

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Куденко Ігор Олексійович

УДК 629.45:621.331.019.3

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТЕХНІЧНОГО
ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ,
ЩО ВИЧЕРПАЛИ РЕСУРС**

05.22.07 – Рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2006

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту на кафедрі “Вагони”, Міністерство транспорту та зв’язку України

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор,
Головко Владислав Федорович,
Українська державна академія залізничного транспорту,
кафедра “Вагони”,
завідувач кафедри

Офіційні опоненти – доктор технічних наук, професор,
Бабанін Олександр Борисович.
Українська державна академія залізничного транспорту,
кафедра “Експлуатація та ремонт рухомого складу”,
професор кафедри

– кандидат технічних наук, доцент,
Брайковська Надія Сергіївна,
Київський університет економіки та технологій
транспорту

Провідна установа – Східноукраїнський національний університет імені
Володимира Даля, кафедра “Залізничний транспорт”,
Міністерство освіти і науки України, м Луганськ

Захист відбудеться “__” _____ 2006 р. о ____ год. На засіданні спеціальної
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, 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7

Автореферат розісланий “__” _____ 2006 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Ломотько Д. В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ. Однією з основних вимог до пасажирського вагонного парку є надійна безпечна робота протягом всього терміну служби. Разом з тим, відбувається погіршення технічного стану вагонів в залежності від терміну служби, знижується їх експлуатаційна надійність.

Аналіз технічного стану існуючого парку пасажирських вагонів залізниць України свідчить про його значне зношення. На 01.01.2006 р. інвентарний парк пасажирських вагонів налічував 7704 од., з яких 2545 вагонів відпрацювали встановлений ресурс (28 років) і мають бути виключені з експлуатації як такі, що не можуть забезпечити безпеку руху тобто, на початок року фактичний інвентарний парк пасажирських вагонів у межах нормативного терміну експлуатації становив 5159 одиниць або 76 відсотків від кількості яка була у 1990 р. (6796 вагонів).

Для утримання парку пасажирських вагонів у кількості, необхідній для задоволення потреб населення в пасажирських перевезеннях, лише за рахунок придбання нових вагонів, впродовж наступних років необхідно було придбати 3907 нових вагонів на суму 13 млрд. 917 тис. грн. Проте, при середньорічній потребі у придбанні 250 нових вагонів, за останні 16 років залізницями України за власні кошти придбано лише 226 пасажирських вагонів або приблизно 7% від загальної потреби

Актуальність теми. Через обмеженість придбання нових пасажирських вагонів у необхідній кількості, для запобігання скорочення інвентарного парку, як один із напрямків необхідно визначити нові підходи з продовження існуючого нормативного терміну служби вагонів, що вичерпали ресурс за рахунок удосконалення технології технічного обслуговування та ремонту вагонів.

В ситуації, яка склалася, актуальною являється проблема забезпечення роботоспроможності та підтримування надійного технічного стану наявного вагонного парку через проведення відновлювальних ремонтів, в тому числі з модернізацією і продовженням терміну служби. Тобто центр ваги по розв'язанню цих питань в теперішній час зміщується на якість ремонтних заходів.

Необхідно шукати нові підходи для вирішення проблеми відновлення технічного ресурсу пасажирських вагонів. Необхідно змінювати систему життєзабезпечення вагона за рахунок переходу до системи ремонту, яка була б зорієнтована на кожен конкретний вагон в залежності від його технічного стану. Індивідуальними повинні бути і строки постановки вагонів в ремонт і методи їх відновлення, тобто система ремонту повинна бути функцією їх технічного стану.

Концепція індивідуального підходу до формування технології ремонту вагона передбачає проробку і обґрунтування великого комплексу

взаємопов'язаних питань і, перш за все, необхідність оцінки їх технічного стану і остаточної несучої спроможності.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана згідно діючих Державних програм і концепцій: “Реформування транспортного комплексу України”; “Реструктуризації на залізничному транспорті України” (від 1998 р.); “Розвитку транспортно – дорожнього комплексу України на 2000 – 2004 р.”, затвердженої Кабінетом Міністрів України від 30.12.2000 р.; програми підвищення безпеки руху на залізницях України в 1997 – 2001 р., затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 22.04.97 р. № 367; постанова Кабінету Міністрів України №821 від 04.08.97 р.; “Про затвердження концепції створення та функціонування національної мережі транспортних коридорів в Україні”, а також науково – дослідницької роботи за темою “Технічне діагностування пасажирських купейних вагонів, що відслужили призначений термін служби з метою визначення можливості їхньої подальшої експлуатації: Отчёт НИР/ДР0102U005206, от 2002 г. “Технічне діагностування пасажирських плацкартних вагонів, що відслужили призначений термін служби з метою визначення можливості їхньої подальшої експлуатації: Отчёт НИР/№ДР0102U05207, от 2002 г.

Мета та завдання дослідження. Метою роботи є удосконалення технології технічного обслуговування та ремонту вагонів, що вичерпали ресурс, на основі достовірної інформації оцінювання їх технічного стану, яка отримана за допомогою аналітичних та експериментальних методів для прийняття науково-обґрунтованих рішень по корегуванні технологічних процесів.

Для досягнення вказаної мети в дисертаційній роботі поставлені задачі:

1. Проведення обстеження і аналізу технічного стану пасажирських вагонів, які знаходяться на даний час в експлуатації.
2. Аналіз існуючої системи технічного обслуговування і ремонту пасажирських вагонів з метою подальшого переходу до системи ремонту за технічним станом.
3. Оцінка впливу ступеня корозійних та механічних пошкоджень на технічний стан вагонів в експлуатації.
4. Розробка формалізованого описання для оцінювання фактичного технічного стану вагонів що вичерпали свій ресурс.
5. Розробка методу оцінки технічного стану елементів конструкцій кузова пасажирського вагона з використанням інструментальних методів контролю.
6. Розробка науково-обґрунтованих рекомендацій щодо удосконалення системи технічного обслуговування та ремонту вагонів з врахуванням відпрацьованого ресурсу.

Об'єкт і предмет дослідження. Предметом дослідження є технологія технічного обслуговування та ремонту вагонів, що вичерпали ресурс, об'єктом - пасажирський вагон, що вичерпав ресурс.

Методи дослідження. Вирішення наукової задачі виконано на основі системного підходу, з використанням методів технічної діагностики, теорії ймовірностей, теорії алгебри логіки, математичної статистики, теорії подібності та моделювання.

Наукова новизна. Вперше:

- вперше систематизовані характерні механічні і корозійні пошкодження пасажирських вагонів, що вичерпали свій ресурс;
- запропоновані формалізовані описання, що дозволяють оцінювати міцність та стійкість елементів конструкцій вагонів з урахуванням корозійного зношення.

Доопрацьовано:

- кінцево-елементну модель для оцінювання фактичного технічного стану кузовів пасажирських вагонів;
- метод оцінки технічного стану елементів конструкцій кузова пасажирського вагона з використанням інструментальних методів контролю;
- підхід до формування технології технічного обслуговування та ремонту вагонів з врахуванням технічного стану.

Практичне значення одержаних результатів. За результатами теоретичних та експериментальних досліджень удосконалено технологію технічного обслуговування та ремонту вагонів, що вичерпали ресурс, з урахуванням їх технічного стану.

Використання запропонованої технології на Південній залізниці дозволило продовжити ресурс експлуатації 102 пасажирських вагонів.

Результати виконаних досліджень передані в Головне управління пасажирського господарства Укрзалізниці з метою впровадження на мережі залізниць України.

Особистий внесок здобувача. Усі положення і результати, які виносяться на захист, були отримані автором самостійно. В роботах, що опубліковані у співавторстві, дисертанту належить: розробка карт обстеження для контролю технічного стану литих деталей візків [1]; розрахунки міцності та стійкості пасажирських вагонів по розробленій моделі [6]; визначення деталей які не підлягають відновленню з урахуванням безпеки руху [4].

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації обговорювалися і схвалені на:

Міжнародній науково – технічній конференції „Современные материалы, технологии, оборудование и инструмент в машино- и приборостроении” (Київ, 2001 р.);

IV Міжнародній конференції “Вплив людського фактору на безпеку руху на залізничному транспорті” (Львів, 2001 р.);

І Міжнародній науково – практичній конференції “Наука в транспортному вимірі” (Київ, 2005);

Науково – технічних конференціях кафедр УкрДАЗТ, іноземних спеціалістів і працівників підприємств залізничного транспорту в 2000 – 2006 рр.

Список опублікованих праць за темою дисертації. Відповідно до теми дисертації опубліковано 9 наукових робіт, 6 у виданнях, що затверджені ВАК України як фахові (з них 3 одноосібно).

Структура роботи. Дисертація складається із вступу, 4 – х розділів і висновку та додатків; викладена на 155 сторінках друкованого тексту; містить 37 рисунків, 27 таблиць, список використаних літературних джерел з 112 найменувань і 5 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ.

У вступі обґрунтована актуальність теми, сформульована мета і задачі дослідження, наукова новизна і практичне значення отриманих результатів. Наведено особистий внесок автора, інформацію про апробації і публікації результатів досліджень.

В першому розділі дана коротка характеристика наукової проблеми та обґрунтована її актуальність, викладений досягнутий рівень проробки питань по темі дисертації, поставлені мета та задачі дослідження.

В роботі проведений аналіз технічного стану пасажирського вагонного парку залізниць України по результатам обстеження. Аналіз існуючого парку пасажирських вагонів залізниць свідчить про його значне зношення. На 2005 р. інвентарний парк пасажирських вагонів налічував 7872 од., з яких 2458 вагонів відпрацювали свій встановлений ресурс (28 років) і мають бути виключені з експлуатації як такі, що не можуть забезпечити безпеку руху. Тобто, фактичний інвентарний парк пасажирських вагонів у межах нормативного терміну експлуатації становив 55 відсотків від кількості, яка була у 1990 р. Для підтримки інвентарного парку пасажирських вагонів в кількості необхідній для забезпечення населення в перевезеннях кожен рік необхідно було придбати близько 250 нових вагонів. Але за останні 14 років залізницями України придбано лише більш 250 пасажирських вагонів, або приблизно більш 8% від потреби.

Для відновлення вагонного парку, а також продовження його строку служби в даних умовах найбільш ефективною і економічною буде система ремонту, яка зорієнтована на кожен конкретний вагон в залежності від його технічного стану.

Основні елементи індивідуального підходу до відновлення вагонів використовуються при виконанні капітально – відновлювального ремонту (КВР) вагонів. Питаннями організації КВР займаються у багатьох організаціях.

Заслужують уваги перш за все наукові розробки ВНДІЗТа, БелДУТу, ДШТУ. ХШТУ та ін. Гомельський, Мінський ВРЗ, ряд великих пасажирських вагонних депо залізниць України. Серед наукових розробок, які присвячені організації КВР, необхідно відмітити роботи Савчука О.М., Сенько В.І., Пастухова І.Ф., Райкова Г.В., Лаврова А.П., Романової Т.А., Кельріха М.Б., Донченка А.В., Головка В.Ф., Борзилова І.Д. та інших.

В результаті проведеного аналізу технічного стану отримано регресивні залежності динаміки старіння пасажирських вагонів:

для суцільнометалевих відкритих вагонів (СМВВ)

$$T_{cp} = 0,757 \cdot 10^{0,57} \cdot e^{0,372t}, \quad R^2 = 0,6257; \quad (1)$$

для суцільнометалевих купейних вагонів (СМВК)

$$T_{cp} = 0,09758t^2 - 507,21t + 573681, \quad R^2 = 0,83711, \quad (2)$$

де t – роки;

T_{cp} – середній вік вагонів;

R^2 – показник, що характеризує близькість емпіричних та розрахункових величин;

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y'_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2}, \quad (3)$$

де y'_i – емпіричні дані;

y_i – дані, розраховані по моделі;

n – число емпіричних даних.

Така динаміка має високу ступінь кореляції з технічним станом вагонів.

В першому розділі проведений аналіз різних систем технічного обслуговування та ремонту пасажирських вагонів закордонних та вітчизняних.

В даний час на залізницях СНД діє вже десята система технічного обслуговування і ремонту вагонів. Згідно з наказом № 32Ц від 22.09.1980 р. з 1.01.81 р. Була введена диференційована система ремонту й обслуговування вагонів. Вона у своїй основі є планово – попереджувальною і передбачає технічне обслуговування, деповський та заводські і ремонти.

Важливим у цій системі є урахування виконаної вагоном роботи. Де реалізація системи ремонту за технічним станом в депо на кожен вагон

потрібно оформлення паспорта ремонту. Доказано, що вимірник пробігу має високу кореляцію із зносними та втомленими пошкодженнями вузлів та деталей, а також вагона в цілому.

Призначений ресурс повинен встановлюватися при виготовленні складальних одиниць, деталей та вагонів в цілому на підставі теоретичний та експериментальних досліджень. Ресурс повинен встановлюватися по терміну служби вагона до списання та на період до його ремонту.

При реалізації такої концепції кількість ремонтів у порівнянні з планово – попереджувальною системою зменшиться на 7%, обсяг ремонтних робіт буде скорочено на 10-15%.

Чим ефективніше технологія технічного обслуговування (V), тим менше відмов (n) виникає у процесі перевідної роботи. Цей взаємозв'язок відповідає залежності

$$n(V) = n_0 - n_0V(t) = n_0[1 - V(t)], \quad (4)$$

де $n(V)$ – число відмов вагонів у процесі руху поїздів на дільниці за розглянутий час T з урахуванням відновлення їхньої працездатності на (ПТО);

n_0 – загальне число вагонів, обумовлене ненадійністю вагонів;

$V(t)$ – імовірність відновлення працездатності вагонів (після виникнення відмови) за припустимий, нормований час t ;

$n_0V(t)$ – число відмов, що були виявлені і усунуті на ПТО за зазначений час t при підготовці составів у рейс.

Відношення

$$\eta = \frac{n_0}{n(V)} = \frac{n_0}{n_0[1 - V(t)]} = \frac{1}{1 - V(t)} \quad (5)$$

показує, у скільки разів скоротиться кількість відмов вагонів у результаті відновлення їхньої працездатності у системі технічного обслуговування та ремонту.

Другий розділ присвячений розробці моделі визначення характеристик елементів конструкції пасажирського вагона в залежності від строку відпрацьованого ресурсу.

Як показали багаточислені обстеження технічного стану металоконструкцій кузовів пасажирських вагонів, основним видом пошкодження їх являється корозія. Процес корозії починається після втрати захисних властивостей покриття. При цьому на різних дільницях металоконструкції кузова процес корозії протікає з різною швидкістю.

Існуючий критерій максимального зносу (30% від номінальної товщини), який встановлений нормативними документами, є однаковим для всіх елементів кузова є достатньо обґрунтований, незалежно від того що елементи кузова мають різний напружений стан і корозійні процеси на різних ділянках кузова протікають з різною швидкістю.

В роботі в якості критерія граничного стану елементів кузова приймається втрата ними несучої здатності – міцності і стійкості.

Для дослідження впливу ступеня корозійних пошкоджень на несучу здатність кузовів в дисертаційній роботі була розроблена модель прогнозування стану вагона за період життєвого циклу. Вона дозволяє моделювати технічний стан і залишкову несучу здатність кузова вагона з врахуванням корозійних пошкоджень, як для кожного строку експлуатації, так і на весь період життєвого циклу вагона. Визначати граничні значення товщини елементів металоконструкцій кузова вагона та їх залишковий ресурс. Враховувати будь-яку послідовність проведення ремонтів, а також встановлювати найбільш оптимальні строки їх проведення. Керувати відновленням технічного ресурсу вагонів.

Як основу моделі для розрахункових досліджень прийнятий метод кінцевих елементів (МКЕ) – універсальний метод розрахунку на ЕОМ конструкції будь-якої складності незалежно від геометрії, граничних умов, матеріалу і зовнішніх впливів.

Розрахунок будь-якої конструкції по МКЕ зводиться до визначення переміщень U усіх вузлів розрахункової моделі

$$[K]\{U\} = \{P\}, \quad (6)$$

де $[K]$ – матриця твердості системи

$$[K] = \sum [K_i]; \quad (7)$$

$[K_i]$ – матриця твердості i -го кінцевого елемента;

$\{U\}$ – вектор вузлових переміщень;

$\{P\}$ – вектор зовнішнього заданого впливу.

Матриця твердості будь-якого кінцевого елемента визначається по відомій формулі

$$[K_i] = \int_{V_i} [B_i]^T [D_i] [B_i] \cdot dv, \quad (8)$$

де $[B_i]$ – матриця похідних базисних функцій обраного апроксимуючого ряду для шуканої функції переміщень;

$[D_i]$ – матриця пружних жорсткісних характеристик матеріалу;

V_i – обсяг кінцевого елемента;

T – індекс вказуючий, що матриця транспонована.

Формування матриць $[K]$ і $\{P\}$, проводиться програмним шляхом після введення інформації про геометрію конструкції, характері і величинах навантаження, властивостях матеріалу, типах і характеристиках кінцевих елементів.

Обчислити по формулі (6) вузлові переміщення $\{U\}$ можна оцінити напружено – деформований стан кожного кінцевого елемента.

Напруги в будь – якій точці кінцевого елемента визначаються по формулі

$$[\sigma_i] = [D_i] \cdot [B_i] \cdot \{U_i\}. \quad (9)$$

Розрахунок геометричних характеристик автоматизований і проводиться за наступним алгоритмом: розбивають складний переріз на ряд простих або стандартних елементів, положення центрів ваги яких відомо, а момент інерції визначається по відомим формулам; проводять довільні осі x_0 , y_0 відповідно по нижній і лівій кромкам перерізу; визначають координати центра ваги y_c , x_c осьові моменти I_x , I_y .

Результати розрахунку без додаткової обробки можуть використовуватись у якості вихідної інформації для міцнісного розрахунку.

Розрахункові моделі для оцінки стійкості елементів кузова представлені на рис. 1 і 2.

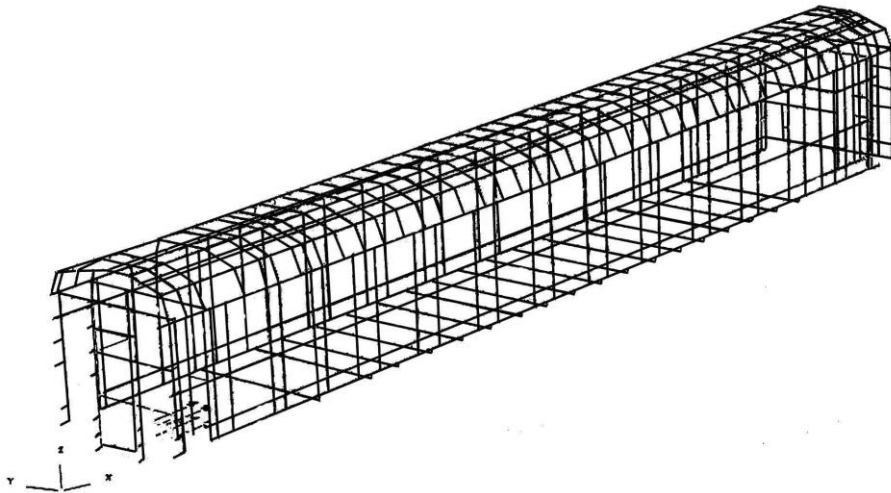


Рис. 1. Стержньові елементи розрахунково-елементної моделі кузова пасажирського купейного вагону

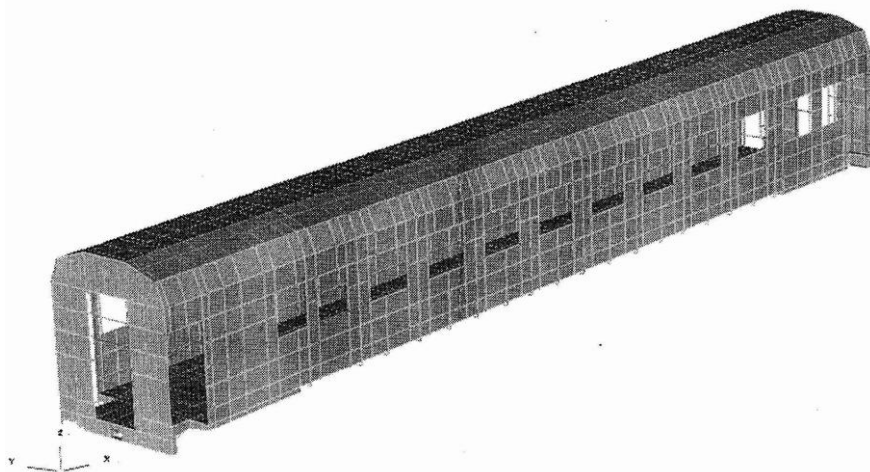


Рис.2. Розрахункова кінцево-елементна модель кузова пасажирського купейного вагона

Енергетичний критерій стійкості базується на мінімумі повної потенційної енергії у стані рівноваги. Перша і друга варіації повної потенційної енергії у стані рівноваги мають вигляд:

$$d\chi = d\{\delta\}^T \cdot \{\psi\} = 0, \quad (10)$$

$$d\chi^2 = d(d\chi) = d\{\delta\}^T \cdot d\{\psi\} = d\{\delta\}^T \cdot [K_T] \cdot d\{\delta\}, \quad (11)$$

- де χ – повна потенційна енергія;
 $\{\psi\}$ – матриця зовнішніх і внутрішніх сил;
 $[K_T]$ – повна матриця тангенційних твердостей;
 $\{\delta\}$ – параметр переміщень.

Критерієм стійкості є позитивність величини другої варіації у відсотках повної потенційної енергії і навпаки. Цей критерій широко використовується для оцінки стійкості у випадках великих деформацій. Для малих деформацій задача стійкості зводиться до більш простого формулювання, оскільки при малих переміщеннях повна матриця тангенціальних твердостей зводиться до матриці початкових напруг $[K_\delta]$, пропорційній величині напруг.

У цьому випадку

$$d\{\psi\} = ([K_0] + \omega[K_\delta]) \cdot d\{\delta\} = 0, \quad (12)$$

- де $[K_0]$ – матриця твердості при малих деформаціях;
 ω – запас стійкості.

У другому розділі представлена модель системи технічного обслуговування та ремонту вагонів з урахуванням відпрацьованого ресурсу. Технологічний процес технічного обслуговування та ремонту пасажирського

вагона що відпрацювали свій ресурс структур представлений слідуючою схемою.

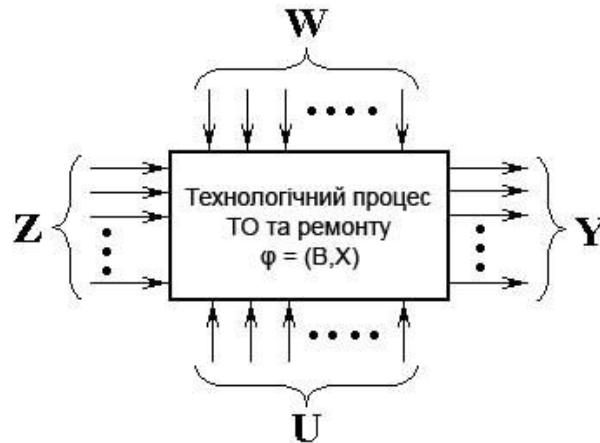


Рис. 3. Структурна схема контрольованого технологічного процесу

На даній структурній схемі Y_g – видалений компонент вектора Y ; Y – контрольований вектор вихідних перемінних; e_g – відповідна; Y_g – випадкова адитивна перешкода, що характеризує вплив на вихідний компонент Y_g'' випадкових неконтрольованих збурювань W ; X – вектор контрольованих вхідних перемінних, що об'єднує дію перемінних Z та U ; $\varphi_y(B, X)$ – параметрична функція з вектором параметрів Y , що описує здійснюване об'єктом перетворення значень перемінних X в значення вихідних перемінних Y_g'' .

Стосовно до структури, приведеної на рис. 3, математичною моделлю є модель множинної регресії.

$$y_i = b_i x_i + \dots + b_k x_{ik} + e_i, \quad (13)$$

- де x_i – незалежні невідповідні перемінні (регресори), значення яких задані для кожного $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, k}$;
 b_j – невідомі постійні параметри (регресійні коефіцієнти), $j = \overline{1, k}$;
 e_i – невідома випадкова величина;
 y_i – залежна випадкова перемінна (регресант).

Третій розділ присвячено розробці методики та експериментальному дослідженні експлуатаційних показників стану пасажирського вагона.

Для реалізації системи ремонту “по технічному стану” необхідно впровадження сучасних методів діагностування вагонів, які передбачають

наявність не тільки спеціальних технічних засобів, але і спеціальної методики діагностування.

Така методика – методика вибіркового обслідування технічного стану металоконструкції кузовів пасажирських вагонів – розроблена автором сумісно з Всеукраїнським науково – дослідним інститутом вагонобудування.

Методика передбачає візуальне і фізичне обстеження технічного стану в трьох зонах по довжині вагона та в декількох перерізах по настилу пола, стінам і даху. Таке виділення зон і перерізів проведено на основі аналізу результатів багаточислених обстежень технічного стану пасажирських вагонів за попередні роки в Україні, Російській Федерації і в Республіці Білорусь.

В запропонованій методиці заміри остаточної товщини елементів кузова проводяться за допомогою ультразвукових товщиномірів в контрольних точках, розташованих у виділених перерізах і зонах.

Застосування ультразвукових товщиномірів в якості засобів діагностики дозволяє оцінити технічний стан кузовів, які мають корозійні пошкодження, без їх розкриття. А це є першою і необхідною умовою переходу від планово – попереджувальної системи ремонту до ремонту “по технічному стану” Контрольні точки нанесені по перерізам і зонам так, що дозволяють по виборці замірів розповсюдити інформацію на всю генеральну сукупність, тобто на весь кузов.

Результати обстеження заносяться в розроблені діагностичні карти по всім великим збірним одиницям, а потім у вигляді банка даних у ПЕОМ.

Методика визначення сумарних напруг від статичного навантаження визначалась вертикальним статичним навантаженням шляхом навантаження купейного пасажирського вагона за № 082 12503, типу 47Д до його максимальної пасажировмістимості. Вагон завантажувався чавунними гальмівними колодками, загальною масою 4,576 т. Величина випробувального навантаження P_b визначалась з виразу:

$$P_e = K_\phi \cdot P_p, \quad (14)$$

де K_ϕ – коефіцієнт форсування навантаження;
 P_p – відповідне розрахункове навантаження.

Розрахунки сумарних напруг за результатами випробувань виконувались з застосуванням ЕОМ. Оцінка міцності елементів конструкції вагона, за результатами статичних випробувань, проводилась шляхом порівняння сумарних напруг від найбільш не вигідно можливого збігу одночасно діючих нормативних навантажень по I – у та III – у режимах з допустимими напружками.

Аналіз даних випробувань показав, що найбільші напруги, які виникають від дії цих навантажень в основних несучих конструкцій вагона наступні: - в хребтовій балці мінус 191,6 МПа; шворневій балці 107,3 МПа; розріз мінус 183,9 МПа; нижня обв'язка мінус 188,6 МПа; кінцева балка 125,5 МПа; поперечна балка 1 – 135,4 МПа; поперечна балка 2 – мінус 179,0 МПа; стійка торцева мінус 76,1 МПа; стійка кутова мінус 121,7 МПа. Аналіз результатів показав, рівень напруг від дії статичних навантажень в основному нижче допустимого рівня напруг в елементах вагона як для першого так і для третього режимів.

Випробування на співудар цього ж вагона проводились з метою перевірки міцності несучих конструкцій та визначення величини залишкового ресурсу вагона. Величина еквівалентного випробувального зусилля на співудар $F_{екв}$ приведена до розрахункової бази випробувань, визначалась за формулою.

$$F_{екв} = \sqrt[m]{\frac{N_{заг.}^{розр.}}{N_{\delta}}} \cdot \sum_{i=1}^n F_i^m \cdot P_i, \quad (15)$$

- де $N_{заг.}^{розр.}$ – загальна кількість циклів дій імпульсів поздовжніх ударних сил протягом розрахункового періоду експлуатації;
 N_{δ} – розрахункова база випробувань, приймається $N_{\delta} > 6000$ співударів;
 m – показник степеня у рівнянні кривої втомленості;
 F_i, P_i – величини динамічних повздовжніх сил на протязі всього інтервалу та їх частини.

Загальна кількість циклів дій повздовжніх сил на протязі всього розрахункового періоду його експлуатації визначались з урахуванням загальносіткового коефіцієнту пробігу за формулою:

$$N_{заг.}^{розр.} = N_{заг.}^{уд.} \cdot t_{розр.} \cdot K_{реж.} \cdot K_{уд.}, \quad (16)$$

- де $N_{заг.}^{уд.}$ – загальна кількість циклів діючих сил на протязі одного року експлуатації, приймається рівною 18200 циклів;
 $t_{розр.}$ – розрахунковий період експлуатації вагонів;
 $K_{реж.}$ – коефіцієнт, який враховує порожній пробіг. При встановлені циклічності приймається рівним 1;
 $K_{уд.}$ – коефіцієнт, який враховує несиметричність навантаження та рівноймовірність прикладання ударних сил до автозчіпок з

обох кінців вагона. При оцінці циклічної довговічності $K_{уд.} = 0,6$.

Загальна кількість циклів навантаження вагона за один рік складає – 10920 циклів, при $F_{екв.} = 1,0МН$ базове число циклів з розрахунку 3 один рік складає 139 циклів.

В процесі випробувань вагона №032–12503 було зроблено 700 ударів силою від 0,8 до 1,5 МН. Базове число циклів при цьому становило 842 цикла силою 1,0МН.

При базових річних циклах 139, кількість ударів 842 відповідає 6,05 рокам експлуатації вагона, а при коефіцієнті збільшення 1,2 цей термін складає $6,05/1,2=5$ років.

Аналіз даних показав, що найбільші сумарні напруги, які виникають від дії ударних навантажень нижче допустимого рівня і складають: хребтова балка мінус 187,4 МПа, шворнева балка 99,1 МПа, розніс мінус 159,2 МПа, нижня обв'язка мінус 165,5 МПа; стійка торцева 67,7 МПа.

Інформація, яка отримана в результаті обстеження технічного стану металоконструкцій кузовів пасажирських вагонів, використовується для оцінки залишкової несучої здатності та залишкового ресурсу їх елементів. Така інформація необхідна для вирішення питань про технічний стан металоконструкцій кузовів, методів відновлення несучої здатності металоконструкцій кузовів при надходженні пасажирських вагонів в ремонтні бази та строків служби відновлених вагонів, виключення вагонів із інвентарного парку по технічному стану.

Аналіз графіка емпіричної кусочно – лінійної залежності рис. 4.

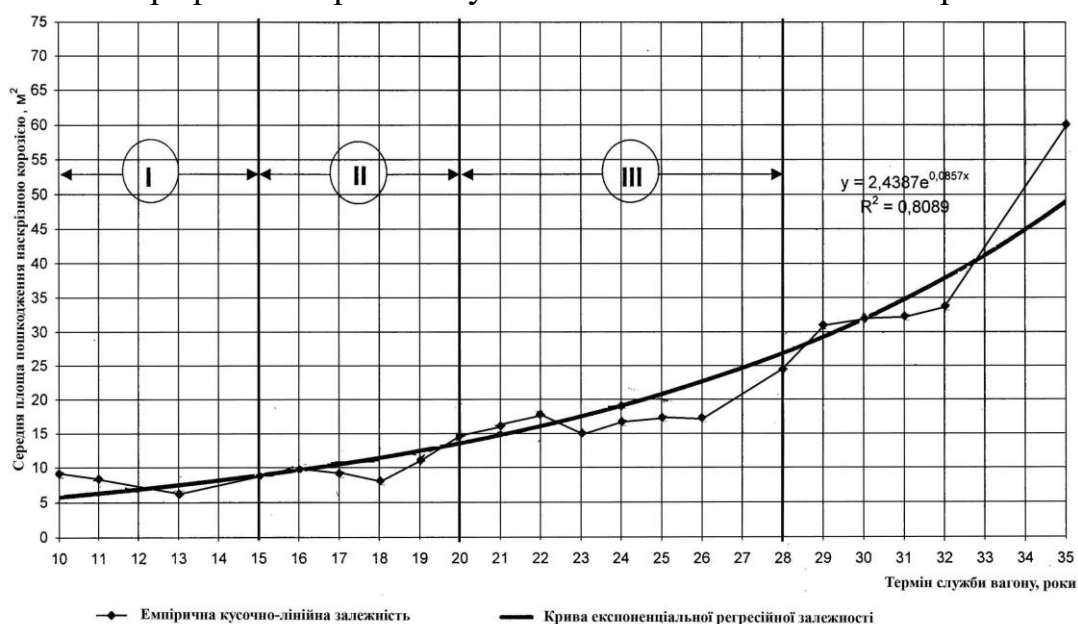


Рис. 4. Залежність середньої площі пошкодження кузовів корозією наскрізь від строку служби вагонів

для кузова в цілому показує, що строк служби вагона можливо умовно розділити на три періоди: до 15 років ; від 15 до 20 років і більше 20 років. Для кожного із періодів виявлена своя площа корозійних пошкоджень, але після 20 років іде інтенсивне пошкодження кузова корозією, а після 26 років відбувається різкий скачок погіршення технічного стану елементів. Практично після цього періоду експлуатації вагон неможливо використовувати для перевезення пасажирів без проведення відновлювального ремонту.

Дослідження технічного стану пасажирських вагонів показують, що вагони з одним і тим же терміном служби суттєво розрізняються своїм технічним станом, що викликає труднощі в організації їх ремонту та свідчить про недостатню ефективність існуючої системи відновлення технічного ресурсу вагонів.

Найбільш характерно це проявляється для вагонів після 20 років експлуатації. Тут площа корозійних пошкоджень змінюється від 2 до 61 м². Були встановлені статистичні закони розподілу площі корозійних пошкоджень кузова в цілому (рис. 5) бокових, торцевих стін а також підлоги

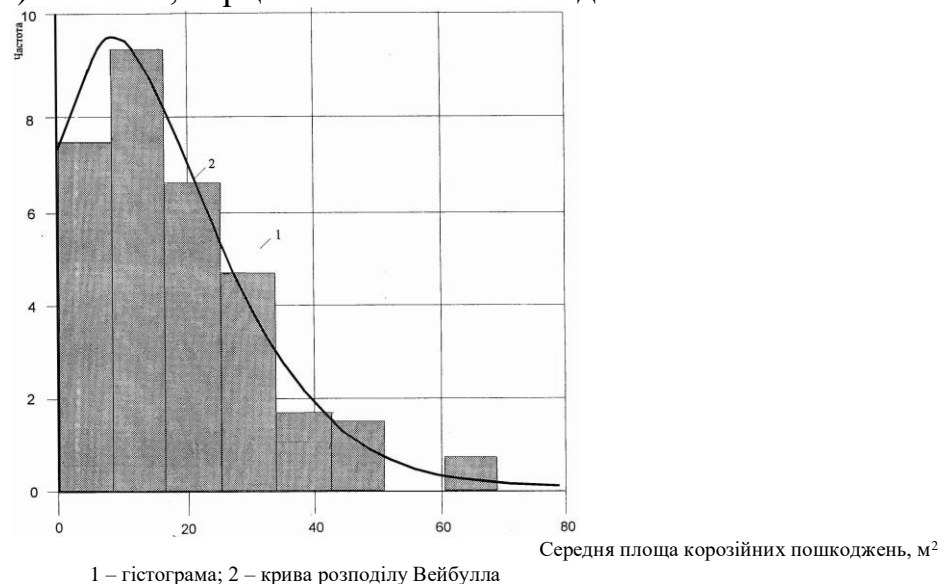


Рис. 5. Розподіл середньої площі корозійних пошкоджень кузова вагонів

Отримані закони розподілення дозволяють встановити вірогідність попадання в ремонт вагонів з строком служби який розглядається з заданою ступінню пошкодження, або вказати для заданої вірогідності ступінь пошкодження кузова вагона.

Четвертий розділ присвячений удосконаленню технології технічного обслуговування та ремонту пасажирських вагонів. Проблема оцінки залишкового ресурсу основних елементів кузова являється актуальною і необхідна для прийняття обґрунтованих рішень по вибору варіанта несучої здатності та призначення строків служби вагона.

В дисертації викладені розробки розрахункової моделі для оцінки залишкової несучої здібності основних елементів кузовів пасажирських вагонів, яка базується на методиці кінцевих елементів.

Модель дозволяє проводити розрахунки для любого виду і сполучень експлуатаційних навантажень з врахуванням будь яких схем зношення. При розрахунках розглядались схеми навантаження по I – му та III – му розрахункових режимах.

Похідною інформацією при використанні цього метода прогнозу залишкового ресурсу, тобто підбору апроксимуючої функції, можуть бути: зміни в часі визначального параметра, вимірювання технічного або діагностичного параметру в процесі експлуатації, граничне значення параметра, який пов'язаний з діагностичним параметром функціональною або статичною залежністю; регресійні залежності між ресурсними і діагностичними параметрами.

При використанні метода прогнозу залишкового ресурсу на основі апроксимуючої функції опис процесу змінювання параметра технічного стану має вигляд:

$$\omega(t) = Vt^a + Z(t), \quad (17)$$

- де V – імовірне для групи однойменних елементів вагона (із небезпечних перерізів) значення показника швидкості змінювання параметра, тобто швидкість витрачання ресурса;
 a – показник степені апроксимуючої функції, який характеризує конструктивні особливості складової частини;
 $Z(t)$ – наробіток виробу на момент прошиву.

При відомій швидкості витрачання ресурса параметра який контролюється при $a = 1$; $Z(t) = 0$ можливо використовувати залежність

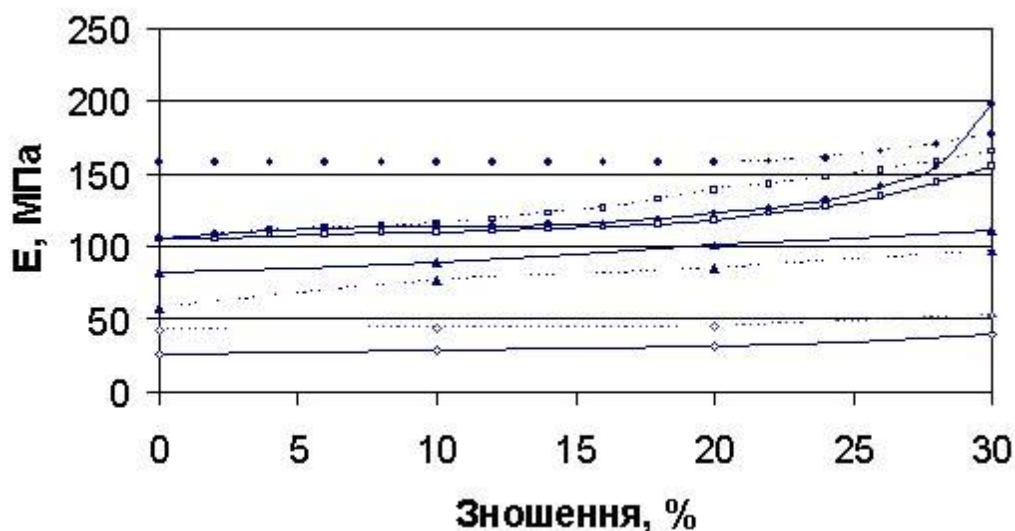
$$\omega(t) = Vt. \quad (18)$$

Проте при цьому не враховується, що процес корозійного зношення починається не спочатку, а після руйнування антикорозійного покриття. Тому величину корозійного руйнування елемента кузова до строку служби вагона t доцільно визначати з урахуванням цього фактора, тобто по формулі

$$\omega(t) = V(t - t_{акн}), \quad (19)$$

- де t – поточний строк служби, років;
 $t_{акн}$ – період часу від моменту початку експлуатації вагона до руйнування антикорозійного покриття, років.

За результатами розрахунків по вищенаведеній методиці основних конструктивних елементів кузова пасажирського вагона побудовані залежності зміни напружень в цих елементах від їх зношення в результаті корозії та інших причин. Розрахунки велись при зношенні конструктивних елементів кузова вагона на 0%, 10%, 20%, та 30%.



— стиснення; - - - розтягування; ● – рама;
 □ – рама (район шкворневої балки); ▲ – бокова стінка; ◇ – дах вагона.

Рис. 6. Змінювання напруження від величини зносу в елементах кузова пасажирського вагона моделі 61-779

В четвертому розділі також надається методика використання неруйнівних методів контролю (НК), які дозволяють уточнити або визначити залежності між параметрами які використовуються методами НК і залишковими ресурсами міцності.

У даному випадку методи НК є прогнозуючими, причому прогнози ґрунтуються на кореляційних залежностях.

Залишкова міцність оцінюється по швидкості розповсюдження ультразвуку (УЗ) в металі. Причому, міжкристалічна корозія оцінюється по загасанню УЗ хвиль на фіксованій (заданій) ділянці металу елемента кузова вагона. Для оцінки ступеня враженості зовнішньою корозією використовують метод розповсюдження хвиль Лемба, Релея та ін.

Для виміру товщини металу елементів конструкцій кузова вагона застосовують луно-імпульсний метод шляхом використання товщиномірів УТ-93П, на базі мікропроцесорної техніки вітчизняних Булат – ЯМ, УТ – 111, ТУЗ – 1 та ін., та закордонних Т – Майбах П, Т – Майбах ЄС, Т Майн ІВ та ін.

Для неруйнівного контролю зварених рамних конструкцій використовують в основному магніто-порошковий метод.

Таким чином. В існуючих умовах найбільш ефективною і економічною буде система ремонту орієнтована на кожен конкретний вагон в залежності від його технічного стану. Як строки поставки в ремонт, так і методи відновлення повинні бути індивідуальні – по технічному стану.

В цілому концепція ремонту “по технічному стану” повинна базуватися на діагностиці стану вагонів до їх надходження в ремонт, своєчасній постановці в ремонт, додатковій діагностиці в ремонтних депо, оцінці ПЕОМ залишкової міцності кузовів вагонів, вибір технології, яка забезпечує необхідну якість відновлення, визначення об’єму та вартості робіт.

ВИСНОВКИ

1. В сучасних умовах одним із основних напрямків забезпечення перевезення пасажирів є необхідність підтримки розмірів пасажирського парку вагонів за рахунок удосконалення технології технічного обслуговування та ремонту вагонів, що відпрацювали ресурс. За результатами дисертаційних досліджень показано, що строк служби пасажирських вагонів може бути подовженим до 5 років.

2. За результатами обстеження пасажирських вагонів виявлено, що розроблена технологія передбачає вибіркове обстеження кузова в трьох зонах по довжині вагона і в декількох перерізах по настилу підлоги, висоті бокової стінки і даху. Контрольні точки вибрані так, що дозволяють при обмеженій вибірці замірів оцінити загальний технічний стан кузова вагона.

3. Аналіз існуючої системи технічного обслуговування і ремонту вагонів показав, що вирішення задачі подовження їх строку потребує індивідуальної оцінки технічного стану пасажирських вагонів.

4. Для розрахункової оцінки міцності елементів конструкцій кузова вагона доцільно використовувати удосконалену автором кінцево-елементну модель, та формалізовані описання, що враховують вплив корозійних процесів та механічних пошкоджень. Для отримання початкових даних можливо використання методу інструментального контролю.

5. Для прогнозування розвитку корозійних пошкоджень кузовів пасажирських вагонів в експлуатації можливо використовувати статистичні закони розподілу площі корозійних пошкоджень кузова та його основних елементів в залежності від строку служби. На їх основі встановлено, що площі корозійних пошкоджень за період до п’яти років збільшуються в 1,5 рази.

6. Інструментом для практичної реалізації щодо удосконалення технології технічного обслуговування та ремонту вагонів є математична кінцево-елементна модель для оцінки фактичного технічного стану вагонів.

7. Отримані дані експлуатації пасажирських вагонів з подовженим строком служби, технічне обслуговування та ремонт яких проводився з застосуванням запропонованих технічних та технологічних рішень,

підтверджують можливість підвищення коефіцієнту готовності на 0,12; скорочення часу невикористаного простору на 8%; підвищення безвідмовної роботи в експлуатації на 14%.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Головка В.Ф., Борзилов І.Д., Куденко І.О. Дослідження методів контролю технічного стану литих деталей візків вантажних вагонів // Зб. наук. праць / ХарДАЗТ. - 2000. – Вип. 48. – С. 27-32.

2. Куденко І.О. Шляхи вирішення проблеми надійності та безпечної роботи пасажирського парку в сучасних умовах // Зб. наук. праць – Харків: УкрДАЗТ. - 2003. – Вип. 54. – С. 68–72.

3. Куденко І.О. Методика оцінки залишкового ресурсу основних елементів кузовів пасажирських вагонів// Зб. наук. праць.—Харків: УкрДАЗТ. - 2004. - Вип. 61.— С. 5-8.

4. Головка В.Ф., Борзилов І.Д., Куденко І.О. Методика оцінювання придатності відновлювання або утилізації деталей при ремонті пасажирських вагонів// Зб. наук. праць/УкрДАЗТ. - 2005. - Вип. 69.— С. 57-61

5. Куденко І.О. Забезпечення надійності роботи пасажирських вагонів в аспекті енергозбереження// Зб. наук. праць. - Харків: УкрДАЗТ. - 2006.- Вип. 72.— С. 5-8

6. Моделювання технічного стану пасажирських вагонів/Головка В.Ф., Борзилов І.Д., Куденко І.О.//Залізничний транспорт України. - 2004. - №3. - С. 27-28.

Додатково матеріали дисертації відображені у наступних працях:

1. Борзилов І.Д., Тимофеева Т.Е., Куденко І.А. Повышение качества технического обслуживания и ремонта вагонов//Современные материалы, технологии, оборудование и инструмент в машино- и приборостроении: Материалы Международной научно-технической конференции, 21-22 августа 2001г., г. Киев. - Киев: АТМ України, 2001. - С. 5-6.

2. Головка В.Ф., Борзилов І.Д., Куденко І.А. Влияние технического обслуживания и ремонта пассажирских вагонов на безопасность движения поездов//Вплив людського фактору на безпеку руху на залізничному транспорті: Матеріали 4-ої Міжнародної конференції, 25-27 вересня 2001 р., м. Львів. - Львів, 2001. - С. 14.

3. Головка В.Ф., Борзилов І.Д., Куденко І.О. Проблеми безпеки руху при збільшенні терміну експлуатації пасажирських вагонів//Наука в транспортному вимірі: Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції, 11-13 травня 2005р., м. Київ. - С. 20.

АНОТАЦІЯ

Куденко І. О. Удосконалення технології технічного обслуговування та ремонту пасажирських вагонів, що вичерпали ресурс – 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, 2006.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної наукової задачі – удосконалення технології технічного обслуговування та ремонту вагонів з продовженим строком служби на основі достовірної інформації про технічний стан вагонів, яка отримана за допомогою аналітичних та експериментальних методів, для прийняття науково-обґрунтованих рішень по корегуванню технологічних процесів. Головну увагу приділено розробці найбільш доцільного методу дослідження технічного стану пасажирських вагонів з врахуванням відпрацьованого ресурсу, та розробці моделі системи технічного обслуговування та ремонту вагонів з врахуванням відпрацьованого ресурсу.

Вирішення завдань поставлених в дисертаційній роботі здійснено за допомогою розробленої математичної моделі оцінки технічного стану вагонів з продовженим строком служби та моделі системи технічного обслуговування та ремонту вагонів з продовженим строком служби.

За допомогою даних моделей, спираючись на сучасні можливості обчислювальної техніки, розкриваються якісні залежності між параметрами які контролюються при технічному обслуговуванні і ремонті вагонів, що дає можливість не тільки визначати стан вузла або вагона в цілому, але і проводити корегування робіт, які виконуються при технічному обслуговуванні і ремонті.

Ключеві слова: пасажирський вагон, металоконструкції кузова, корозійні пошкодження, діагностика, технічне обслуговування та ремонт, кінцево-елементна модель, прогнозування, залишковий ресурс, міцність, аналітичні розрахунки, експеримент, технологічний процес.

АННОТАЦИЯ

Куденко И. А. Совершенствование технологии технического обслуживания и ремонта пассажирских вагонов, что исчерпали ресурс – рукопись.

Диссертация на соискания ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – подвижной состав железных дорог и тяга поездов – Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2006.

К настоящему времени в нашей стране и за рубежом проведен значительный объем научных исследований и практических разработок в

направлении усовершенствования технологии технического обслуживания и ремонта пассажирских вагонов.

Вместе с тем, в них не нашли отражения должной мерой вопросы технологии технического обслуживания и ремонта пассажирских вагонов во взаимосвязи с техническим состоянием после термина их службы. Это влияет на то, что при существующей технологии и ремонте пассажирских вагонов потери времени и труда очень значительные, а качество функционирования и надежность вагонов не в полной мере отвечают поставленным условиям.

Таким образом, внедрение в практику новых технологий, связанных с реализацией концепции индивидуального подхода к их техническому обслуживанию и ремонту с обеспечением заданного уровня обновления технического состояния основных элементов вагонов, позволяет квалифицировать работу как актуальную, направленную на решение вопросов повышения качества технического обслуживания и ремонта пассажирских вагонов, что исчерпали свой ресурс.

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научной задачи – совершенствование технологии технического обслуживания и ремонта вагонов с продленным сроком службы на основе достоверной информации о техническом состоянии вагонов, которая получена при помощи аналитических и экспериментальных методов, для принятия научно-обоснованных решений по корректировке технологических процессов. Основное внимание уделено разработке наиболее целесообразного метода исследования технического состояния пассажирских вагонов с учетом отработанного ресурса и разработке модели системы технического обслуживания и ремонта вагонов с учетом отработанного ресурса.

В работе в качестве критерия предельного состояния элементов кузова принимается потеря ими несущей способности – прочности и стойкости. Для исследования влияния степени коррозионных повреждений на несущую способность кузовов в диссертационной работе разработана модель прогнозирования состояния вагона за период жизненного цикла. Она позволяет моделировать техническое состояние и остаточную несущую способность кузова вагона с учетом коррозионных повреждений, как для любого срока эксплуатации, так и на весь период жизненного цикла вагона. Определять предельные значения толщины элементов металлоконструкций кузова вагона и их остаточный ресурс. Учитывая любую последовательность проведения ремонтов, а также устанавливать более оптимальные сроки их проведения. Руководить восстановлением технического ресурса вагонов.

Решение задач поставленных в диссертационной работе осуществлено при помощи разработанной математической модели оценки технического состояния вагонов с продленным сроком службы и модели системы технического обслуживания и ремонта вагонов с продленным сроком службы.

При помощи данных моделей, опираясь на современные возможности вычислительной техники, раскрываются качественные зависимости между параметрами которые контролируются при техническом обслуживании и ремонте вагонов, что дает возможность не только определить состояние узла или вагона в целом, но и проводить корректировку работ, которые выполняются при техническом обслуживании и ремонте.

В работе разработан метод экспериментального исследования эксплуатационных показателей состояния пассажирского вагона.

Для реализации системы ремонта «по техническому состоянию» необходимо внедрения современных методов диагностирования вагонов, которые предусматривают наличие не только специальных технических средств, но и специальной методики диагностирования.

Такая методика – методика выборочного обследования технического состояния металлоконструкций кузовов пассажирских вагонов – разработана автором совместно с Всеукраинским научно-исследовательским институтом вагоностроения.

Методика предусматривает визуальное и физическое обследование технического состояния в трех зонах по длине вагона и в нескольких сечениях по настилу пола, стенам и крыши. Такое выделение зон и сечений проведено на основе анализа результатов многочисленных обследований технического состояния пассажирских вагонов за предыдущие годы в Украине, Российской Федерации и Республике Беларусь.

В предложенной методике измерения остаточной толщины элементов кузова проводятся при помощи ультразвуковых толщиномеров в контрольных точках, расположенных в выделенных сечениях и зонах.

Ключевые слова: пассажирский вагон, металлоконструкции кузова, коррозионные повреждения, диагностика, техническое обслуживания и ремонт, концево-элементная модель, прогнозирование, остаточный ресурс, прочность, аналитические расчеты, эксперимент, технологический процесс.

THE SUMMARY

Kudenko I.O. Improvement of maintenance and repair technology of passenger cars with completed resource. - Manuscript.

The dissertation on reception of a scientific degree of the candidate of technical science on a speciality 05.22.07 – Railway rolling stock and trains traction. - Ukrainian State Academy of Railway Transport, Kharkiv, 2006.

The work is devoted to the decision of a topical scientific problem which consists in perfection of maintenance and repair technology of cars with the prolonged service life on the basis of trustworthy information about a technical state of passenger cars. The state of cars appreciates by means of analytical and experimental methods for acceptance of scientifically-grounded decisions on

correction of technological processes. The basic attention is given to development of the most expedient research method for cars' technical state estimation which considers the completed resource of cars and model of maintenance and repair system of passenger cars with completed resource.

In work where used new mathematical model of technical state estimation of passenger cars with the prolonged service life and models of maintenance and repair system of passenger cars with prolonged service life.

With the help of modern opportunities of computer facilities the qualitative dependences where obtained between parameters which are controlled at maintenance and repair of passenger cars. That enables not only to determine a technical state of unit or the car as a whole, but also to carry out correction works at maintenance and repair.

Key words: the passenger car, body steel-construction, corrosion damages, diagnostics, maintenance and repair, finite-element model, forecasting, a residual resource, strength, analytical calculations, experiment, technological process.

Куденко Ігор Олексійович

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ
ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ
ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ, ЩО ВИЧЕРПАЛИ РЕСУРС**

05.22.07 – Рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Відповідальний за випуск

Волошин Д. І.

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано до друку “__” _____ 2006 р.
Формат 60x90/16 Папір офсетний
Умовн.-друк.арк. 0,9 Обл. –вид. арк. 1,25
Замовлення № ____ . Тираж 100 прим.

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК №112 від 06.07.2000р.
Друкарня УкрДАЗТу, 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.