

ХАРКІВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Матяш Віктор Олександрович

УДК 629.4.083: 621.014.24

**Вдосконалення методики організації та визначення дислокації пунктів комплексного
діагностування магістральних тепловозів**

05.22.07 – Рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2000

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Харківській державній академії залізничного транспорту на кафедрі “Експлуатація та ремонт рухомого складу”, Міністерства транспорту України

Науковий керівник

Доктор технічних наук, професор,
Тартаковський Едуард Давидович, Харківська державна академія залізничного транспорту, завідувач кафедри “Експлуатація та ремонт рухомого складу”

Офіційні опоненти

1. Доктор технічних наук, професор
Кузнецов Тимофій Федорович, Дніпропетровський державний технічний університет залізничного транспорту, професор кафедри "Локомотиви"
2. Кандидат технічних наук
Носков Валентин Іванович, Науково-дослідний інститут заводу "Електроважмаш" (м.Харків), заступник головного конструктора

Провідна установа

Східноукраїнський державний університет, кафедра "Залізничний транспорт", Міністерство освіти і науки України, м. Луганськ

Захист відбудеться 30 березня 2000р.

о 14¹⁰ годині в ауд.(конференц. зал) на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 у Харківській державній академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, пл. Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківської державної академії залізничного транспорту

Автореферат розісланий 28 лютого 2000р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Запара В. М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Основні задачі технічного обслуговування та ремонту тягового рухомого складу (ТРС) полягають у науковому обґрунтуванні термінів їхнього проведення, визначення обсягів робіт і організації виконання. При цьому повинні враховуватися індивідуальні властивості кожного локомотива, що викликає необхідність підвищення якості інформації про його технічний стан. Виникає цілий ряд задач керування в умовах непевності і неповної інформації, а також необхідність створення моделей керування станом ТРС в експлуатації. Це утруднено тим, що зв'язок між причинами несправностей, що з'являються, контрольованими параметрами і характеристиками працездатності не є “у чистому виді” детермінованим або стохастичним. Для керування організацією технічного обслуговування тепловозів необхідно створення моделей їхнього функціонування в експлуатації.

Організація техобслуговування тепловозів повинна розглядатися як елемент керування технічним станом, а її удосконалення полягати у поліпшенні математичного, інформаційного, технічного й організаційного забезпечення. У такій постановці питання організації техобслуговування тепловозів не розглядалися, що не дозволяло досягати очікуваної ефективності від впровадження окремих заходів.

Концепцією реструктуризації на залізничному транспорті України в локомотивному господарстві передбачена передислокація локомотивного парку, коригування його потреби і спеціалізація ремонтної бази. Крім того, вважається доцільним поступовий перехід від ремонтів по термінам служби на ремонт по фактичному стану з використанням автоматизованих систем керування, розробкою й удосконаленням сучасних засобів технічного діагностування. Оскільки на найближчі 5-10 років перевезення будуть забезпечуватися існуючим ТРС (зокрема магістральними тепловозами) то виникає потреба продовження їхнього ресурсу в експлуатації і як самостійна науково-технічна задача - вдосконалення методики організації роботи та оптимізація дислокації пунктів комплексного діагностування (ПКД) магістральних тепловозів.

Актуальність теми. Наказом Укрзалізниці №110-Ц від 30.04.1998р. була організована науково-технічна комісія для визначення стану і подання пропозицій по впровадженню засобів діагностики, якою розроблена Концепція створення систем діагностики в локомотивному господарстві залізниць України.

У Концепції один з пріоритетних напрямків упровадження систем діагностування магістральних тепловозів визначає розробку і впровадження в окремих локомотивних депо ПКД тепловозів. Це викликає необхідність створення наукового і методичного забезпечення розрахунків дислокації ПКД на залізниці, математичного і програмного забезпечення; розробку варіантів ПКД і їхнього оснащення; упровадження дослідних зразків ПКД, окремих пристосувань і техніко-економічної оцінки ефективності запропонованих заходів. При вирішуванні даних задач мається на увазі створення сучасної методики організації робіт на ПКД, оптимальну дислокацію ПКД у локомотивному господарстві залізниці, варіанти компонування і оснащення. Раніше ці задачі вирішувалися без достатнього наукового обґрунтування, використання сучасних економіко-математичних методик моделювання, типізації, прийняття інженерних рішень і економічних оцінок. Дослідження проводилися в локомотивному господарстві Південної залізниці.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота є частиною наукових досліджень, що проводяться кафедрою “Експлуатація та ремонт рухомого складу” (ЕРРС) ХарДАЗТ разом із Південною залізницею і локомотивним главком Укрзалізниці. Матеріали дисертації використані у “Концепції створення систем діагностики в локомотивному господарстві залізниць України”, що

затверджена першим заступником Міністра транспорту України Генеральним директором Укрзалізниці О.В.Слободяном 15.02. 1998р.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є розробка вдосконаленої сучасної методики організації роботи і оптимізація дислокації ПКД магістральних тепловозів, яка базується на застосуванні моделювання типових сполучень робіт з діагностуванням в технологічні маршрути, аналітичного і імітаційного моделювання організації робіт на ділянках технічного обслуговування (ТО-3) і поточного ремонту (ПР-1), техніко-економічних розрахунків дислокації ПКД на залізниці.

Для досягнення зазначеної мети необхідно провести:

- аналіз розвитку систем ТО і ПР з діагностуванням;
- розробити методику, провести аналіз і зформувані регламент з маршрутами основних і додаткових робіт на ТО-3 і ПР-1;
- розробити методику і провести аналітичне та імітаційне моделювання робіт на ділянках ТО-3 і ПР-1 з урахуванням різних експлуатаційних факторів;
- визначити пріоритети обслуговування на ПКД і розробити методику їхнього оптимального дислокування на залізниці;
- розробити технічні вимоги до архітектурно-будівельних, планувальних рішень і оснащення ПКД;
- практично реалізувати виконані дослідження, провести дослідну експлуатацію і апробувати їх з техніко-економічними розрахунками.

Методи дослідження. Виконані дослідження базуються на теорії імовірностей, теорії масового обслуговування, математичної статистики, теорії надійності, теорії випадкових процесів; методів математичного та імітаційного моделювання з використанням ПЕОМ, методів лінійного програмування для вирішення транспортних задач.

Наукова новизна одержаних результатів. Обґрунтована необхідність визначення і розрахунок сполучень основних і допоміжних робіт на ТО-3 і ПР-1 магістральних тепловозів 2ТЕ116 і ТЕП70, сформовані типові сполучення в технологічні маршрути.

Розроблена методика аналітичного та імітаційного моделювання робіт на ділянках ТО-3 і ПР-1, отримані залежності виконання програми обслуговувань і ремонтів від нерівномірностей надходження і кількості ремонтних стійл, затримок із надходженням і загальними витратами.

Визначені аналітичні пріоритети обслуговування магістральних тепловозів на ПКД як систем масового обслуговування.

Розроблена методика оптимальної дислокації ПКД з використанням лінійного програмування і вирішення задач розміщення підприємств.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій. Використання статистичних методів визначення взаємозв'язків і кореляційно-регресійного аналізу дозволило розрахувати сполучення основних і допоміжних робіт на ТО-3 і ПР-1 на підставі інформації за декілька років у 4 локомотивних депо.

Отримані з допомогою аналітичного та імітаційного моделювання залежності програм обслуговування від нерівномірностей надходження і кількості стійл відрізняються одне від одного не більше ніж на 5%.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується отриманим економічним ефектом при експлуатації дослідного парка за рахунок зменшення витрати палива та підвищення надійності.

Наукове значення роботи. Запропонована методика формування типових сполучень основних і додаткових робіт на ТО-3 і ПР-1 магістральних тепловозів у технологічні маршрути з виконанням контрольно-діагностичних операцій.

Розроблені аналітичні та імітаційні моделі дозволяють розраховувати програми робіт цехів і ПКД з обліком багатьох експлуатаційних факторів.

Методика визначення оптимальної дислокації ПКД магістральних тепловозів

дозволяє виконувати техніко-економічні розрахунки для залізниць України.

У цілому дисертаційна робота є внеском у розвиток імовірносних методів розрахунків, проектування і реструктуризації підприємств локомотивного господарства залізниць України.

Практичне значення отриманих результатів. Вирішені задачі удосконалення розрахунків формування маршрутної технології організації робіт на ПКД при ТО-3 і ПР-1 магістральних тепловозів 2ТЕ116 і ТЕП70.

Проведені розрахунки щодо оптимальної дислокації ПКД для локомотивного господарства Південної залізниці. Результати роботи використані науково-технічною комісією Укрзалізниці при створенні і затвердженні “Концепції створення систем діагностики в локомотивному господарстві залізниць України”.

Розроблені технічні вимоги до компонування, будівництва й оснащенню ПКД впроваджені і використовуються на Південній залізниці. На тепловозах, що проходили ПКД, у порівнянні з іншими отримане зменшення експлуатаційної витрати дизельного палива на 1,8%, змінюємості запасних частин на 5-7%, поліпшення екологічних показників на 3-5%.

Особистий внесок здобувача. У співавторстві опубліковані дві статті [], де автору належить виконання моделювання і досліджень залежності цільової функції витрат від пробігу між ТО-3 і ПР-1 тепловозів ТЕП70.

У [] автору належить постановка задачі і її методичне забезпечення. У авторських свідоцтвах [] автору належить наукове і методичне забезпечення задач діагностування, упровадження результатів у виробництво.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації доповідалися, обговорені і схвалені на:

- VIII Міжнародній науково-технічній конференції “Проблеми розвитку рейкового транспорту” (Крим, Алушта, 1998р.);

- IX Міжнародній науково-технічній конференції “Проблеми розвитку рейкового транспорту” (Крим, Алушта, 1999р.);

- засіданнях науково-технічної комісії з розвитку систем діагностування в локомотивному господарстві Укрзалізниці (Київ, 1998р.; Харків, 1999р.);

- науково-технічній конференції “Проблеми впровадження технічної діагностики вузлів і деталей рухомого складу” (Санкт-Петербург, 1999р.);

- науково-технічних конференціях кафедр ХарДАЗТ і працівників підприємств залізничного транспорту в 1994-1999 роках.

Повністю дисертаційна робота доповідалася на розширених засіданнях кафедри "Експлуатація та ремонт рухомого складу" ХарДАЗТ з участю членів спеціалізованої вченої ради, 1999,2000р.р.

Публікації. По темі дисертації опубліковано 5 наукових праць у виданнях, що затверджені ВАК України. Крім того, результати досліджень і впроваджень по темі містяться в 6 авторських свідоцтвах на винаходи.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Робота містить ___ сторінок тексту, ___ ілюстрацій, ___ таблиць, список використаних джерел із ___ найменувань і ___ сторінок додатків.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована необхідність проведення досліджень по удосконалюванню методики організації роботи і визначення дислокації ПКД магістральних тепловозів. Доводяться актуальність, зв'язок роботи з науковими програмами, ціль і задачі, методи дослідження, наукова новизна і значення роботи, обґрунтованість і достовірність, практичне значення, особистий внесок здобувача, апробація результатів і публікації, структурно-логічна схема дисертації.

Розділ 1 присвячений аналізу системи технічного обслуговування і ремонту тепловозів і містить матеріали розвитку системи обслуговування і ремонту локомотивів, стратегії керування технічним станом, аналіз регламенту та інтенсивності робіт, виконуваних на ТО-3 і ПР-1, визначення сполучень додаткових робіт і формування типових сполучень у технологічні маршрути, ціль і задачі дослідження.

Вдосконалення системи ремонту відбувалося і відбувається, в основному, за рахунок зміни циклічності і періодичності обслуговувань і ремонтів, не торкаючись істотно технології технічних обслуговувань. У останні роки в науково-дослідних організаціях, ВУЗах і на залізницях виконаний ряд досліджень, спрямованих на підвищення надійності і паливної економічності локомотивів за рахунок вдосконалення системи ремонту і впровадження методів і засобів діагностики. Значний внесок у рішення цієї наукової проблеми вносять роботи, виконуємі під керівництвом Бодняра Б.Е., Голубенко О.Л., Зайончковського В.М., Кашникова В.М., Кисельова В.М., Козубенко В.Г., Коссова Є.Є., Кузнєцова Т.Ф., Кузмича В.Д., Павловича Є.С., Просвірова Ю.С., Стрекопытова В.В., Тартаковського Е.Д., Четвергова В.О., Феоктистова В.П.

Проведений аналіз стану парка, його старіння, ефективності різних операцій по очищенню, регулюванню і настраюванню тепловозів дозволив прийти до висновку про необхідність пов'язування сполучення операцій діагностики, контролю, очищення і регулювання в єдиному технологічному процесі технічного обслуговування. Аналіз проведених досліджень у країнах СНД показав, що, потрібна така технологія технічного обслуговування, яка дозволить:

- максимально виключити необхідність постановки тепловоза на стойла реостатних випробувань для контролю і регулювання;
- робити оцінку стану тепловоза в основному штатними і виготовленими засобами, які мають в депо без розбирання і ремонтного втручання;
- виконувати діагностування в періоди, які не приводять до завищення планових норм простою на технічних обслуговуваннях і ремонтах;
- здійснювати діагностичну оцінку силами майстрів і слюсарів середньої кваліфікації.

Реструктуризація локомотивного господарства пов'язана з методичним забезпеченням однієї з задач - створення оптимальної адаптивної системи обслуговування і ремонту. Це, у свою чергу, припускає розробку регламенту (програми) обслуговування і ремонту, заснованого на виконанні обсягів відновлюємих робіт відповідно до фактичного технічного стану.

У процесі експлуатації, ТО і ПР тепловозів виявляється неоднорідність у їхньому технічному стані, що характеризується наявністю великої кількості різних сполучень робіт. При цьому кожне сполучення робіт має визначену імовірність своєї появи. Роботи, що входять у сполучення характеризуються крім імовірності появи кореляційним зв'язком, визначаєми технологічною складністю, трудомісткістю та ін., що викликає потребу в різних засобах технологічного оснащення і породжує різноманіття організаційних форм і методів проведення ТО і ПР, чого не передбачають існуючі технології. Інтенсивні технології, що базуються на використанні маршрутів ТО і ПР тепловозів, дозволяють, виходячи з технічного стану тепловозів, забезпечити оптимальний обсяг робіт.

Вихідними даними при розробці технологічних маршрутів є відомості про зміст і кількість сполучень відмов, а також про кількість і номенклатуру засобів їхнього усунення. На підставі обраних засобів розробляються технологічні етапи обслуговування, а потім визначається необхідна кількість і зміст варіантів технологічних маршрутів. У межах технологічного етапу використовуються однакові, однотипні або легко поєднуємі засоби обслуговування. До складу кожного маршруту входить один або декілька технологічних етапів, що можуть повторюватися в різних маршрутах.

Найбільша кількість непланових ремонтів і найбільший час простою на непланових ремонтах припадає на групи робіт по дизелю, допоміжному устаткуванню,

електроустаткуванню, електроходовій частині та акумуляторній батареї.

Для дослідження динаміки додаткових робіт була використана геометрична інтерпретація статистичних даних. При цьому кожній групі робіт виділявся визначений символ (геометричний знак). Аналогічним засобом були позначені ТО-3 і ПР-1. Після цього статистичні дані були нанесені на координатне поле (місяць, номер тепловоза). Причому додаткові роботи, які призначалися визначеному ТО-3 або ПР-1, заносилися усередину знака. Для зручності виявлення сполучень робіт різних видів у кожній групі, крім геометричного знака, їм також присвоювалася цифра.

Роботи, що входять у кожне сполучення, характеризуються також кореляційним зв'язком. Коефіцієнт кореляції можна визначити із співвідношення

$$r = \frac{ad - bc}{\sqrt{(a + b)(c + d)(a + c)(b + d)}}, \quad ()$$

де а - число ТО-3, на яких зустрічалися обидві відмови;
b - число ТО-3, що мають одну із досліджуваних відмов;
c - число ТО-3, що мають другу із досліджуваних відмов;
d - число ТО-3, що не мають першої і другої відмови.

Тут відмова інтерпретується як несправність, для усунення якої призначаються додаткові роботи. Вихідні дані для коефіцієнта кореляції оформляються у виді кореляційних матриць для кожного номера ТО-3.

Таким чином, за результатами розрахунків, обумовлених переліком обов'язкових робіт і маршрутами сформованих позациклових робіт, що залежать від номера ТО-3 у ремонтному циклі і сезону експлуатації, була сформована таблиця. Ця таблиця являє собою концентрований опис маршрутів інтенсивної технології ТО-3, один із варіантів якої по сезонах для тепловозів ТЕП70 пройшов експлуатаційну перевірку в локомотивному депо Основа.

Наведена методика удосконалення організації ТО-3 і ПР-1 тепловозів дозволяє коректувати цю технологію у відповідності з інформацією, що одержується з ПКД тепловозів. У розділі також сформульовані цілі і задачі дослідження.

У розділі 2 проводиться моделювання раціональної організації робіт на ділянках ТО і ПР тепловозів. Матеріали розділу містять аналіз впливу експлуатаційних факторів на формування програми ТО-3 і ПР-1 тепловозів, імітаційну аналітичну модель роботи ділянок.

Складний характер організації руху потягів і локомотивів на залізниці приводить до того, що добовий пробіг окремих тепловозів змінюється в широких межах. При цьому за рівний проміжний час локомотиви здійснюють різний пробіг, або, що теж саме, однаковий пробіг здійснюють за різний час. Постановка локомотивів на ремонт здійснюється по досягненню нормативних пробігів між ТО і ПР. Отже, періоди, через які варто проводити планові ремонти, також носять випадковий характер.

Як показали дослідження, періоди досягнення ТО-3, ПР-1 і ПР-2 добре описуються нормальним законом розподілу. Довіряюча імовірність прийняття такого закону в більшості випадків була не нижче 0,9.

Випадковий характер цих періодів часу приводить до того, що в окрему добу кількість локомотивів на ремонт надходить по-різному.

З метою визначення впливу тільки стохастичного характеру періодів досягнення нормативних пробігів на використання ремонтної бази, будемо розглядати випадковий характер таких показників, як тривалість ремонту, запізнення постановки локомотивів на ремонт відносно графікових моментів і ін. Стохастичний характер цих параметрів буде розглянутий далі. Тому тривалість обслуговування у фазі ремонту в цій задачі будемо розглядати як детерміновану, чисельно дорівнюючу графіковому періоду між постановками тепловозів на одне стойло.

Нормальний закон розподілу періоду досягнення нормативних пробігів між

ремонтами не дозволяє скористатися для вирішення даної задачі аналітичними формулами теорії масового обслуговування (ТМО). Тому, для вирішення даної задачі була створена імітаційна модель, основною задачею якої є визначення залежності максимально можливої програми ремонту (без перепробігів) ділянок ТО-3, ПР-1 від характеристик ділянки і розподілів періодів часу досягнення нормативних пробігів.

Алгоритм моделювання складається з наступних частин. Об'єктом моделювання є процеси експлуатації тепловозів, що складають інвентарний парк даного основного депо, а також постановки їх на ремонтні позиції ділянки ТО-3 і ПР-1. Ремонтна база моделюється як багатоканальна система масового обслуговування (СМО), що має n взаємозалежних каналів, на яких виконуються ТО-3 і ПР-1. При цьому, імітуються випадкові розміри періодів часу досягнення нормативних пробігів між ТО-3, ПР-1 і ПР-2 для кожного локомотива.

Інформаційне забезпечення моделі, крім параметрів законів розподілу випадкових величин, включає до себе кількість ремонтних позицій на ділянці, чисельність парку тепловозів у розпорядженні депо, кількість ТО-3 і ПР-1, що за добу може бути виконане на ділянці, розмір середньодобового пробігу одного тепловоза і нормативи між ТО-3, ПР-1 і ПР-2.

Після уведення вихідної інформації відбувається початкова настройка програми моделювання. Вона включає завдання кожному локомотиву періодів часу до чергових ТО-3, ПР-1 і ПР-2. Для цього був використаний датчик рівномірно розподілених псевдовипадкових чисел. Потім програма вибирає локомотив, період якого по досягненню нормативного пробігу до ТО-3 або ПР-1 задовольняє двом умовам.

По-перше

$$T_{ij} \leq \frac{d \cdot L_{Hj}}{S} \quad ()$$

де T_{ij} - період до досягнення i -м локомотивом нормативного пробігу до j -го виду ремонт, діб.;

d - припустиме відхилення пробігів між ремонтами від нормативного значення.

Вибирається в межах від 0 до 0,1;

L_{Hj} - нормативний пробіг між j -м видом ТО або ПР, км;

S - середньодобовий пробіг одного тепловоза, км/добу.

По-друге:

відносний пробіг до досягнення нормативного значення

$$\frac{T_{ij} \cdot S}{L_{Hj}} \rightarrow \min \quad ()$$

даного локомотива повинний бути найменшим.

Якщо ремонтна база не завантажена, то значна частина локомотивів може бути поставлена на обслуговування з пробігом менше нормативного. Це може привести до того, що і середній пробіг між ремонтами виявиться менше норми. Це неприпустимо, оскільки привело б до необгрунтованого збільшення програми ремонту. Для того щоб цього уникнути величина d у формулі () змінюється в межах від 0 до 0,1. При цьому, чим менше її значення, тим ближче мінімальний пробіг тепловозів, що надходять на обслуговування до нормативного. Зміною цього показника в моделі (якщо це в принципі можливо) досягається середній пробіг між ремонтами рівний нормативному.

Обраний відповідно до зазначених умов локомотив є черговим кандидатом для постановки відповідно на ТО-3 або ПР-1. Якщо в дану добу ще є незайняті ремонтні позиції, то імітується постановка локомотивів на ремонт, і заняття ремонтної позиції на час, необхідний для його проведення. У протилежному випадку, ремонт переноситься на наступну добу. Якщо кандидатів на ремонт, що задовольняють описаним вище умовам

немає, то, незалежно від того, чи зайняті в дану добу всі стійла чи ні, моделювання поточної доби припиняється і переноситься на наступний робочий день. Для цього період часу до чергових ремонтів усіх локомотивів зменшується на одиницю (якщо наступний день робочий) або ще додатково на число неробочих днів, а ремонтна база до початку чергової доби вважається повністю вільною. Після цього процес вибору чергових кандидатів на ремонт і їхні постановки на ремонтні позиції повторюється знову. Для деяких окремих випадків, доцільно користуватися більш простими аналітичними залежностями. Випадок, коли усі вхідні потоки можуть бути подані законами Пуасона описані в літературі. Однак, як уже відзначалося, для тепловозних депо ця умова практично не виконується. Більш поширеним випадком у сучасних умовах є детерміновані (або близькі до них) потоки надходження локомотивів на планові ремонти. Для вирішення поставленої задачі, при детермінованому потоці надходження на ТО-3 і ПР-1 і виконанні всіх непланових ремонтів тільки на спеціалізованих позиціях з використанням ПКД, можна запропонувати наступну аналітичну модель.

Позначимо випадкову величину затримки постановки на ремонтну позицію n -го локомотива (відносно планового моменту початку його ремонту) - τ_n , а випадкову тривалість його ремонту - t_n . Тоді період від планованого моменту постановки тепловоза на ремонтну позицію до закінчення його ремонту дорівнює

$$\tau_n + t_n \quad ()$$

Якщо цей період перевищує плановий інтервал між слідуючими друг за другом ремонтами даного виду T , то наступний локомотив буде затриманий на час

$$\tau_n + t_n - T \quad ()$$

щодо планового моменту його постановки.

Якщо ж

$$\tau_n + t_n \leq T, \quad ()$$

то черговий локомотив буде поставлений вчасно. Аналітично це можна записати так

$$\tau_{n+1} = \begin{cases} 0, & \text{при } \tau_n + t_n \leq T, \\ \tau_n + t_n - T, & \text{при } \tau_n + t_n > T \end{cases} \quad ()$$

Оскільки розглянутий процес носить стаціонарний характер, то імовірності тих або інших подій не залежать від номера ремонту. Зокрема, імовірностні розподіли величин усіх τ_n однакові.

Тривалість ремонту залежить від обсягу робіт, що необхідно здійснити на локомотиві, і кількості слюсарів, що виконують цей ремонт. Якщо припустити, що за кожним локомотивом закріплене визначена кількість робітників, то тривалість ремонту залежить тільки від обсягу робіт і не залежить від моменту початку ремонту. Тому випадкові величини τ_n і t_n незалежні друг від друга.

Для визначення математичного очікування простою локомотивів через несвоєчасне звільнення ремонтних позицій скористуємося формулою

$$M_{\tau} = 0 \cdot P(\tau = 0) + \int_0^T h(t)tdt = P_0 \int_0^T tg(t)dt \quad ()$$

Знаючи основні характеристики процесу, можна перейти до вартісного критерію ефективності. Будемо розглядати ті ж складові частини витрат, що й в імітаційній моделі. Відносні витрати на простаювання локомотивів у нічний час і в неробочі дні, які приходяться на один робочий день, визначаються як

$$Z'_M = e_{л} (1 - P_0) \left[(24 - T_{р.д.}) + 24 \frac{K_{в.в.х.}}{K_{р.д.}} \right] \quad ()$$

де $e_{л}$ - витратна ставка однієї години простою локомотива (1);

$1-P_0$ - імовірність затримки локомотивів на ніч після робочого дня (2);

24 - кількість годин у добі (3);

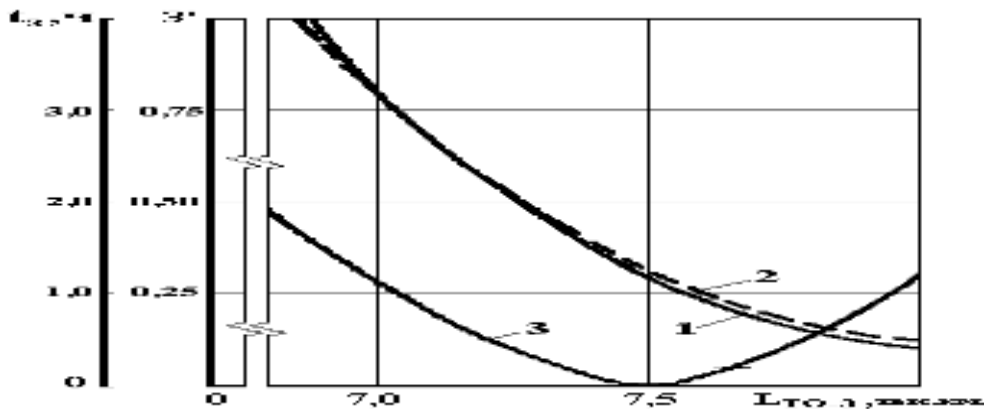
$T_{р.д.}$ - тривалість робочого дня (4);

$K_{вих.}/K_{р.д.}$ - імовірність того, що наступний день неробочий (5).

Значення середньої тривалості очікування постановки тепловозів на ремонт у залежності від періодичності проведення ТО-3 приведена на рис. _____. Тут також наведена залежність, яка отримана шляхом імітаційного моделювання. Як видно з рисунка в розглянутій області характеристики, отримані за допомогою цих методів, дуже близькі. Різниця між ними не перевищує 5%. Це є одним із підтверджень адекватності імітаційної моделі процесам, що реально відбуваються. На рис. ____ приведена залежність відносних витрат і їх складових частин, яка отримана на підставі описаної вище моделі.



Рис. - Залежність $g(t)$ і її складових частин, від тривалості t затримок постановок тепловозів на ТО і ПР



- 1 – аналітична модель;
- 2 – імітаційна модель;
- 3 – сумарні відносні витрати від затримок.

Рис. – Залежності змінної частини сумарних відносних витрат від тривалості постановки тепловозів на ТО-3

Розділ 3 містить огляд методів класифікації оптимізації задач планування і розміщення ПКД тепловозів. Застосовуємо раніше методи визначення розміщення ПКД на залізницях недостатньо чітко формулювали задачі планування і розміщення, не використовували показники і характеристики існуючих і нових об'єктів, не містили простір рішень і міри відстані між об'єктом (або метрик простору переміщень), а також критеріїв оцінки можливих варіантів рішень.

У залежності від розмірів кожний новий об'єкт можна розглядати або як точку, або як деякий протяжний об'єкт. У останньому випадку керуючою перемінною є форма об'єкта (або форма займаємою ею площею) і задача розміщення зводиться до задачі

планування. У деяких задачах розміщення кількості нових об'єктів є керуючою перемінною, а не параметром задачі. Що стосується існуючих об'єктів, то вони також у залежності від розмірів можуть розглядатися або як точка, або як протяжний об'єкт. Крім того, розміщення існуючих об'єктів може бути статичним або динамічним, детермінованим або стохастичним. Якщо розміщення існуючих об'єктів є керуючою перемінною, то ми маємо справу з задачею перерозподілу, а якщо, крім того, управляюча перемінна являє собою форму займаємої нею площі, то ще і з задачею перепланування.

У роботі розглянуті узагальнена задача розміщення, відома як задача Ферма; багатоелементна задача розміщення як задача вибору такого розташування, при якому мінімізуються загальні річні транспортні витрати; розміщення об'єктів на площині з метрикою Мінковського; задача лінійного програмування.

Для підвищення ефективності технічного обслуговування і поточного ремонту тепловозів необхідно визначити оптимальний рівень централізації пунктів технічного обслуговування і поточного ремонту, що містить у собі необхідність визначення раціональної кількості підприємств централізованого обслуговування і ремонту, які мають пости діагностики, їхнє місце розташування, потужність, спеціалізацію.

Критерієм вибору оптимального варіанта вважаємо мінімум загальних витрат на проведення усіх видів технічного обслуговування і поточного ремонту тепловозів із використанням засобів і методів діагностики і витрат на транспортування рухомого складу.

Введемо наступні позначення:

Y1- число номерів зворотних депо;

Y2- число номерів депо, де доцільно створювати ПКД;

Y- число усіх депо, $Y=Y1+Y2$, $Y=1,j$;

I1- множина типів тепловозів, що будуть проходити технічне обслуговування і поточний ремонт у своїх депо;

I2- множина серій тепловозів, що будуть проходити технічне обслуговування і поточний ремонт у депо, обладнаних ПКД;

I- множина всіх серій тепловозів на даній залізниці, $I=1,i$;

aij- кількість тепловозів *i*-ї серії в *j*-му депо (зворотному);

uij- кількість тепловозів *i*-ї серії в депо з ПКД;

xijg- кількість тепловозів *i*-ї серії, яку доцільно направляти в депо з ПКД із *j*-го депо, $i \in I2$, $j \in Y1$, $g \in Y2$;

Ai- кількість тепловозів усіх серій на *i*-ї залізниці,

$z_{ij}^{(1)}$ - витрати на ремонтні операції для одного тепловоза *i*-ї серії у своєму депо;

$z_{ij}^{(2)}$ - витрати на ремонтні операції для одного тепловоза *i*-ї серії в депо з ПКД;

$z_{igj}^{(3)}$ - витрати, пов'язані з доставкою і отриманням *i*-ї серії тепловозів ($i \in I2$) із *j*-го депо в *g*-е депо з ПКД;

bj- максимальна кількість тепловозів, яку можна розмістити на базі зворотного депо;

dj- максимальна кількість тепловозів, що можна розмістити на базі депо з ПКД.

Витрати на ремонтні операції із застосуванням переносних засобів діагностування у своєму депо визначається з виразу

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in Y} z_{ij}^{(1)} (d_{ij} - x_{igj}) \quad ()$$

Підсумок робиться по всім серіях тепловозів i , ремонт яких здійснюється у своєму депо і в усіх депо j (крім $i=g$, де виконують централізоване обслуговування і ремонт із діагностикою на ПКД).

Витрати на ремонт тепловозів у депо з ПКД визначається з виразу

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in Y_2} \sum_{j \in Y} z_{ij}^{(2)} (x_{ij} - y_{ij}) . \quad ()$$

Витрати на транспортування і отримання тепловозів серій $i \in I_2$ із j -го депо в депо з ПКД визначиться як

$$\sum_{i \in I_2} \sum_{j \in Y_2} \sum_{j \in Y} z_{ij}^{(3)} x_{ij} . \quad ()$$

Вирішення задачі створення ПКД ставить метою забезпечення мінімальних сукупних витрат на ремонтні впливи для тепловозів різних серій в усіх депо. Отже, критерій ефективності для такої постановки задачі приймає вигляд

$$\min Z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in Y} z_{ij}^{(1)} (d_{ij} - x_{ij}) + \sum_{i \in I} \sum_{g \in Y_2} \sum_{j \in Y} z_{ij}^{(2)} (x_{ij} + y_{ij}) + \sum_{i \in I_2} \sum_{g \in Y_2} \sum_{j \in Y} z_{ij}^{(3)} x_{ij} . \quad ()$$

Ця функція мінімізується при наступних умовах

$$\sum_{i \in I} a_{ij} \leq b_j . \quad ()$$

Кількість тепловозів, яка мається у приписному парку зворотного депо, крім $i=g$, не повинна перевищувати гранично припустимої

$$\sum_{i \in I} (x_{ij} + y_{ij}) \leq d_j . \quad ()$$

Кількість тепловозів, які проходять ремонтні впливання з елементами діагностики на ПКД не повинна перевищувати максимально припустимої

$$\sum_{i \in I} (a_{ij} + y_{ij}) = A_i . \quad ()$$

Тепловози експлуатуються тільки на всій залізниці і не передаються на інші, як і не приймаються з інших залізниць

$$Y = \{1, 2, \dots, n\} = Y_1 + Y_2 . \quad ()$$

Записана таким чином задача вирішувалась на ЕОМ по програмі, розробленої разом із кафедрою ЕРРС ХДАЗТ.

У розділі 4 приведені матеріали з розробкою технічних вимог на ПКД магістральних тепловозів, архітектурно-будівельні варіанти рішення створення ПКД, їхнє планування і оснащення. Як приклад розглянуте функціонування ПКД тепловозів 2ТЕ116 і ТЕП70 у локомотивному депо Основа Південної зал., у створенні та оснащенні якого автор приймав особисту участь. При цьому функціонування оцінювалося із застосуванням методу динаміки середніх, визначення ефективності виконувалося з оцінкою пріоритетів обслуговування і прогнозованих термінів окупності.

Дослідженнями, проведеними на кафедрі ЕРРС ХДАЗТа, було доведено, що найбільш адекватною моделлю функціонування ПКД є модель СМО з чеканням і відносним пріоритетом для термінових вимог з обліком надійності і без переривання обслуговування. При цьому малося на увазі моделювання, насамперед, матеріальних потоків, тобто потокового надходження та обслуговування локомотивів, а моделювання

інформаційних потоків припускало тільки моделювання супровідної інформації. Водночас, розвиток засобів діагностики й обчислювальної техніки, застосування логістичних підходів викликає необхідність удосконалення математичного забезпечення задач моделювання. У цьому плані значний інтерес для моделювання ПКД, як складної системи, є застосування методу динаміки середніх. Відомо застосування цього методу в деяких задачах локомотивного господарства, де вважається, що всі локомотиви однакові, тобто система має однорідні елементи, усі розподіли випадкових величин показові і робота одного елемента не залежить від інших. При цьому відсутня залежність точності розрахунку від числа елементів. Для одержання наближеного рішення потрібно зробити допущення, яке називають "принципом квазірегульованості", тобто вважати, що інтенсивності потоків подій, що переводять елемент із стану у стан, залежать не від самих чисельностей станів, а від їхніх математичних чекань.

Визначаючи інтенсивності λ_{ij}^I , λ_{ij}^II потоків подій, що переводять елементи (вантажні і пасажирські тепловози) із стану в стан було встановлено, що деякі з цих інтенсивностей залежать від чисельностей станів, а інші не залежать. Виходячи з цього була складена система диференціальних рівнянь, у котрих відповідно до принципу квазірегульованості, чисельності станів були замінені середніми чисельностями (математичними очікуваннями). Рішення рівнянь дозволило визначити основні складові частини інформаційних і матеріальних потоків, пов'язаних з діагностуванням вантажних і пасажирських тепловозів на ПКД.

Економічна ефективність упровадження ПКД оцінювалася по прогнозуванню терміна окупності, який був визначений у межах 1,8-2,0 років.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Аналіз технології ТО і ПР магістральних тепловозів показав необхідність удосконалення методики організації і визначення дислокації ПКД. Дисертація містить отримані автором наукові результати, що в сукупності дозволяють зробити висновок про розроблену нову методику організації ТО і ПР магістральних тепловозів, яка базується на застосуванні методів і засобів діагностування на ПКД, його оснащеності, оптимальної дислокації в локомотивних депо, тобто поставлена мета і задачі вирішені.

На підставі проведених у дисертаційній роботі досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Розроблена методика моделювання типових сполучень додаткових робіт на ТО-3 і ПР-1 магістральних тепловозів з діагностуванням, яка базується на підставі аналізу динаміки параметричних відмов, кореляційному аналізі і формуванні типових сполучень у технологічні маршрути за даними 4-х локомотивних депо.

2. Отримана таблиця, що має 6 маршрутів інтенсивної технології ТО-3 для тепловозів ТЭП70 із використанням ПКД, які впроваджені у локомотивному депо Основа Півд.зал.

3. Запропонована методика аналітичного та імітаційного моделювання робіт, виконуваних на ділянках ТО і ПР. Розраховані і отримані залежності програми обслуговувань і ремонтів магістральних тепловозів від впливу експлуатаційних факторів, різниця між якими не перевищує 5%, що підтверджує адекватність моделей.

4. Отримані залежності сумарних відносних витрат від тривалості постановки тепловозів на ТО-3 і їхньої затримки, які мають експоненціальний характер.

5. На підставі вивчення досвіду діагностування і аналізу роботи створеного за участю автора ПКД у локомотивному депо Основа Півд.зал. розроблені технічні вимоги на створення й оснащення ПКД для тепловозів 2ТЕ116 і ТЭП70.

6. Ураховуючи різноманітність тягових територій і взаємне розташування споруд у депо запропоновано 6 архітектурно-будівельних варіантів ПКД.

7. Розроблена методика визначення дислокації ПКД, як задача лінійного програмування, і визначена оптимальна дислокація ПКД у локомотивних депо Південної залізниці.

8. На підставі методу динаміки середніх із використанням принципу квазірегульованості визначені основні параметри функціонування ПКД вантажних і пасажирських тепловозів.

9. Основні положення і результати дисертаційної роботи впроваджені на ПКД у опорному локомотивному депо Основа Південної зал. для дослідного парку тепловозів 2ТЕ116 і ТЕП70, а також покладені до основи розробленої за участю автора “Концепції створення систем діагностики в локомотивному господарстві залізниць України”.

10. За результатами роботи ПКД отримано на дослідному парку скорочення експлуатаційних витрат дизельного палива на 1,8%, змінюємості запасних частин на 5-7%, поліпшення екологічних показників на 3-5%.

11. Розроблена методика оцінки економічної ефективності впровадження ПКД, яка підтвердила можливість отримання строку окупності в термін 1,8-2,0 роки.

Основні положення дисертації опубліковані в роботах:

1. Тартаковский Э.Д., Бутько Т.В., Матяш В.А., Остапчук В.Н. Моделирование и оптимизация системы ТО и ТР локомотивов по суммарным удельным затратам // Межвуз. сб. науч. тр. / ДГУИТ, Днепропетровск, 1996. – С.87-91.

Особистий внесок здобувача полягає у проведенні моделювання та дослідження залежності цільової функції витрат від пробігу між ТО-3 та ПР-1 тепловозів ТЕП70.

2. Матяш В.А., Диковенко А.М. Интенсивная технология диагностирования для прогноза технического состояния локомотивов в депо // Межвуз. сб. науч. тр. / ХарГАЖТ, 1997. – Вып. 29. – С.18-20.

Особистий внесок здобувача полягає у постановці задачі з інтенсивної технології діагностування тепловозів та її

3. Матяш В.А. Совершенствование организации и технологии работы пунктов технической диагностики тепловозов на дороге // Міжвуз. зб. наук. праць / ХарДАЗТ, 1998. – Вып. 34. – С.9-11.

4. Матяш В.А. Концепция организации пунктов комплексного диагностирования тепловозов // Міжвуз. зб. наук. праць / ХарДАЗТ, 1999. – Вып. 37. – С.37-43.

5. А.с. 1168814 СССР / Способ оценки технического состояния двигателя внутреннего сгорания / Бойчук В.Б., Дунаевский Л.М., Каганский О.С., Колотий В.П., Матяш В.А., Бабинский И.И. Заявка №3666044. Зареєстровано 22.03.1985. Опубл. 23.07.85. Бюл. №27. – бс.: 5 ил.

Вдосконалення методики організації та визначення дислокації пунктів комплексного діагностування магістральних тепловозів: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.07 / В.О. Матяш ; Харк. держ. акад. **залізн. трансп.** — Х., 2000. — 19 с. — укр.

Дисертацію присвячено питанням підвищення ефективності експлуатації магістральних тепловозів шляхом вдосконалення технології їх обслуговування та ремонту з діагностуванням. Виконано розробки типових сполучень додаткових робіт на ділянках технічного обслуговування (ТО-3) та поточного ремонту (ПР-1) магістральних тепловозів із діагностуванням. Проведено моделювання раціональної організації робіт на ділянках ТО і ПР тепловозів та отримано залежності програми обслуговувань і ремонтів від впливу експлуатаційних факторів. Розроблено методику та проведено розрахунки щодо визначення дислокації пунктів комплексного діагностування (ПКД), а також технічні вимоги з метою створення й оснащення ПКД магістральних тепловозів. Визначено основні параметри функціонування ПКД. Наведено приклади практичної реалізації результатів досліджень щодо організації роботи ПКД і оснащення його стаціонарними і пересувними засобами. Запропоновано методику оцінки економічної ефективності з визначенням прогнозованих термінів окупності.