

УДК 629.442.3:621.436

Д-р техн. наук Д.С. Жалкін

ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ЛОКОМОТИВІВ

Постановка проблеми. Віковий та технічний стан тепловозів потребує термінового вирішення проблеми його заміни на більш сучасний або модернізації для покращення техніко-економічних параметрів [4, 5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У процесі експлуатації тепловозів показники енергетичної ефективності використання піддаються зміні. Їх коливання пояснюються старінням локомотивного парку, зміною умов

експлуатації та зміною сезону експлуатації. Відмітними особливостями основ аналізу і контролю енергетичної ефективності тепловозів є безперервність і етапність [6].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Відсутні методики прогнозування значень витрат палива, які дозволяють визначити можливий технічний стан тепловоза та зробити прогноз вартості життєвого циклу.

Мета статті. Аналіз процесів зміни питомих витрат палива та методів прогнозування витрат палива тепловозами з метою розроблення технології моніторингу енергетичної ефективності.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для вирішення зазначеної задачі можливо застосування методів прогнозування часових рядів [2]. Розглянемо ряд питомих витрат палива магістральними тепловозами, (кг/10⁴ткм бруто) наведений на рисунку. Аналіз часового ряду проведемо за схемою: Ідентифікація – Оцінка параметрів моделі – Діагностична перевірка на адекватність – Прогнозування. Візуальний аналіз графіка

ряду дозволяє припустити, що в даних ряду є періодично повторювана сезонна компонента і тренд. Для перевірки цих припущень використано автокореляційну функцію, аналіз якої показує, що в ряді є виражена сезонна періодичність із періодами 6 і 12 місяців.

Для визначення виду моделі розглянуто два варіанти:

- мультиплікативна модель часового ряду:

$$X_t = TC_t * S_t * \varepsilon_t; \quad (1)$$

- адитивна модель часового ряду:

$$X_t = TC_t + S_t + \varepsilon_t, \quad (2)$$

де X_t – значення ряду в момент t ;

TC_t – тренд – циклічна компонента;

S_t – сезонна компонента;

ε_t – випадкова компонента.

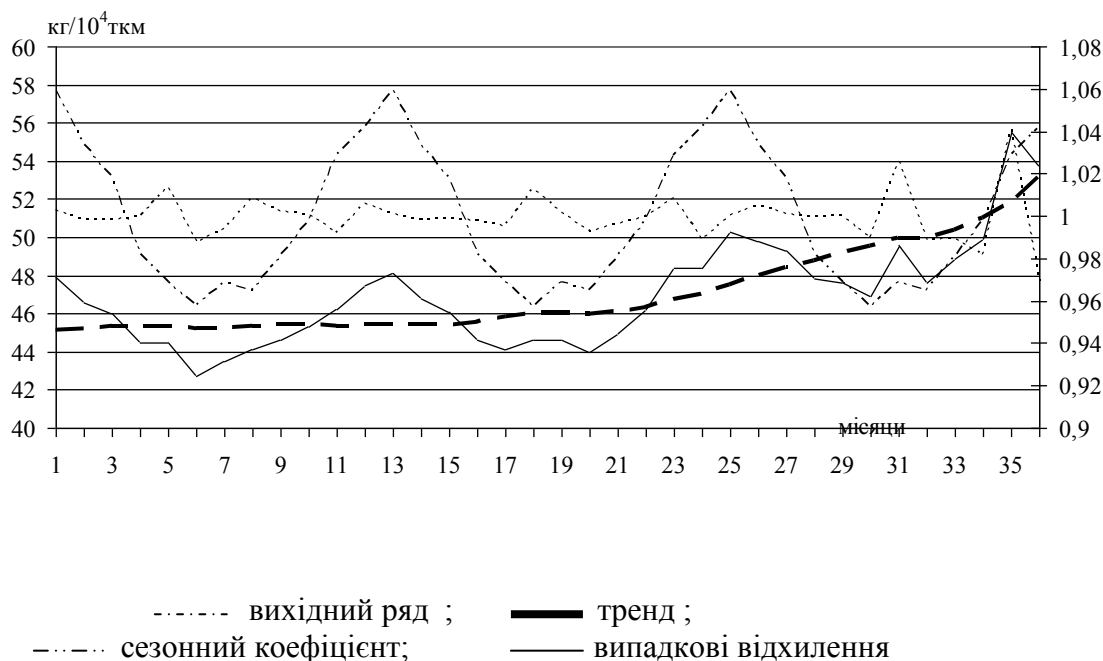


Рис. Результати сезонної декомпозиції ряду витрат палива

Проведемо оцінку і діагностичну перевірку отриманих моделей. Розіб'ємо вихідні дані на два інтервали – навчальний довжиною 24 місяці і контрольний

довжиною 12 місяців. Виділені тренди апроксимуємо поліномом.

Для мультиплікативної моделі

$$TC = 45,0774 + 0,0692 * t - 0,008 * t^2 + 0,0003 * t^3,$$

де t – поточне значення часу.

Для адитивної моделі

$$TC = 45,7418 - 0,1036 * t + 0,0058 * t^2.$$

Мультиплікативна модель дає приблизно в два рази меншу похибку, ніж адитивна. Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що вихідному ряду може бути зіставлена сезонна мультиплікативна модель.

Застосування вейвлет-аналізу для дослідження даних про зміну витрат палива тепловозів. Вейвлет-аналіз – перспективний метод аналізу часових сигналів, що дозволяє виявляти структуру досліджуваного сигналу на окремих часових інтервалах, аналізувати процес на різних масштабах часу, а також виявляти ряд важливих особливостей сигналів, зв'язаних зі зміною його структури при переході від одного масштабу до іншого [1]. На відміну від Фур'є-перетворення, де як базис використовуються гармонійні функції [3], базис вейвлет-розкладання становить локалізована у часі, тобто швидкоспадна хвилеподібна функція

$$\psi_{a,b} = \varphi\left(\frac{t-b}{a}\right), \quad (3)$$

де t – час; a – являє собою масштабний коефіцієнт і визначає величину розтягання вейвлета; b – має розмірність часу і визначає величину зсуву вейвлет-функції.

Обчислення вейвлет-перетворення здійснюється шляхом згортки

досліджуваної часової послідовності з вейвлет-функцією

$$W(a,b) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \cdot \psi_{a,b}(t) dt. \quad (4)$$

Як досліджуваний сигнал використовувалися масиви даних про зміну питомих витрат палива вантажних тепловозів локомотивних депо Південної та Одеської залізниць [5]. Дані збиралися протягом п'яти років на підставі існуючої статистичної звітності і піддавалися безупинному вейвлет-перетворенню з метою одержання вейвлет-спектра. Аналіз вейвлет-спектра показує, що характер зміни питомих витрат палива тепловозів зазнає зміни практично щорічно. Періодичність зміни простежується на масштабах три місяці (квартал року). На масштабах один місяць відсутня виражена закономірність зміни, тобто цей процес можна вважати суто стохастичним. Зміни витрати палива з періодом шість і дев'ять місяців не є такими, що регулярно повторюються, і можуть бути пояснені "луна"-ефектом, тобто збігом частот коливань системи. Отримані закономірності підтверджуються аналізом даних про зміну енергетичної ефективності тепловозів, що експлуатуються в інших депо і в інших видах роботи, які не наведені в статті через обмежений обсяг.

Висновки і перспективи розвитку

1. Динаміка зміни витрат палива магістральними тепловозами описується мультиплікативною сезонною моделлю з нелінійним трендом.

2. Модель чутлива до неоднорідності вихідних даних, тобто у випадку різкої зміни обсягів роботи або парку локомотивів більш давні дані необхідно вивести із розгляду.

3. Знайдені закономірності зміни енергетичної ефективності тепловозів у залежності від сезону експлуатації можуть бути використані для оптимізації системи експлуатації та ремонту, так як питома витрата палива є інтегральним показником, що характеризує якість ремонту та ефективність процесу експлуатації.

Список літератури

1. Астафьева, Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения [Текст] / Н.М. Астафьева // Успехи физических наук. – 1996. – № 11. – С. 1145-1170.
2. Бокс, Дж. Анализ временных рядов. Прогноз и управление [Текст] / Дж. Бокс, Г. Дженкинс. – М.: Мир, 1972. – 295 с.
3. Дьяконов, В.П. Вейвлеты. От теории к практике [Текст] / В.П. Дьяконов. – М.: Солон-Р, 2002. – 448 с.
4. Жалкін, С.Г. Підвищення енергетичної ефективності експлуатації тепловозів. [Текст] / С.Г. Жалкін, Д.С. Жалкін // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 111. – С. 131-143.
5. Жалкин, Д.С. Применение методов вейвлет-анализа для обработки данных о изменении расхода топлива тепловозами [Текст] / Д.С. Жалкин // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганськ: СХУ, 2003. - № 9 (67). – С. 204-208.
6. Тартаковський, Е.Д. Модель процесу експлуатації локомотивних енергетичних установок. [Текст] / Е.Д. Тартаковський, Д.С. Жалкін // Зб. наук. праць НТУ. – К., 2002. – Вип. 15. – С. 219-223.

Ключові слова: тепловоз, питомі витрати палива, прогнозування, модернізація, енергоефективність.

Анотації

Проведено аналіз процесів зміни питомих витрат палива та методів прогнозування витрат палива тепловозами з метою розроблення технології моніторингу енергетичної ефективності.

Проведен анализ процессов изменения удельного расхода топлива и методов их прогнозирования с целью разработки технологии мониторинга энергетической эффективности.

The analysis of the processes of change in fuel consumption, and methods to predict for the development of technologies for monitoring energy efficiency.