

УДК 681.128+681.518.2

*Іващев Д. В., аспірант,
Герасимов В. В., к.т.н., доцент
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
Король А. В., магістрант,
Мукачівський державний університет*

ВИЯВЛЕННЯ ТА ІНТЕРПОЛЯЦІЯ ПРОПУСКІВ У ТЕЛЕМЕТРИЧНИХ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ ПАЛИВА ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

В умовах експлуатації транспортних засобів, зокрема маневрових тепловозів, у промислових зонах, складських терміналах та металевих ангарах телеметричний потік даних піддається значному впливу електромагнітних перешкод. Це спричиняє систематичну втрату корисного сигналу [1]. Апаратні навігаційні термінали та ємнісні датчики рівня палива мають заданий базовий крок дискретизації. Для об'єктів, що аналізуються, цей крок становить рівно 1 хвилину. Втрати зв'язку або збої датчиків призводять до появи інформаційних пропусків та нефізичних стрибків сигналів. Це порушує хронологічну рівномірність часового ряду. Відсутність рівномірності робить неможливим коректне застосування диференціальних та інтегральних методів розрахунку динаміки витрати палива.

Алгоритм обробки телеметричних даних. Для відновлення цілісності часових рядів розроблено алгоритм попередньої багатоступеневої обробки. На першому етапі застосовується фізичне порогове фільтрування за двома критеріями. Першим кроком визначається мінімальний об'єм палива в баці. Усі точки, що падають нижче цього мінімального об'єму, примусово видаляються з часового ряду [2]. Другим кроком алгоритм детектує точки, що перевищують максимальний об'єм палива. Вони також видаляються, як порожні значення для подальшої обробки.

Відновлення втрачених значень здійснюється методами лінійної інтерполяції з жорстким часовим обмеженням. Встановлений тайм-аут дорівнює 10 тактам вимірювання. Динаміка витрати палива під маневровим навантаженням має нелінійний та стохастичний характер. Введений часовий критерій перешкоджає наскрізній інтерполяції при довготривалих розривах телеметрії. Це не дозволяє алгоритму згладжувати неконтрольовані зміни об'єму пального [2].

Експериментальна валідація методу. Для перевірки методу проаналізовано масив історичних даних 6 транспортних засобів

загальним обсягом 4898881 щохвилинних вимірювань. Алгоритм відфільтрував 97 494 точки апаратних збоїв нижньої межі. Також зафіксовано 53 макророзривів зв'язку, тривалість яких перевищила встановлений алгоритмом поріг. Максимальна задокументована відсутність телеметрії склала 220 діб. Спроба наскрізної математичної інтерполяції такого масиву призвела б до розмиття даних [3].

Для обґрунтування точності лінійної інтерполяції мікропропусків тривалістю до 10 хвилин проведено обчислювальний експеримент. На еталонних ділянках безперервної роботи дизель-генераторної установи програмно виконувалося штучне вилучення 10-хвилинних фрагментів даних. Після цього алгоритм відновлював втрачені точки. Сумарно реалізовано 6000 ітерацій незалежного тестування по 1000 для кожного транспорту. Відновлені результати зіставлялися з фактичними прихованими показаннями датчиків рівня палива.

Результати експерименту підтвердили працездатність розробленого підходу. Середня абсолютна відсоткова похибка відновлення рівня палива склала від 0,029 % до 0,112 %. Максимальне зафіксоване відхилення серед усіх 6000 тестових вибірок дорівнювало 0,24 %. Це зберігає безперервність телеметричного сигналу для подальшого застосування фільтрів та автокореляційного аналізу. Запропонована методика примусово розриває часовий ряд у точках макророзривів. Вона фіксує різницю палива під час сліпої зони як окремих ізольований сегмент розрахунку. Впровадження такого підходу дозволяє суттєво підвищити надійність автоматизованих систем контролю палива. Окрім цього, це відкриває нові можливості для створення більш точних алгоритмів предиктивної аналітики технічного стану тепловозів.

Список використаних джерел:

1. Navixy. Fuel level sensors: resistive, capacitive, ultrasonic methods. URL: <https://www.navixy.com/docs/expert-center/vehicle-telematics-technology/fuel-management/> (дата звернення: 18.03.2026).
2. Іващев Д. В., Герасимов В. В. Виділення подій заправки та обробка даних рівня палива маневрових локомотивів // *Measuring and Computing Devices in Technological Processes*. 2025. № 4 (84). DOI: 10.31891/2219-9365-2025-84-37.
3. Wialon. Automated fuel management solution. URL: <https://wialon.com/en/case-studies/fuel-dispensing-management-system> (дата звернення 19.03.2026).