

**УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ**

Чигирик Наталія Дмитрівна

УДК 629.424.2.004.15

**ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ
ДИЗЕЛЬ – ПОЇЗДІВ НА ЕТАПІ ПРОЕКТУВАННЯ**

Спеціальність 05.22.07 - рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків - 2005

Дисертація є рукопис

Робота виконана на кафедрі „Експлуатація та ремонт рухомого складу” в Українській державній академії залізничного транспорту, Міністерство транспорту та зв'язку України.

Науковий керівник кандидат технічних наук, доцент
Фалендиш Анатолій Петрович,
Українська державна академія залізничного транспорту, кафедра “Експлуатація та ремонт рухомого складу”, доцент

Офіційні опоненти доктор технічних наук, професор
Кудряш Анатолій Петрович,
Інститут проблем машинобудування імені А.М.Підгорного НАН України, відділ поршневих енергоустановок, старший науковий співробітник

кандидат технічних наук, доцент
Басов Геннадій Григорович,
ВАТ ХК „Луганськтепловоз”, технічний директор

Провідна установа Східноукраїнський національний університет імені В.Даля, кафедра "Залізничний транспорт", Міністерство науки і освіти, м. Луганськ

Захист відбудеться " 09 " березня 2005 р. о 11⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7
З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7

Автореферат розісланий " 8 " лютого 2005 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради.

Колесник І.К.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ. Збільшення навантаження на приміські пасажирські перевезення та поганий технічний стан моторвагонного рухомого складу, особливо дизель-поїздів, потребує розробки та заміни його новим.

На Україні виробництва моторвагонного рухомого складу раніше не було. Тому розроблений на ВАТ ХК "Луганськтепловоз" новий дизель-поїзд потребує всебічної уваги, особливо його надійність, від якої залежить економічна ефективність. Правильне обґрунтування, підтвердження і прийняття рішень про значення параметрів дизель-поїзду залежить в основному від вибору та оцінки надійності їх на етапі проектування.

Актуальність теми дисертації

В ринкових умовах однією з важливих задач підвищення експлуатаційних характеристик нового рухомого складу є впровадження нових прогресивних методів прогнозування показників надійності дизель-поїзда на етапі проектування. Для дизель-поїзда, який обладнаний сучасною електронікою та перспективною передачею змінного струму використання існуючих методів уже недостатньо. Тому впровадження в практику нової системи показників надійності, яка створена на основі нових теоретичних розробок, дозволяє кваліфікувати представлену роботу як актуальну, спрямовану на розв'язання важливої науково-технічної задачі – визначення показників надійності дизель-поїзда на етапі проектування.

Актуальність теми також підтверджується постановою Кабінету Міністрів №364 від 4 червня 1994 р. "Про організацію виробництва вагонів дизель - та електропоїздів", в якій були визначені основні завдання промисловості та виділено як головне підприємство ХК "Луганськтепловоз". Науково-технічна частина цієї програми була розвинута в Державній програмі "Розвиток рейкового рухомого складу соціального призначення для залізничного транспорту та міського господарства", введеної в дію Постановою Кабінету Міністрів України №769 від 2 червня 1998 р.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Робота виконана згідно з Державною програмою „Розвиток рейкового рухомого складу соціального призначення для залізничного транспорту та міського господарства” (1998 р.), „Концепцією та програмою реструктуризації на залізничному транспорті України” (1997 р.) і держбюджетною науково-дослідною роботою "Вибір оптимальних параметрів перспективних типів магістральних, маневрових тепловозів та моторвагонного рухомого складу” (№ДР0104U003178) та

науково-дослідною роботою „Експертиза нормативно-технічної документації по дизель-поїзду ДЕЛ-02 та участь у випробуваннях” (№ДР0103U007293).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є вирішення наукової задачі визначення показників надійності дизель-поїздів на етапі проектування.

Для досягнення цієї мети необхідно розв’язати такі задачі:

- зробити аналіз сучасного стану визначення надійності рухомого складу;
- визначити фактори, які впливають на рівень надійності рухомого складу;
- вибрати методи оцінки відповідності дизель-поїздів вимогам по надійності;
- зробити аналіз принципів і методів оцінки надійності дизель-поїзда, як складної технічної системи;
- розробити модель оцінки надійності дизель-поїзда на етапі проектування;
- провести дослідження законів розподілу кількості відмов елементів і систем;
- розробити модель визначення параметрів системи обслуговування та ремонту дизель-поїздів на етапі проектування;
- розробити модель розрахунку економічної ефективності від впровадження моделей розрахунку надійності дизель-поїзда на етапі проектування.

Об’єкт дослідження –прогнозування показників надійності дизель - поїзда.

Предмет дослідження – показники надійності дизель-поїзда з під кузовним розміщенням дизеля.

Методи досліджень

При проведенні дисертаційних досліджень використовувались наступні методи:

- при аналізі існуючих методів визначення надійності рухомого складу різних країн світу та визначенні тенденції їх зміни використовувався метод порівняння та моделювання;
- при розробці моделі надійності дизель-поїзда використовувались методи математичної статистики, теорії надійності систем, методи регресивного аналізу;
- при розробці методики техніко-економічного обґрунтування використання нових моделей розрахунку надійності дизель-поїзда використовувались системний підхід, методи математичного планування експерименту, математичного моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів

Вирішена наукова задача визначення показників надійності дизель-поїздів на етапі проектування. Для цього:

- вперше запропоновані моделі визначення надійності дизель-поїзда з під кузовним розміщенням енергетичної установки і передачею змінного струму на етапі проектування методом блок-схем;
- вперше запропонована модель визначення надійності дизель-поїзда з використанням методу напівмарківських процесів;
- удосконалена модель для формування раціональної системи обслуговування та ремонту дизель-поїзду;
- удосконалено моделі розрахунку економічного ефекту від застосування моделей прогнозування на етапі проектування.

Практичне значення одержаних результатів:

Результати роботи впроваджено:

- в ХК „Луганськтепловоз” при розробці та впровадженні вітчизняних дизель-поїздів;
- в рішеннях міжвідомчої комісії з питань впровадження в експлуатацію та ремонт дизель-поїзду;
- в навчальний процес підготовки спеціалістів і магістрів, і вони включають в себе:
- моделі розрахунку надійності дизель-поїздів на стадії проектування на основі моделей у виді блок-схем;
- модель розрахунку надійності дизель-поїздів на стадії проектування на основі моделей у виді напівмарківських процесів;
- методика по оцінці економічної ефективності використання нових систем обслуговування та ремонту дизель-поїздів.
- адаптивну модель системи обслуговування та ремонту.

Особистий внесок здобувача:

У статтях, опублікованих у співавторстві сподрукачем зроблено особисто:

- в статті [3] викладено основні положення про існуючі системи експлуатації, обслуговування та ремонт нового рухомого складу. Запропоновано адаптивну модель систем техобслуговування та ремонту нового рухомого складу;
- в статті [4] участь у розробці алгоритму визначення техніко – економічного ефекту. Розрахунки технічного і економічного ефекту від використання нових дизель - поїздів;

- в роботі [5] розроблена модель розрахунку показників надійності рухомого складу.

Апробація результатів дисертації. Основні матеріали і результати дисертаційної роботи доповідалися й отримали схвалення:

- XIV міжнародна науково-технічна конференція “Проблеми розвитку рейкового транспорту” (Крим, м. Ялта 2004);
- На 58 - 65 науково-технічних конференціях Української державної академії залізничного транспорту з міжнародною участю (м. Харків, 1996 – 2003 рр.);
- VII міжнародна науково-практична конференція “Наука і освіта 2004” (Дніпропетровськ 2004).

Повністю дисертаційна робота доповідалась на розширеному засіданні кафедри ЕРРС УкрДАЗТ з участю членів спеціалізованої вченої ради (2004 р.).

Публікації. Основні результати дослідження опубліковані в 4 статтях в фахових виданнях, а також в 1 матеріалі міжнародної конференції.

Структура роботи. Дисертаційна робота має вступ, чотири розділи, висновки, список використаної літератури, який включає 167 найменувань та додатки. Повний обсяг дисертації складає 193 сторінки, в тому числі 127 сторінок основного тексту, 17 таблиць, 15 рисунків, 4 додатки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** коротко розглянуті питання розвитку визначення показників надійності рухомого складу, визначаються технічні та наукові задачі, мета та ціль дослідження.

Перший розділ присвячено аналізу сучасного стану визначення надійності рухомого складу, який показав, що забезпечення надійності вміщує в себе рішення ряду різноманітних задач. Це такі як:

- оптимальний вибір структурної схеми системи; наповнення структурної схеми системи елементами з високими показниками функціонування, матеріалу, стабільного технологічного процесу їх виготовлення;
- кваліфікованою експлуатацією;
- створення системи врахування зауваження, що накопичуються в процесі виготовлення, регулювання, випробувань, а іноді і пробної експлуатації дослідних зразків;

- чіткої системи зворотних зв'язків від споживача до розроблювачів і виробників.

На протязі розвитку та вдосконалення залізничної техніки вивченню питань оцінки надійності тягового рухомого складу приділялось багато уваги. Фундаментальні дослідження в цьому напрямку виконувались у ВНДІЗТі, ВЗПТі, МПТі, ДПТі, ХПТі, СЧУ, ХП, КУЕТТ та інших організаціях під керівництвом таких вчених, як Басов Г.Г., Боднар Б.С., Бутько Т.В., Босов А.А., Голубенко О.Л., Косов Є.Є., Кудряш А.П., Кузнецов Т.Ф., Сенько В.І., Тартаковський Е.Д., Четвергов В.А. та інших.

В результаті аналізу літератури по надійності були виділені основні фактори, які впливають на рівень надійності. Їх можна підрозділити на конструктивно-технологічні і експлуатаційні. До конструктивно-технологічних слід віднести: складність і кратність резервування систем рухомого складу, надійність систем і елементів рухомого складу; контролепридатність; якість виробництва; рівень технологічного оснащення виробництва; рівень організації контролю якості.

Експлуатаційні в свою чергу доцільно було розділити на поїзні та ремонтні. До поїзних відносяться: рельєф, якість колії, пристроїв сигналізації тягової ділянки; завантаженість маршруту; професійна підготовка локомотивної бригади; фізичний стан локомотивної бригади.

До ремонтних факторів відносять: стратегію ТО і ПР; структуру і обсяг робіт з ТО і ПР; методи ТО і ПР; ефективність діагностування рухомого складу; якість виконання робіт з ТО і ПР; умови праці.

Окрема увага в першому розділі була приділена аналізу нормативної документації по надійності. Порядок проведення і визначення показників надійності складається з вибору плану випробувань на надійність, планування випробувань, збору необхідної інформації.

Виходячи з аналізу показників надійності дизель-поїзда випробування необхідно проводити за планом [NMT]. За планом випробувань [NMT] для дизель поїзда необхідно визначити наступні показники надійності: наробіток на відмову T , імовірність безвідмовної роботи $P(t)$; коефіцієнт готовності K_r .

Були виділені джерела експериментальної інформації про надійність на різних стадіях життєвого циклу дизель-поїзда.

Особливу увагу приділено аналізу підходів до оцінки показників надійності дизель-поїзда на стадії проектування. Він показав, що основним принципом прогнозування надійності дизель-поїзда при проектуванні повинний бути системний підхід, який дозволяє враховувати особливості конструкції, можливості виробництва й умови експлуатації. При цьому вибір прогнозованих показників надійності повинний задовольняти можливості

кількісної оцінки їх на етапі розробки та можливості підтвердження їх методами випробувань або підконтрольною експлуатацією.

Саму ж оцінку вірогідності прогнозування показників надійності варто проводити з урахуванням: застосовуваного методу прогнозування; необхідної точності прогнозу; точності вихідної інформації; періоду часу, на який розрахована наступна експлуатація виробів.

В результаті виконаного в першому розділі аналізу був зроблений висновок, що для визначення показників надійності дизель-поїзда на етапі проектування доцільно вибрати розрахункові моделі. Також були визначені цілі та задачі дослідження роботи.

Другий розділ дисертації присвячений розробці моделей оцінки надійності дизель-поїзда на етапі проектування. Це обґрунтувало необхідність розгляду організаційно-методичних досліджень.

Аналіз організаційно-методичних методів забезпечення надійності рухомого складу показав, що задача забезпечення надійності складається в послідовному обґрунтуванні і реалізації рішень на різних стадіях процесу створення і застосування дизель-поїзда.

Подальший аналіз принципів і методів оцінки надійності показав, що дизель-поїзд, як складна система складається з взаємозалежних і взаємодіючих між собою і зовнішнім середовищем елементів, може бути визначена системами інцидентів, у яких встановлюється бінарна відповідність між різними об'єктами.

У реальних системах ступінь інцидентності об'єктів подібного роду не може бути задана тільки двозначно (0 або 1), а визначається деяким числом з інтервалу $0,1$, тобто ступінь інцидентності, що встановлює бінарне відношення між різними об'єктами, різна. Тому використання бінарних матриць інцидентів для завдання структури систем, як це прийнято в теорії графів і гіперграфів, виявляється неадекватним. Адекватні відповідності встановлюють розпливчасті бінарні відносини.

Побудувавши розпливчасту модель, можна вивчити деякі властивості структури системи, визначити групи попарно зв'язаних і попарно роз'єднаних елементів системи, виділити підсистеми у великій системі і вирішити багато задач системного аналізу. Одержавши опис структури системи і вивчивши її властивості, неважко, маючи відповідний статистичний матеріал, оцінити ті умови, при яких процес її функціонування буде відповідати пропонованим до системи критеріям ефективності.

З урахуванням того, що залежності взаємного впливу відмовлень систем не встановлені й умовні імовірності невідомі, приймають допущення про статистичну незалежність відмовлень систем. На основі вище проведеного

аналізу були розроблені моделі визначення показників надійності перспективного дизель-поїзда ДЕЛ-02 на етапі проектування.

Перша модель представляється у виді блок-схеми розрахунку надійності, алгоритм якої представлений на рис.1.

Дизель-поїзд є складною системою тому, що має визначені запаси по параметрам своїх двигунів та механізмів. Таким чином, аналіз надійності складових систем у процесі експлуатації повинен проводитись в умовах, коли безвідмовність тих чи інших елементів конструкції дизель-поїзда може змінюватись, тобто необхідно переходити до розгляду динамічної моделі, що при проектуванні (якщо є недостатньо експериментальній інформації) представляє великі труднощі.

Враховуючи ці фактори, при формуванні структурних схем та призначенні вимог до рівня надійності технічної системи та її основних елементів їх розглядають у вигляді простих систем. При такому аналізі, який потребує розбиття складних систем на підсистеми та елементи, припускається, що кожний елемент може знаходитись тільки в одному з двох станів: справному або в стані відмови.

На першому етапі виконується виділення основних систем дизель-поїзду. Любий дизельний транспортний засіб можна розділити на чотири основних системи: кузов разом з ходовою частиною, дизель з системами його забезпечення, передачу, допоміжне обладнання. “Згорнута” логічна схема дизель – поїзду представлена на рис. 2.

На другому етапі виконується розрахунок ймовірності безвідмовної роботи кожної системи окремо за період T_i . На основі зібраних статистичних даних про роботу вузлів і агрегатів дизель - поїзду, які уже знаходяться в експлуатації, або для нових, які розраховуються по спеціальним методикам, визначається ймовірність їх безвідмовної роботи.

Після цього формулюються гіпотези відносно технічного стану дизель-поїзду та визначаються їх ймовірності на основі відомих формул. У відповідності з даними гіпотезами визначається ймовірність безвідмовної роботи системи за відомою формулою

$$P_C(t) = \sum_{i=1}^n P_{H_i}(t) P_{C/H_i}(t),$$

де $P_C(t)$ - ймовірність безвідмовної роботи дизель-поїзда;

$P_{H_i}(t)$ - ймовірність гіпотези H_i ;

$P_{C/H_i}(t)$ - ймовірність безвідмовної роботи дизель-поїзда за умов, що мала місце гіпотеза H_i .



Рис. 1. Алгоритм розрахунку надійності дизель-поїзда

Але одним з характерних недоліків розрахунку надійності складних систем на основі ймовірності безвідмовної роботи вузлів та деталей є розрегулювання, знос, втомних процесів, що протікають у часі. Крім того, у системах рухомого складу існує тісний зв'язок між елементами системи.

Тому доцільно порівняти її з альтернативною моделлю оцінки показників надійності на етапі проектування. Розглянемо цю модель на прикладі поведінки в часі деякої системи з кінцевою безліччю станів

яка в кожен момент часу може знаходитися тільки в одному зі станів a_i , $i=0, 1, 2, \dots, N...$

Нехай система в початковий момент часу знаходиться в стані a_i , $i = 0, 1, 2, \dots, N...$

Тоді система переходить зі стану a_i у стан a_j з імовірністю P_{ij} . Припускаємо, що час перебування системи в стані a_i є випадкова величина ζ_{ij} , що залежить як від стану a_i , так і від стану a_j , у яке переходить система. Таким чином, ζ_{ij} – час перебування системи в стані a_i за умови, що наступним станом, у яке переходить система, є a_j .

Позначимо через $F_{ij}(t)$ функцію розподілу випадкової величини ζ_{ij}

$$F_{ij}(t) = P\{\zeta_{ij} \leq t\}.$$

Процес, що описує поведінку цієї системи, називається напівмарківським.

Імовірності переходів P_{ij} визначаються наступними співвідношеннями:

$$P_{ij} = \int_0^{\infty} q_{ij}(u) dF_i(u), \quad i, j = 0, 1, 2, \dots, N,$$

і

$$\sum_{j=0}^N P_{ij} = 1.$$

де напівмарківський процес може бути заданий за допомогою матриці $\{P_{ij}(t), i, j = 0, 1, 2, \dots, N\}$.

Представивши процес за допомогою матриці та перейшовши до перетворень Лапласа-Стилтьєса була отримана система лінійних алгебраїчних рівнянь

$$\psi_i(s) = \sum_{a_j \in A_0} \int_0^t \varphi_{ij}(s) \psi_j(s) + \sum_{a_j \in A^*} \int_0^t \varphi_{ij}(s),$$

яка після перетворень буде представляти математичну модель при визначенні характеристик надійності дизель-поїзда, функціонування якого може бути описана напівмарківським процесом:

$$\psi_i(s) = \tilde{F}_i + \sum_{a_j \in A_0} \int_0^t \varphi_{ij}(s) [\psi_j(s) - 1], \quad a_i \in A$$

$$\bar{t}_i = \bar{\zeta}_i + \sum_{a_j \in A} P_{ij} \bar{t}_j, \quad a_i \in A.$$

При цьому характеристики надійності дизель-поїзда розраховуються по відомим формулам:

- імовірність безвідмовної роботи

$$P(t) = P\{\tau_0 > t\}.$$

- середній наробіток на відмовлення

$$T_0 = \bar{\tau}_R.$$

- коефіцієнт готовності K_r у сталому режимі

$$K_r = \frac{\bar{\tau}_K}{\bar{\tau}_K + \bar{\tau}_{K+1}^*}.$$

Для вузлів, яким є аналоги на рухомому складі приймається інтенсивність відмов $\lambda(\tau)$ ʎаналогів, а середній наробіток на відмовлення T розраховується за формулою $T = 1/\lambda(\tau)$.

Для систем дизель-поїзда, які впливають на безпеку руху розраховуються коефіцієнт оперативної готовності за формулою $K_{oz} = K_2 * P(t)$.

Третій розділ присвячений визначенню показників надійності нового дизель-поїзда ДЕЛ-02 на етапі проектування.

Для зручності розрахунків введено показник ймовірності відмови q який буде дорівнювати $q_i = 1 - P_i$, де P_i – імовірність безвідмовної роботи.

Дизель-поїзд як складна технічна система складається з багатьох елементів, систем і підсистем, але за властивістю виконувати роботу його можна розбити на наступні функціональні системи з їх елементами, які представлені в табл. 1. При цьому умовами технічного завдання на його розробку дизель-поїзд складається з двох моторних вагонів і одного причіпного.

Таблиця 1

Найменування системи, елементу	Позначення імовірності відмови	Кількість елементів на дизель-поїзді
Система ходової частини (СХЧ)(одного вагона)		
Рама вагону	QPB	3

Автозчепний пристрій	$q_{АЗП1} = q_{АЗП2}$	6
Ударопоглинаючий апарат	$q_{УПА1} = q_{УПА2}$	6
Рама візка	$q_{РВіз1} = q_{РВіз2}$	6
Колісна пара	$q_{КП1} = q_{КП2} = q_{КП3} = q_{КП4}$	12
Буксовий вузол з комплектом пружин	$q_{БВ1} = q_{БВ2} = \dots = q_{БВ8}$	24
Фрикційні гасники коливань	$q_{ГК1} = q_{ГК2} = \dots = q_{ГК8}$	24
Возвертаючий пристрій	$q_{ВП1} = q_{ВП2} = \dots = q_{ВП8}$	24
Системи дизелів з їх системами забезпечення (СДЗ)		
Паливна система	$q_{ПС1} = q_{ПС2}$	2
Масляна система	$q_{МС1} = q_{МС2}$	2
Водяна система	$q_{ВС1} = q_{ВС2}$	2
Повітряна система	$q_{ПовС1} = q_{ПовС2}$	2
Випускна система	$q_{ВипС1} = q_{ВипС2}$	2
Система дренажу	$q_{СД1} = q_{СД2}$	2
Система автоматики	$q_{СА1} = q_{СА2}$	2
Дизель	$q_{Д1} = q_{Д2}$	2
Система електричної передачі (СЕП)		
Тяговий генератор	$q_{Г1} = q_{Г2}$	2
Силова електросхема	$q_{СЕ1} = q_{СЕ2}$	2
Тяговий електродвигун	$q_{ТЕД1} = q_{ТЕД2} = \dots = q_{ТЕД4}$	4
Тяговий редуктор	$q_{ТРед1} = q_{ТРед2} = \dots = q_{ТРед4}$	4
Система допоміжного обладнання (СДО)		
Редуктори, вентилятори	$q_{РВ1} = q_{РВ2} = q_{РВ}$	3
Облад. системи ел. пост., опал. ваг.	$q_{ОЕПО1} = q_{ОЕПО2} = q_{ОЕПО3}$	3
Обладнання піскової системи	$q_{ОПС1} = q_{ОПС2}$	2
Обладнання гальмової системи ДП	$q_{ОГС1} = q_{ОГС2} = q_{ОГС3}$	3

Цілоком структурну схему дизель-поїзда можна представити як дві підсистеми, що поєднані поміж собою паралельно (рис.3).

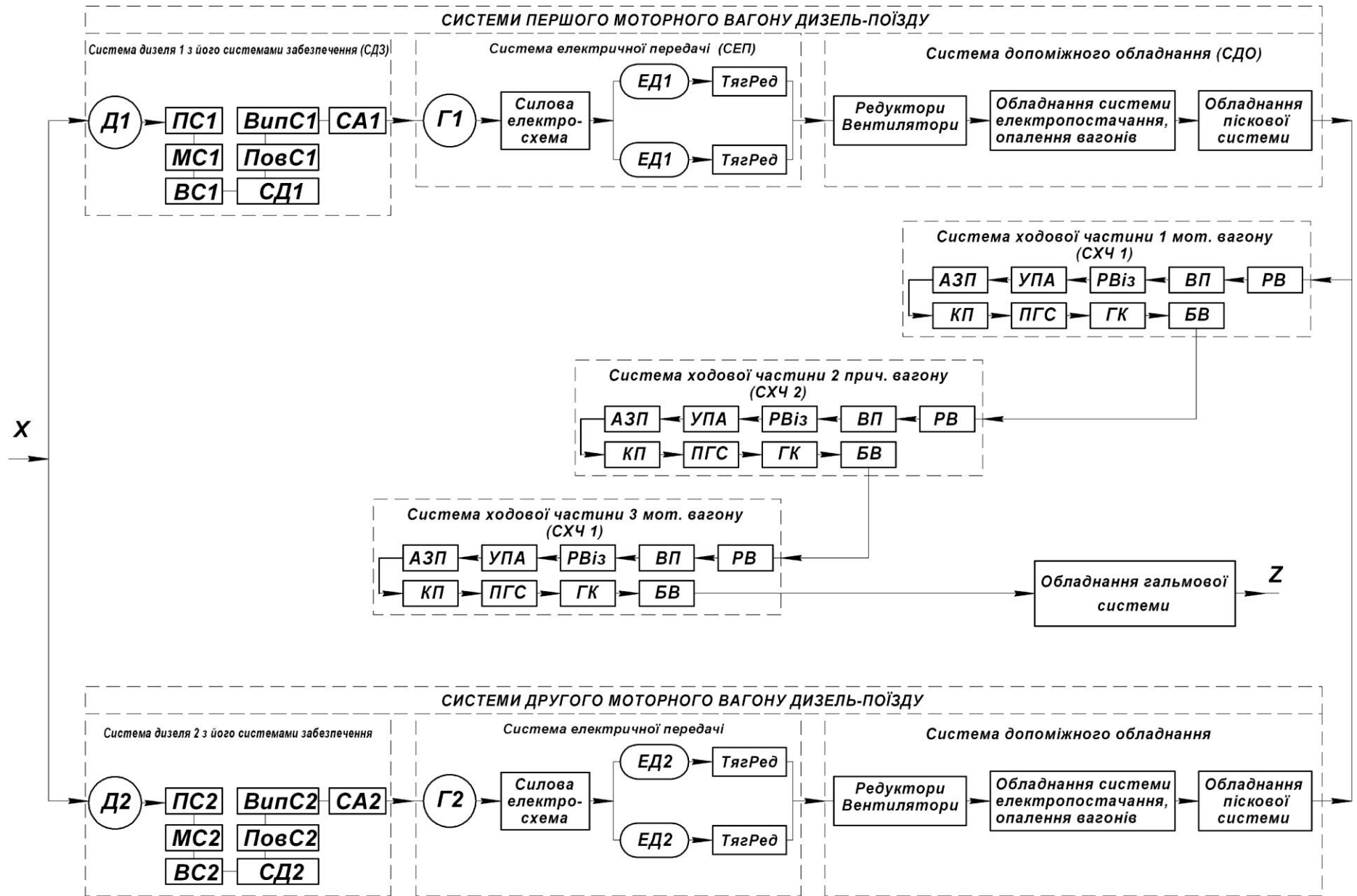


Рис. 3 Структурна схема дизель-поїзду ДЕЛ-02

Кожна з систем складається з послідовно з'єднаних підсистеми дизеля моторного вагона з системами його забезпечення, підсистеми моторного вагона системи електричної передачі і підсистеми моторного вагона системи допоміжного обладнання. В свою чергу вони послідовно з'єднані з системами ходової частини кожного з вагонів дизель-поїзда і обладнанням гальмової системи дизель-поїзда.

З точки зору логіки збереження працездатності це означає, що дизель-поїзд виконує своє функціональне призначення, якщо всі підсистеми одного з моторних вагонів знаходяться в працездатному стані, а також немає відмов в системі ходової частини кожного вагона і в обладнанні гальмової системи дизель-поїзда.

Таким чином складність структурної схеми дизель-поїзда визначає можливість знаходження його у різноманітних станах з працездатності. Це доводить, що можливо розглядати дизель-поїзд як складну технічну систему з багатьма режимами роботи, які доцільно враховувати під час прогнозування показників надійності на етапі проектування.

В дисертаційній роботі була виконана обробка і аналіз статистичної інформації про відмови елементів і систем дизель-поїзду. В якості джерел додаткової інформації використовувались результати аналізу надійності при проектуванні, результати попередніх експлуатаційних випробувань дизель-поїзда та його аналогів, результати експлуатаційних випробувань.

На основі моделі, яка розроблена в розділі 2 була отримана функція зв'язку імовірності безвідмовної роботи системи дизель-поїзда (СДП) у цілому з показниками надійності функціональних блоків (його підсистем)

$$\begin{aligned}
 P_{\text{СДП}} = & (1 - q_d)^2 [2(1 - q_{\text{ОСЗ}})q_{\text{ОСЗ}} + (1 - q_{\text{ОСЗ}})^2 + 2q_d(1 - q_d)(1 - q_{\text{ОСЗ}})] \cdot [(1 - q_\Gamma)^2(1 - q_{\text{СЕ}})[70(1 - q_{\text{ЕДТР}})^4 \\
 & q_{\text{ЕДТР}}^4 + 56(1 - q_{\text{ЕДТР}})^5 q_{\text{ЕДТР}}^3 + 28(1 - q_{\text{ЕДТР}})^6 q_{\text{ЕДТР}}^2 + 8(1 - q_{\text{ЕДТР}})^7 q_{\text{ЕДТР}} + (1 - q_{\text{ЕДТР}})^8] + \\
 & + 2q_\Gamma(1 - q_\Gamma)(1 - q_{\text{СЕ}})(1 - q_{\text{ЕДТР}})^4 + 2q_d(1 - q_d)(1 - q_\Gamma)(1 - q_{\text{СЕ}})(1 - q_{\text{ЕДТР}})^4] \cdot [(1 - q_{\text{ОГС}})[2(1 - q_{\text{ОСДО}}) \\
 & q_{\text{ОСДО}} + (1 - q_{\text{ОСДО}})^2] + 2q_d(1 - q_d)(1 - q_{\text{ОСДО}})(1 - q_{\text{ОГС}})] \cdot [(1 - q_{\text{РВ}})(1 - q_{\text{АЗП}})(1 - q_{\text{УПА}})(1 - q_{\text{РВіз}})(1 - q_{\text{КП}}) \\
 & (1 - q_{\text{БВ}})(1 - q_{\text{ГК}})(1 - q_{\text{ВП}})]^3 + 2q_d(1 - q_d)[(1 - q_{\text{РВ}})(1 - q_{\text{АЗП}})(1 - q_{\text{УПА}})(1 - q_{\text{РВіз}})(1 - q_{\text{КП}})(1 - q_{\text{БВ}}) \\
 & (1 - q_{\text{ГК}})(1 - q_{\text{ВП}})]^3].
 \end{aligned}$$

Потім були виконані розрахунки показників надійності дизель-поїзда за моделлю напівмарківських процесів. Розрахунки виконувались за розробленою програмою. Результати розрахунків представлені в табл.2.

Таблиця 2

Ймовірність безвідмовної роботи дизель-поїзда ДЕЛ-02

№ п/п	Найменування системи	P(t)	
		Модель 1	Модель 2
1.	Вагон разом з ходовою частиною	0,9991	0,9996
2.	Дизель з системами його забезпечення	0,9950	0,9950
3.	Передача дизель-поїзда	0,9806	0,9731
4.	Допоміжне обладнання	0,9878	0,9802
5.	В цілому дизель-поїзд	0,9629	0,9487

Коефіцієнт готовності дизель-поїзда при цьому дорівнює 0,8600. Для гальмівної системи, системи безпеки руху “СБ-К”, системи спостереження за посадкою пасажирів “ССПП-К”, системи пожежної та охоронної сигналізації СПОС “Нитка-К” був розрахований коефіцієнт оперативної готовності, який дорівнює 0,8601.

Четвертий розділ присвячено використанню прогнозних даних дизель-поїзда для розрахунку його системи технічного обслуговування та ремонту (ТОР). В результаті аналізу існуючих систем ТОР рухомого складу була запропонована удосконалена модель системи ТОР.

На етапі проектування параметри системи ТОР розраховувались по методиці, яка розроблена вченими Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту (ДПТ). При цьому вибір міжремонтних періодів виконувався на основі мінімізації питомих витрат на одиницю роботи дизель-поїзда. Для визначення необхідних даних по надійності використовувались розроблені в розділі 2 моделі надійності.

Розроблена модель визначення економічного та технічного ефекту від використання нових систем ТОР. Так, впровадження відкоректованої системи ТОР за 7 років експлуатації дизель-поїзда дасть економічний ефект понад 130 тис. грн. на кожний потяг.

Також по розробленій методиці був розрахований економічний ефект від використання розроблених моделей на етапі проектування. Він складає в середньому 18,5 тис. грн. на рік.

ВИСНОВКИ

Виконані дослідження присвячені вирішенню актуальної науково-технічної задачі – визначення показників надійності дизель-поїзда на етапі проектування. По результатам проведеної роботи можна зробити наступні висновки:

- зроблений аналіз сучасного стану визначення показників надійності рухомого складу показав, що доцільно вибрати розрахункові методи, які базуються на обчисленні показників надійності виробу по довідковим даним про надійність його складових частин з урахуванням функціональної структури дизель-поїзду і видів руйнування. При цьому необхідно врахувати також надійність виробів-аналогів, результати експертної оцінки надійності, дані про властивості матеріалів, елементів вузлів і навантаження на них, механізмів відмовлення і по іншій інформації, що мається до моменту розрахунку надійності;
- визначені фактори які впливають на рівень надійності дизель-поїзда і підрозділяються на дві основні групи: конструктивно-технологічні і ремонтні;
- проведені дослідження законів розподілу відмовлень вузлів дизель-поїзду, який показав, що основними законами являються Вейбула-Гніденко, нормальний та експоненціальний;
- вибрані методи оцінки відповідності дизель-поїзда вимогам надійності;
- розроблена модель оцінки надійності дизель-поїзда на етапі проектування;
- розроблена модель оцінки надійності в виді блок-схем з наступною оцінкою її імовірності безвідмовної роботи та альтернативна модель оцінки надійності дизель-поїзда у виді типового випадкового напівмарківського процесу;
- зроблений аналіз принципів і методів оцінки надійності дизель-поїзда, як складної технічної системи;
- удосконалено моделі розрахунку економічного ефекту від використання моделей визначення надійності дизель-поїзда на етапі проектування;
- економічний ефект від використання розроблених моделей на етапі проектування складає в середньому 18,5 тис. грн. на рік;
- відкоректована система обслуговування та ремонту дизель-поїзда. Економічний ефект від цього буде складати за 7 років експлуатації понад 130 тис.грн.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Чигирик Н.Д. Створення інформаційної бази нормативних документів для сертифікаційних випробувань рухомого складу // Зб. наук. праць / ХарДАЗТ, 1998. –Вип.34. –С.67-70.
2. Чигирик Н.Д. Розробка методики визначення номенклатури показників надійності складно технічних виробів для контролю під час випробувань // Зб. наук. праць / ХарДАЗТ, 2001. –Вип.46. –С.73-76.
3. Фалендиш А.П., Чигирик Н.Д. Системи обслуговування та ремонту нового рухомого складу // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. -2004.- №5(75). –С.173-177.
4. Фалендиш А.П., Харламов П.А., Чигирик Н.Д. Модель расчета эффективности системы обслуживания и ремонта подвижного состава. // Інформаційно –керуючі системи на залізничному транспорті, -№2. 2004. –С.84–88.

Додатково матеріали дисертаційної роботи викладені в працях:

5. Фалендиш А.П., Харламов П.О., Чигирик Н.Д. Розрахунок показників надійності рухомого складу / Матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції “Наука і освіта 2004”.-Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2004. – том 62. Технічні науки.-С.76 - 78.

АНОТАЦІЯ

Чигирик Н.Д. Визначення показників надійності дизель – поїздів на етапі проектування. –Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів; – Українська державна академія залізничного транспорту; Харків, 2004 р.

Дисертація присвячена питанням визначення надійності показників надійності дизель-поїздів на етапі проектування.

У роботі проведений аналіз сучасного стану визначення надійності рухомого складу, в результаті якого були виділені основні фактори, які впливають на рівень надійності.

Для визначення показників надійності дизель-поїзда на етапі проектування були розроблені дві математичні моделі. Перша модель представлена у виді блок-схеми розрахунку надійності. Розроблена структурна схема дизель-поїзду ДЕЛ-02. Друга модель розроблена у виді напівмарківських процесів. З допомогою цих моделей були розраховані основні показники надійності дизель-поїзда.

Розрахована економічна ефективність від використання даних моделей на етапі проектування.

Ключові слова: моторвагонний рухомий склад, дизель-поїзди, надійність, показники надійності, проектування.

АННОТАЦИЯ

Чигирик Н.Д. Определение показателей надежности дизель-поездов на этапе проектирования. - рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук за специальностью 05.22.07 - подвижной состав железных дорог и тяга поездов; -Украинская государственная академия железнодорожного транспорта; Харьков, 2004 г.

Диссертация посвящена вопросам определения надежности показателей надежности дизель-поездов на этапе проектирования.

В работе проведен анализ современного состояния определения надежности подвижного состава, в результате которого были выделены конструктивно-технологические и эксплуатационные факторы. Исходя из анализа показателей надежности дизель-поезда, было предложено испытания проводить за планом [NMT], при этом определяются следующие показатели надежности: среднее время безотказной работы, вероятность безотказной работы и коэффициент готовности.

В результате сделанного анализа было определено, что определение показателей надежности дизель-поезда на этапе проектирования необходимо проводить с помощью расчетных моделей, которые базируются на расчете показателей надежности выбора по справочным данным о надежности его составных частей с учетом функциональной структуры дизель-поезда, по данным о надежности аналогов, по данным о свойствах материалов элементов и другим данным.

Дизель-поезд является сложной системой потому, что имеет определенные запасы параметрам своих двигателей и механизмов. Поэтому анализ надежности составных его частей в процессе эксплуатации должен выполняться в условиях, когда безотказность тех или иных элементов конструкции дизель-поезда может изменяться, то есть переходить к рассмотрению динамической модели. Это вызывает большие трудности на этапе проектирования. Поэтому при формировании структурных схем и выдвижении требований к уровню надежности дизель-поезд рассматривается у виде простых и независимых систем. При этом принимается, что каждый элемент может находиться только в одном из двух состояний: в исправном и не исправном.

Для определения показателей надежности дизель-поезда на этапе проектирования были разработаны две математические модели.

Первая модель представлена в виде блок-схемы расчета надежности и основывается на использовании формулы полной вероятности. Для этого на вначале были выделены основные системы дизель-поезда и определены

вероятности безотказной работы каждой из них. Затем разработана структурная схема дизель-поезда и в соответствии с выдвинутыми гипотезами относительно его технического состояния определена вероятность безотказной работы системы за известной формулой полной вероятности.

Вторая модель разработана в виде полумарковских процессов. Здесь модель рассматривается на примере поведения во времени дизель-поезда как системы с конечным количеством состояний. При этом система может переходить с одного состояния в иное с определенной вероятностью. Представив процесс с помощью матрицы и перейдя к преобразованиям Лапласа – Стильтьеса была получена система алгебраических уравнений, которая после преобразований представила математическую модель при определении характеристик надежности дизель-поезда, функционирование которого может быть описано полумарковским процессом.

С помощью этих моделей были рассчитаны основные показатели надежности дизель-поезда, как вероятность безотказной работы, средний наработок на отказ и коэффициент готовности.

Разработана методика оценки экономической эффективности от использования данных моделей на этапе проектирования, расчеты по которой показали, что экономический эффект будет составлять около 18,5 тыс. грн в год.

Разработана модель определения экономической и технической эффективности от корректировки системы обслуживания и ремонта дизель-поездов. Экономическая эффективность от корректировки межремонтных пробегов составит около 130 тыс. грн за 7 лет эксплуатации дизель-поездов.

Ключевые слова: моторвагонный подвижной состав, дизель-поезда, надежность, показатели надежности, проектирование.

ABSTRACT

Chigirik N.D. The Determination of the factors to reliability diesel-train in step of designing. - a manuscript.

The Thesis on competition of a scientific degree of the candidate of technical sciences on a specialty 05.22.07 - railway rolling stock and traction of train; - Ukrainian State Railway Transport Academy; Kharkov, 2004.

The thesis is devoted to questions determination to reliability of the factors to reliability diesel-train in step of designing.

In work is organized analysis of the modern condition of the determination to reliability of the rolling stock, as a result which were chosen main factors, which influence upon level of reliability.

For determination of the factors to reliability diesel-train two mathematical models were designed in step of designing. The Forerunner is presented in the manner of block diagrams of the calculation to reliability. The structured scheme diesel-train DEL-02 is designed. The Second model is designed in the manner of hallmarks processes. The leading indexes were calculated by means of these models to reliability diesel-train.

The cost-performance from use model data in step of designing has been calculated.

The Keywords: the motorcar rolling stock, diesel-train, reliability, factors to reliability, designing.