

МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ МОДУЛЬ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ МАСИ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація.

У роботі розглянуто розробку електронної системи зважування вантажних автомобілів на основі мікроконтролера Arduino. Запропоновано конструкцію вагової платформи з використанням тензодатчиків та підсилювача сигналу HX711 для точного вимірювання маси. Для визначення моменту заїзду автомобіля на платформу використано інфрачервоний датчик руху, який забезпечує автоматичну активацію системи зважування, а також задля досягнення більшої точності вимірювання було використано скляну заслінку з механізмом для його очищення, щоб зменшити до мінімуму вплив навколишнього середовища. В якості інтерфейсу відображення результатів використовується LCD дисплей 16×2, з можливістю передавання інформації через Bluetooth. Система дозволяє автоматизувати процес зважування транспортних засобів, підвищити точність вимірювання та зменшити вплив людського фактору. Розроблений пристрій може застосовуватися на дорогах з ціллю запобігти пошкодженню дорожнього покриття через перевантажені вантажні транспортні засоби, промислових підприємствах, складах та логістичних центрах.

Ключові слова: Arduino; тензодатчик; HX711; вагова система; інфрачервоний датчик; вантажні автомобілі; автоматичне зважування..

Abstract.

The paper considers the development of an electronic weighing system for trucks based on the Arduino microcontroller. A design of a weighing platform using load cells and the HX711 signal amplifier is proposed to ensure accurate mass measurement. To detect the moment when a vehicle drives onto the platform, an infrared motion sensor is used, which provides automatic activation of the weighing system. In addition, to achieve higher measurement accuracy, a glass barrier with a cleaning mechanism is used to minimize the influence of environmental factors. A 16×2 LCD display is used as the interface for displaying the results, with the possibility of transmitting information via Bluetooth. The system allows automation of the vehicle weighing process, improves measurement accuracy, and reduces the influence of the human factor. The developed device can be used on roads to prevent damage to road surfaces caused by overloaded trucks, as well as at industrial enterprises, warehouses, and logistics centers

Keywords: Arduino; load cell; HX711; weighing system; infrared sensor; trucks; automatic weighing.

Вступ

У сучасній логістиці та промисловості важливим завданням є точне визначення маси вантажних автомобілів. Контроль ваги транспортних засобів необхідний для запобігання перевантаженню, дотримання норм перевезення та оптимізації логістичних процесів.

Традиційні механічні ваги поступово замінюються електронними системами зважування, які забезпечують вищу точність вимірювання, автоматизацію процесу та можливість інтеграції з інформаційними системами[3,8].

Одним із доступних рішень для створення таких систем є використання мікроконтролерної платформи Arduino, яка дозволяє підключати різноманітні датчики та пристрої відображення інформації. Використання тензодатчиків разом з модулем HX711 забезпечує точне вимірювання маси, а інфрачервоні датчики дозволяють визначати момент заїзду транспортного засобу на вагову платформу[1,2,5].

Результати дослідження

У ході дослідження було розроблено експериментальний прототип мікропроцесорного модуля зважування вантажних автомобілів. Основою системи є мікроконтролер Arduino Uno, який виконує обробку сигналів датчиків, керування периферійними пристроями та передачу даних[1,5].

Вимірювання маси транспортного засобу здійснюється за допомогою чотирьох тензометричних датчиків, розташованих під платформою вагової конструкції. Сигнали з тензодатчиків подаються на 24-бітний аналого-цифровий перетворювач HX711, який забезпечує підсилення та цифрову обробку сигналу[2,4]. Отримані дані передаються до мікроконтролера для подальшого обчислення маси.

Для визначення моменту заїзду транспортного засобу на вагову платформу використано інфрачервоний датчик обходу перешкод. Датчик працює за принципом переривання інфрачервоного променя: коли транспортний засіб перетинає зону контролю, сигнал змінює стан і система переходить у режим зважування.

З метою підвищення надійності роботи датчика було передбачено використання захисної скляної перепони, яка запобігає механічним пошкодженням та потраплянню пилу на оптичні елементи. Для очищення поверхні скла застосовано спеціальний механізм очищення, що приводиться в дію кроковим двигуном NEMA 17 stepper motor. Двигун періодично активується мікроконтролером та переміщує очищувальний елемент, що дозволяє підтримувати стабільну роботу оптичного датчика в умовах пилу та забруднення[7].

Відображення результатів вимірювання здійснюється на символьному дисплеї LCD 1602, який підключений до мікроконтролера через інтерфейс I2C. Дисплей відображає поточне значення маси транспортного засобу та службову інформацію про стан системи.

Для бездротової передачі результатів зважування використовується Bluetooth-модуль HC-06. Завдяки цьому дані можуть передаватися на персональний комп'ютер або мобільний пристрій для подальшого збереження та аналізу[6].

Програмна частина системи реалізує алгоритм фільтрації та усереднення сигналів з тензодатчиків, що дозволяє зменшити вплив вібрацій та динамічних навантажень під час руху транспортного засобу по платформі[8]. Після стабілізації показників виконується розрахунок маси та відображення результату на дисплеї і передача даних через Bluetooth.

Розроблена система дозволяє автоматично визначати момент заїзду транспортного засобу, виконувати вимірювання маси та передавати результати оператору без необхідності ручного втручання.

Додатково було проведено оцінювання точності розробленої системи зважування шляхом аналізу похибок основних елементів вимірювального тракту. Основна похибка формується тензометричними датчиками, аналого-цифровим перетворювачем та цифровою обробкою сигналів мікроконтролером. Для тензодатчиків відносна похибка становить приблизно $\pm 0,03$ % від повної шкали вимірювання[4].

При максимальному навантаженні платформи 20000 кг абсолютна похибка одного датчика становить близько 6 кг, а з урахуванням використання чотирьох датчиків та усереднення їх сигналів сумарна похибка вимірювального вузла зменшується приблизно до 3 кг. Додаткова похибка аналого-цифрового перетворення становить близько 2 кг, а похибка, пов'язана з дискретизацією та програмною обробкою сигналів мікроконтролером, оцінюється приблизно в 1 кг.

Вплив динамічних коливань платформи під час руху транспортного засобу частково компенсується за рахунок програмної фільтрації сигналів та використання інерційного датчика, що дозволяє зменшити їхній вплив на результат вимірювання. Сумарна похибка системи визначається як корінь квадратний із суми квадратів окремих похибок і становить приблизно ± 4 кг, що відповідає відносній похибці близько 0,02 % від максимального навантаження платформи[3,8].

Отримані результати свідчать про достатню точність розробленої системи для використання у задачах контролю маси вантажних транспортних засобів.

Висновок

У результаті проведеного дослідження було розроблено прототип мікропроцесорного модуля для зважування вантажних автомобілів під час їх руху по ваговій платформі. Реалізована система забезпечує автоматичне визначення моменту наїзду транспортного засобу, збір та обробку сигналів з тензометричних датчиків, відображення результатів вимірювання та передачу даних на зовнішні пристрої. Використання алгоритмів цифрової фільтрації та датчика вібрацій дозволило зменшити вплив динамічних коливань платформи під час руху автомобіля[8]. Проведена оцінка похибки показала, що сумарна похибка вимірювання становить близько ± 4 кг, що відповідає відносній похибці приблизно 0,02 % від максимальної маси. Отримані результати підтверджують можливість використання розробленої системи для автоматизованого контролю маси вантажних транспортних засобів у логістичних та промислових системах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1.Banzi M., Shiloh M. Getting Started with Arduino: The Open Source Electronics Prototyping Platform. 3rd ed. Sebastopol: Maker Media, Inc, 2014. 262 p. ISBN: 978-1449363338.
- 2.HX711: 24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales. Avia Semiconductor. Datasheet, 2014. 10 p. URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1132591/CHIPHOM/HX711.html> (дата звернення: 17.03.2026).
- 3.Fraden J. Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications. 5th ed. San Diego: Springer, 2016. 758 p. DOI: 10.1007/978-3-319-19303-8.
- 4.Hoffmann K. An Introduction to Stress Analysis and Transducer Design using Strain Gauges. Darmstadt: Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH, 1989. 260 p.
- 5.Monk S. Programming Arduino: Getting Started with Sketches. 2nd ed. New York: McGraw-Hill Education, 2016. 192 p. ISBN: 978-1259641633.
- 6.Bluetooth Low Energy (BLE) Software Developer's Guide. Texas Instruments. Literature Number: SWRU393_V2.1, 2016. 156 p.
- 7.NEMA 17 Stepper Motor Specification. RepRap Project. Technical Standard, 2017. URL: https://reprap.org/wiki/NEMA_17_Stepper_motor (дата звернення: 17.03.2026).
- 8.Smith S. W. The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing. San Diego: California Technical Publishing, 1997. 626 p.

Богомолів Сергій Віталійович – канд. техн. наук, дипломований доцент, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: bogomolovsergiy@vntu.edu.ua

Шур Олександр Сергійович - студент групи ІКІ-22б, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: c2017.shur@gmail.com

Bohomolov Serhii – candidate tech sciences, associate professor, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. e-mail: bogomolovsergiy@vntu.edu.ua

Shchur Oleksandr - a student of group ІКІ-22b, faculty of information technologies and computer engineering, Vinnytsya National Technical University, Vinnytsya, e - mail: c2017.shur@gmail.com