Міністерство інфраструктури України
Українська державна академія залізничного транспорту

УСТЕНКО ОЛЕКСАНДР ВІКТОРОВИЧ

УДК 629.4.014

ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНОЮ ЕКСПЛУАТАЦІЄЮ ЛОКОМОТИВІВ

05.22.07 - рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Харків - 2011

Дисертація є рукописом.

Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту Міністерства інфраструктури України

Науковий консультант доктор технічних наук, професор
Тартаковський Едуард Давидович,
Українська державна академія залізничного транспорту, кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу, завідувач кафедри

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Боднар Борис Євгенович,
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. В. Лазаряна, кафедра локомотивів, перший проректор, завідувач кафедри

доктор технічних наук, професор
Кельріх Мусій Борисович,
Державний економіко-технологічний університет транспорту, кафедра вагонів, завідувач кафедри

доктор технічних наук, професор
Басов Геннадій Григорович,
Східноукраїнський національний університет імені В. Даля, кафедра залізничного транспорту, професор кафедри

Захист відбудеться " 27 " січня 2012 р. об 12.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 в Українській державній академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

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

Автореферат розісланий " 23 " грудня 2011 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради А.В. Прохорченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ. Однією з базових галузей економіки України є залізниці, на які припадає понад 88 % вантажообігу та 50 % пасажирообігу. Велике значення у виконанні перевізного процесу відіграє локомотивне господарство. У наш час, за статистичними даними, на залізницях України магістральна і маневрова робота здійснюється парком локомотивів, які належать до другого покоління рухомого складу та майже на 90 % виробили свій ресурс. Згідно з прогнозними планами Укрзалізниці обсяги перевезень, починаючи вже з 2012 року, набуватимуть тенденцій до збільшення. Так, зростання потреби вантажних локомотивів до 2020 року буде становити більше 20 %. Це визначає необхідність оновлення та поповнення парку рухомого складу.

Досвід розвинутих країн доводить, що характеристики тягового рухомого складу (ТРС) повинні бути раціональними не тільки для умов вітчизняних залізниць, а й відповідати світовим стандартам. При цьому система їх обслуговування та ремонту, яка безпосередньо пов'язана з підтримкою їх функціонування в експлуатації, також повинна бути адаптованою до сучасних вимог.

Актуальність теми. Залізниці України, якими виконується великий і різноманітний обсяг перевезень, мають широкий перелік типів та серій локомотивів і моторвагонного рухомого складу. Така різноманітність підтверджується великим спектром виконуваних робіт. При цьому весь цей парк рухомого складу експлуатується, обслуговується та ремонтується в понад 60 локомотивних депо, які у свою чергу класифікуються за призначенням, пристосуванням до обслуговування локомотивів окремих серій, видами й обсягами виконуваних робіт. Наявність виробничих площ, ремонтного обладнання, його стан та якість виконання обслуговувань і ремонтів у цих депо суттєво відрізняються один від одного. Тому депо спеціалізуються для виконання відповідних видів ремонту лише для одних серій рухомого складу.

Відповідно до «Концепції та програми реструктуризації на залізничному транспорті» локомотивні депо будуть розділені на експлуатаційні та ремонтні, що повинно призвести до підвищення якості експлуатації локомотивів і їх надійності. У той же час для підтримки ТРС в справному стані на залізницях діє планово-попереджувальна система технічних обслуговувань (ТО) і поточних ремонтів (ПР), яка регламентується відповідним положенням і затверджена наказом Укрзалізниці від 30.06.2010р., №093.

З урахуванням модернізації існуючого та закупівлі рухомого складу нового покоління, необхідності його ТО та ПР, реструктуризації

локомотивних депо визначається потреба у створенні такої системи технічної експлуатації, яка враховувала б наведені раніше чинники.

Вирішення цієї науково-прикладної проблеми дозволить підвищити якість експлуатації існуючого, нового та модернізованого рухомого складу, значно зменшити експлуатаційні витрати.

Одним із етапів таких досліджень є розроблення віртуальної системи управління технічною експлуатацією тягового рухомого складу (ВСУТЕ ТРС). Вона дозволить оптимізувати та скоординувати роботу експлуатаційних, ремонтних депо, ув'язати її з видом та станом рухомого складу, регіоном його експлуатації.

Для створення ВСУТЕ ТРС необхідно розробити нову концепцію віртуальної системи управління експлуатацією, обслуговуванням та ремонтом рухомого складу, яка б у комплексі враховувала динаміку зміни характеристик рухомого складу протягом всього життєвого циклу, стан та можливості ремонтних підприємств. При цьому повністю повинен бути врахований ланцюжок від створення або модернізації локомотива, систем його сервісного обслуговування до взаємовідносин заводу-виробника, експлуатаційних і ремонтних локомотивних депо при їх взаємодії.

Сформульований підхід є науково-прикладною проблемою, якій раніше в Україні приділялось недостатньо уваги. Тому тема дисертації, яка спрямована на створення віртуальної системи управлінням експлуатацією, обслуговуванням та ремонтом рухомого складу з урахуванням стану ремонтних підприємств, є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Робота виконана згідно з Державною програмою "Розвиток рейкового рухомого складу соціального призначення для залізничного транспорту та міського господарства", введеною в дію Постановою Кабінету Міністрів України від 2 червня 1998 р., №769, та «Комплексною програмою оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки», затвердженою наказом Міністра транспорту та зв'язку України від 14.10.2008 р., №1259, а також науково-технічною програмою «Розвиток відомчого залізничного транспорту для забезпечення вантажних перевезень на підприємствах України (Наказ Міністерства промислової політики України від 13.12.2004 р., №667) і „Концепцією та програмою реструктуризації на залізничному транспорті України".

Наукові результати дисертаційної роботи отримані при виконанні планів таких держбюджетних та госпдоговірних науково-дослідних робіт: «Тимчасове положення про обслуговування та ремонт нового наукоємного тягового рухомого складу» (ДР 0105U000893), "Проведення досліджень та розробка методичних положень з розподілу локомотивних, вагонних та пасажирських депо на експлуатаційну та ремонтну частину" (ДР

0107U006535), "Оцінка технічного рівня та техніко-економічна оцінка модернізованих тепловозів серії ЧМЕ3П. Розробка технічного завдання на маневровий тепловоз серії ЧМЕ3П" (ДР 0108U009084), «Розробка методики випробувань деталей рухомого складу» (ДР 0110U007583), «Дослідження ефективності використання конічних підшипників касетного типу в буксах вагонів» (ДР 0110U006094), у яких автор був відповідальним виконавцем.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є вирішення науково-прикладної проблеми – розроблення наукових основ формування віртуальних систем управління експлуатацією, обслуговуванням і ремонтом локомотивів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- виконати аналіз стану рухомого складу, систем його обслуговування та ремонту на залізницях України;
- виконати аналіз структури та характеристик локомотивних депо, в яких експлуатується, обслуговується та ремонтується рухомий склад;
- розробити концепцію віртуальної системи експлуатації, обслуговування та ремонту рухомого складу з урахуванням його виду, стану ремонтних депо та заводів;
- розробити модель віртуальної системи управління технічною експлуатацією, обслуговуванням і ремонтом ТРС;
- проаналізувати та удосконалити моделі з визначення надійності рухомого складу на етапі проектування та експлуатації;
- визначити номенклатуру показників, які характеризують технічний рівень локомотивних депо, розрахувати та проаналізувати їх;
- розробити метод атестації підприємств для подальшого визначення рівня ремонтного підприємства;
- сформулювати методи визначення стану ТРС та систем його підтримки;
- оцінити економічну ефективність від впровадження рекомендованої ВСУТЕ ТРС для тепловозів серії 2ТЕ116.

Об’єкт дослідження – процес функціонування системи управління технічною експлуатацією ТРС.

Предмет дослідження – формування віртуальної системи управління технічною експлуатацією ТРС.

Методи дослідження. Виконані в дисертаційній роботі дослідження ґрунтуються на теорії ймовірності і математичній статистиці, математичному аналізі, теорії масового обслуговування, теорії математичного та імітаційного моделювання, теорії надійності, теорії систем і системному підході, а також на чисельних методах розрахунків на

ЕОМ. Дані методи дослідження забезпечують обґрунтованість та достовірність отриманих результатів і висновків.

Наукова новизна одержаних результатів. Вирішено науково-прикладну проблему визначення основ формування перспективних віртуальних систем управління експлуатацією, обслуговуванням та ремонтом рухомого складу на основі моделей і методів, що дозволить значно скоротити експлуатаційні витрати.

Вперше:

- розроблено концепцію віртуальної системи технічної експлуатації ТРС, яка узагальнює визначення науково-обґрунтованих характеристик і розвиває принцип створення систем технічної експлуатації, обслуговування та ремонту рухомого складу з урахуванням умов експлуатації, світового технічного рівня, системи обслуговування та ремонту, стану ремонтних депо і заводів та особливостей промисловості і залізниць України;
- сформульовано методологічні основи створення віртуальних систем управлінням технічною експлуатацією тягового рухомого складу на основі нових методів і моделей;
- сформовано моделі віртуальної системи управління технічною експлуатацією ТРС, яка враховує його технічний стан, стан ремонтного виробництва та систему ТО і ПР, що запропонована розробником ТРС;
- запропоновано використовувати для оцінки технічної готовності ТРС у ВСУТЕ коефіцієнт технічної готовності ТРС, який, на відміну від діючого коефіцієнта готовності, дозволяє враховувати час, затрачений на переміщення ТРС до місця проведення ремонту, очікування ремонту, та час, витрачений на переміщення його на місце експлуатації. Для оцінки технічної ефективності ВСУТЕ ТРС запропоновано використовувати коефіцієнт технічної експлуатації ТРС, який відображає відхилення існуючої системи технічної експлуатації від ідеалізованої системи з урахуванням конструкційних особливостей ТРС, системи його ТО та ПР і стану, можливостей і розміщення ремонтних підприємств;
- запропоновано метод атестації підприємств з обслуговування та ремонту ТРС, який враховує технічний рівень ремонтної бази депо та якість виконуваних ремонтних робіт.

Удосконалено:

- модель селекції претендентів на виконання робіт з ремонту локомотивів і його вузлів за рахунок використання регресійної залежності, яка з вибраною точністю описує статистичний розподіл

залежності вихідного сигналу даного управління виробництвом від керуючих дій певного призначення і умов експлуатації.

Дістали подальшого розвитку:

- критерії оцінки рівня і ступеня механізації та автоматизації локомотиворемонтного виробництва в частині уточнення значень показника ланковості машин для ремонтного виробництва локомотивних депо;
- модель визначення раціональної кількості кваліфікованих працівників ремонтного виробництва локомотивного господарства, яка, на відміну від існуючої, враховує штат не одного депо, а всіх депо залізниці;
- комплекс моделей прогнозування тенденцій розвитку й використання виробничих потужностей локомотивних депо, які, на відміну від існуючих, враховують технічний рівень ремонтного виробництва.

Практичне значення одержаних результатів.

Результати роботи визначають:

- положення з атестації підприємств з обслуговування та ремонту тягового рухомого складу;
- пакет прикладних програм на основі моделі прогнозування тенденцій розвитку й використання виробничих потужностей локомотивних депо;
- модель визначення потужності дизеля в експлуатації та витрат палива з урахуванням зносу основних вузлів;
- модель визначення раціональної кількості кваліфікованих працівників ремонтного виробництва локомотивного господарства;
- настанова з економного використання дизельного палива при експлуатації тепловозів;
- модель віртуальної системи управління технічною експлуатацією ТРС, яка враховує його технічний стан, стан ремонтного виробництва і систему ТО та ПР, що запропонована розробником ТРС;
- настанова з організації ресурсозберігаючих заходів на об’єктах локомотивного господарства Укрзалізниці;
- визначені оптимальні для локомотиворемонтних підприємств Укрзалізниці показники механізації та автоматизації виробництва.

Вони впроваджені:

- у Державній адміністрації залізничного транспорту України при узгодженні положення з атестації підприємств з обслуговування та ремонту тягового рухомого складу та затвердженні настанови з економного використання дизельного палива при експлуатації тепловозів;

- у Державному підприємстві «Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України» при розробленні концепції створення віртуальної системи технічної експлуатації тягового рухомого складу, яка враховує систему експлуатації, обслуговування та ремонту рухомого складу, умови експлуатації, світового технічного рівня, стан ремонтних депо і заводів та особливостей промисловості і залізниць України;
- у фірмі SKF при розробленні концепції зв'язку ремонтних підприємств з виробниками складових частин ТРС;
- у навчальний процес підготовки спеціалістів і магістрів Української державної академії залізничного транспорту та Інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації.

Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними актами та матеріалами впровадження.

Особистий внесок здобувача. У працях, які написані у співавторстві, дисертанту належить:

[1, 2, 3, 9, 20, 46] – розроблення моделей, розрахунки та прогнозування показників надійності рухомого складу і його складових залізниць; [4, 37] – розроблення моделей і моделювання процесів ремонту рухомого складу та його вузлів; [5, 7, 8, 15, 16, 17, 19, 43] – розроблення моделей і розрахунки показників економічної ефективності та надійності тягових електроприводів постійного струму; [6, 36] – розроблення моделей та систем випробувань вузлів локомотивів; [11] – розроблення методу визначення чисельності робітників для локомотиворемонтних підприємств; [13, 14, 24, 26, 33, 34, 38, 41, 44, 45] – визначення та моделювання заходів з підвищення ефективності функціонування рухомого складу і локомотиворемонтних підприємств; [22, 25, 27, 32, 35, 40, 42] – розроблення технічних заходів з підвищення надійності та ефективності використання рухомого складу і його складових; [39, 47, 48] – розроблення моделей та методів з удосконалення віртуальної системи управління технічною експлуатацією рухомого складу.

Всі роботи виконувалися в Українській державній академії залізничного транспорту.

Апробація результатів дисертації. Основні матеріали і результати дисертаційної роботи доповідалися й отримали схвалення на 28 міжнародних та 1 галузевій науково-технічних конференціях:

- XVIII, XIX, XX, XXI міжнародних науково-технічних конференціях "Проблеми розвитку рейкового транспорту" (Україна, Крим, 2008, 2009, 2010, 2011рр.);
- 58-73 міжнародних науково-технічних конференціях кафедр Української державної академії залізничного транспорту та

спеціалістів залізничного транспорту і підприємств (м. Харків, 1995 – 2011 рр.);

- 28 международной конференции «Композиционные материалы в промышленности» (Украина, Крым, Ялта, 2008р.);
- IV-й науково-практичній конференції «Впровадження наукоємних технологій на магістральному і промисловому залізничному транспорті» (Україна, Крим, Ялта, 2008 р.);
- 3 международной научно-практической конференции «Проблемы экономики и управления на железнодорожном транспорте. ЭКУЖТ-2008» (Украина, Крым, г. Судак, 2008 г.);
- XV міжнародній науково-технічній конференції "Проблеми автоматизованого електроприводу" (Україна, Крим, смт. Миколаївка, 15-20.09.2008 р.);
- I Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології на залізничному транспорті» (Україна, м. Красний Лиман, 2010 р.);
- V міжнародній науково-технічній конференції "Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології" (Україна, м. Київ, 24-25.03.2011 р.);
- 24 міжнародній конференції «Перспективні комп'ютерні, управляючі і телекомунікаційні системи на залізничному транспорті України» (Україна, м. Алушта, 2011р.);
- II Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології на залізничному транспорті» (Росія, м. Сочі, 2011 р.).

Основні положення дисертації також доповідалися на науково-технічних семінарах і нарадах з 2001 по 2011 рр. Повністю дисертація доповідалась:

- на розширеному засіданні кафедри ЕРРС УкрДАЗТу з участю членів спеціалізованої вченої ради (2011 р.);
- науковому семінарі Державного підприємства «Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України» (м. Київ, 2011р.);
- розширеному науковому семінарі кафедри електричного транспорту Харківської національної академії міського господарства (м. Харків, 2011 р.);
- розширеному засіданні факультету систем рейкових комунікацій Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Луганськ, 2010 р.).

Публікації. Результати дослідження опубліковані в 48 наукових працях. З них основні 31 статті опубліковані у виданнях, які затверджені

ВАК України як фахові, а також у 17 додаткових працях. 12 праць опубліковано без співавторів.

Структура дисертації. Дисертаційна робота має вступ, шість розділів, висновки, список використаних джерел та додатки. Повний обсяг дисертації складає 343 сторінки, у тому числі 279 сторінок основного тексту, 16 таблиць, 35 рисунків, 5 додатків на 41 сторінці, список використаних джерел включає 304 найменування.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі подано загальну характеристику роботи, доведено її актуальність і зв'язок з науковими програмами та темами, сформульовано мету і задачі роботи, визначено її наукову новизну і практичну цінність.

У першому розділі проаналізовано технічний стан ТРС на залізницях України та в локомотивних депо, до яких він приписаний. Проведено аналіз робіт з визначення характеристик локомотивів в систем їх утримання.

На залізницях України експлуатується понад 2 тисячі тепловозів і 2,5 тисячі електровозів. Основна частина їх була закуплена в кінці 70-х та на початку 80-х рр. минулого століття. За останні двадцять років залізницями України закуплено менше 50 одиниць локомотивів. Тому на даний момент є актуальною проблема оновлення ТРС.

Проведення реструктуризації локомотивного господарства з урахуванням вимог транспортного ринку викликає необхідність наукового обґрунтування використання системи технічної експлуатації існуючого парку ТРС, їх модернізації і тенденції закупівлі нового ТРС в комплексі з системами їх обслуговування та ремонту і технічними можливостями ремонтних підприємств.

Питанням визначення показників локомотивів, оцінки їх технічного рівня в наш час приділяється багато уваги. Фундаментальні дослідження в цьому напрямку виконувались і виконуються як у наукових організаціях, особливо таких, як ВНДІЗТі, ВЗДІТі, МІІТі, ЛІІЗТі, ОмІІТі, РІІЗТі, СамІІЗТі, ДНУЗТі, СНУ ім. В. Даля, НТУ «ХПІ», ДЕТУТі, УкрДАЗТі та ін., так і на виробничих підприємствах ПАТ ХК «Луганськтепловоз», ВО «Завод ім. Малишева», ДЕВЗ, Брянському ТБЗ (Росія), Коломенському ТБЗ (Росія) та ін. Дані роботи виконувались під керівництвом таких вчених, як Басов Г.Г., Боднар Б.Є., Босов А.А., Блохін Є.П., Браташ В.О., Бутько Т.В., Володін О.І., Гетьман Г.К., Голубенко О.Л., Горбунов М.І., Грищенко О.С., Дьомін Ю.В., Калабухін Ю.Є., Капіца М.І., Кельріх М.Б., Кисельов В.І., Коссов Є.Є., Кудряш А.П., Кузнєцов Т.Ф., Маслієв В.Г., Міщенко К.П., Осенін Ю.І., Тартаковський Е.Д., Ткаченко В.П. та інших.

У роботах науковців ПАТ «ХК «Луганськтепловоз», які проводяться під керівництвом Басова Г.Г. та Міщенка К.П., висвітлено питання з визначення раціональних параметрів нового рухомого складу. Але при цьому не беруться до уваги стан і можливості локомотиворемонтних підприємств залізниць України. При визначенні характеристик перспективних маневрових тепловозів (у роботах під керівництвом Тартаковського Е.Д.) приділяється увага оптимізації характеристик з урахуванням зміни їх протягом всього життєвого циклу. Система ж їх обслуговування та ремонту приймається як така, що відповідає поколінню ТРС, який розробляється. У роботах під керівництвом Павловича Е.С. характеристики локомотивів визначаються за критерієм економічної ефективності. Аналогічні напрямки спостерігаються в роботах інших науковців.

Разом з тим у зазначених роботах не враховується стан ТРС, можливості і якість ремонту на ремонтних підприємствах.

Немаловажним при технічній експлуатації рухомого складу є система його обслуговування та ремонту. Цьому питанню багато уваги приділено в працях таких вчених, як Айзинбуда С.Я., Бабаніна О.Б., Бутько Т.В., Боднаря Б.Є., Босова А.А., Коссова Є.Є., Тартаковського Е.Д. та інших. При визначенні цих систем головна увага приділяється конструкції ТРС, регіону обслуговування та режимам його роботи. Але знову при цьому не враховується стан, можливості і якість ремонту на ремонтних підприємствах залізниць України. Тобто запропоновані системи ТО та ПР не повністю адаптовано до умов України.

На залізницях України функціонує понад 60 локомотивних депо, 7 локомотиворемонтних заводів і понад 200 підприємств, що забезпечують роботу ремонтних депо та заводів.

Питанню оцінки ремонтних підприємств залізниць, особливо визначенню їх основних характеристик локомотивного та вагонного господарства, приділено багато уваги в роботах Болотіна М.М., Бутько Т.В., Горського А.В., Кісельова В.І., Павловича Е.С., Подшивалова А.Б., Тартаковського Е.Д. та інших. Мають значний інтерес роботи в цьому напрямку Болотіна М.М., який пропонує заходи з удосконалення технічного рівня вагонних депо. Але в них не повною мірою враховуються конструктивні особливості рухомого складу та його системи ТОР. У комплексі ці три питання не розглядалися.

У той же час залізниці України виконують комплексну модернізацію ТРС за рахунок використання сучасних вузлів та агрегатів і закуповують новий рухомий склад. При цьому новий ТРС вже належить не до другого, а до третього і четвертого поколінь. Відповідно і системи їх обслуговування та ремонту інші, ніж прийнята планово-попереджувальна система.

З урахуванням реформування локомотивної галузі, при якому передбачається розподіл депо на експлуатаційні та ремонтні, їх атестація з перерахованими раніше питаннями, виникає наукова і практична проблема формування системи технічної експлуатації нового, модернізованого та існуючого рухомого складу з урахуванням перелічених раніше чинників.

Згідно з вищевикладеним у першому розділі сформульовано мету і задачі дисертації.

Другий розділ присвячений подальшому розвитку наукових основ визначення характеристик системи технічної експлуатації ТРС. У ньому розроблено моделі розрахунку та прогнозування техніко-економічних характеристик системи технічної експлуатації.

На основі результатів аналізу закордонних і вітчизняних праць пропонується удосконалити систему технічної експлуатації ТРС за рахунок створення і використання віртуальної системи управління технічною експлуатацією ТРС як нового, так і модернізованого та існуючого з урахуванням його стану, виду, ремонтного рівня депо та системи його ТОР у комплексі.

Для цього запропоновано нову концепцію формування ВСУТЕ ТРС. Вона полягає в тому, що удосконалення системи технічної експлуатації ТРС необхідно виконувати на основі системного підходу з урахуванням його конструкційних даних, системи обслуговування та ремонту, а також стану і можливостей ремонтних підприємств.

Послідовність реалізації запропонованої концепції поділяється на чотири етапи.

На першому етапі виконується аналіз конструкції ТРС та показників його надійності. Він передбачає:

– збір техніко-економічних показників за даним видом ТРС;
– визначення номенклатури конструктивних показників безвідмовності даного виду ТРС та їх значення;
– виділення номенклатури показників ремонтопридатності даного виду ТРС та їх значення.

На другому етапі виконується оцінка технічного рівня локомотивних депо, які можуть або забезпечують експлуатацію, обслуговування та ремонт даного виду ТРС. Для цього виконуються та визначаються:

– загальний аналіз існуючих депо, які експлуатують і виконують технічне обслуговування та ремонт даного виду ТРС.;
– виробнича потужність кожного депо;
– показники функціонування потокових ліній депо;
– показники рівня і ступеня механізації та автоматизації виробничих процесів у депо;

– технічний рівень депо;
– номенклатура додаткових показників, які будуть характеризувати ремонтне підприємство.

На третьому етапі визначаються методи визначення стану ТРС під час експлуатації та його підтримки. Для цього виконуються і визначаються:

– номенклатура показників, яка характеризує ТРС під час його експлуатації;
– методи оцінювання стану рухомого складу;
– система обслуговування та ремонту даного ТРС;
– номенклатура показників, яка характеризує дану систему утримання ТРС, та їх значення.

На четвертому етапі розробляється віртуальна система управління технічною експлуатацією ТРС, яка передбачає:

– аналіз варіантних підходів до розроблення віртуальних систем;
– визначення залежностей між параметрами конструкції ТРС, його надійністю, показниками експлуатації, технічного обслуговування і ремонту та показниками, що характеризують стан і технічні можливості ремонтних підприємств;
– формування моделі віртуальної систем управління технічною експлуатацією ТРС;
– експлуатацію створеної ВСУТЕ ТРС (моніторинг процесів, управління ВСУТЕ ТРС).

Загальний вигляд зв’язків у віртуальній системі технічної експлуатації ТРС наведено на рис. 1.

Для оцінки ефективності ВСУТЕ ТРС було запропоновано нові критерії. Системи обслуговування та конструкцію ТРС в основному оцінюють за допомогою коефіцієнта готовності. Аналіз коефіцієнта готовності залежно від часу для ТРС в ідеальному стані (тобто за відсутності непланових ремонтів та при проведенні серійних ТО та ПР в депо експлуатації) для різних видів локомотивів показав, що залежно від вибраної системи ТОР протягом життєвого циклу він непостійний і змінюється в інтервалі 0,825 — 0,875 (рис. 2).

Для оцінки технічної готовності ТРС в умовах функціонування ВСУТЕ пропонується використовувати коефіцієнт технічної готовності ТРС, який розраховується за формулою

(1)

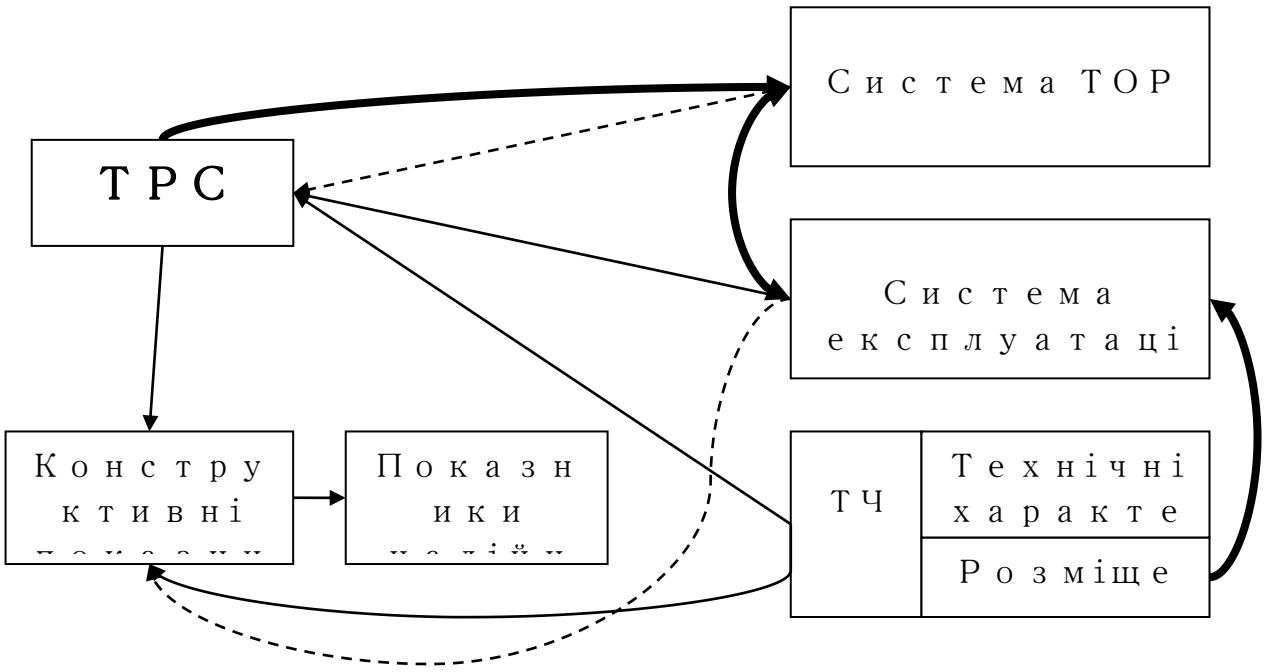


Рис. 1. Схема зв’язків у віртуальній системі технічної експлуатації локомотивів

де $K_{ек}$ – коефіцієнт експлуатації, який характеризує ефективність використання ТРС в експлуатації, $K_{ек}$=0...1; $Ф_{нор}$ – час , год; $M_{норі}$ – кількість проведення і-го виду обслуговування або ремонту згідно з прийнятою системою ТОР; $T_{норі}$ – час на проведення і-го виду обслуговування або ремонту ТРС згідно з відповідними нормативними документами, год; M_{HPi} – кількість проведення непланових ремонтів; $T_{нрі}$ – час на проведення і-го виду непланового ремонту, год; $T_{ТЧі}$ – час слідування з депо експлуатації на ремонтне підприємство і назад, год.

Визначений за формулою (1) коефіцієнт, на відміну від існуючого коефіцієнта готовності, дозволяє враховувати час очікування ремонту та час затрачений на переміщення ТРС на місце експлуатації. Тобто час, протягом якого він не може бути використаний за призначенням у зв’язку з його непрацездатністю.

Для оцінки технічної ефективності ВСУТЕ ТРС пропонується використовувати коефіцієнт технічної експлуатації ТРС, який являє собою відношення коефіцієнта технічної готовності ТРС до коефіцієнта готовності ТРС при його ідеальному стані:

$$K_{ТЕ} = K_{ТГ}(T)/K_{г}(T). \qquad (2)$$

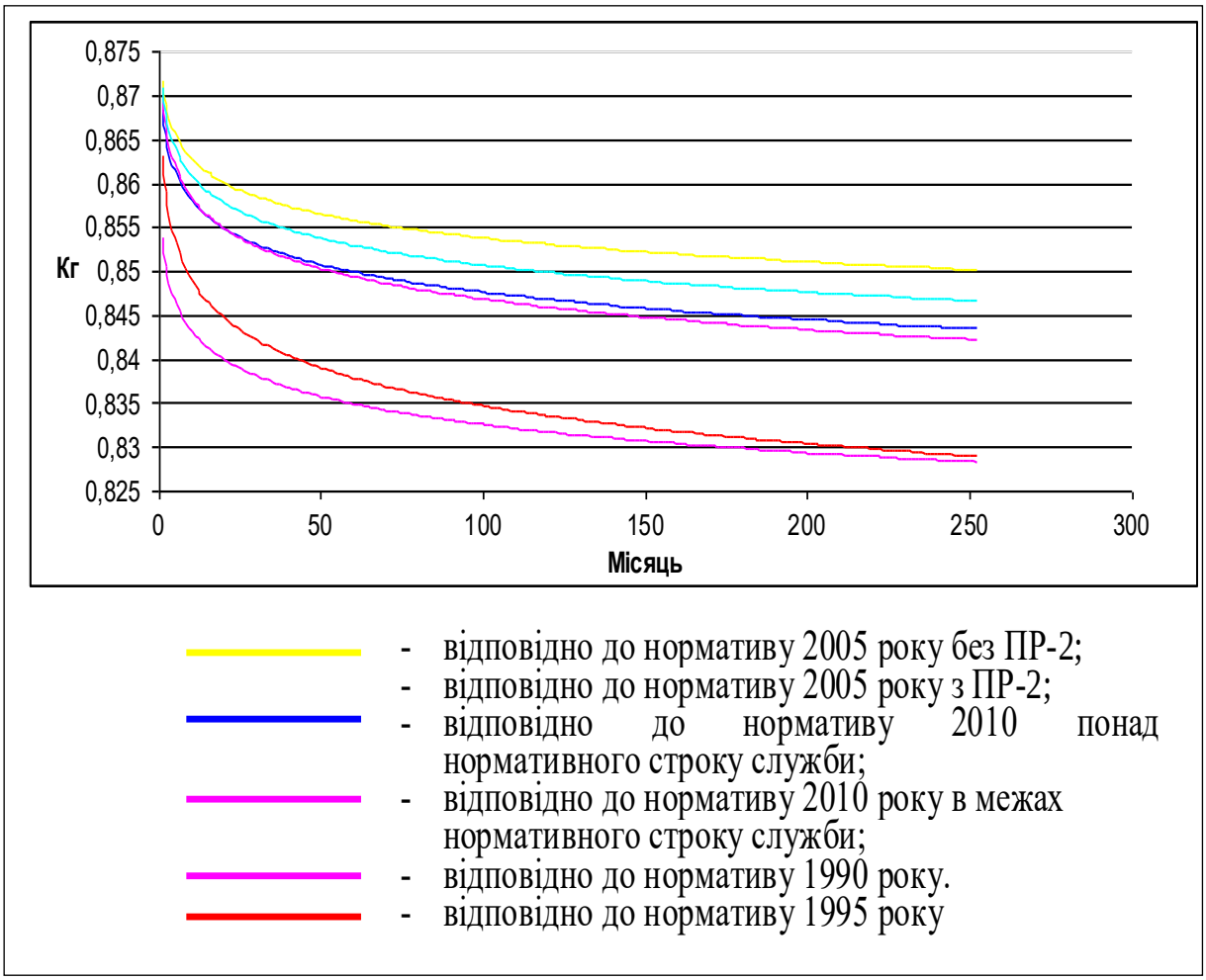


Рис. 2. Динаміка зміни коефіцієнта готовності за життєвий цикл в залежно від періодичності проведення ТО та ПР

З використанням критерію економічної доцільності експлуатації ТРС було визначено мінімально допустиме його значення, яке дорівнює 0,56.

У розробленій моделі ВСУТЕ ТРС весь термін існування ТРС розділено на час знаходження його в працездатному ($T^{пр}$) та непрацездатному ($T^{непр}$) станах, відповідні величини яких розраховуються за формулами

$$T^{пр}_{аренда} = \sum_{i=1}^{10} t^{пр}_{дор\ i} \quad ; \quad T^{непр} = \sum_{j=1}^{6} t^{непр}_{дор\ j} \quad , \qquad (3)$$

де $T^{пр}_{аренда}$ – рухомий склад, який знаходиться в оренді; $t^{пр}_{дор\ i}$ – рухомий склад, який знаходиться в і-му виді роботи в розпорядженні залізниці; $t^{непр}_{дор\ i}$ – рухомий склад, який знаходиться в j-му виді непрацездатного стану.

З іншого боку, загальний календарний фонд праці ТРС визначається за формулою

$$\Phi_д = \Phi_{ек} + \sum_{i=1}^{n} M_i \cdot T_{слТЧi} + \sum_{j=1}^{m} N_j \cdot T^{НР}_{слТЧj} =$$

$$= K_{ек} \cdot \Phi_{нор} + \sum_{i=1}^{n} M_i \cdot T_{слТЧi} + \sum_{j=1}^{m} N_j \cdot T^{НР}_{слТЧj} \ , \qquad (4)$$

де $\Phi_д$ – загальний фонд часу рухомого складу; $\Phi_{ек}$ – фонд часу, протягом якого рухомий склад знаходиться в експлуатації; M_i – і-й вид обслуговування або ремонту рухомого складу; $T_{слТЧi}$ – час слідування на і-й вид ремонту в локомотивне депо; N_j – j-й вид непланового обслуговування або ремонту рухомого складу; $T^{НР}_{слТЧj}$ – час слідування на j-й вид непланового ремонту в локомотивне депо.

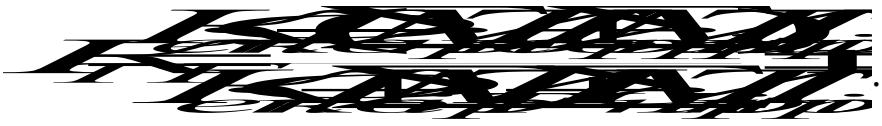
При цьому

$$\Phi_{ек} = K_{ек}(P_{ек}, P_{ТОР}) \cdot \Phi_{нор}; \qquad M_{ТОРi} = f(P_{ТОР});$$

$$N_j = f(P_{кон}, P_{ек}, P_{ТЧ}, P_{ТОР}); \qquad T_i = T_{норі} + T^{слід}_{ТЧi},$$

де T_i – загальний час знаходження рухомого складу в і-му виді обслуговування чи ремонту; $P_{ек}$ - масив показників, які характеризують експлуатацію ТРС; $P_{кон}$ - масив показників, які характеризують конструкцію ТРС; $P_{ТОР}$ - масив показників, які характеризують систему ТОР ТРС; $P_{ТЧ}$ - масив показників, які характеризують підприємство з ремонту ТРС; $T_{норі}$ – нормативний час знаходження рухомого складу в і-му виді обслуговуання чи ремонту; $T^{слід}_{ТЧi}$ –час слідування рухомого складу на і-й вид обслуговуання чи ремонту.

Якщо в якості критерію оптимізації ВСУТЕ ТРС розглянути коефіцієнт технічної готовності ТРС, то відповідна задача оптимізування набуває вигляду



(5)

При цьому системою обмежень є кількість локомотивів $m_Л \geq 1$; кількість ремонтів $M_i \geq 1$; кількість депо $N_{ТЧ} \geq 1$; $K_г > 0{,}75$; $K_{ТГ} \in [0;1]$, $K_{ек} \in [0;3]$, $K_{ТЕ} \geq 0{,}56$.

У загальному вигляді ВСУТЕ ТРС являє собою складну мережу комп'ютерну організаційну структуру, що складається з неоднорідних компонентів, розташованих у різних місцях.

За результатами аналізу робіт з використанням експертних методів було виділено головні вимоги і характеристики ВСУТЕ ТРС: відкрита розподілена структура; пріоритет горизонтальних зв'язків; автономність і вузька спеціалізація членів мережі; високий статус інформаційних і кадрових засобів інтеграції; інтеграція кращих технологій, засобів виробництва і досвіду в межах стратегічно розумних об’єднань; накопичення ресурсів навколо ключових бізнес-процесів; створення автономних робочих груп, що територіально віддалені; тимчасовий характер партнерських відносин, гнучкість, можливість перереструктуризації; об’єднання функцій централізації і децентралізації в управлінні з перевагою елементів децентралізації; переважаюча вага координаційних зв’язків; широкий розподіл і перерозподіл повноважень влади; організація взаємодії спеціалістів на основі використання обчислювальної техніки; розроблення неоднорідних комп’ютерних мереж і середовищ, застосування різноманітних програмних засобів.

Необхідною вимогою успішного функціонування ВСУТЕ ТРС є: вибір критеріїв та оцінка ефективності локомотивних депо, наукових організацій і різних підприємств, зайнятих в експлуатації та ремонті ТРС при їх відборі для участі у віртуальній системі технічної експлуатації ТРС; вибір оптимального проектного рішення з розроблення маршрутних технологічних процесів при експлуатації, обслуговуванні та ремонті ТРС; визначення оптимальної виробничої структури віртуальної системи для експлуатації, обслуговування та ремонту ТРС.

Ключовою перевагою віртуальних форм є можливість вибирати і використовувати найкращі ресурси, знання і здібності з найменшими витратами часу.

У той же час було виділено основні конкурентні переваги і недоліки ВСУТЕ ТРС: швидкість виконання обслуговування або ремонту ТРС; можливість зниження витрат на експлуатацію, обслуговування та ремонт; можливість гнучкої адаптації системи обслуговування та ремонту до змін обсягів перевезень і якості виконуваних ремонтів ТРС ремонтними підприємствами; економічна залежність від партнерів, що пов'язана з вузькою спеціалізацією членів мережі; практична відсутність соціальної і матеріальної підтримки своїх партнерів внаслідок відмови від класичних довгострокових договірних форм і звичайних трудових відносин; небезпека надмірного ускладнення, що випливає, зокрема, з різнорідності членів системи, неясності стосовно членства в ній, відкритості мереж, динаміки самоорганізації, невизначеності в плануванні для членів віртуальної системи.

При плануванні, організації та координації діяльності ВСУТЕ ТРС необхідними є відповідні управлінські підходи. Основні функції управління віртуальною системою технічної експлуатації ТРС в загальному вигляді подаються в такому вигляді:

1. Визначення мети і завдань віртуальної системи технічної експлуатації ТРС.
2. Пошук та оцінка можливих експлуатаційних, ремонтних депо, наукових організацій і підприємств, які беруть участь в експлуатаційному та ремонтному циклах ТРС.
3. Ранжирування виконавців, які оптимально відповідають визначеним завданням.
4. Постійне відстеження та перерозподіл (якщо це необхідно) партнерів і ресурсів за завданнями.
5. Диспетчеризація функціонування віртуальної системи технічної експлуатації ТРС.

Ядро моделі ВСУТЕ ТРС складають інформаційні технології, які підтримують технічну експлуатацію ТРС, перетворюють її на єдине ціле та відіграють важливу роль у всіх організаційних аспектах — від управління виробничими процесами до стратегічного або зовнішнього менеджменту. Саме ж ядро підпорядковано центру управління (координаційному центру).

Нова концепція управління при технічній експлуатації ТРС спирається на єдиний інформаційний простір, оперативне управління виробництвом та ресурсами, систему підтримки прийняття рішень, фреймову модель подання знань (рис. 3).

Застосування аналітичних методів дослідження динамічних характеристик дозволяє в графічному редакторі формувати образ локомотивного депо, який містить, окрім графічного зображення елементів, інформаційне описання параметрів і властивостей. Запропоновані програмно-технічні комплекси виконують моделювання властивостей, компонування й умов експлуатації.

На економічну ефективність роботи підсистеми ремонтних і експлуатаційних депо впливають багато негативних чинників: постійне зростання ступеня зносу локомотивного парку, недостатність поповнення парку новими локомотивами, падіння обсягів вантажних перевезень, що обумовлене світовою економічною кризою, нестабільність і зростання цін на матеріальні ресурси.

Всі ці чинники є об’єктивними зовнішніми чинниками, тому єдиний шлях для підвищення ефективності функціонування підсистеми ремонту локомотивів є реорганізація її внутрішньої структури, відмова від застарілих технологій роботи і перехід підсистеми управління на логістичні принципи управління з наданням властивостей гнучкості системі ТО та ПР.

Рис. 3. Складові частини управління технічною експлуатацією локомотивних депо

Основною задачею такого управління є оптимізація розподілу роботи між депо, які входять у мережу депо залізниці з метою мінімізації сумарних витрат, що пов’язані з ремонтом та експлуатацією локомотивного парку залізниці.

Цільова функція оптимізаційної моделі в загальному вигляді у такій постановці буде:

$$E = C_{пр} + C_{нр} + C_{н} + C_{нп} \rightarrow \min, \qquad (6)$$

де $C_{пр}$ - загальні витрати на виконання планових ремонтів на всіх локомотивах залізниці протягом планового періоду; $C_{нр}$ - вартість непланових ремонтів на всіх локомотивах залізниці протягом планового періоду; $C_{н}$ - недоотримання прибутків внаслідок того, що локомотиви вибувають із експлуатованого парку на час ремонту; $C_{нп}$ - загальні витрати, пов’язані з невиробничим пробігом локомотивів під час прямування до ремонтних депо.

Мінімізація цільової функції повинна проводитися шляхом перерозподілу роботи з ремонту локомотивів між ремонтними депо. Тому вектор змінних моделі повинен відображати інформацію про закріплення депо за кожним локомотивом залізниці для виконання наступного

чергового планового ремонту. Нехай вектор X є вектором змінних моделі управління системою ТО та ПР. Кількість компонентів вектора повинна дорівнювати k, де k- кількість локомотивів, приписаних до всіх депо залізниці. Нехай вектор d містить інформацію про депо приписки локомотивів. Вектор d також містить k компонентів, що характеризують депо приписки. Номер елемента вектора d відповідає номеру локомотива, а значення елемента вектора вказує на номер основного депо локомотива. Кожен номер елемента вектора X також відповідає номеру локомотива, а значення елемента вектора вказує на номер депо, в якому буде виконуватися черговий плановий ремонт цього локомотива.

Після перетворень цільова функція матиме такий вигляд:

$$C(X)=\sum_{i=1}^{k} C^{p}_{X_i}+\sum_{i=1}^{k} C^{np}_{X_i}\cdot\left(1-\psi_{X_i}\right)+$$

$$+\sum_{i=1}^{k}\left(R_{d_i}\cdot C^{n}_{d_i}\cdot\frac{W^{n}_{d_i}}{24}\cdot t^{p}_{X_i}\cdot\left(1+\frac{\frac{\rho^{n_{X_i}}_{X_i}\cdot n^{2}_{X_i}}{n_{X_i}!\left(n_{X_i}-\rho_{X_i}\right)}\cdot\left(1-\left(\frac{\rho_{X_i}}{n_{X_i}}\right)^{n_{X_i}+1}\right)}{\left(n_{X_i}+1\right)\cdot\left(\sum_{i=1}^{n_{X_i}-1}\frac{\rho^{i}_{X_i}}{i_{X_i}!}+\frac{\rho^{n}_{X_i}\cdot n_{X_i}}{n_{X_i}!\left(n_{X_i}-\rho_{X_i}\right)}\right)\cdot\left(n_{X_i}-\rho_{X_i}\right)\cdot\left(1-\left(\frac{\rho_{X_i}}{n_{X_i}}\right)^{n_{X_i}}\right)}\right)\right)+ \qquad (7)$$

$$+C^{ne}\cdot\sum_{i=1}^{k}\frac{L\left(d_i,X_i\right)}{v^{x}}\rightarrow\min.$$

Цільова функція потребує мінімізації при таких обмеженнях:

де m - кількість ремонтних депо на полігоні залізниці; $t^{нр}$ - нормативна тривалість ремонту; n_j - кількість ремонтних стійл у j-му депо; s_j - кількість робочих змін у j-му депо; $t^{зм}_j$ - тривалість робочих змін у j-му депо; $t^{роб}$ - кількість робочих днів протягом планового періоду.

До основних вимог при виборі математичного апарату і методу реалізації даної моделі слід віднести:

- низьку чутливість до розмірності задачі;
- легкість переведення математичної моделі із класичної форми до стандартної форми методу розв’язання задачі;

– орієнтованість методу на використання ЕОМ.

Цим вимогам відповідають методи розв'язання складних задач функціональної оптимізації, які належать до розділу еволюційних обчислень, що є напрямком штучного інтелекту, і зокрема генетичні алгоритми.

Особливістю генетичних алгоритмів також є зображення вектора змінних моделі у вигляді хромосоми. Окремі змінні подають у вигляді генів хромосоми. Генетичні алгоритми належать до методів евристичного пошуку, під час якого вони відтворюють механізми, що схожі за базовими принципами з механізмами біологічної еволюції.

Для вибору претендентів на ремонт було удосконалено наведену нижче модель селекції претендентів.

Для вибірки з N спостережень є дані статистичних спостережень вигляду

$$\begin{aligned} &\{X(1);Y(1)\} \\ &\{X(2);Y(2)\} \\ &\dots \\ &\{X(N);Y(N)\}, \end{aligned} \qquad (8)$$

де $X(i)=(x_1^i,x_2^i, \dots x_n^i)$ - значення початкових чинників при і-му спостереженні; $Y(i)=(y_1^i,y_2^i, \dots y_n^i)$ - значення вихідного параметру при і-му спостереженні.

Функціональна залежність між вхідними X(i) і вихідними Y(i) змінними моделі управління невідома, причому невідомою є ні сама залежність, ні передбачуваний її вигляд. Тому відповідно до методу групового обліку аргументу, як найповніша залежність між входами X(i) і виходами Y(i) була подана за допомогою узагальненого полінома Колмогорова-Габора:

, (9)

де *a* - невідомі коефіцієнти.

Спираючись на типи керуючих дій, вибраних як вхідні параметри для досліджуваної методом групового обліку аргументу стохастичної моделі управління, відповідно до алгоритмів селекції претендентів на відбір за складанням часткових описів квадратичного типа було одержано загальний вигляд алгоритму селекції.

У результаті виконання ітерацій алгоритму селекції претендентів було одержано регресійну залежність $Y = f(X)$, яка з вибраною точністю описує статистичний розподіл залежності вихідного сигналу даного управління виробництвом від керуючих дій певного призначення і умов експлуатації. При визначенні функції мінімуму помилки за допомогою

методу найменших квадратів було встановлено, що цільова функція являє собою лінійну комбінацію змінних параметрів. Параметри оптимізації при розв’язанні задачі пошуку мінімуму також є позитивними, що випливає з вигляду полінома Колмогорова-Габора. Тому на кожній ітерації і для кожного ряду описів здійснюється розв’язання задачі лінійного програмування. Для кожного випадку управління виробництва відповідного призначення і умов експлуатації було оброблено тридцять один цикл виробництва і складено таблиці статистичних вибірок. Дані вибірки були поділені на навчальну і перевірочну. Згідно з методом групового обліку аргументу описи першого ряду будувалися на всьому ряду керуючих дій для об'єму повчальної вибірки, що дорівнює двадцяти, і об’ємі перевірочної вибірки, яка дорівнює десяти.

Для їх реалізації розроблені методологічні основи вибору та по будови моделей, що входять в ВСУТЕ ТРС з ремонту локомотивів 2ТЕ116 між двома підприємствами за допомогою мережі Internet:

- між ремонтним та експлуатаційним депо (B2B);
- між підприємством з виробництва запчастин та ремонтним депо (B2C);
- між підприємством з ремонту вузлів локомотивів та підприємством з виробництва запчастин (C2C);
- між ремонтним депо та підприємством з виробництва запчастин (C2B).

Враховуючи, що одним із завдань, яку вирішує ВСУТЕ ТРС, є підтримка належного технічного стану ТРС, у третьому розділі було визначено номенклатуру показників надійності для конкретного типу ТРС та встановлено їх значення.

Оцінювати надійність рухомого складу в експлуатації пропонується за удосконаленою моделлю надійності ТРС. Особливе значення в ній припадає силовій установці, оскільки стан її впливає не тільки на надійність, але й на систему обслуговування та ремонту локомотива в цілому.

Для прогнозування потужності силової установки під час експлуатації було удосконалено відповідну модель. Суть її полягає в наступному. Практика прогнозування ресурсів вузлів і агрегатів, створення моделей випадкового процесу дрейфу параметрів в експлуатації доводить необхідність обліку опису імовірних властивостей помилок контролю $\mathcal{E}(t)$ стану ТПС. Для $\mathcal{E}(t)$ звичайно передбачається точно відома функція її розподілу, що завжди пов'язана з помилками. Наприклад, при ухваленні нормального закону, що найчастіше застосовується на практиці для опису імовірних властивостей (t), будь-які реальні дані містять помилки, пов'язані з використанням граничних теорем, обумовлені неоднорідністю, незалежністю спостережень і тому подібне. При цьому тривалість

спостережень *y(t)* рідко буває достатньою для оцінки функції розподілу $\varepsilon(t)$ з використанням асимптотичних властивостей наявної вибірки. Для подолання невизначеності вихідних даних пропонується використовувати робастний підхід, спрямований на побудову стійких до можливих варіацій характеристик вихідної сукупності. Розглянемо приклад такого підходу на основі імітаційних моделей за допомогою методу статистичних випробувань (Монте-Карло). Процес зміни потужності локомотива в експлуатації моделювався як канонічне розкладання за методом Пугачова:

$$P_{\tau g}(t)=\sum_{ij}\alpha_{ij}\phi_j(t), \tag{10}$$

де α_{ij} - випадкові спостережувані величини; φ_j(t) - неперервні детерміновані функції часу.

При використанні формули (6) за допомогою генератора випадкових чисел розігрувалися значення α, потім значення помилок контролю. Помилки вважалися незалежними випадковими величинами, кожна з яких розподілена за несиметрично "засміченим” і нормальним законом, а вірогідність контролю визначалася за формулою Байєса. Стосовно планування експлуатації за результатами прогнозу виходило, що при призначенні профілактичної корекції параметра на момент t, до якого вірогідність параметричної відмови досягає певного рівня, використання запропонованого підходу призведе до деякого зниження цього рівня, тобто до забезпечення додаткового розрахункового резервування за розглядуваним параметром. Отримувані оцінки дрейфів для відхилень параметрів є “стійкими” (робастними) відхиленнями реального розподілу помилок спостережень, зменшують вплив невизначеності та наближеної первинної інформації.

У **четвертому розділі** визначено номенклатуру показників, яка характеризує технічний рівень локомотивного депо.

Було виконано дослідження з використанням віртуальних технологій і моделювання процесів ремонту та технічного обслуговування. Доведено, що в якості критерію оцінки пропускної здатності дільниць з потоковими лініями доцільно використовувати відносну інтенсивність потоку вимог, що надходять у систему масового обслуговування (СМО) – *p*:

$$\rho=\frac{\lambda}{\mu\cdot\kappa}, \qquad \kappa=\frac{N_p\cdot K_{\mu}\cdot m}{T_p\cdot K_{\lambda}\cdot\rho}, \tag{11}$$

де *к* - кількість потокових ліній у цеху; λ, μ - інтенсивність поступання та обслуговування відповідно; N_p та T_p - програма та річний фонд роботи ліній; m- кількість секцій локомотивів.

Якщо прийняти за постійну величину для окремих депо $c = \frac{N_p \cdot m \cdot l}{T_p}$, кількість потокових ліній можна визначити як

$$k = \frac{c}{p_1 + p_2} + \frac{k_2}{k_3}, \quad (12)$$

де p_1 та p_2 - відносні інтенсивності завантаження ліній простими (плановими) та терміновими (неплановими) вимогами.

Аналіз робіт з механізації виробництва дозволив класифікувати їх за видами (часткові, повні, комплексні), ступенями і категоріями.

Механізація та автоматизація (М і А) виробництва розглядаються як ступінь заміщення або виключення робочих функцій людини машинами, під якими розуміються будь-які механізми чи апарати, що перетворюють рух тіл або енергію з метою впливу на предмет праці.

Сучасне локомотиворемонтне виробництво можливо віднести до не автоматизованого малосерійного і серійного виробництва, яке базується на універсальному технологічному обладнанні з ручним управлінням, ручним механізованим збиранням, обробленням і транспортуванням. Таке виробництво володіє "гнучкістю" з точки зору ремонту різних конструкцій локомотивів. Разом з тим воно потребує безпосередньої участі людини в усіх елементах виробничого процесу і частково на рівні ручної праці.

Особливості локомотиворемонтного виробництва на цей час не дозволяють досягти в локомотивних депо повної механізації та автоматизації технологічних процесів. Тому були сформульовані основні завдання, при вирішенні яких необхідно визначати рівень і ступінь механізації та автоматизації локомотивних депо (рис. 5).

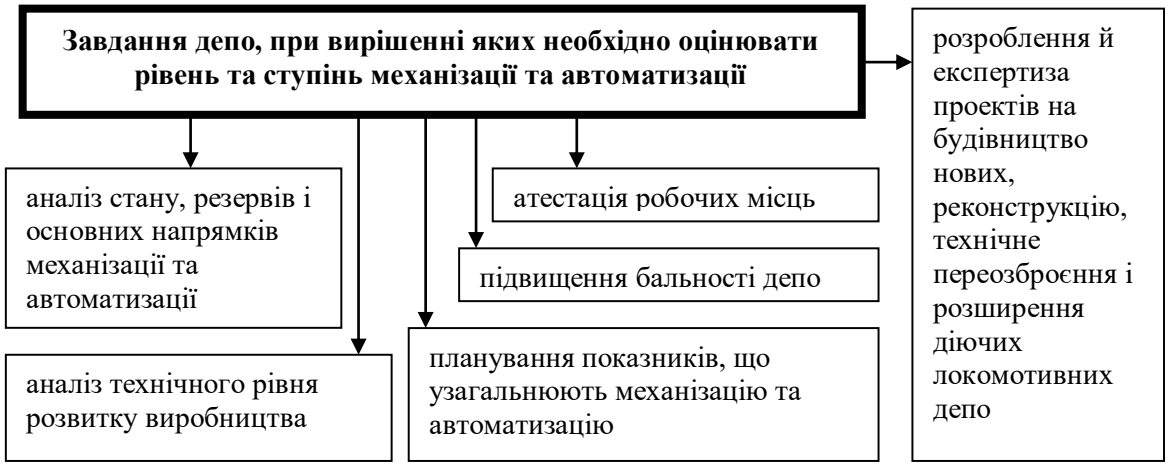


Рис. 5. Основні завдання депо, в яких необхідно визначати рівень та ступінь механізації та автоматизації виробництва

Механізацію та автоматизацію ремонтного виробництва локомотивних депо можна охарактеризувати такими основними показниками:

- показник рівня механізації та автоматизації виробництва

$$K_{MA} = \frac{\sum_{Z=1}^{425} Z \cdot m_z}{Z_{max} \cdot \sum_{Z=1}^{425} m_z}, \qquad (13)$$

де Z – ланковість машини; m_z – кількість машин що використовується;

- показник ступеня механізації та автоматизації виробництва

$$P_{MA} = \frac{\sum_{Z=1}^{425} n_z \cdot m_z}{n_{max} \sum_{Z=0}^{425} m_z}, \qquad (14)$$

де n_z – продуктивність праці робітників; n_{max} – максимальна продуктивність праці працівників, що може бути досягнута.

Значення цих показників дозволяє оцінити рівень та конкурентоспроможність ремонтного виробництва депо. Для аналізу фактичного стану і резервів механізації та автоматизації з технічної точки зору використано показник рівня механізації та автоматизації виробництва. Для аналізу фактичного стану і резервів підвищення праці на основі механізації та автоматизації виробництва доцільно використовувати показник ступеня автоматизації та механізації.

Визначення даних показників є обов’язковим при атестації локомотивних депо. Тому має інтерес загальний рівень депо залізниць України за рівнем їх механізації та автоматизації.

У дисертації на основі даних атестації локомотивних депо залізниць України загальний рівень механізації та автоматизації виробництва відповідно до формули (9) знаходиться в межах від 0,28 до 0,47. При подальшому аналізі даний показник для дільниць, в яких виконується ремонт рухомого складу в обсязі ПР-3, для електровозних та моторвагонних депо вищий, ніж для тепловозних, і знаходиться в межах 0,44±0,02 проти 0,32±0,05.

Більш детальний аналіз по відділеннях доводить, що даний показник для електромашинного відділення має аналогічну тенденцію і знаходиться в межах відповідно 0,51 – 0,55 для електровозних та моторвагонних депо і

0,23 - 0,42 для тепловозних депо. Аналогічна ситуація спостерігається і для електроапаратного, акумуляторного і відділення з ремонту електронної апаратури.

У депо, де є тепловозне відділення, даний показник знаходиться в межах 0,32 – 0,48. Найменше значення цього показника у відділеннях з ремонту ресорного підвішування, екіпажної частини, дизеля і не перевищує 0,28. В інших відділеннях депо цей показник знаходиться в межах від 0,27 до 0,63.

Показник ступеня механізації та автоматизації депо знаходиться в межах від 0,12 до 0,27 у цілому по депо. У депо, де виконуються ремонти в обсязі ПР-3, цей показник суттєво не відрізняється і знаходиться в межах від 0,118 до 0,253.

Даний показник для електромашинного відділення для частини депо знаходиться в межах від 0,25 до 0,27, а в інших не перевищує 0,17. Ступінь механізації та автоматизації акумуляторного і електроапаратного відділення для основної групи депо не перевищує 0,117, лише в одному депо від складає 0,25 та 0,28.

Найменший ступінь механізації та автоматизації виробництва має відділення з ремонту ресорного підвішування дорівнює 0,04. Для інших відділень цей показник залежно від депо змінюється від 0,08 до 0,23.

У результаті аналізу систем ТОР ТРС було визначено номенклатуру показників, які характеризують її.

Для оцінки рівня ремонтного виробництва було розроблено метод атестації підприємств з обслуговування та ремонту тягового рухомого складу залізниць України.

Атестація локомотивного депо має таку мету:

- встановлення єдиних вимог до локомотиворемонтних виробництв (підприємств з ремонту тягового рухомого складу, у подальшому локомотивних депо);
- комплексне підвищення технічного рівня та зміцнення ремонтної бази локомотивних депо;
- підвищення якості ремонту і технічного стану ТРС;
- вдосконалення технології ремонту ТРС;
- підвищення продуктивності праці та зниження собівартості ТО і ПР ТРС.

Для визначення раціональної кількості кваліфікованих працівників ремонтних підприємств локомотивного господарства було удосконалено відповідну модель.

У локомотивному господарстві професійно-кваліфікований склад робітників дуже різноманітний. Тільки на основі широкого використання сучасних засобів і методів обробки економічної інформації можна визначити номенклатуру професій і спеціальностей і необхідність у них по локомотивному господарству Укрзалізниці.

Якщо прийняти, що P_n– сумарна необхідність *n*-го підприємства (депо) в кадрах, чол.; P_{kln} - у робітниках *k*-ї професії (спеціальності) *l*-ї кваліфікації на *n*-му підприємстві, чол.; *t*- період часу (другий, третій і наступні відносно базового року), то загальний штат локомотиворемонтних підприємств можна визначити за виразом

$$P^{(t)} = \begin{vmatrix} P_1^{(t)} \\ P_2^{(t)} \\ P_3^{(t)} \\ \ldots \\ P_n^{(t)} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} (P_{111}^{(t)}+P_{121}^{(t)}+P_{131}^{(t)}+\ldots+P_{1l1}^{(t)})+(P_{211}^{(t)}+P_{221}^{(t)}+ \\ +P_{231}^{(t)}+\ldots+P_{2l1}^{(t)})+\ldots+(P_{k11}^{(t)}+P_{k21}^{(t)}+P_{k31}^{(t)}+\ldots+P_{kl1}^{(t)}). \\ (P_{112}^{(t)}+P_{122}^{(t)}+P_{132}^{(t)}+\ldots+P_{1l2}^{(t)})+(P_{212}^{(t)}+P_{222}^{(t)}+ \\ +P_{232}^{(t)}+\ldots+P_{2l2}^{(t)})+\ldots+(P_{k12}^{(t)}+P_{k22}^{(t)}+P_{k32}^{(t)}+\ldots+P_{kl2}^{(t)}). \\ (P_{113}^{(t)}+P_{123}^{(t)}+P_{133}^{(t)}+\ldots+P_{1l3}^{(t)})+(P_{213}^{(t)}+P_{223}^{(t)}+ \\ +P_{233}^{(t)}+\ldots+P_{2l3}^{(t)})+\ldots+(P_{k13}^{(t)}+P_{k23}^{(t)}+P_{k33}^{(t)}+\ldots+P_{kl3}^{(t)}). \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ (P_{11n}^{(t)}+P_{12n}^{(t)}+P_{13n}^{(t)}+\ldots+P_{1ln}^{(t)})+(P_{21n}^{(t)}+P_{22n}^{(t)}+ \\ +P_{23n}^{(t)}+\ldots+P_{2ln}^{(t)})+\ldots+(P_{k1n}^{(t)}+P_{k2n}^{(t)}+P_{k3n}^{(t)}+\ldots+P_{kln}^{(t)}). \end{vmatrix} \quad (15)$$

У розглянутій моделі по горизонталі представлений штат окремих локомотивних депо диференційно за професіями (спеціальностями) і кваліфікацією; по вертикалі чисельність будь-якої одної групи робітників Укрзалізниці, які відрізняються від інших груп конкретною професією (спеціальністю) і рівнем кваліфікації (розрядом).

Для визначення наявності трудових ресурсів в *t*-му періоді слід почленно додати відповідні за кодом елементи. Так, кількість робітників *k*-ї професії (спеціальності) *l*-ї кваліфікації (розряду) в *t*-му періоді складає

$$\begin{aligned} C_{kl}^{(t)} = H_{kl}^{(t)} &- \sum_1^t B_{kl}^{(t)} - \sum_1^t Y_{kl}^{(t)} - \sum_1^t A_{kl}^{(t)} - \\ &- \sum_1^t I_{kl}^{(t)} - \sum_1^t T_{kl}^{(t)} + \sum_1^t O_{kl}^{(t)} + \sum_1^t \Im_{kl}^{(t)} + \\ &+ \sum_1^t \Pi_{kl}^{(t)} + \sum_1^t M_{kl}^{(t)} + \sum_1^t \Pi_{kl}^{(t)} + \sum_1^t C_{kl}^{(t)}. \end{aligned} \quad (16)$$

Наступним етапом є почленне порівняння (за окремими професійно-кваліфікаційними групами) необхідності в робітниках локомотиворемонтних підприємств *t*-го періоду з запланованою наявністю трудових ресурсів:

$$P_{kl}^{(t)} = C_{kl}^{(t)}. \quad (17)$$

Рівність між складовими формули (17) буде свідчити про повну збалансованість трудових ресурсів.

У п’ятому розділі визначено характеристики технічного стану ТРС і його систем обслуговування та ремонту з урахуванням рівня механізації та автоматизації ремонтного виробництва.

За результатами аналізу вітчизняної і закордонної літератури, на основі теорії систем і використання критерію економічної доцільності було визначено номенклатури техніко-економічних показників, які характеризують ТРС в експлуатації.

Для безпосереднього визначення їх було розроблено класифікацію методів та пристроїв визначення стану ТРС.

З використанням системного аналізу було визначено залежності між параметрами конструкції ТРС, його надійністю, показниками експлуатації, технічного обслуговування та ремонту і показниками, що характеризують стан і технічні можливості ремонтного підприємства.

Будь-яка програма робіт, спрямована на підвищення якості ТО і ремонту, повинна обґрунтовуватися попередньо проведеними дослідженнями, при яких вивчають стан питання, виявляють найбільш важливі (проблемні) завдання, розглядають чинники, від яких залежить вирішення питання, зв'язки між цими чинниками. На другому етапі сформульовано конкретні заходи, пов'язані з вирішенням конкретного питання. Під час виконання цих заходів контролюють результати і коректують програму.

Перед складанням програми робіт з підвищення якості ТО і ремонту ТРС первинна інформація була зібрана у вигляді контрольних тестів (аркушів), звітів, рапортів та інших документів, на основі яких було побудовані відповідні гістограми розподілу.

Для виявлення найбільш важливих питань необхідно порівняти кілька чинників, аналізуючи графіки видів браку (порушень процесу ТО і ремонту) та діаграми відносної важливості, які отримують методом експертних оцінок.

Діаграми Парето було побудовано в такій послідовності: на горизонтальній осі стадії технологічного процесу відкладено області (місця) появи дефектів у локомотиві, дільниці та відділення комплексної бригади, які виконують ТО і ремонт, причини порушень процесів ТО і ремонту, розподіли порушень між виконавцями, робочими постами і т. п.

Визначивши основні ознаки, знайдено зв'язки між ознакою якості та чинниками, які впливають на цей показник, тобто між результатом і причинами. Встановити істину при цьому важко; щоб врахувати порядок і суб'єктивні думки співробітників, що беруть участь в обговоренні питання, можна скористатися схемами причинно-наслідкових зв'язків (схемами Ісікави).

Під час аналізу зв'язків причин (чинників) і наслідків (характеристик) було використано методи кореляційного аналізу. Результати кореляційного аналізу було перевірено за іншими методами, тому що кореляційна залежність характеризує лише зовнішню картину явища, непрямі ознаки причинних залежностей величин.

У шостому розділі наведено наукові підходи та рекомендації зі створення ВСУТЕ ТРС, на основі яких розроблено відповідну модель.

Як приклад наведено розроблену ВСУТЕ тепловозів 2ТЕ116 Південної залізниці. Спрощено функціонування ВСУТЕ ТРС тепловозів 2ТЕ116 можливо подати у вигляді наведеної нижче схеми (рис. 6). Інформаційно пов'язаними з ВСУТЕ ТРС є локомотивні депо Основа, Полтава, Кременчук, Гребінка і Лозова Південної Залізниці, які експлуатують локомотиви 2ТЕ116 та формують ринок локомотиворемонтних послуг.

Віртуальна система технічної експлуатації ТРС

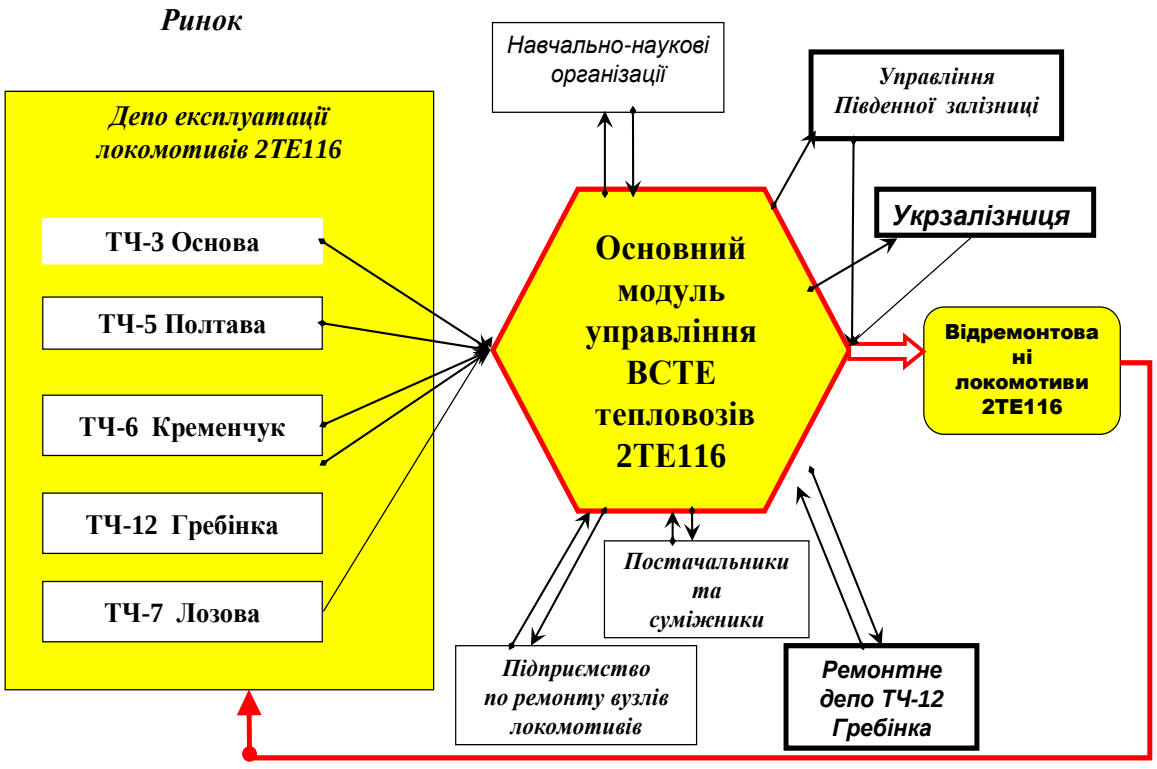


Рис. 6. Структура взаємовідносин віртуальної системи залізниці з ремонту тепловозів 2ТЕ116 з експлуатаційними депо

Видно, що ВСУТЕ ТРС складається з самої віртуальної системи технічної експлуатації та інформаційно взаємопов'язаних з нею науково-навчальних організацій, постачальників та суміжників, підприємств з ремонту вузлів локомотивів, Управління Південної залізниці,

Укрзалізниці та ремонтного депо Гребінка, що проводить ПР-3 локомотивів 2ТЕ116. Вихідною продукцією є відремонтовані локомотиви 2ТЕ116, які потім знову поступають на ринок перевезень, тобто в депо експлуатації.

За результатами аналізу технічної експлуатації тепловозів 2ТЕ116 було сформульовано заходи з підвищення ефективності роботи депо як віртуального підприємства.

Виділено такі напрямки підвищення ефективності віртуального підприємства по ремонту тепловозів 2ТЕ116:

1. Пошук використання віддалених логістичних ресурсів і досвіду робіт через мережу Інтернет дозволяє скоротити час τ на одержання випередженого прогнозу і попередження збурюючих дій на час σ. При цьому не потрібно додаткових витрат на побудову складних комп'ютерних систем, проведення дослідних робіт і виконання технічних проектів. При цьому необхідно розмежувати об'єкти ремонту за його функціональною ознакою, надати точний опис можливостей у просторово-необмеженій системі пошуку.

2. Перехід до ринку індивідуальних послуг з використанням критерію оптимізації логістичної системи (Ks) споживача ремонтних послуг.

3. Використання централізованої системи керування незалежними один від одного елементами ремонтного процесу. Система керування реалізована через віртуальний центр і дозволяє оптимізувати загальні виграти ($C_{опт}$) по всьому технологічному ланцюгу доставки відремонтованих тепловозів 2ТЕ116 від ремонтного депо Гребінка до споживачів (Основа, Полтава, Кременчук, Гребінка і Лозова) з технологічними обмеженнями. Для цього усі показники повинні бути приведені до одного вигляду - інтенсивності виконання робіт.

4. Наявність віддаленого зворотного зв'язку в системі дозволила застосувати ресурсний підхід, заснований на виборі не тільки необхідних елементів для відновлювальних процесів локомотивів, а й тих чи інших технологічних засобів, які використовуються ними при узгодженні параметрів логістичної системи у часі t.

При цьому інформаційна система віртуального підприємства з ремонту тепловозів 2ТЕ116 набуває вигляду: $I_S = \{V_{ор}, U_{ТЕ}\}$, а керуючі впливи на *j*-ті елементи технологічного ланцюга $(U = f[V_{ор}])$ спрямовані на мінімізацію витрат ресурсів: $r_j \rightarrow \min$.

Розроблено модель для визначення економічного ефекту від впровадження ВСТЕ ТРС на залізницях України. При цьому розрахований економічний ефект від впровадження віртуальної системи технічної експлуатації тепловозів 2ТЕ116 складе понад 30 млн грн для парку цих локомотивів Укрзалізниці.

ВИСНОВКИ

Виконані дослідження присвячені вирішенню актуальної науково-практичної проблеми – розвитку наукових основ формування віртуальної системи управління технічною експлуатацією тягового рухомого складу залізниць України. За результатами проведеної роботи можна зробити такі висновки:

1. Аналіз стану рухомого складу і систем їх обслуговування та ремонту на залізницях України довів, що понад 90 % локомотивів виробило свій ресурс. При цьому він обслуговується за планово-попереджувальною системою ремонту згідно з наказом Укрзалізниці від 30.06.2010р. №093-ЦЗ. За останні роки почав поступати на залізниці рухомий склад третього та четвертого поколінь, але система технічної експлуатації його залишилася на рівні для локомотивів другого покоління. Аналіз робіт вчених у вирішенні даної проблеми показав, що при визначенні систем ТОР немаловажне значення приділяється конструкції ТРС, регіону обслуговування та режимам його роботи. Але при цьому не враховується стан, можливості і якість ремонту на ремонтних підприємствах залізниць України. Тобто запропоновані системи ТО та ПР не повністю адаптовано до умов України.
2. Аналіз локомотивних депо, в яких експлуатується рухомий склад довів, що їх технічна база залишається на рівні 60 - 80 рр. минулого століття. У той же час залізниці України виконують модернізацію ТРС сучасними вузлами та агрегатами і закуповують новий рухомий склад. При цьому новий ТРС вже належить не до другого, а до третього і четвертого поколінь. Відповідно і системи їх обслуговування та ремонту інші, ніж прийнята планово-попереджувальна система.
3. Розроблена концепція управління технічною експлуатацією ТРС узагальнює визначення науково-обґрунтованих характеристик і розвиває принципи створення систем технічної експлуатації, обслуговування та ремонту рухомого складу з урахуванням умов експлуатації, світового технічного рівня, системи обслуговування та ремонту, стану ремонтних депо і заводів та особливостей промисловості і залізниць України. Для її реалізації розроблено методологічні основи створення віртуальних систем технічної експлуатації тягового рухомого складу та модель ВСУТЕ ТРС, яка враховує його технічний стан, стан ремонтного виробництва та систему ТОР, що запропонована розробником ТРС.

4. Для оцінки технічної готовності ТРС в умовах ВСУТЕ доцільно використовувати коефіцієнт технічної готовності ТРС. Він на відміну від існуючого коефіцієнта готовності (залежно від вибраної системи ТОР протягом життєвого циклу він непостійний і змінюється в інтервалі 0,825 — 0,875), дозволяє враховувати час, затрачений на переміщення ТРС до місця проведення ремонту, очікування ремонту, та час, затрачений на переміщення його на місце експлуатації. У той же час коефіцієнт технічної готовності тепловозів для локомотивного депо Основа знаходиться в межах від 0,63 до 0,85 залежно від експлуатованого парку та обсягів роботи.
5. Доведено, що єдиним шляхом для підвищення ефективності функціонування підсистеми ремонту локомотивів є реорганізація її внутрішньої структури, відмова від застарілих технологій роботи і перехід підсистеми управління на логістичні принципи управління з наданням властивостей гнучкості системі ТО та ПР. Для цього доцільно використовувати розроблену в роботі оптимізаційну математичну модель.
6. Удосконалено моделі з визначення надійності рухомого складу на етапі проектування та експлуатації. Так, для прогнозування потужності силової установки під час експлуатації було удосконалено відповідну модель.
7. На основі аналізу існуючих підходів до визначення рівня механізації та автоматизації ремонтного виробництва в локомотивних депо розроблено класифікацію механізації та автоматизації виробництва локомотивних ремонтних депо. Виділено основні задачі депо, в яких необхідно визначати інтегральні показники: рівень та ступінь механізації та автоматизації виробництва. Розроблені в дисертації підходи та математичні моделі дозволили визначити рівень і ступінь механізації та автоматизації локомотиворемонтного виробництва від окремих дільниць, відділень до депо в цілому. Досліджено, що в цілому по депо рівень механізації і автоматизації локомотивних депо дорівнює 0,28 – 0, 47, а ступінь механізації та автоматизації 0,12 – 0,27. Розроблено основні напрямки впровадження засобів механізації та автоматизації в ремонтне виробництво депо. Розраховано і проаналізовано часткові показники автоматизації та механізації локомотивних депо і зроблено оцінку їх технічного рівня.
8. Розроблений метод атестації підприємств доцільно використовувати для подальшого визначення рівня ремонтного підприємства. Для визначення раціональної кількості кваліфікованих працівників ремонтних підприємств локомотивного господарства при їх атестації була удосконалено відповідну модель.

9. Запропоновано методи визначення стану ТРС та його систем підтримки. За результатами аналізу вітчизняної і закордонної літератури, на основі теорії систем і використання критерію економічної доцільності було визначено номенклатури техніко-економічних показників, які характеризують ТРС в експлуатації. Для безпосереднього визначення їх було розроблено класифікацію методів і пристроїв визначення стану ТРС.
10. Розроблені наукові підходи та методичні рекомендації зі створення ВСУТЕ ТРС дозволяють створити різні моделі технічної експлуатації тепловозів. Розроблено модель технічної експлуатації тепловозів 2ТЕ116 Південної залізниці. На основі розрахунків виділено напрямки підвищення ефективності віртуального підприємства з ремонту тепловозів 2ТЕ116.
11. Для визначення економічного ефекту від впровадження ВСУТЕ ТРС на залізницях України розроблено відповідну розрахункову модель. Економічний ефект від впровадження віртуальної системи технічної експлуатації тепловозів 2ТЕ116 складе понад 30 млн грн для парку цих локомотивів Укрзалізниці.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації:

1. Тартаковский Э. Д. Использование принципа робастности при прогнозировании надежности ТПС / Э. Д. Тартаковский, А. В. Устенко // Управление технической эксплуатацией локомотивов : межвуз. сб. науч. трудов. – Харьков, 1997. – Вып. 29. – С. 27-28.
2. Устенко О. В. Визначення ресурсу тепловозних дизелів / О В. Устенко, Ю. М. Дацун // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2003. – Вип. 53. – С. 114-120.
3. Пузир В. Г. Технічні засоби для виявлення причин транспортних подій / В. Г. Пузир, О. В. Устенко, В. С. Крот // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2007. – Вип. 82. – С. 173-177.
4. Тартаковський Е. Д. Моделювання процесів ремонту локомотивів на потокових лініях / Е. Д. Тартаковський, О. В. Устенко // Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту : зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2008. – Вип. 96. – С. 186-189.
5. Электроэнергоэффективный тяговый электропривод постоянного тока рудничный контактный электровоз / О. Н. Синчук, О. Е. Мельник, А. В. Устенко, О. В. Пасько, Д. Л. Сушко // Вісник

Східноукраїнського національного університету. – 2008. – №5(123). – С. 28-32.

6. Сінчук О. М. Удосконалення системи післяремонтних випробувань тягових двигунів електрорухомого складу / О. М. Сінчук, О. В. Устенко, Д. Л. Сушко // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2008. – Вип. 97. – С. 50-59.
7. Защита элементов контура преобразования электрической энергии в тяговых электрических приводах переменного тока / П. И. Полищук, И. О. Синчук, В. О. Черная, А. В. Устенко // Вестник НТУ «ХПИ». Серия «Электротехника, электроника и электропривод». «Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика». – 2008. – Вып. 30. – С. 368-370.
8. Архитектура строения электропривода постоянного тока с IGBT–преобразователем для рудничных контактных электровозов / О. Н. Синчук, О. Е. Мельник, А. В. Устенко, О. В. Пасько, Д. Л. Сушко // НАН України, Науково-прикладний журнал Технічна термодинаміка. Тематичний випуск «Силова електроніка та енергоефективність». Ч.4. –К.; 2008. –С. 85-89.
9. Устенко О. В. До оцінки експлуатаційної надійності тягових двигунів постійного струму / О. В. Устенко, Д. Л. Сушко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2009. – №4. – С. 88-92.
10. Устенко О. В. Модель визначення розподілу кількості вимог, потрапляючих на потокову лінію як систему масового обслуговування / О.В. Устенко // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2009. – Вип. 107. – С. 11-15.
11. Устенко О. В. Прогнозування чисельності професійно кваліфікованих робітників для локомотиворемонтних підприємств / О. В. Устенко, О. С. Чорний // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2009. – Вип. 110. – С. 5-12.
12. Устенко О. В. Оцінка основних показників рівня механізації та автоматизації виробничих процесів у локомотивних депо / О. В. Устенко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля : науковий журнал. – 2010. – №1 (143). – Ч. 2. – С. 219-223.
13. Фалендыш А. П. Перспективы применения гелиоустановок в локомотивном хозяйстве / А. П. Фалендыш, А. В. Устенко, В. В. Голуб // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2010. – Вип. 113. –С. 84-90.

14. Лисенко А. М. Організація та проведення атестації цеху експлуатації локомотивного депо / А. М. Лисенко, О. В. Устенко // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2010. – Вип. 114. – С. 152-154.
15. Энергоэффективное управление тяговым электроприводом двухосных электровозов по системе многих единиц / О. Н. Синчук, И. О. Синчук, С. Н. Якимец, А. С. Ключка, А. В. Устенко, О. В. Пасько, Ю. А. Доценко // Локомотив – информ. – 2010. – №6. – С. 28-29.
16. Двухблочный IGBT–преобразователь для тягового электрического комплекса с управлением по системе многих единиц / О. Н. Синчук, А. С. Ключка, И. О. Синчук, Э. С. Гузов, С. Н. Якимец, А. В. Устенко, О. В. Пасько // Локомотив–информ. – 2010. – №5. – С. 48-49.
17. Анализ потерь энергии в тяговых электрических двигателях при импульсном регулировании напряжения питания / О. Н. Синчук, Б. А. Буйвол, Н. Н. Загурский, И. О. Синчук, Э. С. Гузов, О. Е. Мельник, А. В. Устенко, О. В. Пасько // Локомотив–информ. – 2010. – №7. – С. 4-7.
18. Устенко О. В. Удосконалення системи технічної експлуатації рухомого складу залізниць України в період їх реформування / О. В. Устенко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля : науковий журнал. – 2010. – №5 (147). – Ч. 2. – С. 46-50.
19. Анализ электромагнитных процессов в многодвигательном тяговом электротехническом комплексе при локальном исчезновении напряжения питания в отдельных электрических двигателях / О. Н. Синчук, И. О. Синчук, А. Ю. Давыдов, С. Н. Якимец, А. В. Устенко, О. В. Пасько // Локомотив–информ. – 2010. – №10. – С. 7-11.
20. Отримання спрощених оцінок технічного стану локомотивів на основі множини факторизованих впорядкованих діагностичних моделей / В. Г. Пузир, О. В. Устенко, А. М. Ходаківський, С. Д. Бронза // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2010. – Вип. 117. – С. 17-21.
21. Устенко О. В. Критерії технічної ефективності віртуальної системи технічної експлуатації тягового рухомого складу / О. В. Устенко // Зб. наук. праць Донецького інституту залізничного транспорту УкрДАЗТ. – 2010. – №23. – С. 134-142.
22. Яцько С. І. Принцип побудови системи захисту від надлишкового проковзування колісних пар на базі нечіткого контролера / С. І. Яцько, Б. Т. Ситнік, О. В. Устенко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2011. – №2(87). – С. 24-27.

23. Устенко О. В. Визначення рівня механізації та автоматизації виробничих процесів у локомотивних депо по їх частковим показникам / О. В. Устенко // Зб. наук. праць Донецького інституту залізничного транспорту УкрДАЗТ. – 2011. – №26. – С. 78-82.
24. Сучасні методологічні підходи щодо визначення техніко-економічних показників функціонування тягового рухомого складу з урахуванням життєвого циклу / Ю. Є. Калабухін, Ю. В. Білецький, О. В. Устенко, Д. О. Горбунова // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2011. – № 1(155). – Ч. 2. – С. 53-58.
25. Устенко О. В. Модель визначення раціонального плану розміщення локомотивів по базам ремонту / О. В. Устенко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2011. – №5(90). –С. 84-87.
26. Оценка перспективного решения по неразрушающему контролю колесных пар подвижного состава и их элементов / А. Е. Несвид, А. В. Устенко, А. Н. Зиньковский, А. П. Фалендыш // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2011. – Вип. 121. – С. 88-94.
27. Модель визначення станів системи роботи маневрових тепловозів за системою двох одиниць / А. П. Фалендиш, О. В. Устенко, В. О. Гатченко, М. В. Володарець // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2011. – Вип. 123. – С. 17-24.
28. Устенко О. В. Модель технічної експлуатації рухомого складу локомотивного депо / О. В. Устенко // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – 2011. – №1. – С. 59-64.
29. Устенко О. В. Модель визначення раціонального розміщення локомотивів по ремонтним депо для виконання їх технічного обслуговування / О. В. Устенко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2011. – №3(88). – С. 72-74.
30. Устенко О. В. Модель визначення середнього часу простою локомотива в очікуванні ремонту / О. В. Устенко // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2011. – № 4(158). – Ч. 2. – С. 17-20.
31. Устенко О. В. Моделювання раціонального плану розміщення тепловозів 2ТЕ116 по базам ремонту для Південної залізниці / О. В. Устенко // Зб. наук. праць Донецького інституту залізничного транспорту УкрДАЗТ. -2011. – №27. – С. 78-81.

Опубліковані праці, які додатково відображують наукові результати дисертації:

32. Устенко А. В. Эффективность диагностирования труднодоступных мест тепловозов / А. В. Устенко, А. С. Крашенинин. – Информ. листок №186-194. – Харьков : ХАРПНТЭЙ, 1994. –2с.
33. Устенко О. В. Механічний факультет / О. В. Устенко // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2000. – Вип. 44. – С. 31-35.
34. Устенко О. В. Механічний факультет О. В. Устенко // Залізничний транспорт України. – 2000. – №5-6. – С. 29-31.
35. Тартаковський Е. Д. Інформаційні технології в локомотивному господарстві. Автоматизовані робочі місця в локомотивних та вагонних депо : навч. посібник / Е. Д. Тартаковський, О. В. Устенко, О. С. Крашенінін, В. Г. Пузир. – Ч. 1. – Харків, 2002. – 98 с.
36. Сідак О. Атестація локомотивного депо / О. Сідак, О. Устенко // Тези доповідей 66 науково-технічної конференції УкрДАЗТ: м. Харків, 19-23 жовтня 2004 р. – С. 68.
37. Скубченко Ю. Європейська мережа швидкісних залізниць збільшиться у два рази до 2010 року / Ю. Скубченко, О. Устенко // Тези доповідей 67 науково-технічної конференції УкрДАЗТ : Харків, 19-23 жовтня 2005 р. – С. 68.
38. Использование композиционных материалов на подвижном составе железных дорог / Э. Д. Тартаковский, А. В. Устенко, А. П. Фалендыш, Д. Н. Коваленко, Е. В. Бондаренко, Д. А. Иванченко // Материалы 28 международной конференции «Композиционные материалы в промышленности». – К. : УИЦ «Наука, техника, технология», 2008. – С. 512-513.
39. Результаты эксплуатационных испытаний электронных регуляторов на маневровых тепловозах / Э. Д. Тартаковский, А. Ф. Агулов, А. П. Фалендыш, А. В. Устенко, Д. А. Иванченко, А. В. Басов // Тезисы докладов IV научно-практической международной конференции «Внедрение наукоемких технологий на магистральном и промышленном железнодорожном транспорте». – Днепропетровск: ДНУЗТ, 2008. – С. 5.
40. Тартаковський Е. Д. Моделювання процесів ремонту локомотивів / Е. Д. Тартаковський, О. В. Устенко // Материалы Третьей международной научно-практической конференции «Проблемы экономики и управления на железнодорожном транспорте ЭКУЖТ-2008». – К. : ГЭТУТ, 2008. – С. 282-283.
41. Устенко О. В. Взаємозв’язок між інтегральними і частковими показниками рівня механізації та автоматизації виробничих процесів у локомотивних депо / О. В. Устенко, В. В. Голуб // Зб. наук. праць конференції «Інноваційні технології на залізничному транспорті». – Луганськ : СНУ ім. Даля, 2010. – С. 105-108.

42. Тартаковський Е. Д. Модель селекції претендентів для виконання ремонтних робіт в віртуальній системі технічної експлуатації тягового рухомого складу / Е. Д. Тартаковський, О. В. Устенко // Матеріали V міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми і перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технологія». – К. : ДЕТУТ, 2011. – С. 139-140.
43. Пристрій для автоматичного регулювання температури електричних машин / О. В. Устенко, О. М. Горобченко, О.В. Сацюк, А. М. Гущин, В. І. Дорошко,Ю. В. Кривошея, С. А. Матвієнко // Заявка про видачу патенту України U2011.07.411.
44. Настанова по економному використанню дизельного палива при експлуатації тепловозів: наказ Укрзалізниці від 29.10.2010 №161-ЦЗ. – Київ : ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2011. – 101 с.
45. Рекомендації з організації ресурсозберігаючих заходів на об’єктах локомотивного господарства Укрзалізниці: наказ Укрзалізниці від 24.12.2010 №215-ЦЗ. – Київ : ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2011. – 85 с.
46. Тартаковський Е. Д. Тепловози з гідравлічною передачею: навч. посібник / Е. Д. Тартаковский, О. В. Устенко, С. В. Михалків. – Харків : УкрДАЗТ, 2011. – 105 с.
47. Устенко О. В. Спосіб забезпечення доступу до інтернет у поїздах / О. В. Устенко, В. В. Бондаренко, Д. І. Скуріхін // Заявка на корисну модель U2011 11167.
48. Устенко О.В. Заходи по підвищенню якості технічного обслуговування та поточного ремонту /О.В. Устенко, А.М. Білан // Зб. наук. праць «Інноваційні технології на залізничному транспорті». –Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2011. –С.97-99.

АНОТАЦІЯ

Устенко О.В. Основи формування віртуальної системи управління технічною експлуатацією локомотивів – на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів. – Українська державна академія залізничного транспорту, Міністерства інфраструктури України, Харків, 2011 р.

Дисертація містить наукові основи, які дозволяють комплексно і з єдиних методологічних позицій вирішувати проблему формування віртуальних систем технічної експлуатації ТРС. Для цього розроблено

концепцію управління віртуальною системою технічної експлуатації ТРС, яка узагальнює визначення науково-обґрунтованих характеристик і розвиває принцип створення систем технічної експлуатації, обслуговування та ремонту рухомого складу з урахуванням умов експлуатації, світового технічного рівня, системи обслуговування та ремонту, стану ремонтних депо і заводів та особливостей промисловості і залізниць України. На її основі сформовано відповідну адаптивну модель. Оцінювати технічну готовність ТРС ВСУТЕ запропоновано коефіцієнтом технічної готовності ТРС. Для реалізації концепції розроблено метод атестації підприємств з обслуговування та ремонту ТРС. На основі розроблених основ формування ВСУТЕ ТРС запропоновано відповідну систему технічної експлуатації тепловозів 2ТЕ116 для Південної залізниці.

Ключові слова: тяговий рухомий склад, система обслуговування та ремонту, життєвий цикл, технічна експлуатація локомотивів.

АННОТАЦИЯ

Устенко А.В. Основы формирования виртуальной системы управления технической эксплуатацией локомотивов – на правах рукописи.

Диссертация на получение ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.07 - подвижной состав железных дорог и тяга поездов. - Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Министерства инфраструктуры Украины, Харьков, 2011 г.

Диссертация содержит научные основы, которые позволяют комплексно и с единых методологических позиций решить проблему формирования виртуальных систем технической эксплуатации тягового подвижного состава. Для этого разработано концепцию виртуальной системы управления технической эксплуатацией тягового подвижного состава (ВСУТЭ ТПС), которая обобщает определение научно-обоснованных характеристик и развивает принцип создания систем технической эксплуатации, обслуживания и ремонта подвижного состава с учетом условий эксплуатации, мирового технического уровня, системы обслуживания и ремонта, состояния ремонтных депо и заводов и особенностей промышленности и железных дорог Украины.

На ее основании сформировано соответствующую адаптивную модель. Оценивать техническую готовность ТПС ВСУТЭ предложено с помощью коэффициента технической готовности системы технической эксплуатации локомотивов, который учитывает время, затраченное на перемещение локомотива до места проведения ремонта, ожидание ремонта, и время, затраченное на перемещение его в депо эксплуатации.

Доказано, что одним из основных путей для повышения эффективности функционирования подсистемы ремонта локомотивов является реорганизация ее внутренней структуры, отказ от застарелых технологий работы и переход подсистемы управления на логистические принципы управления с заданием свойств гибкости системе ТО и ТР. Для этого разработана соответствующая модель.

Разработано классификацию механизации и автоматизации производства локомотиворемонтных депо. Выделены основные задачи депо, в которых необходимо определять интегральные показатели: уровень и степень механизации и автоматизации производства. Разработанные подходы и модели позволили определить уровень и степень механизации и автоматизации локомотиворемонтного производства от отдельных участков, отделений до депо в целом. Рассчитаны и проанализированы частные показатели автоматизации и механизации локомотиворемонтных депо и сделана оценка их технического уровня.

Для реализации концепции разработано метод аттестации предприятий по обслуживанию и ремонту ТПС. Для определения рационального количества квалифицированных работников ремонтных предприятий локомотивного хозяйства при их аттестации была усовершенствована соответствующая модель.

Предложены методы определения состояния ТПС и его систем поддержки. На основании теории систем и использования критерия экономической целесообразности была определена номенклатура технико-экономических показателей, которые характеризуют ТПС в эксплуатации. Для непосредственного их определения разработана классификация методов и устройств определения состояния ТПС.

На основании разработанных основ формирования ВСУТЭ ТПС предложена соответствующая система технической эксплуатации тепловозов 2ТЭ116 для Южной железной дороги. На основе расчетов выделены направления повышения эффективности виртуальных предприятий по ремонту тепловозов 2ТЭ116 в разработанной ВСУТЭ.

Разработана модель расчета экономического эффекта от внедрения ВСУТЭ ТПС на железных дорогах Украины. Экономический эффект от внедрения виртуальной системы технической эксплуатации тепловозов 2ТЭ116 составит более 30 млн грн для парка этих локомотивов Укрзализныци.

Ключевые слова: тяговый подвижной состав, система обслуживания и ремонта, жизненный цикл, техническая эксплуатация локомотивов.

ABSTRACT

Ystenko A.V. Fundamentals of virtual systems management and technical operation of locomotives - a manuscript.

Thesis on reception scientific degree doctor of technical sciences for profession 05.22.07 - a rolling stock of the railways and train traction. - an Ukrainian state academy of the railway transport, Ministry of Infrastructure of Ukraine, Kharkov, 2011.

The thesis contains a scientific basis, allowing a comprehensive and unified methodological position to solve the problem of the formation of virtual systems, maintenance of traction rolling stock. This concept of a virtual system of maintenance of traction rolling stock, which generalizes the definition of research-based characteristics and the principle of developing a system of technical operation, maintenance and repair of rolling stock subject to conditions, global technical level, system maintenance and repair, depot repair and condition plants and features industry and railways of Ukraine. On the basis formed by the adaptive model. Assess technical readiness of traction rolling stock virtual control system operation proposed technical readiness coefficient of traction rolling stock. Based on principles developed by the formation of virtual systems management and technical operation of traction rolling stock proposed in accordance with system maintenance 2TE116 locomotives for the Southern Railway.

Keywords: traction rolling stock, system maintenance and repair, life cycle, technical operation of locomotives.

УСТЕНКО ОЛЕКСАНДР ВІКТОРОВИЧ

УДК 629.4.014

ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНОЮ ЕКСПЛУАТАЦІЄЮ ЛОКОМОТИВІВ

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск Агулов А.Ф.

Підписано до друку " 21 " грудня 2011 р.
Формат паперу 60х84 1/16 Папір офсетний
Умовн.-друк.арк. Тираж 100 прим. Замовлення № 616.

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №2874 від 12.06.2007 р.