λ_k та μ_k залежать від чисельностей станів і

параметрів потужності ремонтної бази. Через λ_k позначено інтенсивності переходів локомотива з експлуатованого парку в усі інші стани ($k=0$ - в РУЗ; $k=1-4$ - на ТО-3, ПР-1, ПР-2, ПР-3; $k=5$ - на НР). Через μ_k позначено відповідні інтенсивності повернення локомотива в експлуатований парк. Інтенсивності переходів із ТО-3, ПР-1 та НР в експлуатований парк функціонально подані формулою Літтла і враховують можливий час чекання локомотива в залежності від організації проведення ТО-3, ПР-1 та НР у конкретному депо. λ_0 та μ_0 залежать від чисельності експлуатованого парку. Конкретний вигляд цих залежностей визначається тенденцією змінювання вантажопотоку. Рівняння динаміки середніх, які описують функціонування локомотивного парку у розпорядженні депо при названих умовах та припущеннях, мають наступний вигляд:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dZ_{11}}{dt} &= -[\varphi_1(Z_{11}) + \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5] * Z_{11} + \varphi_2(Z_{11}) * Z_{12} + \\ &+ [\mu_1 / (1 + \mu_1 * \varphi)] * Z_{21} + [\mu_2 / (1 + \mu_2 * \varphi)] * Z_{22} + \mu_3 * Z_{23} + \mu_4 * Z_{24} + \\ &+ [\mu_5 / (1 + \mu_5 * \varphi)] * Z_{31}; \end{aligned} \right\}$$

$$\frac{dZ_{12}}{dt} = \varphi_1(Z_{11}) * Z_{11} - \varphi_2 * (Z_{11}) * Z_{12};$$

$$\frac{dZ_{21}}{dt} = \lambda_1 * Z_{11} - [\mu_1 / (1 + \mu_1 * \varphi)] * Z_{21};$$

$$\frac{dZ_{22}}{dt} = \lambda_2 * Z_{11} - [\mu_2 / (1 + \mu_2 * \varphi)] * Z_{22};$$

$$\frac{dZ_{23}}{dt} = \lambda_3 * Z_{11} - \mu_3 * Z_{23};$$

$$\frac{dZ_{24}}{dt} = \lambda_4 * Z_{11} - \mu_4 * Z_{24};$$

$$\frac{dZ_{31}}{dt} = \lambda_5 * Z_{11} - [(\mu_5 / (1 + \mu_5 * \varphi))] * Z_{31};$$

де $Z_{11}, Z_{21}, Z_{22}, Z_{23}, Z_{24}, Z_{31}, Z_{12}$ - середнє число локомотивів, які знаходяться відповідно в експлуатації, на ТО-3, ПР-1, ПР-2, ПР-3, НР та РУЗ у час t ;

$$\Phi = (Z_{21} + Z_{22} + Z_{31} - n) / \lambda_c;$$

n - число ремонтних позицій на ТО-3, ПР-1 та НР;

λ_c - інтенсивність потоку заявок на ділянки ТО-3, ПР-1 та НР (на відміну від інтенсивностей надходження λ_k конкретного локомотиву);

$$\lambda_o = \varphi_1(Z_{11}); \quad \mu_o = \varphi_2(Z_{11}).$$

Система диференційних рівнянь вирішувалась за методом Рунге-Кутта на ПЕОМ при заданих початкових умовах та обмеженнях для різних сполучень змінювання вантажопотоків та варіантів організації проведення ТО та ПР, зокрема: при відсутності черги на ділянках ТО-3, ПР-1 та НР; у випадку, коли процес проведення ТО-3, ПР-1 та НР організовано так, що утворюється черга локомотивів, яка обмежується величиною m ; у крайньому випадку - коли черга локомотивів перед ділянками ТО-3, ПР-1 та НР може зростати практично необмежено. Для цих варіантів отримано залежності змінювання середніх чисельностей станів локомотивного парку Z_{ij} за часом. Аналіз функцій $Z_{ij} = Z_{ij}(t)$, які отримані, показав, що в кожному випадку середні чисельності станів прямують та досягають через визначений інтервал часу деяких граничних значень, а процес змінювання станів локомотивного парку депо несе характер стійкої рівноваги. Цей висновок підтверджено дослідженнями, що проведені в дисертації, відносно розглянутих процесів на стійкість (в розумінні стійкості за Ляпуновим) на підставі критеріїв Гурвіца, Рауса та методу фазового простору.

На підставі отриманих результатів досліджено залежності коефіцієнтів готовності K_r та технічного використання локомотивного парку $K_{тв}$, а також залежність деповського проценту несправних локомотивів $\alpha_{дн}$ як функцій від $Z_{ij}(t)$ для різних схем організації функціо-

нування ділянок ТО-3, ПР-1 та НР: а) відсутність черги локомотивів; б) можлива довжина черги $\leq m$; в) черга локомотивів може зростати практично необмежено.

Таким чином, коефіцієнти K_r , $K_{тв}$ та $\alpha_{дн}$ формально визначено як фазові обмеження на рішення системи диференційних рівнянь щодо прийняття управлінських рішень.

З урахуванням викладеного для характеристики ступеня збалансованості станів локомотивного парку з потужністю та ефективністю використання ремонтної бази уведено поняття стійкості функціонування системи "локомотивний парк в розпорядженні депо - ремонтні ділянки" (на відміну від стійкості за Ляпуновим): дана система функціонує стійко, якщо розмір експлуатованого парку цілком відповідає заданим розмірам вантажопотоку. Для кількісної оцінки стійкого функціонування використано коефіцієнт $K_{тв}$, а умовами, котрі обмежують, є показники економічного характеру, які характеризують якість функціонування об'єктів локомотивного господарства. Таким чином, для стійкого функціонування системи величина $K_{тв}$ не повинна бути меншою ніж відповідна нижня межа допуску. Так, для парку локомотивів типу 2ТЕ116 при стійкому функціонуванні $K_{тв} > 0,92$.

Формально встановлено, що конкретний розвиток процесу змінювання станів локомотивного парку депо визначається видом і величиною інтенсивностей λ_k та μ_k . Інтенсивності λ_k визначаються діючою системою нормативних міжремонтних пробігів та періодів. Інтенсивності μ_k визначаються характером та організацією процесів проведення ТО та ПР на ремонтних позиціях. Задача удосконалення системи технічного утримання локомотивів поділяється на дві підзадачі: вибір оптимальних циклічностей та періодичностей ТО та ПР; оптимізація проектування, використання та управління деповською

ремонтною базою та супутних процесів. Рішення цих задач подано у наступних розділах дисертації.

Розділ третій містить опис розробленого методу та програмного комплексу для визначення раціональних міжремонтних пробігів і періодів ТО та ПР локомотивів з визначенням відповідного переліку робіт на кожному ТО та ПР.

Враховуючи те, що задача має оптимізаційний характер, як цільову функцію прийнято сумарні витрати на виконання планових ТО та ПР, непланових ремонтів і діагностику, витрати запасних частин, матеріалів, енергоресурсів, мастил:

$$Q(S, m_1, m_2, \dots, m_n) = \sum_{j=1}^n \frac{1}{m_j} * S \sum_{i=0}^{\infty} (i * R_j + C_j) * P(m_j, S, i) + \frac{A}{S} + f_T(S, m_1, m_2, \dots, m_n) * ST + f_M(S, m_1, m_2, \dots, m_n) * SM + \frac{D}{S},$$

де n - загальна кількість вузлів, які оглядаються або ревізуються на ТО та ПР;

S - міжремонтний пробіг;

m_j - кратність виконання робіт по j -му типу обладнання, тобто $m_j * S$ - пробіг локомотиву до виконання j -го виду робіт;

C_j - витрати на планову роботу по j -му вузлу (у складі ТО або ПР) або його заміну;

R_j - повні витрати, які пов'язані з відмовою (НР) j -го вузла;

A - збитки депо, які пов'язані з простоем локомотиву на ТО або ПР;

$f_T(S, m_1, m_2, \dots, m_n)$ - витрати пального у кілограмах на 1 км для міжремонтного пробігу S та кратності робіт по j -му виду обладнання - m_j ($j = 1, 2, \dots, n$), (витрати електроенергії в кВт·г на 1 км);

$f_M(S, m_1, m_2, \dots, m_n)$ - витрати мастила у кілограмах на 1 км для міжремонтного пробігу S та кратності робіт по j -му виду обладнання - m_j ($j = 1, 2, \dots, n$);

$P(m_j, S, i)$ - імовірність того, що за пробіг $m_j \cdot S$ виникне i відмов у j -го виду обладнання;

D - витрати, які пов'язані з проведенням діагностичних операцій;

ST - вартість 1 кг палива або 1 кВт·г електроенергії;

SM - вартість 1 кг мастила.

Мінімізація функції $Q(S, m_1, m_2, \dots, m_n)$ відбувається у два етапи. На першому етапі - для кожного номеру j (вузла локомотиву) визначається значення оптимального міжремонтного пробігу S_j^{opt} , яке доставляє мінімум функції

$$Q_j(S_j) = (1 / S_j) \cdot \{R_j \cdot M_j[T(S_j)] + C_j\},$$

де $M_j [T(S_j)] = \sum_{i=0}^{\infty} i \cdot P(m_j, S, i)$ - функція відновлення.

На другому етапі визначається оптимальний міжремонтний пробіг між ТО або ПР - S^{opt} для всього локомотиву цілком. При цьому функція Q стає функцією одного перемінного S , через те, що як m_j можливо узяти $[S_j^{\text{opt}} / S]$, якщо $S_j^{\text{opt}} / S > 1$ та $m_j = 1$, якщо $S_j^{\text{opt}} / S < 1$ ($[X]$ - ціла частина числа x).

При реалізації першого етапу основна трудність полягала в визначенні похідної $Q'_j(S_j)$. На підставі аналізу попередніх досліджень, які проводилися у МПТі, ВНДІЗТі, ОмІТі, ДДТУЗТі та інших установах, було враховано, що основними законами, яким підпорядковується час безвідмовної роботи вузлів локомотивів, є: гамма-розподіл, нормальний розподіл, розподіл Вебулла. Для цих законів у дисертації отримано чисельні та аналітичні рішення (S_j^{opt}) у випадку, коли після відмови j -го виду обладнання робиться відновлення, яке не знижує імовірності відмови.

- Час безвідмовної роботи j -го виду обладнання локомотиву підпорядкован гамма-розподілу із щільністю імовірності

$$f_j(t_j) = \frac{\lambda^m * t_j^{m-1}}{(m+1)!} * \exp(-\lambda * t_j),$$

де m - ціле число;

λ - інтенсивність відмови j -го виду обладнання;

$$t_j = T(S_j).$$

$$Q'_j(S_j) = R_j * S_j * \frac{dT}{dS_j} * \frac{\lambda}{m} * \left[1 + \varepsilon + e^{\lambda t_j (\varepsilon - 1)} + \dots + \varepsilon^{m-1} * e^{\lambda t_j (\varepsilon^{m-1} - 1)} \right]$$

$$- R_j * \frac{1}{m} \left[\lambda * t_j + \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} * e^{\lambda t_j (\varepsilon - 1)} + \dots + \frac{\varepsilon^{m-1}}{\varepsilon^{m-1} - 1} * e^{\lambda t_j (\varepsilon^{m-1} - 1)} \right] - C_j = 0,$$

де $\varepsilon = \cos \frac{2 \cdot \pi}{m} + i * \sin \frac{2 \cdot \pi}{m}$

Для визначення S_j^{opt} отримане рівняння вирішується чисельно.

- Для нормального розподілу часу безвідмовної роботи j -го виду обладнання

$$Q'_j(S_j) = R_j * S_j * \frac{dT}{dS_j} * \frac{1}{\sigma_j} * \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{n}} * \exp \left[- \frac{(t_j - n * T_j)^2}{2 * n * \sigma_j^2} \right] -$$

$$- R_j * \sum_{n=1}^{\infty} \left[\Phi \left(\frac{t_j - n * T_j}{\sigma_j * \sqrt{n}} \right) + \frac{1}{2} \right] - C_j = 0$$

де Φ - функція Лапласу;

T_j - середня наробка на відмову j -го виду обладнання

σ_j - середній квадратичний відхил.

Для визначення S_j^{opt} отримане рівняння вирішується чисельно.

- Час безвідмовної роботи j -го виду обладнання підпорядковано закону розподілу Вейбулла із щільністю імовірності

$$f_j(t_j) = \alpha_j * \beta_j * t_j^{\beta_j - 1} * \exp(-\alpha_j * t_j^{\beta_j}),$$

де α_j та β_j - числові параметри.

В цьому випадку рішення отримано в кінцевому вигляді:

$$S_j^{opt} = \left(\frac{C_j}{\alpha_j \cdot (\beta_j - 1) \cdot V^{\beta_j} \cdot R_j} \right)^{1/\beta_j},$$

де V - середньотехнічна швидкість локомотива.

При реалізації другого етапу функції $f_T(S, m_1, m_2, \dots, m_n)$ та $f_M(S, m_1, m_2, \dots, m_n)$ апроксимовані за даними експлуатації і ремонту поліномами першого або другого степеню.

При проведенні мінімізації $Q(S, m_1, m_2, \dots, m_n)$ - функцію багатьох змінних замінено на функцію одного змінного S :

$$Q(S) = Q \left(S, \left[\frac{S}{S_1^{opt}} \right]^{-1}, \left[\frac{S}{S_2^{opt}} \right]^{-1}, \dots, \left[\frac{S}{S_n^{opt}} \right]^{-1} \right).$$

Внаслідок того, що ця функція не є неперервною, її мінімізація проведена перебиранням значень S від S_{min} до S_{max} з кроком $1000 \text{ км} \geq \Delta S \geq 500 \text{ км}$. Величина S_{min} прийнята не меншою за тривалість (пробіг) безперервної роботи локомотива (час обороту) і не більшою за найменший міжремонтний пробіг j -го вузла (S_j^{opt}). Величина S_{max} відповідає одній з величин: S_{max}^1 - період проведення профілактичних і контрольно-діагностичних робіт без демонтажу вузлів з локомотиву; S_{max}^2 - строку служби з урахуванням відновлення у деповських або заводських умовах; S_{max}^3 - повному строку служби складальної одиниці до заміни (списання) без подальшого відновлення.

Таким чином, розв'язано проблему формування раціональної системи циклічності, періодичності і переліку робіт на ТО та ПР. На підставі запропонованого методу розроблено програмний комплекс, який зорієнтовано на ресурси IBM PC AT. Програма передбачає для кожного міжремонтного пробігу S , що дискретно змінюється, розрахунків кратності виконання m_j чергової роботи. Для кожного пробігу S та відповідних варіантів кратностей робіт m_j проводиться розрахунок цільової функції Q . Оптимальна періодичність ТО та ПР і відповідний

перелік операцій обирається відповідно мінімальному значенню цільової функції Q . За необхідністю розроблений програмний комплекс можна поширити у випадках інших законів розподілу часу безвідмовної роботи зі зберіганням загальної концепції шляхом уведення необхідних підпрограм.

Відповідно запропонованого методу зроблено розрахунки всім серіям локомотивів та МВРС, які експлуатуються на залізницях України. Як вихідні дані по кожній серії локомотивів було розглянуто більше 50 найменувань вузлів. При цьому як основний закон розподілу часу безвідмовної роботи було використано закон розподілу Вейбулла так, як він є досить універсальним і при деяких сполученнях параметрів трансформується в інші закони, а при $\beta > 1$ враховує процес старіння. Порівняльний аналіз отриманих результатів з пробігами, що були наведені у наказі №28Ц-86 р., який діяв раніше, показав, що для залізниць України отримані значення відрізняються від останніх на 17-20%. Аналіз змінювання цільових функцій $Q=Q(S)$ довів, що вони досить повільно змінюються в області оптимумів. Змінювання міжремонтних пробігів у інтервалі $S \pm 10\%$ приводить до змінювання цільової функції $Q(S)$ не більше, як на 1%. Це дозволило під час формування системи ТОР забезпечити кратність нормативних міжремонтних пробігів та періодів.

Результати, які отримано в дисертації, покладено до основи наказу УЗ №187Ц-95р. про покращення технічного утримання та використання тягового рухомого складу України замість наказу №28Ц-86р., що діяв раніше. Це підтверджено відповідним актом впровадження. Кратності робіт m_j , які було визначено в результаті моделювання, з'явилися основою під час розробки ряду комплектів технологічної документації для виконання ТО та ПР різних серій локомотивів.

Четвертий розділ присвячено розробці економіко-математичної моделі функціонування ділянок ТО-3, ПР-1 та НР локомотивів у депо, використання якої дозволяє приймати адекватні управлінські рішення на стадіях проектування, використання та управління деповською ремонтною базою.

Відправним моментом під час створювання моделі було уведення, вибір та обґрунтування критерія якості управління. У дисертації критерій якості управління запропоновано у формі відношення показника якості функціонування системи ремонтних ділянок у даному її стані і показника якості функціонування системи в ідеальному стані:

$$D(t) = F(t) / F_0(t),$$

де $F(t)$ та $F_0(t)$ - відповідно показники якості функціонування реальної та ідеальної систем; причому $F(t)$ - є математичним сподіванням характеристики якості функціонування системи у час t .

Задля оцінки ефективності функціонування системи у інтервалі часу $t_i \leq t \leq t_j$ уведено також інтегральний критерій якості у формі:

$$\delta [t_i, t_j] = \int_{t_i}^{t_j} D(t) dt$$

Питання про змістовний характер показника якості $F(t)$ розглянуто із двох позицій:

1) як $F(t)$ прийнято фактичну пропускну спроможність системи ремонтних ділянок, тобто $F(t) = A(t)$;

2) як $F(t)$ прийнято сумарні витрати на утримання ремонтних позицій та бригад і витрати за простою локомотивів від чекання ремонту, тобто $F(t) = U(t) = C_1 * \bar{r} + C_2 * \bar{L}$,

де \bar{r} - математичне сподівання кількості локомотивів, які стоять у черзі до ремонтних ділянок за період часу t ;

\bar{L} - математичне сподівання кількості ремонтних позицій, які простоюють за період часу t ;

C_1 та C_2 - відповідно вартість простою локомотива та стійла з ремонтними бригадами.

Таким чином, у роботі аналізуються дві модифікації критерія $D(t)$:

$$D(t) = A(t) / A_0(t) \text{ та } D(t) = U(t) / U_0(t).$$

Показники якості функціонування ділянок ТО та ПР локомотивів $A(t)$ та $U(t)$, через які визначено критерії якості управління $D(t)$ в кожній із запропонованих модифікацій, є в кінцевому результаті функціями показників потужності системи ремонтних ділянок, які досліджуються.

Задля оцінки показників потужності ділянок ТО та ПР локомотивів у дисертації використано апарат теорії масового обслуговування (ТМО). Динаміку моделей масового обслуговування визначено розподілами випадкових величин: інтервалами між моментами часу проходження локомотивів контрольного посту депо (вхідна течія) і тривалостей обслуговування на ремонтних позиціях (течія обслуговування). Вхідна течія та течія обслуговування складають вхідні дані моделі $B \in \tilde{B}$ (\tilde{B} - множина, в якій набувають значення вхідні дані B). Структурна інформація - дисципліна ставлення у чергу, дисципліна обслуговування, порядок роботи системи та інше визначають вид перетворення θ вхідних даних B у вихідні $V \in \tilde{V}$, тобто $\theta : B \rightarrow V$.

На підставі статистичної інформації про функціонування системи ділянок ТО та ПР, яку зібрано у шести локомотивних депо Південної, Південно-Західної та Донецької залізниць за період більш 15 років, було визначено класи розподілів, які задають динаміку моделей. Це в основному - експоненціальний клас та зв'язаний з ним клас гіперерланговських розподілів. Крім цього, проведено відновлення точного виду

розподілів, що вказані вище, та оцінка їх параметрів. При цьому утворена значна база даних, які оброблялися на ПЕОМ щомісячно, щоквартально та щопіврічно.

По результатах аналізу встановлено, що у теперішній час у депо, як правило, поєднуються на одних ремонтних позиціях технічні обслуговування ТО-3, поточні ремонти ПР-1 та непланові ремонти, хоч у деяких депо ці види обслуговування та ремонтів виконуються на ремонтних позиціях, які виділено окремо. Враховуючи це, було досліджено як сумарну течію локомотивів, так і окремі течії надходжень та обслуговувань на ТО-3, ПР1 і НР. По результатах досліджень отримано, що за період до 1990 р. інтенсивності вхідних течій $\lambda \in [0,280; 0,350]$, а у теперішній час, маючи на увазі зменшення вантажопотоку, $\lambda \in [0,080; 0,115]$. У період до 1990р. значення інтенсивностей течій обслуговування $\mu \in [0,025; 0,100]$, а у теперішній час $\mu \in [0,010; 0,030]$. Таким чином, багаторічні дослідження вхідних течій та течій обслуговування локомотивів у депо на ТО-3, ПР1 та НР дозволили визначити множину даних \tilde{B} , які задають динаміку моделей масового обслуговування.

Задля подальшої ідентифікації стохастичної моделі масового обслуговування ремонтних ділянок у депо визначено вид перетворювання θ . Заради чого зроблено детальний аналіз існуючих способів і форм організації процесів проведення ТО та ПР локомотивів у депо. На підставі узагальнення даних Укрзалізниці і спостережень, які самостійно проведено у шести локомотивних депо України, прийнято стохастичну модель масового обслуговування без переривання обслуговування з обмеженою кількістю місць чекання - m, n - каналами (стіями) обслуговування. Дисципліна черги є такою, що локомотиви обслуговуються у порядку надходження. Відповідно модифікованої символіки Кендаллу стохастичні системи масового обслуговування

$M/E_2/1/6$, $M/E_3/2/4$, $M/E_2/3/5$, $M/E_2/4/3$ та аналогічні їм практично вичерпують можливі варіанти організації виконання робіт на ділянках ТО-3, ПР-1 та НР у депо, включно суміщення цих робіт на одних ремонтних позиціях.

Враховуючи, що процеси, які відбуваються у досліджуваних системах, є немарковськими, використано метод псевдостанів. Для кожної моделі розроблено розмічені графи станів, отримано системи рівнянь Колмогорова відносно імовірностей станів.

Через імовірності станів визначено основні показники потужності ремонтних ділянок: абсолютна пропускна спроможність - A ; середня кількість локомотивів у черзі - \bar{F} ; середній час очікування - $\bar{T}_{ож}$; середній час перебування локомотивів у депо - $\bar{T}_{сист}$; середнє число стійл, які зайняті - \bar{Z} ; середнє число стійл, які простоюють - \bar{L} . Задля реалізації методу, що запропонований, розроблено комплекс програм для визначення показників потужності ремонтних ділянок. Вихідними даними для обчислювання є тільки інтенсивності вхідних течій λ та інтенсивності течій обслуговування μ . Таким чином, розроблений комплекс логічних та обчислювальних процедур, алгоритмів та програм подає перетворення θ , яке дозволяє отримати множину вихідних даних \bar{V} - показників потужності ремонтних ділянок локомотивного депо. На підставі розрахунків, які були проведені, показники потужності подані у вигляді зручних номограм як функції приведеної інтенсивності системи $\rho = \lambda/\mu$, котрі дозволяють проаналізувати їх характер, визначити область припустимих рішень та величину резерва виробничої потужності.

Оцінка точності вихідних даних апроксимуючих та реальних моделей була проведена у термінах імовірної метрики Леві-L. Задля цього порівнювалися розрахункові та реальні значення випадкових величин часу очікування та кількості локомотивів у черзі. Задля оцінки похибок у дисертації розроблено відповідний алгоритм, який реалізовано у

вигляді програм на ПЕОМ. Величина похибки розроблених моделей складає не більш, як 5-7%. Проведено також порівняння реальних моделей і моделей тільки з експоненціальними розподілами. Діапазон, в якому змінюється відносна похибка у цьому випадку, - від 7% до 24,3%. Таким чином, отримані результати під час оцінки похибок досить переконливо доводять адекватність розроблених моделей досліджуваному процесу функціонування ремонтних ділянок локомотивів у депо.

Отримані номограми для визначення показників потужності ділянок ТО та ПР дозволяють проаналізувати характер змінювання критерія якості управління $D(t)$. Під час аналізу поведінки $D(t)$ у формі $D(t) = A(t)/A_0(t)$ за A_0 прийнята така величина пропускної спроможності, яка досягається при визначеному рівні технічної готовності ремонтних ділянок ($\mu = \text{const}$), і для якої сумарні економічні витрати від простою локомотивів у черзі та простою ремонтних позицій - мінімальні. Задля кількісного визначення A_0 для кожної моделі отримано залежності сумарних витрат $U = C_1 * \bar{r} + C_2 * \bar{L}$ як функцій ρ , тобто $U = U(\rho)$. Ці залежності мають чітко виражений мінімум при $\rho = \rho_0$, якому у свою чергу відповідає максимальна економічно доцільна пропускна спроможність A_0 . Явно, що для системи ремонтних ділянок, яка функціонує ідеально, $D(t) = 1$. У табл. 1 наведено припустимі відхилення ρ від ρ_0 та $D(t)$ від 1, у межах яких можна гарантувати ефективне функціонування ділянок ТО-3, ПР-1 та НР.

Щоб дослідити поведінку системи за часом, використано інтегральний критерій $\delta [t_i, t_j]$. Отримано нерівняння, за умови виконання яких забезпечується ефективне функціонування системи у досліджуваній період $\Delta t = t_j - t_i$:

$$\delta [t_i, t_j] > D_n * \Delta t \text{ і } \delta [t_i, t_j] < D_n * \Delta t.$$

Аналогічний аналіз проведено під час дослідження $D(t)$ у формі $D(t) = U(t)/U_0(t)$. Ефективне функціонування системи забезпечується

при $\rho \in [\rho_n; \rho_b]$ (табл. 1), при цьому $D(t) \in [1; 1,4]$ для всіх досліджуваних моделей. У період Δt система спрацює ефективно, якщо виконується нерівняння $\delta [t_i; t_j] \leq D_r * \Delta t$, де $D_r = 1,4$.

Таблиця 1.

Параметри, які характеризують рівень ефективного функціонування ремонтних ділянок локомотивів

Параметри функціонування	Форма моделі			
	M/E ₂ /1/6	M/E ₃ /2/4	M/E ₂ /3/5	M/E ₂ /4/3
ρ_0	0.56	1.36	2.43	3.72
границі змінювання $\rho \in [\rho_n; \rho_b]$	0.40-0.75	1.12-1.78	2.21-2.84	3.50-3.97
границі змінювання $D=A/A_0 \in [D_n; D_b]$	0.70-1.30	0.74-1.26	0.84-1.16	0.93-1.07

Таким чином, критерій $D(t)$, який запропоновано, характеризує рівень використання стійлової частини ділянок ТО-3, ПР-1 та НР, тобто характеризує ступінь збалансованості потоку локомотивів, які надходять з експлуатації, із потужністю ремонтної бази.

Критерій $D(t)=A(t)/A_0(t)$ дозволяє не тільки кількісно, але і якісно оцінювати рівень використання стійлової частини. Якщо $D(t)=A(t)/A_0(t) < 1$ - стійлова частина недовикористовується, якщо $D(t)=A(t)/A_0(t) > 1$ - спостерігається простой локомотивів у черзі. За умови $D(t)=A(t)/A_0(t) \in [D_n; D_b]$ процес функціонування ділянок відповідає економічно доцільним значенням співвідношення між графіковою періодичністю ставлення локомотивів до ремонту і потужністю ремонтної бази. За умови, якщо величина $D(t)=A(t)/A_0(t)$ близька до 0,70, резерви виробничої потужності дозволяють виконувати ТО-4, ТО-5, модернізацію локомотивів, підготовку до сезонної експлуатації, діагностику.

Критерій $D(t)=U(t)/U_0(t)$ тільки кількісно визначає ступінь збалансованості потоку локомотивів із потужністю ремонтної бази. Якщо $D(t)=U(t)/U_0(t)>1,4$, то система ремонтних ділянок функціонує збитково.

Інтегральний критерій $\delta [t_i; t_j]$ характеризує ці процеси за часом.

З урахуванням викладеного, заходи по забезпеченню ефективного функціонування ремонтних ділянок - це технічні, організаційні, та управлінські заходи, які забезпечують процес $D(t) \rightarrow 1$ при $\Delta t \rightarrow \bar{t}$, де \bar{t} - скінченний проміжок часу, за який реалізуються подані заходи.

Формально задача забезпечення ефективного функціонування ремонтних ділянок зводиться до забезпечення умов, при яких $\rho = \lambda / \mu \in [\rho_a; \rho_b]$. З урахуванням цього проведено систематизацію основних факторів та підсистем, які впливають на величини λ і μ .

$$\lambda = \begin{cases} - N_{\text{експл.}} \\ - \lambda_{\text{ир}} \\ - t_{\text{пер.}} \end{cases} \quad \text{и} \quad \mu = \begin{cases} - \text{перелік операцій ТО та ПР} \\ - N_{\text{об}} \\ - n_{\text{ст.}}, n_{\text{бр.}} \\ - T_{\text{реж.}} \\ - P_{\text{ткі.}} \end{cases}$$

де, $N_{\text{експл.}}$ - розмір експлуатованого парку депо; $\lambda_{\text{ир}}$ - інтенсивність непланових ремонтів, яка обумовлена надійністю локомотивів; $t_{\text{пер.}}$ - система періодичностей надходжень локомотивів на ТО та ПР; $N_{\text{об.}}$ - розміри запасів вузлів та деталей; $n_{\text{ст.}}$ і $n_{\text{бр.}}$ - відповідно кількість стійл і ремонтних бригад; $T_{\text{реж.}}$ - режим роботи ділянок; $P_{\text{ткі.}}$ - параметри технологічності конструкції локомотивів.

Урахування та оптимізація цих факторів і підсистем забезпечують ефективне функціонування ремонтних ділянок у депо.

Таким чином, у дисертації запропоновано увести два нових показника $D(t)$ та $\delta [t_i; t_j]$, які при кількості ремонтних позицій, що відома, характеризують економічно доцільний рівень використання вироб-

ничої потужності ділянок ТО-3, ПР та НР, дозволяють чисельно визначити межі їх ефективного (незбиткового) функціонування і розкрити важелі впливу по забезпеченню управління цим процесом.

У п'ятому розділі проведено аналіз та оптимізацію факторів і підсистем, які впливають на час простою локомотивів на ремонтній ділянці, тобто на інтенсивність обслуговування μ .

Організаційно-економічним фактором, який суттєво впливає на інтенсивність обслуговування локомотивів на ділянках ТО та ПР і на стійкість системи взагалі, є забезпеченість запасами вузлів і деталей для задоволення потреби під час виконання планових та непланових ремонтів. За умови ринкової економіки у депо стає доцільним утримувати економічно та технологічно обґрунтований запас.

Запас $N_{об}$ складається із технологічного - $n_{техн.}$ і страхового - $n_{стр.}$: $N_{об} = n_{техн.} + n_{стр.}$. Визначення величини $n_{техн.}$ досить точно описується традиційними детермінованими методами, які удосконалені у дисертації. Доданок $n_{стр.}$ носить імовірний характер. У процесі визначення $n_{стр.}$ було враховано, що вузол чи агрегат, який знято з локомотива, в залежності від вигляду пошкодження може бути відремонтованим у депо або на спеціалізованому ремонтному заводі. При цьому час ремонту складається із часу накопичення партії для відправлення до заводу і часу доставляння до заводу і назад. Враховуючи, що число непланових ремонтів однотипних вузлів або агрегатів розподілено за законом Пуассону, а величина страхового запасу повинна відповідати величині одночасного пошкодження α одиниць вузлів або агрегатів з інтегральною імовірністю 0,95, $n_{стр.}$ визначається із співвідношення, яке перетворене до наступного виду:

$$\sum_{x=0}^{\alpha} \frac{(N_{id} * \xi * P)^x}{x!} * \exp(-N_{id} * \xi * P) = 0,95,$$

де x - кількість агрегатів або вузлів даного типу, яка одночасно

може бути пошкодженою ($x = 0, 1, 2, \dots, a$);

N_{id} - кількість агрегатів даного типу на локомотивах у депо;

ξ - коефіцієнт взаємозамінності агрегатів;

P - імовірність пошкодження агрегату, яка враховує процес відновлення (в депо або на заводі);

a - кількість агрегатів даного типу, яка одночасно може бути пошкоджена з інтегральною імовірністю 0,95.

Таким чином, $n_{стр.} = a$.

Задля розрахунків та моделювання розмірів технологічного та страхового запасів розроблено алгоритм і відповідне програмне забезпечення для ПЕОМ, а також отримано номограми для визначення запасів основних вузлів і агрегатів локомотивів. У програмі є блок, який передбачає визначення економічної доцільності утворення такого запасу. Проведено моделювання величини запасу в залежності від способів його формування (часу доставляння до ремонтного заводу та назад і розмірів партії відправлення).

Визначено оптимальну партію відправлення по мінімуму цільової функції економічних витрат $C_{зап.}$ на придбання, зберігання, утримання та транспортування за умови, що економічна стратегія складається з того, щоб на одну грошову одиницю, яка вкладена в запаси, отримати h грошових одиниць віддачі:

$$C_{зап.} = (1/2) * h * (C_a + C_x) * O_n + C_{пер} * \lambda_a / O_n \Rightarrow \min,$$

де C_a - вартість агрегату або вузла; C_x - вартість зберігання та утримання, включаючи амортизаційні відрахування; O_n - розмір партії відправки; $C_{пер}$ - вартість перевезення до ремонтного заводу та назад; λ_a - інтенсивність використання запасу.

Одним із виробничо-технічних факторів, які впливають на інтенсивність обслуговування на ремонтній позиції, є експлуатаційна та ремонтна технологічність конструкції локомотивів (ТКІ). Для локомо-

тивного депо оцінка показників експлуатаційної та ремонтної технологічності дозволяє зіставити виробничі потужності та технологічну оснащеність ділянок ТО та ПР, що мають у депо, і виробничі потужності, які необхідні для проведення ТО та ПР локомотивам нових серій. Основним показником ТКІ є оперативна тривалість у ТО та ПР, яка для ТО-3 та ПР-1 локомотивів складає 55-60% від загальної тривалості простою на стійлі. У дис-ертації як базовий вибрано тепловоз, для окремих вузлів якого визначено чисельні значення показників технологічності, включаючи: доступність, легкознімність, взаємозамінність та контролепридатність (табл. 2), а також запропоновані комплексні показники технологічності стосовно процесів ТО-3, ПР-1 та НР.

Таблиця 2

Найменування агрегата або вузла	Показники ТКІ			
	Доступ- ність	Легко- знімність	Взаємоза- мінність	Контроле- придатність
Тяговий генератор	0,458	0,278	0,375	0,692
Тяговий електродвигун	0,367	0,214	0,650	0,587
Синхронний підбудник	0,654	0,339	0,637	0,101
Контролер машиніста	0,884	0,373	0,974	0,293
Розподільний редуктор	0,721	0,523	0,633	0,042
Гідромеханічний редуктор	0,713	0,537	0,993	0,144

Наступним фактором, який впливає на інтенсивність обслуговування локомотивів на ділянках ТО та ПР, є кількість ремонтних позицій та бригад, а також режим їхньої роботи. На підставі номограм, які отримано у розділі 4, визначається рівень використання $(\bar{z}/n) \cdot 100\%$ або недовикористання $(\bar{L}/n) \cdot 100\%$ стійлової частини, що може служити за критерій напруженості виробничої діяльності

ділянок. При необхідності змінювання кількості ремонтних позицій n , їх оптимальне число визначається по мінімуму функції

$$U = C_1 * \bar{r} + C_2 * \bar{L} = U(n).$$

За умови зменшення вантажопотоку та недовикористання стійлової частини стає доцільним переглянути режими роботи ремонтних бригад та перейти від цілодобового режиму роботи до дво- або од-нозмінного режиму із використанням ремонтних позицій, які працюють.

У дисертації розглянуто питання прийняття рішення про змінювання режиму роботи на підставі сумісного аналізу показників виробничої потужності ділянок (критерія $D(t)$) та коефіцієнту технічного використання парку $K_{\text{ТВ}}$, який прийнято як кількісна міра для оцінки стійкості. Установлено залежність

$$K_{\text{ТВ}} = Z_{11} / (Z_{11} + Z_{23} + Z_{24} + \lambda * \bar{t}_{\text{суст}}),$$

де $\bar{t}_{\text{суст}}$ - середній час перебування локомотива у депо під час виконання ТО-3, ПР-1 або НР.

Аналіз виявив, що, коли величина інтенсивності вхідної течії локомотивів λ є постійною, зокрема при $\lambda = 0,12$, перехід від цілодобового режиму роботи на двох ремонтних позиціях до двозмінного режиму роботи на чотирьох ремонтних позиціях приводить до збільшення величини $\bar{t}_{\text{суст}}$ від 31 до 42 годин, що відповідає зниженню величини $K_{\text{ТВ}}$ з 0,88 до 0,83. Зменшення $K_{\text{ТВ}}$ не повинно бути більше припустимого, виходячи із умов наявності потрібної кількості локомотивів для виконання заданих розмірів руху. У випадку невиконання цієї умови змінювання режиму роботи вимагає введення в експлуатацію частини локомотивів із РУЗ.

У шостому розділі розроблено методику і проведено розрахунок економічної ефективності від впровадження сформованої раціональної

системи циклічності та періодичності ТО та ПР. Розрахунок проведено на прикладі електровозів ЧС-7, які експлуатуються у депо "Жовтень" Південної залізниці у порівнянні з системою циклічності та періодичності ТО та ПР, яка виконувалася відповідно наказу №28ІЦ-86 р, що діяв раніше.

Впровадження СТОР, яку було сформовано на підставі методу, що був розробленим у розділі 3, приводить до зменшення експлуатаційних зведених витрат на 5,2%.

Висновок

У дисертаційній роботі комплексно з єдиних методологічних позицій вирішено наукову-технічну проблему удосконалення методів розрахунку та моделювання параметрів системи технічного утримання локомотивів, а також методів управління та використання деповської ремонтної бази, які забезпечують зменшення експлуатаційних витрат і покращення технічного стану локомотивного парку.

Комплекс розрахункових моделей, який було створено, дозволяє вирішувати задачі по забезпеченню раціонального співвідношення між параметрами ремонтної бази та обсягами перевезень, що виконуються, приймати економічно обґрунтовані рішення про перепрофілювання малодіяльних депо та концентрації ТО та ПР; розробляти системи циклічностей та періодичностей локомотивів нових серій, локомотивів, які підлягають модернізації з метою продовження строку служби; коректувати нормативи міжремонтних пробігів та періодів, обсягів ТО та ПР, деповського проценту несправних локомотивів, страхових та технологічних запасів вузлів та агрегатів; розробляти комплекти технологічної документації для виконання ТО, ПР та НР. Теоретичні та методологічні розробки дисертаційної роботи може бути використано для утворення методичного забезпечення відповідно нового учбового плану для магістрів та ІППК.

При цьому отримані наступні основні результати:

1. На підставі методу динаміки середніх із використанням принципу квазірегулярності розроблено динамічну модель функціонування локомотивного парку депо, яка адаптована до сучасних економічних умов. Отримано залежності та досліджено характер змінювання середніх чисельностей станів локомотивів, доведено існування сталого режиму для різних варіантів змінювання вантажопотоку і при різних способах організації функціонування ділянок ТО та ПР. Доведено, що сталі режими є стійкими за Ляпуновим.
2. Уведено поняття стійкості функціонування системи "локомотивний парк у розпорядженні депо - ремонтні ділянки" задля характеристики ступеня збалансованості станів локомотивного парку із потужністю та ефективністю використання ремонтної бази. Доведено існування граничних значень коефіцієнту готовності K_r , коефіцієнту технічного використання локомотивного парку $K_{тв}$ і деповського проценту несправних локомотивів $\alpha_{дн}$, які при стійкому функціонуванні системи знаходяться у межах $0,90 \leq K_r \leq 0,94$, $0,88 \leq K_{тв} \leq 0,92$. На підставі цих досліджень обґрунтовано величини $\alpha_{дн}$, які закладені у наказі УЗ №187Ц-95 р.
3. Уведено і визначено критерії якості управління в двох модифікаціях: у формі відношення пропускних спроможностей та у формі відношення сумарних витрат від утримання ремонтних позицій і бригад та витрат від простою локомотивів у чеканні ремонту для реальної системи ремонтних ділянок та системи ремонтних ділянок, яка функціонує із мінімально можливими витратами.
4. Розроблено економіко-математичну модель на основі стохастичних моделей масового обслуговування і програмний комплекс для прийняття рішень про способи розвитку, використання і управління ділянками ТО, ПР та НР. На основі статистичної інформації визна-

чено множину вхідних даних, які задають динаміку розроблених багатофазно-многолінійних моделей типу $M/E_2/1/6$, $M/E_3/2/4$, $M/E_2/3/5$, $M/E_2/4/3$. При цьому основними класами розподілів, які задають динаміку моделей, є експоненціальний та гіперерлангівський класи розподілів з інтенсивностями вхідних течій локомотивів $\lambda \in [0,080; 0,350]$ і інтенсивностями течій обслуговування $\mu \in [0,010; 0,100]$.

5. Отримано номограми для визначення основних параметрів і резервів виробничої потужності ділянок ТО та ПР. Показано, що на середній час чекання локомотивів і середній час їх перебування у системі в 1,5-2,0 рази більший вплив справляє інтенсивність обслуговування μ , чим інтенсивність надходження λ . Залежності середньої довжини черги локомотивів $\bar{r} = \bar{r}(\rho)$ і середнього числа ремонтних позицій $\bar{L} = \bar{L}(\rho)$, які простоюють, мають характерні точки перегину. При цьому швидкість змінювання цих параметрів до точки перегину (в області малих ρ) у 2,5 рази більша, чим після точки перегину. Тобто в області малих ρ коректування потужності ремонтної бази (перепрофілювання) приводить до значних змінювань сумарних економічних витрат від простою локомотивів та простою ремонтних позицій і бригад.

Проведено перевірку на адекватність апроксимуючих та реальних моделей у термінах імовірної метрики Леві-L, задля чого було розроблено відповідні програми. Величина похибки складає не більше 5-7%.

6. У результаті моделювання отримано залежності і досліджено характер змінювання критеріїв якості управління, встановлено економічно припустимі межі їх змінювання, у границях котрих забезпечується ефективне функціонування ділянок ТО-3, ПР-1 та НР. Для нормативів, які закладено у наказі УЗ №187Ц-95 р., рекомендовано наступні

границі змінювання критерія якості управління: у формі $D=A/A_0-0,70-1,30$ (причому, при $D=A/A_0 < 1$ - спостерігається простої ремонтних позицій, а при $D=A/A_0 > 1$ - простої локомотивів), у формі $D=U/U_0-1-1,40$.

7. Розроблено методику визначення і формування оптимальних розмірів страхових та технологічних запасів вузлів, агрегатів і деталей для безперервного виконання ТО, ПР та НР з урахуванням стохастичних закономірностей, які притаманні цьому процесу. Відповідно запропонованій методиці розрахунку розмір страхового запасу забезпечує надійність своєчасної заміни вузлів і агрегатів із імовірністю 0,95. Розроблено відповідні алгоритм і комплекс програм, отримано номограми для визначення запасів. На розмір запасів основний вплив справляє час накопичення агрегатів для відправлення до заводського ремонту, тобто величина партії відправки. Досліджено процес формування запасів, запропоновано метод визначення оптимальних розмірів партії агрегатів та вузлів під час відправлення до ремонтного заводу.
8. Зроблено оцінку параметрів експлуатаційної і ремонтної технологічності конструкції вузлів та агрегатів тепловозів. Визначено, що оперативна тривалість у ТО-3 та ПР-1 складає близько 55-60% від загальної тривалості простою локомотиву на ремонтній позиції. Проведено кількісну оцінку показників ТКІ для тепловозів по доступності, легкосамінності, взаємозамінності, контролепридатності.
9. Розроблено методику дослідження впливу змінювання режиму роботи ділянок ТО та ПР на стійкість функціонування системи "локомотивний парк у розпорядженні депо - ділянки ТО та ПР", шляхом спільного аналізу показників виробничої потужності і коефіцієнту технічного використання локомотивного парку $K_{тв}$. Перехід від цілодобового режиму роботи комплексних бригад на ділянках ТО-3, ПР-1 та НР приводить до зниження $K_{тв}$ відповідно з 0,88

до 0,83. З урахуванням необхідності виконання процесу перевезення це тягне за собою збільшення розмірів парку локомотивів, що експлуатуються.

10. Запропоновано метод формування раціональної системи циклічності та періодичності ТО та ПР локомотивів із визначенням переліку робіт на ТО та ПР, який при максимальній надійності забезпечує мінімум витрат на відновлення вузлів і деталей, на енергосії, мастило, проведення діагностики, від простою локомотивів на ТО та ПР. Рішення отримані у чисельному та аналітичному вигляді для слідуючих законів розподілів часу безвідмовної роботи вузлів і деталей: нормального, гамма-розподілу, розподілу Вейбулла. Метод реалізовано у виді програмного комплексу. Проведено розрахунки задля визначення оптимальних міжремонтних пробігів та періодів для всіх серій ТРС, які експлуатуються на залізницях України. Значення, що отримані, відрізняються на 17-20% від величини пробігів, які було закладено у наказі №28Ц-86 р. Аналіз цільових функцій сумарних витрат від пробігу показав, що при відхилі міжремонтних пробігів на $\pm 10\%$ від оптимуму, сумарні витрати змінюються не більше, як на 1%. Це дозволяє забезпечити кратність нормативних міжремонтних пробігів та періодів. Результати розрахунків покладено до основи наказу УЗ №187Ц-95 р. На основі переліків робіт, що отримано, розроблено комплекти технологічної документації для проведення ТО та ПР локомотивів різних серій. Експлуатація локомотивів відповідно із сформованою раціональною системою циклічності і періодичності надає економію зведених експлуатаційних витрат більш чим на 5,2% у порівнянні із СТОР (наказ №28Ц-86 р.), яка діяла раніше.

Основні положення дисертації опубліковані у наступних роботах:

1. Тартаковский Э.Д., Бутько Т.В., Крашенинин А.С., Устенко А.В. "Управление технической эксплуатацией локомотивов", Часть 1. // Учебное пособие, Бутько Т.В. Разд. 8, ХарГАЖТ: Харьков, 1996 г.
2. Тартаковский Э.Д., Бутько Т.В. Моделирование поточного обслуживания локомотивов с приоритетами. // Вестник ВНИИЖТ. - М.- N 5. - 1982 г. - с. 12 - 16.
3. Бутько Т.В. Методика выбора оптимальных объемов и периодичностей проведения ТО-3 и ТР-1 с прогнозированием ресурса ответственных сборочных единиц магистральных тепловозов. // Управление технической эксплуатацией локомотивов. Межвуз. сб. научн. трудов. - Харьков: ХИИТ. - вып. 20. - 1992. - с. 13 - 20.
4. Бутько Т.В., Тартаковский Э.Д. Оценка погрешностей в расчетах пропускной способности участков технического обслуживания локомотивов. // Вестник ВНИИЖТ. - М.- N 2. - 1986 г. - с. 25 - 27.
5. Бутько Т.В. Исследование и оценка показателей эксплуатационной и ремонтной технологичности конструкции тепловозов. // Совершенствование конструкции, эксплуатации и ремонта локомотивов. Межвуз. сб. научн. трудов. - Харьков: ХИИТ. - вып. 22. - 1993. - с. 22 - 26.
6. Бутько Т.В. Квалиметрическая оценка устойчивости функционирования ремонтных цехов локомотивного депо. // Улучшение конструкции и обслуживания подвижного состава железных дорог. Межвуз. сб. научн. тр. - Днепропетровск: ДГТУЖТ. - 1996. - с.91-94.
7. Тартаковский Э.Д., Бутько Т.В. Моделирование пропускной способности участков технического обслуживания локомотивов. // Вестник ВНИИЖТ. - М.- N 5. - 1984. - с. 3 - 12.
8. Бутько Т.В., Ефименко В.И., Пузырь В.Г., Каршук В.А. Разработка моделей функционирования ремонтных участков тепловозов в депо с диагностикой. // Совершенствование конструкции, технологии экс-

- плуатации и ремонта подвижного состава. Межвуз. сб. научн. трудов. - Харьков: ХИИТ. - вып. 2. - 1987. - с. 17 - 22.
9. Тартаковский Э.Д., Бутько Т.В., Ефименко В.И., Найш Н.М. Методика корректировки объемов и технологии обслуживания тепловозов для повышения надежности. // Повышение надежности тепловозов и диагностика. Сб. научн. трудов ВНИТИ. - Коломна. - вып. 66. - 1987. - с. 19 - 28.
 10. Бутько Т.В., Ефименко В.И., Пузырь В.Г. Имитационное моделирование процессов технического обслуживания локомотивов в депо. // Моделирование процессов обслуживания, диагностирования и ремонта подвижного состава. Межвуз. сб. научн. трудов. - Харьков: ХИИТ. - вып. 8. - 1989. - с. 32 - 36.
 11. Бутько Т.В., Кузнецов В.Я., Чигладзе Д.В. Методика определения страховых запасов узлов и агрегатов локомотивов. // Совершенствование конструкции, эксплуатации и ремонта локомотивов. Межвуз. сб. научн. трудов. - Харьков: ХИИТ. - вып. 22. - 1993. - с. 57 - 61.
 12. Тартаковский Э.Д., Бутько Т.В. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Основы автоматизации технического обслуживания, диагностирования и ремонта". Расчет пропускной способности участков депо. Часть 1. - Харьков: ХИИТ, 1988. - 13с.
 13. Жалкин С.Г., Бутько Т.В., Фонф В.П. Оптимизация работ при техническом обслуживании тепловозов в депо. // Моделирование процессов обслуживания, диагностирования и ремонта подвижного состава. Межвуз. сб. научн. трудов. - Харьков: ХИИТ. - вып. 8. - 1989. - с. 8 - 12.
 14. Кузнецов В.Я., Бутько Т.В., Козлов Ю.А. Исследование потока поступлений тепловозов в капитальный ремонт. // Межвуз. сб. научн. трудов. - Ростов на Дону: РИИЖТ. - вып. 169. - 1983 г. - с. 22 - 25.

15. Тартаковский Э.Д., Бутько Т.В. Методика определения эксплуатационных допусков. // Межвуз. сб. научн. трудов. - Гомель: БелИИЖТ. - вып. 155. - 1977. - с. 21 - 25.
16. Кузнецов В.Я., Бутько Т.В., Кухарева Г.А. Методика определения технологического запаса агрегатов в депо. // Управление технической эксплуатацией локомотивов. Межвуз. сб. научн. трудов. - Харьков: ХИИТ. - вып. 20. - 1992. - с. 54 - 58.
17. Ефименко В.И., Ставров Т.В., Бутько Т.В., Найш Н.М. Методика формирования вариантов технологических процессов ТО-3 тепловозов. // Надежность тепловозов и путевых машин. Сб. научн. трудов ВНИТИ. - Коломна. - вып. 70. - 1989. - с. 26 - 31.
18. Тартаковский Э.Д., Бутько Т.В. Применение алгоритмов распознавания для оценки значений параметрических отказов. // Межвуз. сб. научн. трудов. - Ростов-на-Дону: РИИЖТ. - вып. 159. - 1981. - с. 28-31.
19. Тартаковский Э.Д., Бутько Т.В., Матяш В.Н., Остапчук В.Н. Моделирование и оптимизация системы ТО и ТР локомотивов по суммарным удельным затратам. // Улучшение конструкции и обслуживания подвижного состава железных дорог. Межвуз. сб. научн. тр. - Днепропетровск: ДГТУЖТ. - 1996. - с. 87-91.
20. Бутько Т.В., Дробаха В.И., Карпюк В.А., Коваленко Г.П. Корректировка норм расхода дизельного топлива в зависимости от технического состояния эксплуатируемого парка. - Харьк. институт ж. - д. транспорта. - Харьков, 1990. - 5 с. Деп. в ЦНИИ ТЭИ МПС N 5353.
21. Бутько Т.В., Ефименко С.Е. Исследование резервов пропускной способности участков неплановых ремонтов локомотивов. - Харьк. институт инж. ж. - д. транспорта. - Харьков, 1986. - 6 с. Деп. в ЦНИИ ТЭИ МПС N 3281.
22. Тартаковский Э.Д., Бутько Т.В., Галахов Н.А. Исследование возможности образования очередей при постановке тепловозов на об-

- служивание. - Харьк. институт инж. ж. - д. транспорта. - Харьков, 1982. - 6 с. Деп. в ЦНИИ ТЭИ МПС, №1786
23. Тартаковский Э.Д., Бутько Т.В. Модель поточной линии обслуживания локомотивов с приоритетами. - Харьк. институт инж. ж. - д. транспорта. - Харьков, 1984. - 5 с. Деп. в ЦНИИ ТЭИ МПС N 2428.
24. Тартаковский Э.Д., Бутько Т.В., Ефименко В.И., Кухарева Г.А. Метод расчета объемов технологических операций ТО-3 и ТР-1 тепловозов с применением ЭВМ. - Харьк. институт инж. ж.-д. транспорта. - Харьков, 1986. - 4 с. Деп. в ЦНИИ ТЭИ МПС, №3566.
25. Тартаковский Э.Д., Бутько Т.В., Ставров Т.В., Ефименко В.И. Оптимизация затрат на обслуживание и ремонт тепловозов 2ТЭ116 по данным эксплуатации. - Харьк. институт ж.-д. транспорта. - Харьков, 1986. - 5 с. Деп. в ЦНИИ ТЭИ МПС, N 3567.

Особистий внесок по публікаціях. В роботах, що опубліковані у співавторстві, дисертанту належать: у роботах [2, 7, 9, 12, 15, 16, 17, 18, 22, 23] - розробка моделей, проведення розрахунків; у роботах [4, 8, 10, 11, 13, 14, 19, 20, 21, 24, 25] - постановлення задачі, виведення основних співвідношень, проведення моделювання, обґрунтування результатів.

АНОТАЦІЯ

Бутько Т.В. Удосконалення методів розрахунку параметрів системи технічного утримання локомотивів.

Дисертація на здобуття вченого ступеню доктора технічних наук зі спеціальності 05.22.07 - рухомий склад залізниць та тяга поїздів. Харківська державна академія залізничного транспорту, Харків, 1996.

Дисертація містить теоретичні основи, які дозволяють комплексно із єдиних методологічних позицій вирішувати проблему вдоскона-

лення системи технічного утримання локомотивів. Розроблені методи адаптовані до сучасних економічних умов в країні і враховують стохастичні закономірності, які притаманні транспортним процесам. Із цих позицій вирішено питання формування раціональної системи технічних обслуговувань і ремонтів локомотивів, а також питання розвитку, використання та управління ремонтною базою з мінімальними витратами.

ANNOTATION

Butko T.V. Improvement of the pavametev design methods of technical maintenance system of lokomotives.

Dissertation for a doktor's degree of technical sciences on 05.22.07 speciality - railway rolling stock and traclion of trains. Kharkov State Academi of Railway Transport, Kharkov, 1996.

The dissertation includes theoretical basis giving the possibility to solve the problem of improving technical mainfenance system of lokomotives in an all-round manner and from a single methodological positions. The developed methods are adapted to modern economical conditions in the country and take into account the stochastic regularities which are typical for transport pvocesses. The questions of forming rational systems of lokomotive maintenance and repairing as well as questions concerning the development, utilisation and repair depot management are decided with minimum expenses.

Ключові слова: система технічного утримання локомотивів, потужність ремонтної бази, технічне обслуговування та поточний ремонт, страховий та технологічний запас.

18.72 Я
АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття вченого ступеню
доктора технічних наук

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ
ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО
УТРИМАННЯ ЛОКОМОТИВІВ

05.22.07 - рухомий склад залізниць та тяга поїздів

БУТЬКО Тетяна Василівна

Відповідальний за випуск Пузир В.Г.

Підписано до друку 19.09.1996 р. Формат папіру 60x84 1/16 д.а.

Папір для розмнож. апаратів. Друк офсетний. Ум. др. арк. 2, уч.-вид. арк. 2,5
Замовлення 514 Тираж 100 Безкоштовно

Видання ХарДАЗТу, 310050, м. Харків-50, пл. Фейербаха 7

Тип.ХарДАЗТу, 310050, м. Харків-50, пл. Фейербаха 7

035407

