

Колисниченко І. Ю., аспірант кафедри кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем

Науковий керівник: Ткачов В. В., д.т.н., професор кафедри кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем

(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

АПРОКСИМАЦІЯ ДИНАМІЧНИХ СИГНАЛІВ ОДНОПЛАТФОРМНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАГ ФУНКЦІЄЮ ХЕВІСАЙДА

Актуальність. У зв'язку з розвитком виробничих потужностей підприємств, які для транспортування сировини та готової продукції використовують залізничні системи, критичним стає питання швидкості та точності ідентифікації залізничних рухомих об'єктів.

За даними, наданими компанією «Ваговимірювальні системи», яка є провідним розробником систем зважування, тільки в першій половині 2021 року зростання замовлень на системи залізничного динамічного зважування склало близько 20%.

На даний час українськими підприємствами, в залежності від властивостей вантажу, для його перевезення використовуються 5 типів вагонів: напіввагони(16 моделей), думкари(5 моделей), хоппери(5 моделей), платформи(6 моделей) та цистерни(6 моделей).

Існуючі алгоритми зважування та ідентифікації рухомих залізничних об'єктів[1, 2, 3] мають не достатню точність (при дотриманні рекомендацій, що надаються розробниками систем (швидкість руху об'єкта в межах 3-12 км/год, відсутність дефектів колісних пар), точність ідентифікації вагонів становить близько 95%. У разі порушення рекомендацій (збільшення швидкості руху складу до 20 км/год) – точність різко зменшується.

Постановка завдання дослідження. Недосконалість існуючих систем, на ряду із зростанням потреб підприємств, призводить до необхідності створення методу обробки даних проїзду залізничних вагонів через ваги в динаміці, який зможе зменшити похибку ідентифікації та збільшивши діапазон швидкості проїзду рухомого об'єкту.

Використовуючи експериментальні дані, отримані з існуючих систем, встановлених на підприємствах України, необхідно отримати апроксимуючу функцію, завдяки якій можна відновити дані проїзду рухомого об'єкту через ваги з мінімальною похибкою.

Інструмент дослідження. Для апроксимації даних, отриманих з існуючої системи зважування та ідентифікації різних типів рухомих об'єктів через одноплатформні ЖД ваги у русі, використовуються числові методи, а саме наближення до експериментальних даних функцією Хевісайда.

Програмне забезпечення, завдяки якому проводяться розрахунки написано на мові програмування Python з використанням бібліотеки numpy [4].

Запропоноване рішення поставленого завдання. В залежності від даних, отриманих від тензOMETричної системи(з окремих датчиків, або сумарне значення датчиків у системі(якщо використовується підсумовуюча коробка)), проводиться нормалізація за часом та значеннями, отриманими з датчиків. Залежно від осності рухомого об'єкту отримаємо ступінчасту залежність проїзду вагону від наїзду/зїзду осей[рис.1].

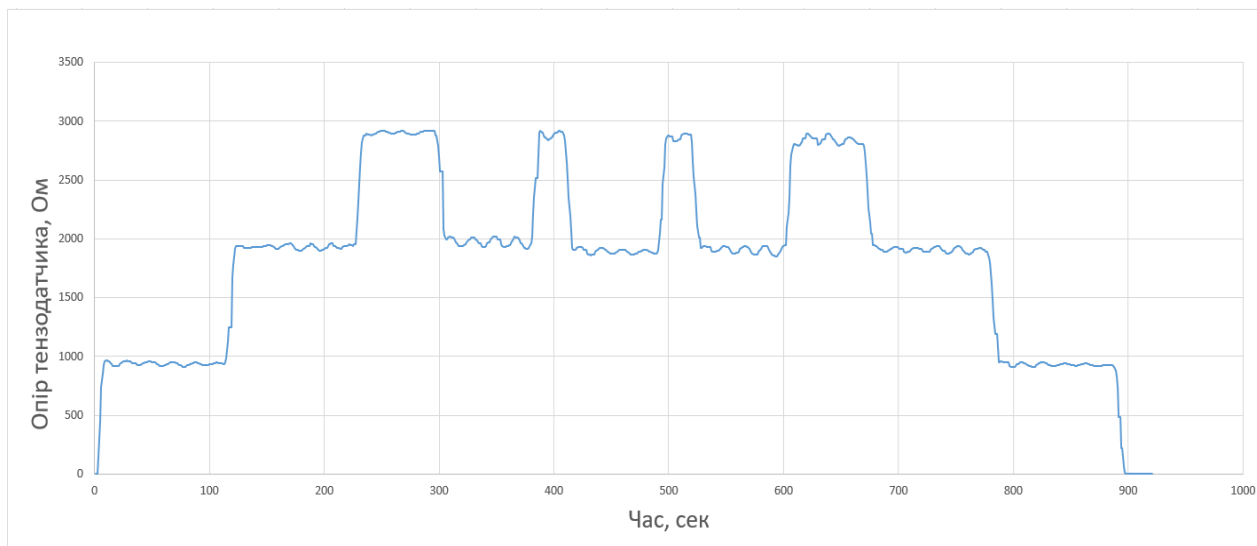


Рисунок 1 – проїзд 4-хосьового напіввагона через одноплатформні залізничні ваги

Апроксимувавши нормалізовані значення функцією Хевісайда, отримаємо рівняння проїзду рухомого залізничного об'єкту через одноплатформні ваги у русі. Виконавши розрахунки для кожного типу вагону, який використовується на території України, отримаємо аналітичний опис залежності епюр від характеристик вагону(осність, міжосьова відстань).

Результати проведених досліджень. Для досліджень запропоновано алгоритм у програмному забезпеченні, написаному на мові Python, та використавши його, для аналізу експериментальних даних, отримано аналітичний опис проїзду вагону, для кожного типу рухомих об'єктів, які використовуються підприємствами.

Завдяки нормалізації даних датчиків по часу, вдалось уникнути залежності кінцевих результатів від швидкості проїзду вагону, виразив у процентному співвідношенні залежність перебування осей вагону на ваговій платформі.

Висновки. Завдяки використанню числових методів при обробці інформації, отриманої з тензометричних систем, а саме наближення до експериментальних даних функцією Хевісайда, вдалось отримати систему апроксимуючих рівнянь для кожного типу вагону, які використовуються в тензометричних залізничних системах.

Нормалізувавши данні за часом, з'явилась можливість ідентифікувати різні типи вагонів, з однаковою осністю(через співвідношення перебування осей на ваговій платформі).

Перелік посилань

1. Способ взвешивания железнодорожных объектов : пат. RU2390735C1 Россия : G01G19/04. Заявл. 20.10.2008 ; опубл. 27.05.2010, Бюл. № 15.
2. Bernard Jacob, Véronique Feypell-de La Beaumelleb. Improving truck safety: Potential of weigh-in-motion technology. IATSS Research. 2010. Vol. 34, no. 1. P. 9–15.
3. Research and Design of vehicle Dynamic Weighing System Based on Piezoelectric Quartz Sensor / Jun Wei, Mengjun Zhang, Ligeng Qin, Tieyi Zhang, Wenzheng Jiang, Chi Zhang School of Mechanical Engineering, Guangxi University, Nanning 530004. 2015. P. 1229–1232.
4. Вандер Плас Дж. Python для сложных задач. Наука о данных и машинное обучение. O'Reilly, 2018. 58 – 128 с.

Анотація. Недосконалість існуючих систем зважування залізничних вагонів у русі призводить до необхідності створення методу обробки даних, який зменшить похибку ідентифікації та збільшивши діапазон швидкості проїзду вагонів.

Використовуючи для експериментальних даних апроксимацію функцією Хевісайда та нормалізацію за часом отримано систему рівнянь для кожного типу, що дає можливість ідентифікувати різні типи вагонів.