

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту

ОБОЗНИЙ ОЛЕКСАНДР МИКОЛАЙОВИЧ



УДК 629.4.083

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕДРЕЙСОВОЇ ПІДГОТОВКИ
ЛОКОМОТИВІВ НА ОСНОВІ ЕЛЕКТРОННОГО ПАСПОРТУ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2021

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі експлуатації та ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор
Пузир Володимир Григорович,
Український державний університет залізничного транспорту, кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу, професор кафедри

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
Горобченко Олександр Миколайович,
Державний університет інфраструктури та технологій, кафедра тягового рухомого складу залізниць, професор кафедри

кандидат технічних наук, доцент
Очкасов Олександр Борисович,
Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, кафедра локомотивів, доцент кафедри

Захист відбудеться “21” квітня 2021 р. о 14:00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.820.04 Українського державного університету залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Українського державного університету залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий “20” березня 2021 р.

В.о. вченого секретаря
спеціалізованої вченої ради



О.М. Огар

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Технічний стан локомотивів, що експлуатуються на залізницях України, вимагає перегляду існуючої системи управління технічним обслуговуванням, поточними ремонтами та передрейсовою підготовкою.

Для ефективної експлуатації нових локомотивів, що надходять в депо, потрібно якомога ширше використовувати можливості вбудованих систем технічної діагностики. Оброблені дані діагностування стану локомотива потрібно використовувати в технологічному процесі передрейсової підготовки.

Прийняття рішення про випуск локомотива в рейс повинно бути технічно обгрунтованим з метою недопущення відмови локомотива на шляху прямування та зменшення витрат, пов'язаних із затримкою поїзда, викликом допоміжного локомотива та проведенням непланового ремонту.

Аналіз безпеки руху та несправностей основного обладнання локомотивів за останні роки показує, що більшість транспортних подій відбувається через відмову обладнання на шляху прямування. Основною причиною відмов вузлів локомотивів в експлуатації є те, що при відправленні локомотива в рейс недостатня увага приділяється визначенню його фактичного технічного стану. У зв'язку з цим постає задача удосконалення процесів передрейсової підготовки локомотивів.

Одним із основних напрямків удосконалення процесів передрейсової підготовки є застосування комплексного підходу із використанням можливостей сучасних інформаційних технологій. Потребує створення інформаційна система, яка могла б допомагати враховувати рівень фактичного технічного стану локомотива в процесі передрейсової підготовки, а також можливий вплив на нього експлуатаційних факторів з метою недопущення відправлення в рейс локомотива, який може відмовити в експлуатації.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась на кафедрі експлуатації та ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту відповідно до Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року (Розпорядження Кабінету міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р), Стратегії АТ «Укрзалізниця» на 2019–2023 роки, а також науково-дослідних робіт за темами, у яких автор брав безпосередню участь як виконавець: «Розробка проекту «Технології інформаційної взаємодії лінійного рівня залізниці та Укрзалізниці в частині інформації про технічний стан і паспортні дані» (ДР № 0110U000210); «Дослідження та визначення оптимального набору параметрів, режимів їх отримання і обробки для відображення технічного стану локомотивів з метою забезпечення побудови автоматизованої системи їх діагностування і організації ремонту по пробігу» (ДР №0108U007035).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є удосконалення процесів передрейсової підготовки локомотивів на основі електронного паспорту шляхом врахування рівня їх технічного стану та вибору оптимального рейсу, умови якого не призведуть до відмови на шляху прямування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- здійснити аналіз існуючого процесу передрейсової підготовки та оцінити його вплив на експлуатаційну надійність локомотивів;
- розробити структурну модель електронного паспорту локомотива;
- розробити метод передрейсової підготовки локомотивів із застосуванням електронного паспорту;
- розробити математичну модель управління ризиками втрат в процесі експлуатації та запропонувати критерій для визначення можливості виконання рейсу локомотивом;
- удосконалити метод отримання залежності коефіцієнта можливості виконання рейсу для різних поєднань експлуатаційних факторів;
- удосконалити модель математичного опису процесу передрейсової підготовки як одноканальної системи масового обслуговування з неоднорідними потоками.

Об'єкт дослідження – процес передрейсової підготовки локомотивів.

Предмет дослідження – методи та моделі можливості виконання рейсу локомотивом.

Методи дослідження. Вирішення завдань проводилось із застосуванням методів математичної статистики та теорії ймовірностей при здійсненні аналізу транспортних подій та надійності роботи основного обладнання локомотивів, теорії мереж Петрі при розробці методу передрейсової підготовки із застосуванням електронного паспорту, теорії графів для визначення ймовірностей перебування локомотивів та їх вузлів у кожному із станів; повного факторного експерименту для отримання інтерполяційної формули для визначення коефіцієнта можливості виконання рейсу в залежності від впливу експлуатаційних факторів.

Наукова новизна одержаних результатів. У дисертаційній роботі вирішено наукове завдання удосконалення процесів передрейсової підготовки на основі електронного паспорту з урахуванням ризиків процесу експлуатації та запропонованого критерію можливості виконання рейсу локомотивом.

Вперше:

- на основі теорії мереж Петрі запропоновано метод передрейсової підготовки локомотивів із застосуванням електронного паспорту, який забезпечує визначення його фактичного технічного стану перед виходом в рейс;
- розроблено математичну модель управління ризиками втрат в процесі експлуатації та запропоновано критерій для визначення можливості виконання рейсу локомотивом, який враховує вплив експлуатаційних факторів на зміну технічних параметрів вузлів локомотива;
- запропоновано математичну модель технічного стану локомотива, яка у реальному часі враховує зміни технічних параметрів його вузлів та їх взаємозв'язок в процесі експлуатації, та дозволяє сформувати структурну схему його електронного паспорту;

Знайшов подальший розвиток:

- метод отримання залежності коефіцієнта можливості виконання рейсу для різних поєднань експлуатаційних факторів, який, на відміну від існуючих,

дозволяє оцінити зміну фактичного технічного стану локомотива після виконання конкретного рейсу.

Удосконалено:

- модель математичного опису процесу передрейсової підготовки як одноканальної системи масового обслуговування з неоднорідними потоками, яка, на відміну від існуючих, дозволяє зробити вибір рейсу, в процесі виконання якого не станеться відмови локомотива.

Практичне значення одержаних результатів. Запропоновано автоматизувати процеси передрейсової підготовки шляхом застосування електронного паспорту, який дозволяє здійснити аналіз значення поточних технічних параметрів вузлів локомотива перед виходом в рейс, зробити прогноз зміни вказаних параметрів в залежності від експлуатаційних факторів, провести розрахунок коефіцієнту можливості виконання рейсу та оцінити ризики витрат, пов'язаних з відправленням в рейс локомотива, фактичний технічний стан якого не відповідає умовам рейсу, та на основі цього обрати оптимальний рейс, який локомотив зможе виконати без відмови на шляху прямування. Таким чином, здійснюється оперативне відстеження стану локомотива перед виходом в рейс, що дозволить зменшити кількість відмов локомотивів на шляху прямування.

Практичне значення результатів роботи підтверджено відповідними актами впровадження у виробничий процес підрозділів локомотивного господарства АТ «Укрзалізниця» та у навчальний процес Українського державного університету залізничного транспорту при вивченні дисциплін «АСУ і САПР в локомотивному господарстві», «Інформаційні технології в управлінській, науковій та викладацькій діяльності», «Експлуатація локомотивів та локомотивне господарство», «Технологія ремонту локомотивів», що наведені в додатках до дисертаційного дослідження.

Особистий внесок здобувача. Усі результати дисертаційної роботи отримано особисто автором. В спільних публікаціях особистий внесок автора полягає в наступному: в роботі [1] – розроблено опис предметної області та запропоновано множину кортежів ER-моделі електронного паспорту; статті [2] було побудовано логічну модель інформаційного процесу роботи електронного паспорту для розрахунку за її допомогою тривалості такого процесу; в праці [3] – розроблено функціональну схему ремонтного процесу в локомотивному депо при використанні електронного паспорту локомотива; в роботі [4] було розроблено модель мережі Петрі, яка дозволяє визначати послідовність настання подій, що змінюють стан локомотива і призводять до наповнення бази даних електронного паспорту локомотива новими значеннями; в роботі [6] – розроблено алгоритм прийняття рішення про можливість видачі локомотива в рейс; в статті [9] – проведено дослідження впливу взаємодії пари експлуатаційних факторів на зміну коефіцієнта можливості виконання рейсу; в роботі [10] – розроблено алгоритм, який передбачає формування вхідного вектора значень з підсумовуванням двійкових кодів пікселів по рядках; в праці [11] – проведено аналіз дерева рішень вибору технології ремонту паливних форсунок тепловозу, який показав можливі варіанти стратегій; в роботі [19] –

запропоновано методику визначення залишкового ресурсу з урахуванням динаміки коефіцієнта швидкості зміни стану параметру технічного об'єкту; в роботі [20] – проведено аналіз залежності витрат на планові та непланові види ремонтів від пробігу тягового рухомого складу; в статті [21] – запропоновано періодичність проведення діагностичних операцій вузлів локомотивів з метою проведення комплексного обстеження для коригування обсягів ремонту та уточнення залишкового ресурсу по основному обладнанню.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації доповідалися, обговорювалися та ухвалені на таких конференціях: 70-й міжнародній науково-технічній конференції «Рухомий склад та спеціальна техніка транспорту» (Харків, 15-17 квітня 2008 р.); 71-й міжнародній науково-технічній конференції «Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту» (Харків, 19-21 травня 2009 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» (Лозова, 4-8 травня 2015 р.); 12-й науково-практичній міжнародній конференції «Міжнародні транспортні коридори та корпоративна логістика» (Харків, 2-4 червня 2016 р.); 29-й міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті» (Черноморськ, 27-29 вересня 2016 р.); 79-й міжнародній науково-технічній конференції «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті» (Харків, 25-27 квітня 2017 р.); III Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених, фахівців, аспірантів «Проблеми енергоресурсозбереження в промисловому регіоні. Наука і практика» (Маріуполь, 11-12 травня 2017 р.); IX міжнародній науково-практичній конференції «Транспорт і логістика: проблеми та рішення» (Одеса, 22-24 травня 2019 р.); International scientific and practical conference «Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects» (Spain, 4-11 may 2019); 1-й Міжнародній науково-технічній конференції «Інтелектуальні транспортні технології» (Трускавець – Харків, 24-30 січня 2020 р.); 9th International Scientific Conference - Research and Development of Mechanical Elements and Systems (IRMES 2019) 5–7 September 2019, Kragujevac, Serbia; 11th International Scientific Conference on Aeronautics, Automotive and Railway Engineering and Technologies (Sozopol, Bulgaria, 10 - 12 September, 2019).

Повністю результати дисертаційної роботи заслухано та схвалено на розширеному засіданні кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту.

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 22 наукові праці, з яких 8 наукових статей – у фахових виданнях, затверджених МОН України, і 3 статті – у виданнях інших держав (три з них включені до бази Scopus), 8 праць апробаційного характеру; 3 додаткові праці.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотацій, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

Повний обсяг дисертації складає 162 сторінки, з яких обсяг основного тексту – 130 сторінок, 37 рисунків і 4 таблиці за текстом, та 4 рисунки і 1

таблицю на 6 окремих сторінках, список використаних джерел із 123 найменувань, і 3 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обгрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету, задачі, об'єкт і предмет дослідження, відображено зв'язок роботи з науковими темами та програмами, розкрито її наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, подано загальну характеристику роботи.

У **першому розділі** проведено аналіз безпеки руху та несправностей основного обладнання локомотивів на залізницях України. Аналіз показує, що більшість транспортних подій (близько 75%) стається через відмову обладнання на шляху прямування. Передумови виникнення несправностей відносять за неякісним деповським і заводським ремонтом та технічними причинами. Однак, основною причиною відмов вузлів локомотивів в експлуатації є те, що при відправленні локомотива в рейс недостатня увага приділяється визначенню його фактичного технічного стану.

Основним недоліком існуючої системи управління технічним обслуговуванням, поточними ремонтами і передрейсовою підготовкою є те, що локомотиви однієї серії розглядаються як однотипні, з однаковими характеристиками і властивостями. Однак, кожен локомотив та його вузли мають індивідуальні властивості і зношуються не однаково.

Постає задача удосконалення процесів передрейсової підготовки локомотивів, вирішення якої дозволить підвищити надійність локомотивів в експлуатації, зменшити витрати на непланові ремонти, обирати оптимальні режими експлуатації тягового рухомого складу.

Велика частка відмов вузлів локомотивів на шляху прямування вимагає більшої уваги до підготовки локомотивів перед виходом в рейс та спостереження за його станом в експлуатації. Перед випуском локомотива на лінію необхідно переконатися в тому, що його технічний стан дозволяє здійснити рейс. Це стосується як локомотивів, що експлуатуються довгий час, так і нових локомотивів, що надходять на підприємства АТ “Укрзалізниця”. Інформація про технічний стан може бути отримана від бортових та стаціонарних засобів технічного діагностування. Аналіз цих даних, визначення рівня надійності локомотива та його спроможності провести поїзд є невід'ємною частиною передрейсової підготовки.

Наукові основи удосконалення технології передрейсової підготовки локомотивів окреслені в роботі В.Г. Пузиря, виконаній в УкрДАЗТ. Теоретичні основи прийняття рішень в умовах невизначеності щодо технічного стану локомотива були розроблені в УкрДАЗТ під керівництвом Е.Д. Тартаковського, О.Б. Бабаніна.

Дослідження з питань удосконалення бортових систем діагностування проводилась у ДНУЗТ ім. В. Лазаряна під керівництвом Б.Є. Боднаря та А.А. Босова. Свій внесок у вирішення цієї проблеми зробили такі вчені як В.О. Браташ, В.П. Феоктістов, І.К. Лакін.

Роботи, присвячені визначенню надійності локомотивів проводилися в СНУ ім. В.Даля під керівництвом О.Л. Голубенка та В.П. Ткаченка. В цій галузі відомі роботи таких вчених як В.О. Четвергов, О.І. Володін, О.О. Воробйов, В.Г. Маслієв.

В розвиток систем діагностування та оптимізації системи утримання локомотивів вагомий внесок внесли Т.В. Бутько, Є.Є. Коссов, А.П. Кудряш, О.Б. Підшивалов та ін.

Аналіз цих досліджень показав, що існує необхідність комплексного підходу із застосуванням сучасних інформаційних технологій. Зокрема, потребує розробки інформаційна система, що дозволить зберігати дані від різних засобів технічного діагностування в одному місці та стежити за станом кожного конкретного локомотива.

Таким чином, науково-практичним завданням, що вирішується в даній роботі є удосконалення процесів передрейсової підготовки локомотивів шляхом впровадження електронного паспорту.

У **другому розділі** наведено процес розроблення структурної моделі електронного паспорту локомотива. Можливості сучасних інформаційних технологій дозволяють проводити збирання, зберігання та обробку великих обсягів даних, що недоступно при ручній технології.

Для врахування індивідуальних властивостей окремого локомотива при виконанні передрейсової підготовки пропонується застосовувати електронний паспорт локомотива, який представляє собою базу даних локомотивів та їх вузлів. При цьому локомотив розглядається як об'єкт, що має певні властивості і приймає участь у певних подіях. Кожен вузол також розглядається як окремий об'єкт зі своїми властивостями і подіями (рис. 1).

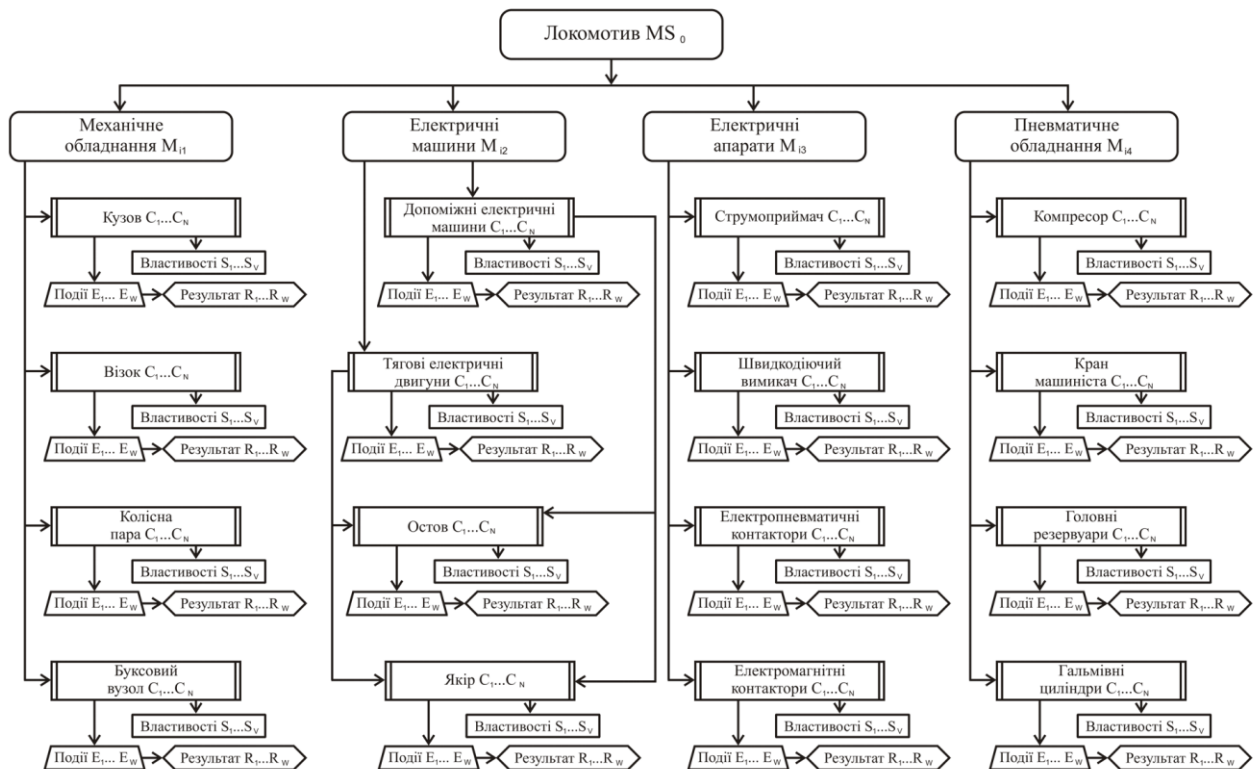


Рис. 1. Структурна модель електронного паспорту локомотива

Настання певної події призводить до зміни стану локомотива або вузла, що обов'язково відображається в електронному паспорті та призводить до оновлення бази даних. Наповнення бази даних електронного паспорта відбувається через засоби технічного діагностування (переносні, стаціонарні, вбудовані), а за їх відсутності – вручну.

У **третьому розділі** проводилось розроблення моделі процесу передрейсової підготовки локомотивів із застосуванням електронного паспорта. Задачею передрейсової підготовки локомотивів є визначення можливості конкретного локомотива провести поїзд відомої ваги по ділянці відомого профілю і довжини. Тобто необхідно визначити, чи дозволяє фактичний технічний стан локомотива виконати конкретний рейс.

Дані про запланований рейс від чергового по депо враховуються під час оцінки поточних властивостей локомотива та його вузлів і це дає змогу визначити коефіцієнт можливості виконання локомотивом рейсу без відмови обладнання, а також сформулювати технологічний процес передрейсової підготовки (рис. 2).

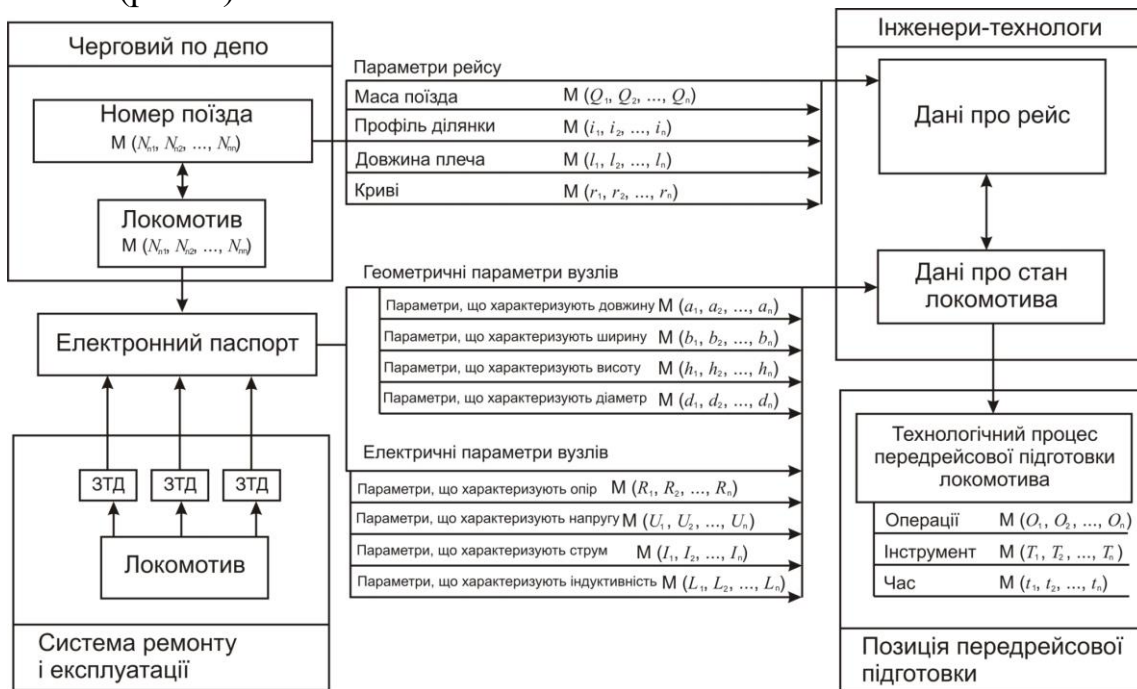


Рис. 2. Інформаційна модель процесу передрейсової підготовки локомотива із застосуванням електронного паспорта

Для дослідження впливу використання електронного паспорта локомотива на процес передрейсової підготовки було побудовано граф станів процесу експлуатації локомотива (рис. 3), записано та вирішено систему рівнянь Колмогорова (1) та отримано значення ймовірностей знаходження локомотива у кожному із станів.

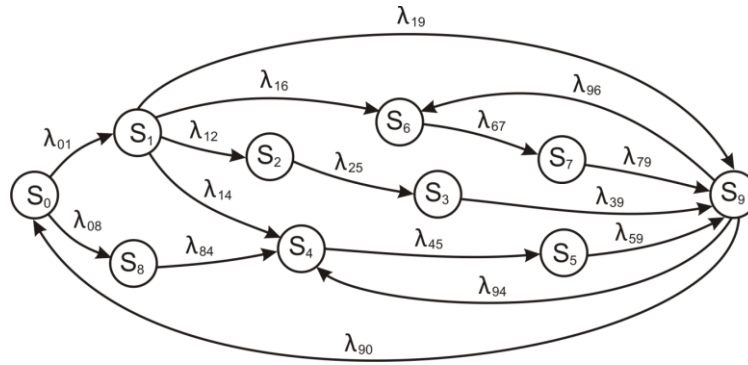


Рис. 3. Граф станів процесу експлуатації локомотива

Система може знаходитись у одному з десяти станів: S_0 – експлуатація, S_1 – діагностування, S_2 – постановка на ремонт, S_3 – випуск з ремонту, S_4 – постановка на неплановий ремонт, S_5 – випуск з непланового ремонту, S_6 – відправлення на заводський ремонт, S_7 – відправлення на заводський ремонт, S_8 – відмова, S_9 – передрейсова підготовка.

Отримано наступні результати: ймовірність знаходження локомотива в стані передрейсової підготовки при використанні електронного паспорту збільшується з 0,12 до 0,21. При цьому ймовірність знаходження локомотива в стані експлуатації збільшується з 0,45 до 0,6, а ймовірність відмови на шляху прямування зменшується з 0,15 до 0,05 (рис. 4).

Також було побудовано граф станів процесу експлуатації вузлів локомотива (рис. 5), записано та вирішено систему рівнянь Колмогорова (2) для станів вузлів локомотива та отримано значення ймовірностей знаходження вузлів локомотива у кожному із станів.

$$\left\{ \begin{array}{l} (\lambda_{01} + \lambda_{08}) \cdot p_0 = \lambda_{90} \cdot p_9 \\ (\lambda_{19} + \lambda_{16} + \lambda_{14} + \lambda_{12}) \cdot p_1 = \lambda_{01} \cdot p_0 \\ \lambda_{23} \cdot p_2 = \lambda_{12} \cdot p_1 \\ \lambda_{39} \cdot p_3 = \lambda_{23} \cdot p_2 \\ \lambda_{45} \cdot p_4 = \lambda_{14} \cdot p_1 + \lambda_{84} \cdot p_8 + \lambda_{94} \cdot p_9 \\ \lambda_{59} \cdot p_5 = \lambda_{45} \cdot p_4 \\ \lambda_{67} \cdot p_6 = \lambda_{16} \cdot p_1 \\ \lambda_{79} \cdot p_7 = \lambda_{67} \cdot p_6 \\ \lambda_{84} \cdot p_8 = \lambda_{08} \cdot p_0 \\ p_0 + p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7 + p_8 + p_9 = 1 \end{array} \right. \quad (1)$$

Для об'єкту “вузол” були обрані наступні події: робота на локомотиві, діагностування, зняття з локомотива, постановка на ремонт, випробування, випуск з ремонту, відправлення в технологічний запас, встановлення на локомотив, постановка на неплановий ремонт, випуск з непланового ремонту, відправлення на заводський ремонт, отримання із заводського ремонту, надходження, списання, відмова.

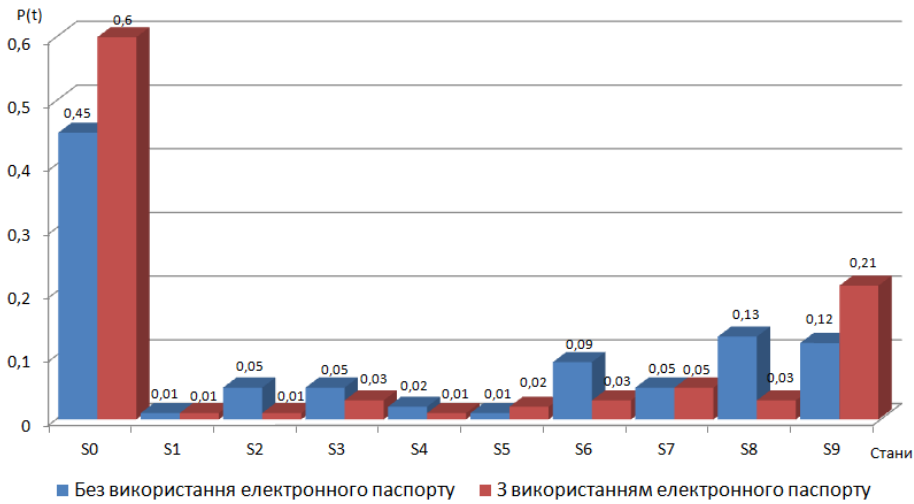


Рис. 4. Діаграма розподілу ймовірностей станів процесу експлуатації локомотива

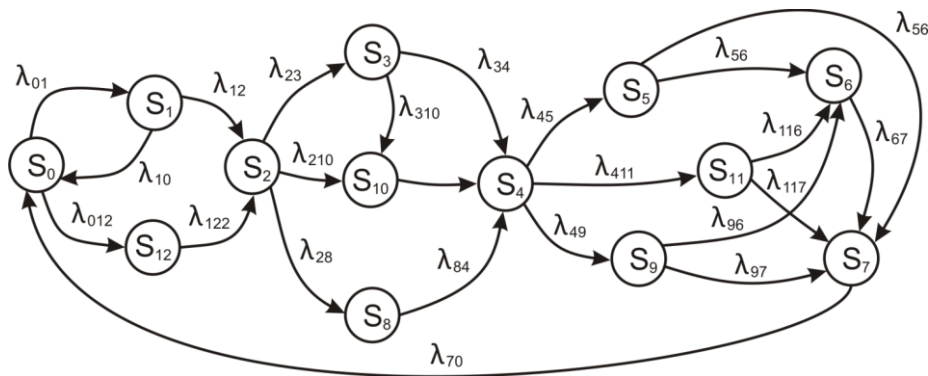


Рис. 5. Граф станів процесу експлуатації вузла локомотива

Кожен вузол після зняття його з локомотива, що обов'язково фіксується в електронному паспорті, надходить у відповідне відділення. У відділенні проводять його діагностування, щоб визначити необхідність розбирання та об'єм ремонту. Після проведених ремонтних робіт та випробувань справні вузли або встановлюються на локомотив, або переходять в технологічний запас депо. Також фіксуються постановка і випуск з непланових та заводських ремонтів, купівля нових вузлів та списання тих, що відпрацювали свій ресурс.

Отримано наступні результати: ймовірність знаходження вузла в стані “Робота на локомотиві” при використанні електронного паспорту збільшується з 0,57 до 0,69. При цьому ймовірність знаходження локомотива в стані експлуатації збільшується з 0,45 до 0,6, а ймовірність відмови зменшується з 0,08 до 0,02 (рис. 6).

Успішне виконання рейсу локомотивом може залежати від сполучення різних експлуатаційних факторів. Показником, що характеризує надійну роботу локомотивів в експлуатації запропоновано використовувати коефіцієнт можливості виконання рейсу. Постає задача отримати формулу, за допомогою якої можна було б отримати значення коефіцієнту можливості виконання рейсу при різних поєднаннях факторів.

$$\begin{cases}
 (\lambda_{01} + \lambda_{012}) \cdot p_0 = \lambda_{70} \cdot p_7 \\
 (\lambda_{12} + \lambda_{10}) \cdot p_1 = \lambda_{01} \cdot p_0 \\
 (\lambda_{23} + \lambda_{28} + \lambda_{210}) \cdot p_2 = \lambda_{12} \cdot p_1 + \lambda_{122} \cdot p_{12} \\
 (\lambda_{34} + \lambda_{310}) \cdot p_3 = \lambda_{23} \cdot p_2 \\
 (\lambda_{45} + \lambda_{49} + \lambda_{411}) \cdot p_4 = \lambda_{34} \cdot p_3 + \lambda_{84} \cdot p_8 + \lambda_{104} \cdot p_{10} \\
 (\lambda_{56} + \lambda_{57}) \cdot p_5 = \lambda_{45} \cdot p_4 \\
 \lambda_{67} \cdot p_6 = \lambda_{56} \cdot p_5 + \lambda_{96} \cdot p_9 + \lambda_{116} \cdot p_{11} \\
 \lambda_{70} \cdot p_7 = \lambda_{37} \cdot p_5 + \lambda_{67} \cdot p_6 + \lambda_{117} \cdot p_{11} \\
 \lambda_{84} \cdot p_8 = \lambda_{28} \cdot p_2 \\
 (\lambda_{96} + \lambda_{97}) \cdot p_9 = \lambda_{49} \cdot p_4 \\
 \lambda_{104} \cdot p_{10} = \lambda_{210} \cdot p_2 + \lambda_{310} \cdot p_3 \\
 (\lambda_{116} + \lambda_{117}) \cdot p_{11} = \lambda_{411} \cdot p_4 \\
 p_0 + p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7 + p_8 + p_9 + p_{10} + p_{11} + p_{12} = 1
 \end{cases} \quad (2)$$

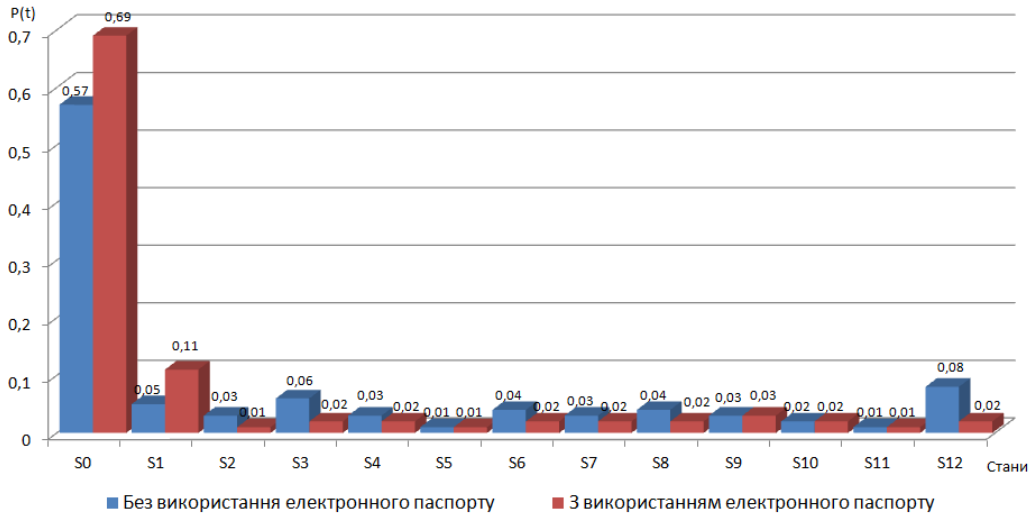


Рис. 6. Графік розподілу ймовірностей системи станів процесу експлуатації вузла локомотива

У якості інструменту для отримання інтерполяційної формули визначення коефіцієнта можливості виконання рейсу обрано повний факторний експеримент.

Факторами, що впливають на значення коефіцієнту можливості виконання рейсу обрані: x_1 – профіль ділянки, x_2 – стаж машиніста, x_3 – довжина плеча, x_4 – вага поїзда.

Прийняті значення нульового рівня, інтервалу вар'ювання, верхнього та нижнього рівнів факторів наведені в табл. 1.

Кодовані змінні мають значення

$$x_1 = \frac{i-0}{10}, \quad x_2 = \frac{T-10}{10}, \quad x_3 = \frac{L-300}{200}, \quad x_4 = \frac{Q-4000}{2000} \quad (3)$$

Матриця повного факторного експерименту для чотирьох факторів наведена в табл. 2.

Таблиця 1 – Значення рівнів та інтервалу вар'ювання змінних

Рівні та інтервал вар'ювання фактора	Фактори			
	x_1	x_2	x_3	x_4
	i, %	T, роки	L, км	Q, т
Нульовий рівень	0	10	300	4000
Інтервал вар'ювання	10	10	200	2000
Нижній рівень	-10	0	100	2000
Верхній рівень	10	20	500	6000

Для кожної з чотирьох серій дослідів розраховувалися дисперсії за формулою

$$\sigma_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (y_{ji} - \bar{y}_i)^2}{m-1} \quad (4)$$

де σ_i^2 – дисперсія в i -тій точці, m – кількість паралельних дослідів, y_{ji} – значення параметру оптимізації в j -му паралельному досліді та \bar{y}_i – середнє значення параметру оптимізації в даній серії паралельних дослідів.

Для кожної з чотирьох серій дослідів розраховувалися дисперсії за формулою

$$\sigma_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (y_{ji} - \bar{y}_i)^2}{m-1} \quad (5)$$

Таблиця 2 – Матриця повного факторного експерименту

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_1x_2	x_1x_3	x_1x_4	x_2x_3	x_2x_4	x_3x_4	y_1	y_2	y_3	y_m	y
1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	0,9	0,84	0,91	0,88	0,88
2	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	0,91	0,87	0,89	0,89	0,93
3	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	0,93	0,92	0,92	0,92	0,91
4	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	0,88	0,95	0,85	0,89	0,88
5	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	0,89	0,96	0,91	0,92	0,90
6	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	0,92	0,9	0,93	0,92	0,91
7	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	0,94	0,89	0,91	0,91	0,89
8	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	0,93	0,91	0,94	0,93	0,91
9	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1	0,91	0,94	0,91	0,92	0,88
10	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	0,89	0,88	0,9	0,89	0,92
11	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	0,9	0,79	0,79	0,83	0,90
12	1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	1	0,91	0,9	0,84	0,88	0,91
13	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	0,95	0,88	0,92	0,92	0,90
14	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	1	0,93	0,95	0,9	0,93	0,90
15	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	0,79	0,87	0,89	0,85	0,94
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,84	0,96	0,91	0,90	0,89

Для визначення однорідності дисперсій було розраховано критерій Кохрена за формулою

$$G = \frac{\sigma_{i_{\max}}^2}{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2}, \quad (6)$$

де $\sigma_{i_{\max}}^2$ – найбільше значення дисперсії.

$$G = \frac{0,004}{0,0211} = 0,19$$

Табличне значення критерію Кохрена $G_{table} = 0,53$.

Так як $G < G_{table}$, дисперсії є однорідними.

Коефіцієнти моделі визначалися за формулою

$$b_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij} y_i}{n} \quad (7)$$

$$b_0 = 0,899; b_1 = 0,0048; b_2 = -0,009; b_3 = 0,0102; b_4 = -0,0094; b_{12} = 0,0069; \\ b_{13} = 0,0044; b_{14} = 0,0065; b_{23} = -0,0019; b_{24} = -0,0148; b_{34} = 0,1098$$

Знаючи коефіцієнти моделі, можна розрахувати значення коефіцієнту, та дослідити адекватність моделі.

Для перевірки адекватності моделі застосовувався F -критерій Фішера

$$F = \frac{\sigma_{ad}^2}{\sigma_y^2} \quad (8)$$

$$F = \frac{0,0051}{0,0013} = 3,92$$

Табличне значення F -критерію Фішера $F_{table} = 5,91$.

Розраховане значення F -критерій Фішера менше табличного. Це свідчить про те, що модель адекватна і формула для визначення коефіцієнта можливості виконання рейсу має вигляд

$$k = 0,899 + 0,0048x_1 - 0,009x_2 + 0,0102x_3 - 0,0094x_4 + 0,0069x_1x_2 + \\ + 0,0044x_1x_3 + 0,0065x_1x_4 - 0,0019x_2x_3 - 0,0148x_2x_4 + 0,1094x_3x_4 \quad (9)$$

Ця формула справедлива для змінних в інтервалах вар'ювання, наведених в табл. 1. По ній можна розрахувати значення коефіцієнту можливості виконання рейсу за різних комбінацій факторів. По силі впливу на коефіцієнт можливості виконання рейсу фактори розміщуються у наступному порядку: довжина плеча, вага поїзда, стаж машиніста, профіль ділянки.

Аналогічним чином було отримано інтерполяційні формули та побудовано поверхні при поєднанні пар факторів: вага поїзда-довжина плеча, вага поїзда-стаж машиніста, стаж машиніста-довжина плеча, вага поїзда-складність ділянки (рис. 7).

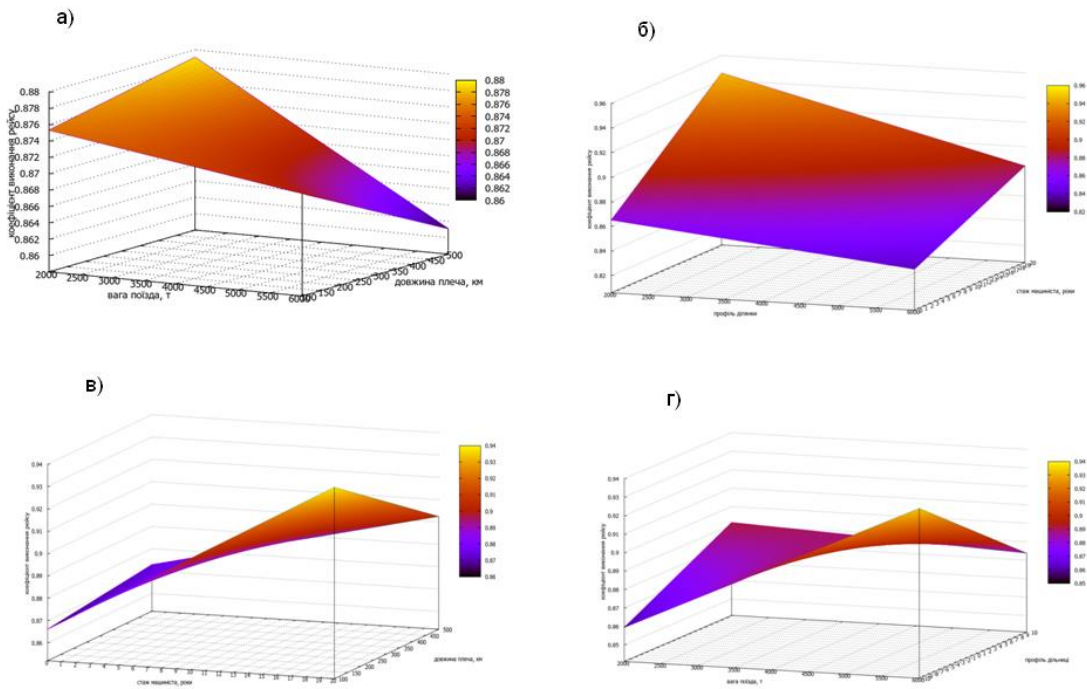


Рис. 7. Залежність коефіцієнта можливості виконання рейсу від поєднання пари факторів: а) вага поїзда – довжина плеча; б) вага поїзда – стаж машиніста; в) стаж машиніста – довжина плеча; г) вага поїзда-профіль дільниці

В процесі передрейсової підготовки локомотивів електронний паспорт виступає як експертна система, яка дозволяє оцінити фактичний технічний стан локомотива та його вузлів перед виходом в рейс.

Електронний паспорт дозволяє автоматизувати обробку та аналіз результатів технічного діагностування, а також розробку технологічного процесу передрейсової підготовки. У випадку застосування електронного паспорта локомотива очікується зменшення кількості відмов вузлів локомотивів на шляху прямування, оскільки виключається можливість відправки локомотива в рейс, якщо технічні параметри його вузлів не задовільняють вимогам нормативної документації.

Математична модель управління ризиками в процесі експлуатації має вигляд

$$\begin{aligned}
 R &= \int_0^t (R_{TC}(t) + R_{ЛБ}(t) + R_{УР}(t) + R_{ЗУ}(t)) dt = \\
 &= C_{ЛН} \cdot \left(\int_0^t P_{TC}(i_{із}, i_{стар}, i_{ям}, i_{мод}, i_{крп}, i_{мп}, t) dt + \int_0^t P_{ЛБ}(i_{см}, i_{мн}, i_{нфс}, i_c, i_m, t) dt + \right. \\
 &\quad \left. + \int_0^t P_{УР}(i_{вн}, i_{дн}, i_{нк}, t) dt + \int_0^t P_{ЗУ}(i_{мемп}, i_m, i_o, i_{чд}, t) dt \right) \rightarrow \min
 \end{aligned} \quad (10)$$

де R – ризик, грн; R_{TC} – ризик, що виникає через технічний стан локомотива, грн; $R_{ЛБ}$ – ризик, що виникає через невірні дії членів локомотивної бригади, грн; $R_{УР}$ – ризик, що виникає через умови рейсу, грн; $R_{ЗУ}$ – ризик, що виникає через дію зовнішніх умов, грн; $C_{ЛН}$ – вартість ліквідації наслідків, грн; P_{TC} –

ймовірність виникнення відмови через технічний стан локомотива; $i_{із}$ – інтенсивність зношення вузлів та деталей локомотива; $i_{стар}$ – інтенсивність старіння локомотива; $i_{ям}$ – якість матеріалів, які застосовувались при ремонті; $i_{мод}$ – рівень технологічної оснащеності депо; $i_{рп}$ – рівень кваліфікації ремонтного персоналу; $i_{мп}$ – рівень дотримання технології ремонту; $P_{ЛБ}$ – ймовірність виникнення відмови через невірні дії членів локомотивної бригади; $i_{ст}$ – стаж члену локомотивної бригади; $i_{пн}$ – рівень професійної підготовки члену локомотивної бригади; $i_{пфс}$ – психофізіологічний стан члену локомотивної бригади; i_c – сумісність членів локомотивної бригади; i_m – сумісність членів локомотивної бригади; $P_{зв}$ – ймовірність виникнення відмови через умови рейсу; $i_{вн}$ – вага поїзда, т; $i_{он}$ – довжина плеча, км; $i_{пк}$ – профіль колії, км; $P_{зв}$ – ймовірність виникнення відмови через зовнішні умови; $i_{темн}$ – температура повітря; i_m – тиск; i_o – ймовірність опадів; $i_{чд}$ – час доби.

При управлінні ризиками необхідно враховувати наступні обмеження

$$\begin{cases} N_{Л} \leq N_{ЛРД} \\ N_{ЛБ} \leq N_{ВЛБ} \end{cases} \quad (11)$$

$N_{Л}$ – кількість локомотивів, які потенційно можуть виконати рейс;

$N_{ЛРД}$ – кількість локомотивів у розпорядженні депо;

$N_{ЛБ}$ – кількість локомотивних бригад, які можуть бути відправлені в рейс;

$N_{ВЛБ}$ – кількість вільних локомотивних бригад.

Перша складова цільової функції (10) відповідає витратам, які може понести АТ “Укрзалізниця” у разі відмови локомотива на шляху прямування через незадовільний технічний стан. Тобто перед виходом в рейс фактичний технічний стан є таким, що умови рейсу, зовнішні умови, а також дії локомотивних бригад можуть призвести до відмови. Ризик відмови можна знизити заміною локомотива на такий, фактичний технічний стан якого якого дозволить виконати рейс.

Другий доданок цільової функції (10) відображає витрати, які може понести АТ “Укрзалізниця” у разі відмови локомотива на шляху прямування через невірні дії членів локомотивної бригади. Для зниження ризику перед виходом локомотива в рейс необхідно впевнитись, що кваліфікація членів локомотивної бригади є достатньою, щоб виконати рейс на локомотиві з визначеним технічним станом при відомих умовах рейсу та зовнішніх умовах. У разі необхідності локомотивну бригаду слід замінити на більш кваліфіковану.

Третя складова цільової функції (10) відповідає витратам, які може понести АТ “Укрзалізниця” у разі відмови локомотива на шляху прямування через несприятливі умови рейсу. Так як умови рейсу змінити неможливо, для зниження ризику відмови локомотива на шляху прямування необхідно впевнитись, що поточні умови рейсу не зможуть змінити технічні параметри вузлів локомотива до критичного рівня. В іншому випадку необхідно замінити локомотив.

Четвертий доданок цільової функції (10) відображає витрати, які може понести АТ “Укрзалізниця” у разі відмови локомотива на шляху прямування через несприятливі зовнішні умови. Як і у випадку з ризиками, що виникають при несприятливих умовах рейсу, для зниження ризику відмови локомотива на шляху прямування для виконання рейсу необхідно обирати локомотив, технічні параметри вузлів якого залишаться в межах допустимих при дії зовнішніх умов, що впливатимуть на можливість виконання конкретного рейсу.

Враховуючи вище наведене, для управління ризиками в процесі експлуатації були розроблені наступні стратегії:

якщо $R_{TC} \rightarrow \min \wedge R_{ЛБ} \rightarrow \min \wedge R_{УР} \rightarrow \min \wedge R_{ЗУ} \rightarrow \min$, то локомотив можна відправляти в рейс

якщо $R_{TC} \rightarrow \min \wedge R_{ЛБ} \rightarrow \max \wedge R_{УР} \rightarrow \min \wedge R_{ЗУ} \rightarrow \min$, то локомотив можна відправляти в рейс

якщо $R_{TC} \rightarrow \min \wedge R_{ЛБ} \rightarrow \max \wedge R_{УР} \rightarrow \max \wedge R_{ЗУ} \rightarrow \min$, то необхідно замінити локомотивну бригаду

якщо $R_{TC} \rightarrow \min \wedge R_{ЛБ} \rightarrow \max \wedge R_{УР} \rightarrow \max \wedge R_{ЗУ} \rightarrow \max$, то необхідно замінити локомотивну бригаду

якщо $R_{TC} \rightarrow \max \wedge R_{ЛБ} \rightarrow \min \wedge R_{УР} \rightarrow \min \wedge R_{ЗУ} \rightarrow \min$, то локомотив можна відправляти в рейс

якщо $R_{TC} \rightarrow \max \wedge R_{ЛБ} \rightarrow \max \wedge R_{УР} \rightarrow \min \wedge R_{ЗУ} \rightarrow \min$, то необхідно замінити локомотив

якщо $R_{TC} \rightarrow \max \wedge R_{ЛБ} \rightarrow \max \wedge R_{УР} \rightarrow \max \wedge R_{ЗУ} \rightarrow \min$, то необхідно замінити локомотив

якщо $R_{TC} \rightarrow \max \wedge R_{ЛБ} \rightarrow \max \wedge R_{УР} \rightarrow \max \wedge R_{ЗУ} \rightarrow \max$, то необхідно замінити локомотив

З метою мінімізації ризику виникнення відмови на шляху прямування проводиться оцінка ймовірностей виникнення відмови на шляху прямування. У разі необхідності проводиться заміна локомотива або локомотивної бригади.

В четвертому розділі розроблені моделі використано для формування інформаційної системи, яка може бути інтегрована з автоматизованими робочими місцями в депо. У якості практичної реалізації було запропоновано програмне забезпечення електронного паспорту, яке можливо інтегрувати з АРМ чергового по депо для аналізу стану та підбору локомотивів для відправлення в рейс.

З 2017 року в 12 локомотивних депо проводилась апробація електронної паспортизації об’єктів локомотивного господарства, у тому числі локомотивів. Було розроблено відповідне програмне забезпечення. Досвід впровадження електронних паспортів показує, що обробка результатів електронною системою дозволяє прискорити формування технічної документації, підвищити ефективність праці, скоротити час проведення операцій.

Застосування електронного паспорту локомотива в процесі передрейсової підготовки дозволяє отримати економічний ефект з наростаючим підсумком за

розрахунковий період 2022 – 2026 роки складатиме 7472,080 тис. грн.. Економічний ефект досягається за рахунок зменшення витрат на заробітну плату, на технічне обслуговування та передрейсову підготовку, а також витрат, пов'язаних із відмовою локомотивів на шляху прямування, викликом допоміжного локомотива, проведенням непланових ремонтів.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі вирішено наукове завдання удосконалення процесів передрейсової підготовки локомотивів на основі електронного паспорту шляхом врахування рівня їх технічного стану та вибору оптимального рейсу, умови якого не призведуть до відмови на шляху прямування. Це дозволяє оперативно відстежувати стан локомотива перед виходом в рейс та прогнозувати надійність його роботи.

Результати досліджень та моделювання дозволяють зробити такі висновки:

1. Проведений аналіз процесу передрейсової підготовки показав, що він не дозволяє забезпечити достатній рівень надійності локомотивів перед виходом в рейс. В результаті приблизно 55% відмов виникають через неякісне виконання ремонту та незадовільний технічний стан, 25 % відмов – через невірні дії локомотивних бригад та 20% – через інші причини.

2. Запропонована структурна модель електронного паспорту встановлює взаємозв'язок між подіями, в яких бере участь локомотив та його вузли, та зміною їх технічного стану. Зокрема, для локомотива із середньою кількістю вузлів 135, необхідно здійснити 1147 пошукових операцій, що при ручній технології досить складно та призводить до зайвих витрат часу.

3. Розроблено модель процесу передрейсової підготовки локомотивів із застосуванням електронного паспорту, яка дозволила визначити ймовірності знаходження локомотива та його вузлів у кожному із станів. Визначено, що ймовірність перебування локомотива на передрейсовій підготовці у разі використання електронного паспорту збільшується з 0,12 до 0,21, разом з тим це збільшує ймовірність перебування локомотива в експлуатації з 0,45 до 0,6, а ймовірність відмови на шляху прямування зменшується з 0,15 до 0,05.

4. Розроблено математичну модель управління ризиками в процесі експлуатації локомотивів, на основі якої запропоновано набір стратегій з метою підвищення коефіцієнта можливості виконання рейсу локомотивом за різних поєднань експлуатаційних факторів. Максимальне значення коефіцієнту 0,96 можна отримати, застосовуючи першу стратегію.

5. Отримано залежності та розраховано значення коефіцієнту можливості виконання рейсу для різних поєднань експлуатаційних факторів. Розрахунки за даними окремих локомотивних депо дозволили окреслити межі цього коефіцієнту від 0,86 до 0,96. Прийнято доцільним дотримуватись значення коефіцієнту можливості виконання рейсу на рівні 0,93. На основі обробки статистичних даних встановлено, що використання електронного паспорту локомотива в процесі передрейсової підготовки дозволяє підвищити значення коефіцієнта можливості виконання рейсу в середньому на 5%.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні:

1. Обозний О.М., Квітко О.Є. Побудова ER-моделі бази даних електронного паспорту локомотивного депо. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2007. Вип. 81. С. 149–153.
2. Обозний О.М., Квітко О.Є. Моделювання інформаційних процесів документообігу локомотивного депо при застосуванні електронного паспорта. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2007. Вип. 82. С. 57–60.
3. Обозний О.М., Пузир В.Г., Квітко О.Є. Використання електронного паспорта локомотива при плануванні та управлінні ремонтами. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2008. Вип. 96. С. 110–115.
4. Пузир В.Г., Обозний О.М. Застосування мереж Петрі для опису функціонування електронного паспорта локомотива. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2010. Вип. 117. С. 98–103.
5. Обозний О.М. Передрейсова підготовка локомотивів як система масового обслуговування. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2012. Вип. 132. С. 36–40.
6. Обозний О.М., Бобрицький С.В. Розробка методики прийняття рішення про видачу локомотива в рейс на основі аналізу його фактичного технічного стану. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2014. Вип. 149. С. 71–75.
7. Обозний О.М. Визначення залежності швидкості зміни параметрів вузлів локомотива від умов експлуатації. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2015. №1 (218). С. 110–112.

Публікації у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:

8. Obozny O.M. Method of using electronic passport of locomotive in management system of preroute preparation. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2013. Vol. 2, № 3 (62). P. 56–58. DOI: 10.15587/1729-4061.2013.11717 (видання індексується у базі Scopus)

Публікації у виданнях інших держав:

9. Puzyr, V.G., Krashenin, O.S., Zhalkin, D.S., Datsun, Y.M., Obozny, O.M. Estimation of the influence of the interaction of factors pairs on the coefficient of route execution possibility. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Volume 659. Issue 1. DOI: 10.1088/1757-899X/659/1/012057 (видання індексується у базі Scopus). *Публікації у наукових виданнях інших держав.*

10. Puzyr V., Datsun, Y., Obozny O. Design of algorithm for identification of locomotive electrical machine unit during repair. *International Journal of*

Engineering & Technology. 2018. Vol. 7. Issue 4. P. 157–161. DOI: 10.14419/ijet.v7i4.3.19727 (видання індексується у базі Scopus). Публікації у наукових виданнях інших держав

11. Puzyr V., Datsun, Y., Obozny O., Pyvo V. Development of a repair technology for locomotive units on the basis of the theory of decision. *International Journal of Engineering & Technology*. 2019. Vol. 664. DOI: 10.1088/1757-899X/664/1/012029 (видання індексується у базі Scopus). Публікації у наукових виданнях інших держав

Додаткові:

12. Крашенінін О.С., Жалкін С.Г., Крамчанін І.Г., Обозний О.М. Методика розрахунку системи технічного обслуговування локомотивів при подовженні терміну їх експлуатації. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2009. Вип. 107. С. 217–221.

13. Крашенінін О.С., Обозний О.М. Визначення граничних термінів довговічності тягового рухомого складу. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2011. Вип. 122. С. 134–140.

14. Крашенінін О.С., Обозний О.М. Визначення періодичності діагностування ТРС в післяремонтний термін експлуатації. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2011. Вип. 123. С. 173–175.

Праці апробаційного характеру:

15. Обозний О.М. Удосконалення системи управління передрейсовою підготовкою локомотивів на основі розробки електронного паспорту. *Логістичне управління та безпека руху на транспорті: Збірник тез міжнародної науково-практичної конференції*. (Лозова, 4–8 травня 2015 р.). Сєверодонецьк: ПП «Поліграф-Сервіс», 2015. С. 74–75.

16. Пузир В.Г., Дацун Ю.М., Обозний О.М. Застосування кумулятивної моделі накопичення пошкоджень вузлів локомотива при визначенні зміни технічного стану локомотива. *Міжнародні транспортні коридори та корпоративна логістика: тези доповідей за матеріалами дванадцятої науково-практичної міжнародної конференції*. Вісник економіки транспорту і промисловості. (Харків, 2–4 червня 2016 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2016. Вип. 54. С. 72–73.

17. Пузир В. Г., Дацун Ю.М., Обозний О.М. Контроль технічного стану локомотивів на основі обробки даних бортових мікропроцесорних систем діагностики. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: тези доповідей 29-ої міжнародної науково-практичної конференції* (Черноморськ, 27 – 29 вересня 2016 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2016. №. 4 (додаток). С. 6.

18. Пузир В. Г., Дацун Ю.М., Рядковський В.В., Обозний О.М. Математична модель зміни технічного стану локомотива в процесі експлуатації. *Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті: тези доповідей 79-ої міжнар. наук.-техн. конф.* (Харків, 25 – 27 квітня 2017 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2017. Вип. 169 (додаток). С. 59–61.

19. Пузир В. Г., Дацун Ю.М., Обозний О.М. Оптимізація експлуатації та ремонту локомотивів на основі прогнозування зміни параметрів їх вузлів. *Проблеми енергоресурсозбереження в промисловому регіоні. Наука і практика* : тези доп. III Всеукр. науково-практ. конф. молодих вчених, фахівців, аспірантів (Маріуполь, 11–12 травня 2017 р.) / ДВНЗ «ПДТУ». Маріуполь, 2017. С. 125–126.

20. Обозний О.М., Крамчанин І.Г. Вплив взаємодії двох факторів на коефіцієнт можливості виконання рейсу. *Транспорт і логістика: проблеми та рішення*. Збірник наукових праць міжнародної науково-практичної конференції. (Одеса, 22–24 травня 2019 р.). Одеса: КУПРІЄНКО СВ, 2019. С. 85–87.

21. Puzyr V., Obozny O. Getting interpolation formula for determining the coefficient of route execution possibility. *Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects*. Theses of international scientific and practical conference. (Spain, 4-11 may 2019)

22. Пузир В.Г., Дацун Ю.М., Обозний О.М. Параметрична ідентифікація когнітивної моделі системи ремонту локомотивів. *Інтелектуальні транспортні технології*. Тези доповідей 1-ої міжнародної науково-технічної конференції. (Трускавець, 24–30 січня 2020 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2020. С. 94–96.

АНОТАЦІЯ

Обозний О.М. Удосконалення процесів передрейсової підготовки локомотивів на основі електронного паспорту. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів. – Український державний університет залізничного транспорту МОН України, Харків, 2021.

Дисертація присвячена питанню удосконалення процесів передрейсової підготовки локомотивів. З цією метою пропонується розробка і впровадження електронного паспорту, що міститиме дані про фактичний технічний стан локомотивів та їх вузлів.

В роботі проведений аналіз безпеки руху та несправностей основного обладнання локомотивів, який показав, що щорічно близько 75% транспортних подій стається через відмову вузлів локомотива на шляху прямування. Відзначено, що основна причина відмов – недостатня увага до технічного стану локомотива перед виходом в рейс.

Було розроблено структурну модель електронного паспорту та інформаційну модель процесу передрейсової підготовки локомотива із застосуванням електронного паспорту. У роботі було розроблено математичну модель та запропоновано стратегії управління ризиками в експлуатації із застосуванням електронного паспорту. Показником, що характеризує надійну роботу локомотивів в експлуатації запропоновано використовувати коефіцієнт можливості виконання рейсу. Інтерполяційна формула для визначення коефіцієнта можливості виконання рейсу отримана в результаті повного факторного експерименту.

На основі обробки статистичних даних встановлено, що використання електронного паспорту локомотива в процесі передрейсової підготовки дозволяє підвищити значення коефіцієнта можливості виконання рейсу в середньому на 5%.

Ключові слова: локомотив, передрейсова підготовка, електронний паспорт, технічний стан.

АННОТАЦИЯ

Обозный А.Н. Усовершенствование процессов предрейсовой подготовки локомотивов на основе электронного паспорта. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – подвижной состав железных дорог и тяга поездов.– Украинский государственный университет железнодорожного транспорта МОН Украины, Харьков, 2021.

Диссертация посвящена вопросу усовершенствования процессов предрейсовой подготовки локомотивов. Для достижения этой цели предлагается внедрение электронного паспорта, который будет содержать данные о фактическом техническом состоянии локомотива и его узлов.

В работе проведен анализ безопасности движения и неисправностей основного оборудования локомотивов, который показал, что ежегодно около 75% транспортных происшествий случается по причине отказа узлов локомотива в пути следования. Отмечено, что основная причина отказов – недостаточное внимание к техническому состоянию локомотива перед выходом в рейс.

С целью учета индивидуальных особенностей каждого локомотива предложено использовать электронный паспорт. Разработана структурная модель электронного паспорта, которая показывает взаимосвязь между узлами локомотива. При разработке модели локомотив рассматривался как объект, который имеет индивидуальные свойства и принимает участие в определенных событиях. Каждый узел локомотива рассматривался как индивидуальный объект, владеющий собственным набором свойств и событий.

Разработана информационная модель процесса предрейсовой подготовки локомотивов с использованием электронного паспорта, которая учитывает взаимодействие информационных потоков при подготовке локомотивов к выполнению рейса, а именно сравнение показателей, которые характеризуют предстоящий рейс с показателями, которые характеризуют фактическое техническое состояние локомотива и его возможность выполнить рейс без отказа.

Разработан граф состояний процесса эксплуатации локомотива. Определено, что распределение времени переходов из одного состояния в другое подчинено экспоненциальному закону. Определены вероятности нахождения локомотива в каждом из состояний. Также был разработан граф состояний процесса эксплуатации узлов локомотива и определены вероятности нахождения узлов локомотива в каждом из состояний.

Разработана математическая модель управления рисками в эксплуатации с использованием электронного паспорта и предложены стратегии минимизации рисков при различных значениях вероятностей возникновения рисков со стороны влияющих факторов.

В качестве показателя, который характеризует надежную работу локомотивов в эксплуатации, предложено использовать коэффициент возможности выполнения рейса. Интерполяционная формула для определения коэффициента возможности выполнения рейса получена в результате полного факторного эксперимента.

На основе обработки статистических данных установлено, что использование электронного паспорта локомотива в процессе предрейсовой подготовки позволяет повысить значение коэффициента возможности выполнения рейса в среднем на 5%.

Ключевые слова: локомотив, предрейсовая подготовка, электронный паспорт, техническое состояние.

ABSTRACT

Obozny O.M. Improvement of locomotives pre-route preparation processes based on the electronic passport. – Manuscript.

Thesis for a Candidate Degree in Technical Sciences in Specialty 05.22.07 – The railways rolling stock and trains traction, Ukrainian State University of Railway Transport, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2021.

The dissertation is devoted to the question of improvement of locomotives pre-route preparation processes. To achieve this purpose, implement the electronic passport, that will contain data on the actual technical condition of the locomotives and their units, is proposed.

In the work the analysis of the traffic safety and malfunctions of the main equipment of locomotives was carried out, which showed that annually about 75% of transport events occur due to the failure of the locomotive units on the route. It was noted that the main reason for the failures was insufficient attention to the technical condition of the locomotive before leaving to the route.

A structural model of the electronic passport and an information model of the process of pre-route preparation of the locomotive with the use of the electronic passport were developed. The mathematical model was developed and strategies for risk management in exploitation using electronic passport were proposed. As an indicator, which characterizes the reliable operation of locomotives in exploitation, the coefficient of route execution possibility is proposed to use. The interpolation formula for determining the coefficient of flight capability is obtained as a result of a full factor experiment.

Based on the statistical data processing, it is established that the use of the locomotive's electronic passport in the process of pre-route preparation can increase the value of the coefficient of route execution possibility by an average of 5%.

Key words: locomotive, pre-route preparation, electronic passport, technical state.

ОБОЗНИЙ ОЛЕКСАНДР МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 629.4.083

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕДРЕЙСОВОЇ ПІДГОТОВКИ
ЛОКОМОТИВІВ НА ОСНОВІ ЕЛЕКТРОННОГО ПАСПОРТУ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск



доц. Михалків С.В.

Підписано до друку 17.03.2021 р.
Формат 60*90/16 Умов. друк. арк. 0,9. Наклад 100 прим. Зам. № 317397

Друкарня «Аладдин-Принт»
ФО-П Ніценко А.О. ІПН: 2953000491
Свідоцтво про Держреєстрацію №24800170000043680 від 28.03.2003р.
Тел.: (057) 717-09-99
<http://aladdin-print.ua>