

Применение САК позволяет исключить изменения акустического контакта, вследствие угловых перемещений ПЭП на поверхности ОК. САК не обладает недостатками съемных призм и предназначен для диагностирования ультразвуковым импульсным эхо-методом элементов подвижного состава железных дорог цилиндрической формы диаметром 50 – 150 мм.

Список литературы

1. Харламов П.О. Способи визначення показників надійності нових маневрових тепловозів // Перспективи розвитку рухомого складу залізниць: Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. – Вип.. 76. – С. 104-113.
2. Неразрушающий контроль и диагностика. Справочник. Изд. 2-е испр. и доп. / Под ред. В.В. Клюева. М.: Машиностроение, 2003. – 656с.
3. Ермолов И.Н. Теория и практика ультразвукового контроля. / М.: Машиностроение, 1981. – 240с.

УДК 629.431/.432:629.058

*Бабаєв М.М., к.т.н., доцент (УкрДАЗТ)
Сіроклін І.М., асистент (УкрДАЗТ)*

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ВІДМОВ РУХОМОГО СКЛАДУ

Вступ. Використання апарату нечітких множин для описання складних процесів дає змогу спростити математичні вирази, проте не завжди вдається адекватно відтворити складні зв'язки між змінними. Сучасні програмні засоби надають широкі можливості для перевірки та порівняння результатів моделювання з фактичними параметрами об'єкта досліджень та результатами, отриманими із застосуванням іншого математичного апарату.

Метою є перевірка можливості використання моделі впливу експлуатаційних характеристик на інтенсивність відмов рухомого складу

(РС) для практичних розрахунків на прикладі її використання для прогнозу кількості непланових ремонтів вагонів Харківського метрополітену.

Постановка проблеми. Удосконалення методів та засобів контролю експлуатаційних характеристик рухомого складу відкриває нові можливості щодо підвищення ефективності використання рухомого складу.

По-перше, конкретизований та уточнений контроль експлуатаційних характеристик дозволяє отримати інформацію для розробки методів регулювання міжремонтних інтервалів, що в свою чергу дає можливість добиватися їх оптимальності.

По-друге, сучасні методи контролю експлуатаційних характеристик дають можливість аргументувати заходи, що направлені на підвищення рівномірності розподілу навантаження по вагонах парку, залишаючи незмінними міжремонтні періоди.

Вказане підкреслює необхідність розвитку напрямку досліджень впливу експлуатаційних характеристик на технічний стан рухомого складу.

Аналіз досліджень і публікацій. Наразі наявні фрагментарні дослідження у напрямку врахування впливу зміни експлуатаційних характеристик на технічний стан вузлів рухомого складу [1]. Інтерес викликає використання математичного апарату нечітких множин з метою врахування впливу експлуатаційних характеристик на інтенсивність відмов вагонів.

Література [2] містить опис розробки моделі, що враховує вплив основних експлуатаційних характеристик на статистику відмов РС. Модель є прикладом спрощеного опису впливу експлуатаційних характеристик на технічний стан рухомого складу. В даній статті представлено перевірку похибки та можливості використання запропонованої моделі.

Основна частина. Математичне моделювання та перевірку на адекватність моделі виконано на прикладі використання розроблених рішень в локалізованій системі метрополітену за допомогою програмного пакета моделювання MATLAB, що містить спеціалізований редактор для роботи з математичними моделями, побудованими на базі теорії нечітких множин (редактор FIS).

При реалізації моделі в редакторі FIS визначено чотири вхідні та одну вихідну змінну, що відображають середнє значення відібраних експлуатаційних характеристик вагонів метрополітену. До вхідних змінних належать «M» (рівень завантаженості), «V» (середня технічна швидкість),

«В» (середня бальність колії), «L» (пробіг вагона). Вхідні змінні задані відповідно до моделі [2]. Вихідну змінну «P» (кількість непланових ремонтів, що припадає на опорний період виконання операцій з технічного обслуговування вагонів) сформовано відповідно до фактичної кількості виконаних непланових ремонтів вагонів, що документуються у звітах вагоноремонтних депо.

Відповідно до визначених методів агрегування підумов, акумуляції висновків та методу дефазифікації вибираються пункти опису моделі (рисунок 1).

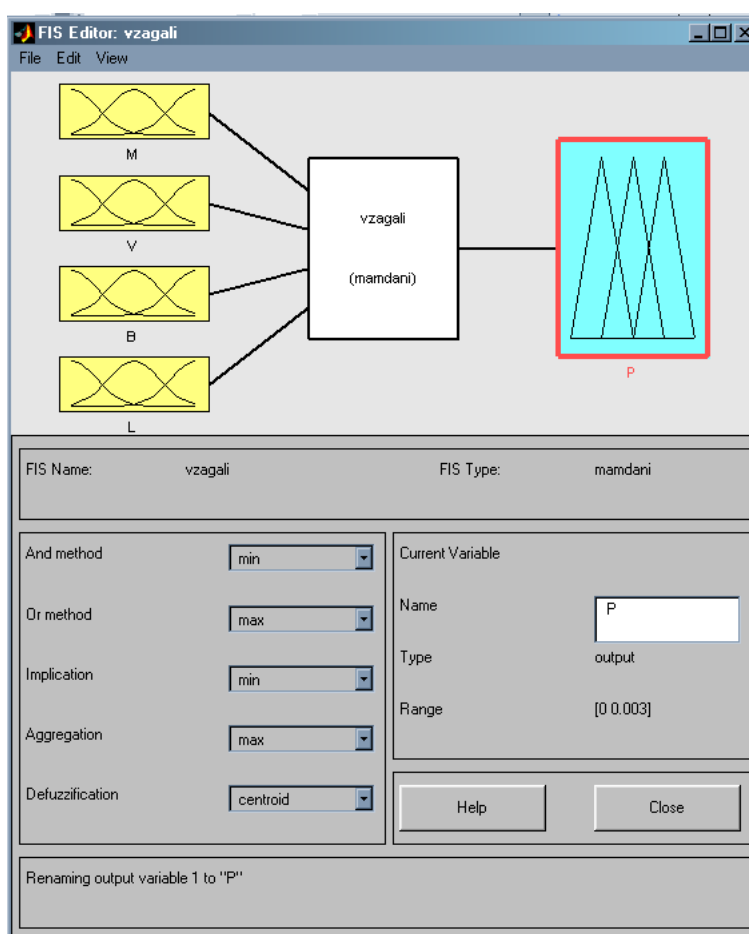


Рисунок 1 - Вікно визначення параметрів моделі

Правила формування нечіткого висновку записуються відповідно до умов, сформульованих у [2]. У результаті компіляції моделі відображено робоче вікно для визначення вхідних та зчитування вихідної змінної (рисунок 2).

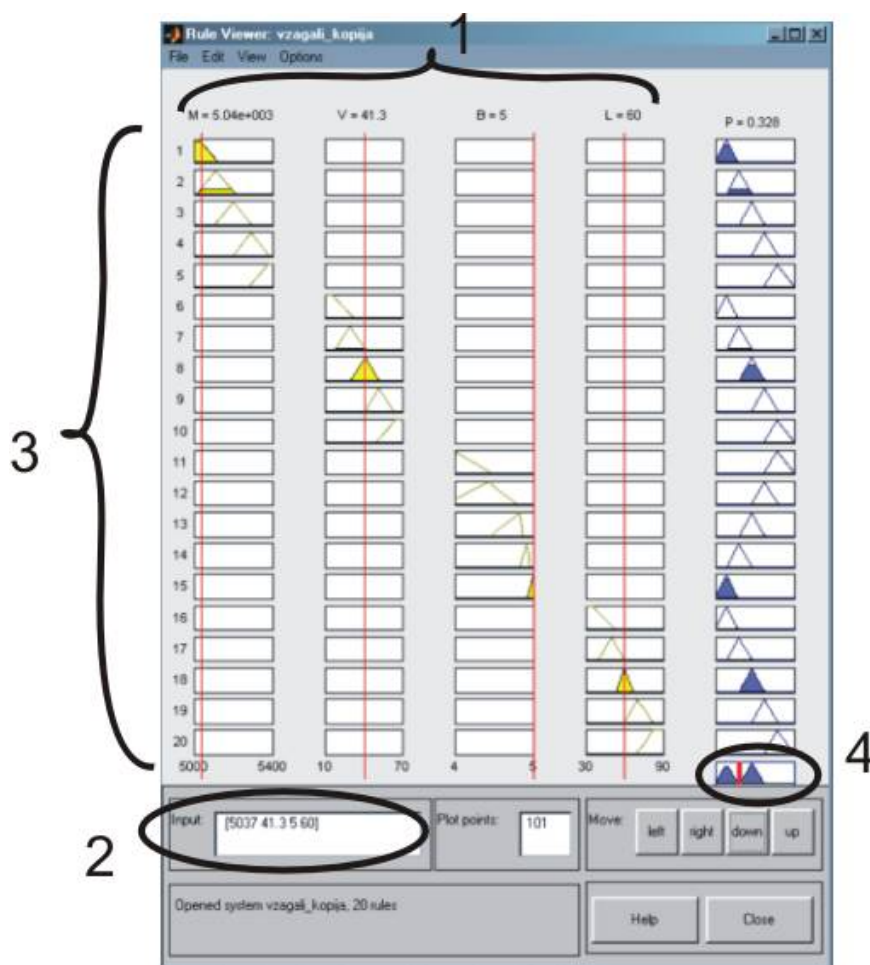


Рисунок 2 - Вікно роботи зі змінними моделі:

- 1 – функції належності вхідних змінних;
- 2 – вікно введення значень змінних;
- 3 – правила функціонування моделі;
- 4 – формування значення вихідної величини

Такий формат роботи з розробленою моделлю дає можливість перевірити її на адекватність, розрахувати похибку, задавши значення основних експлуатаційних характеристик РС за певний період, та порівнявши розрахункові дані статистики відмов вагонів з фактичним значенням величини.

Для перевірки вибрано період з 2004 по 2007 рік експлуатації поїздів в Державного підприємства «Харківський метрополітен». Вхідні дані визначені відповідно до річних середніх значень експлуатаційних характеристик вагонів, результати розрахунків порівнюються з

фактичними показниками статистики відмов РС за той же період. Вхідні дані задано за допомогою вікна роботи з моделлю (див. рисунок 2).

Слід зауважити, що існуючі методи врахування умов експлуатації для ідентифікації фактичного технічного стану навіть при отриманні найбільш точних результатів досліджень та розрахунків не враховують зміни експлуатаційних характеристик. Виходячи з цього, найбільш точним розрахунковим значенням інтенсивності відмов РС при прийнятій системі ремонту є середнє значення показника за досліджуваний період. Тобто середнє значення коефіцієнта відмов РС метрополітену за період з 2004 по 2007 рік є найбільш точним результатом, що може бути отриманий у результаті використання існуючих методів врахування умов експлуатації.

Порівняння середнього значення статистики відмови РС за розглянутий період з фактичним для кожного з періодів окремо дає змогу отримати значення похибки існуючих методів врахування умов експлуатації при визначенні інтенсивності відмов вагонів метрополітену. В результаті сформовано порівняння різних способів отримання інформації про інтенсивність відмов РС.

Співставлення результатів розрахунку очікуваної річної кількості відмов РС з дійсним значенням кількості непланових ремонтів за період з 2004 по 2007 рік показує, що при максимальному значенні похибки 15 % середнє значення похибки інших розрахункових періодів склало 4,04 %.

Значення середнього квадратичного відхилення розрахунків коефіцієнта відмов P у порівнянні з розрахунком тієї ж величини з використанням методів інших авторів майже на 2,1 менше. Це вказує на достатню точність моделі і можливість її використання для практичних розрахунків.

Для розрахунку середнього квадратичного відхилення різних методів визначення статистики відмови вагонів використано вираз

$$SS = \sqrt{\sum_{\eta=1}^{\eta_{max}} (P_{мет} - P_{ф})^2}, \quad (1)$$

де SS – середнє квадратичне відхилення;

$P_{мет}$ – розрахункове значення коефіцієнта відмов, отримане за допомогою використання певного методу;

$P_{ф}$ – фактичне значення коефіцієнта відмов РС;

η – порядковий номер періоду спостережень;

η_{max} – порядковий номер останнього періоду спостереження.

РУХОМИЙ СКЛАД

Вираз (1) дає можливість отримати чисельну характеристику похибки різних методів визначення очікуваної статистики відмов для порівняння отриманих у роботі результатів з існуючими методами. Оскільки вибраний період спостережень має суттєві коливання показника, що розраховується, отримані дані наочно показують необхідність врахування коливання експлуатаційних характеристик при визначенні технічного стану РС.

З використанням виразу (1) розраховується значення середнього квадратичного відхилення для трьох випадків. $SS_{роз}$ – відхилення, розраховане для випадку використання даних, отриманих за допомогою розробленої моделі, при цьому значення $P_{мет}$ позначимо як $P_{роз}$. $SS_{існ}$ – відхилення, розраховане для випадку використання існуючих підходів до визначення величини впливу експлуатаційних характеристик на інтенсивність відмов РС, при цьому значення $P_{мет}$ позначимо як $P_{існ}$. $SS_{док}$ – відхилення розраховане для випадку використання паспортних даних з очікуваної інтенсивності відмов вагона, значення $P_{мет}$ позначимо як $P_{док}$. Результати розрахунків зведено в таблицю (таблиця 1).

Таблиця 1- Результати розрахунків похибки при визначенні статистики відмов

	Період спостережень, рік				Середнє значення величини
	2004	2005	2006	2007	
Фактичне значення коефіцієнта відмов $P_{ф}$	0,520902	0,400134	0,552684	0,679866	0,53838
Розрахункове значення коефіцієнта відмов $P_{роз}$	0,4866	0,4074	0,6378	0,6546	
Розрахункове значення коефіцієнта відмов (існуючі методи) $P_{існ}$	0,53838	0,53838	0,53838	0,53838	
Розрахункове значення коефіцієнта відмов (паспортні дані) $P_{док}$	0,25	0,25	0,25	0,25	
Середнє квадратичне відхилення розрахунків $SS_{роз}$	0,034302	0,007266	0,085116	0,025266	0,037988
Середнє квадратичне відхилення розрахунків $SS_{існ}$	0,017478	0,138246	0,014304	0,141486	0,077879
Середнє квадратичне відхилення розрахунків $SS_{док}$	0,270902	0,150134	0,302684	0,429866	0,288397

Реалізацію та перевірку на адекватність розробленої моделі впливу експлуатаційних характеристик на статистику відмов РС виконано за допомогою спеціалізованих програм, що дало змогу візуалізувати результати моделювання (рисунок 3).

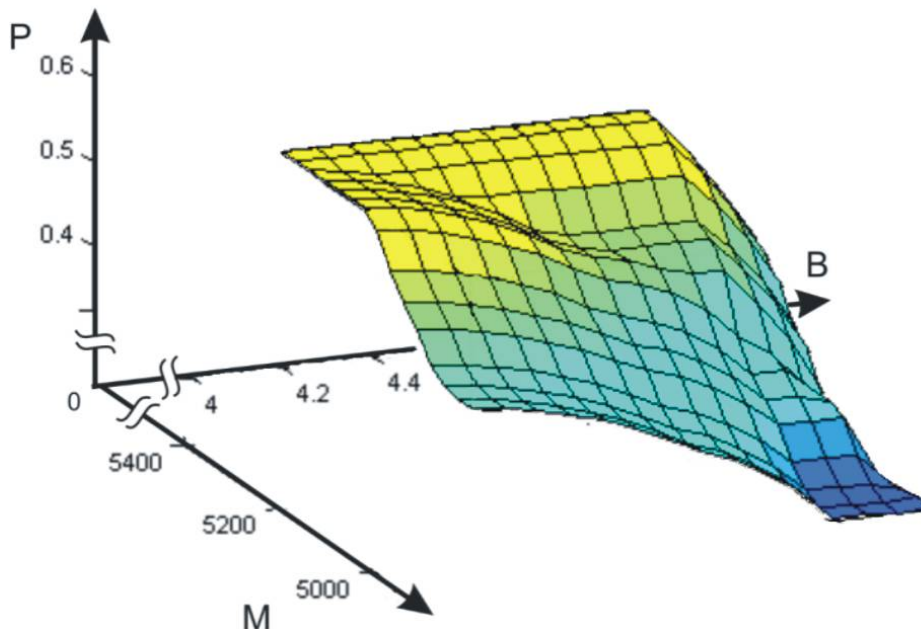


Рисунок 3 - Результати моделювання при фіксованих параметрах
 $V=41,4$ км/год, $L=60$ тис. км

Аналіз результатів моделювання показує відповідне підвищення величини, що відображає кількість відмов, які припадають на опорну величину пробігу вагона при збільшенні рівня завантаженості або зниженні бальності колії руху.

Середнє квадратичне відхилення розрахунків очікуваної кількості непланових ремонтів РС за весь період спостережень в вигляді порівняльної характеристики різних методів визначення очікуваної інтенсивності відмов вагонів представлено як діаграму (рисунок 4).

Динаміку зміни середнього квадратичного відхилення очікуваної кількості відмов від фактичної за відповідні періоди спостережень розкрито на рисунку 5.

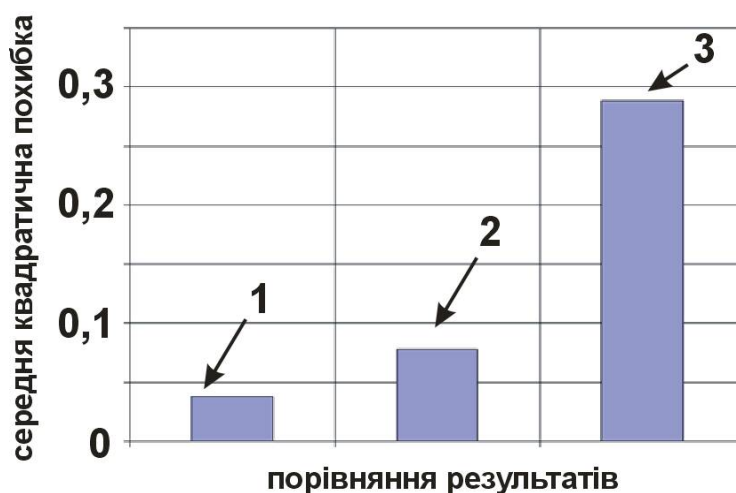


Рисунок 4 - Порівняльна характеристика статистики відмов РС:
1 – результати, отримані з використанням розробленої моделі; 2 – на основі методів врахування умов експлуатації; 3 – паспортні дані з очікуваної кількості відмов

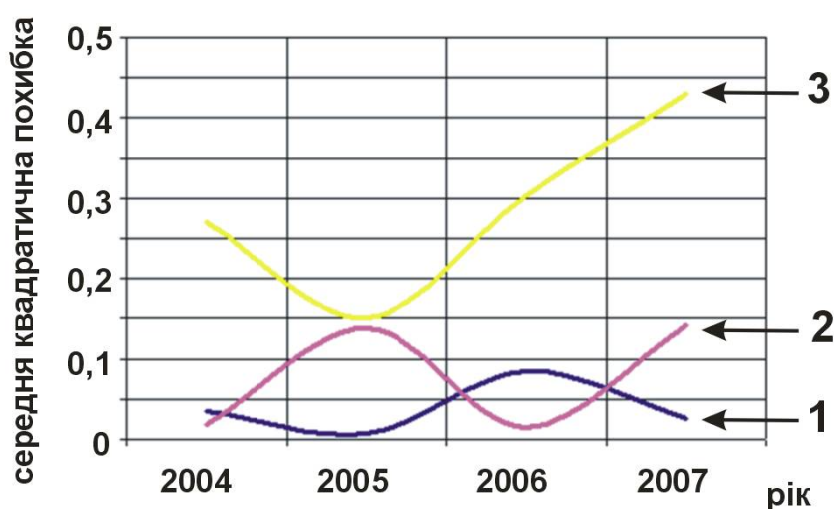


Рисунок 5 - Порівняльна характеристика статистики відмов РС:
1 – результати, отримані з використанням розробленої моделі; 2 – на основі методів врахування умов експлуатації; 3 – паспортні дані з очікуваної кількості відмов

Для визначення похибки розрахунків моделі, для якої у результаті моделювання отримано значення коефіцієнта відмов за рівні проміжки часу, допустимо розглядати результати моделювання з точки зору часового

ряду. В такому випадку середня відносна похибка розраховується за формулою

$$\gamma_{\text{в\ddot{a}}\text{д}} = \frac{\sum_{k=1}^N \frac{(P_{\ddot{o}} - P_{\text{о\ddot{и}}\text{с}})}{P_{\ddot{o}}}}{N} \cdot 100\%, \quad (2)$$

де $\gamma_{\text{в\ddot{a}}\text{д}}$ – середня відносна похибка результатів моделювання;

N – кількість періодів дослідження.

У результаті розрахунків за виразом (2) отримано $\gamma_{\text{в\ddot{a}}\text{д}} = 6,88\%$, що дозволяє зробити висновок про можливість використання моделі для практичних розрахунків.

Висновки. Порівняння результатів розрахунку очікуваної кількості відмов на прикладі РС Харківського метрополітену з дійсним значенням кількості непланових ремонтів за період з 2004 по 2007 рік дало змогу оцінити похибку моделі впливу експлуатаційних характеристик на інтенсивність відмов рухомого складу, яка склала 6,88%. Значення середньоквадратичного відхилення розрахунків інтенсивності відмов P у порівнянні з розрахунком тієї ж величини з використанням методів інших авторів майже на 2,1 менше. Модель можна розглядати як приклад відображення складного процесу впливу експлуатаційних характеристик на технічний стан РС, також вона може слугувати основою для подальших досліджень з метою деталізації взаємозв'язків між змінними.

Список літератури

1. Горский А.В. Надёжность электроподвижного состава : Учебник для вузов ж.-д. транспорта / А.В. Горский, А.А. Воробьёв. – М. : Маршрут, 2005. – 303 с.
2. Сіроклин І.М. Розробка моделі впливу експлуатаційних характеристик на вірогідність відмови електрорухомого складу / І.М. Сіроклин // Зб. наук. праць ДонІІТ. – 2008. – Вип. 15. – С. 91 – 99.