

АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДИНАМІКИ МЕХАНІЗМІВ ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ КРАНІВ

**Ю.О. Ромасевич, кандидат технічних наук
В.В. Крушельницький, аспірант***

В статті наведено опис датчиків, які використовуються для визначення енергетичних, динамічних та кінематичних параметрів вантажопідйомних кранів. Описано процес тарування кожного датчика. Отримані при таруванні дані оброблені за допомогою методу лінійної регресії. Наведено статичні характеристики датчиків, які пов'язують вхідну величину датчика з сигналом на його виході. Всі отримані статичні характеристики мають коефіцієнт детермінації близький до одиниці.

Датчики, експериментальні дослідження, тарування, лінійна регресія, статична характеристика.

Постановка проблеми. При дослідженні динаміки руху механізмів машин та механізмів виникає необхідність у використанні різноманітних датчиків (сенсорів). Безпосереднє зчитування сигналів датчиків дають змогу отримати важливу інформацію про досліджувані процеси. Отримана інформація у подальшому обробляється методами статистичного аналізу та використовується для побудови або уточнення моделей тих процесів, які відбуваються у машинах та механізмах.

Для того, щоб правильно інтерпретувати інформацію з датчика необхідно виконувати його тарування. Деякі датчики не потребують тарування, оскільки його проводить фірма-виробник і надає потрібну інформацію (тарувальну таблицю або графік) у технічній характеристиці датчика. У випадку відсутності такої інформації користувачу датчика необхідно проводити тарування самостійно.

Аналіз останніх досліджень. Для проведення тарування датчиків використовують пробні вхідні змінні, величини яких наперед відомі [1-3]. Змінюючи величину змінної, зчитують сигнал, який відповідає тому або іншому її значенню. Таким чином, формують масив інформації, яка надалі потребує обробки для встановлення статичної характеристики датчика. Обробка даних виконується за допомогою методів лінійної [4] та нелінійної регресії [5].

*Науковий керівник – доктор технічних наук В.С. Ловеїкін

© Ю.О. Ромасевич, В.В. Крушельницький, 2014

Останній метод використовується у випадку коли наперед відомо, що статична характеристика датчика нелінійна.

Мета досліджень – визначення статичних характеристик датчиків, які використовуються для проведення експериментальних досліджень динаміки механізмів вантажоіпідмних машин.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: виконати тарування датчиків: струму, напруги, прискорення та зусилля; за допомогою методу лінійної регресії визначити статичні характеристики вказаних датчиків.

Результати досліджень. Для тарування датчика струму та напруги використано цифровий мультиметр Mastech MS8218 AC/AC+DC TRUE RMS (рис. 1).



Рис. 1. Зовнішній вигляд цифрового мультиметра Mastech MS8218 AC/AC+DC TRUE RMS.

Після тарування датчика струму (рис. 2) було знайдено рівняння його статичної характеристики (залежність, яка описує відповідність величини напруги з датчика силі струму, яка протікає у провіді чутливого елемента датчика):

$$I = -118,51 + 19,73U_{\text{вих.}}, \quad (1)$$

де $U_{\text{вих.}}$ – величина напруги на виході датчика, В; I – сила струму, що протікає у провіді чутливого елемента датчика, А. Залежність (1) отримана на основі регресійного аналізу даних. Коефіцієнт детермінації регресійної залежності (1) рівний 0,998.

Основні технічні характеристики мультиметра наведені в таблиці. На рис. 3 показано графік статичної характеристики датчика струму, яка описується рівнянням (1) та дані, які отримані при таруванні датчика струму.

Технічні характеристики цифрового мультиметру Mastech MS8218 AC/AC+DC TRUE RMS.

Параметр	Величина
Відносна похибка вимірювання сили струму:	0,75
- у діапазоні 0-500 мА, %	
- у діапазоні 0-5 А, %	0,75
- у діапазоні до 10 А, %	1,00
Відносна похибка вимірювання змінної напруги, %	0,5
Температурний діапазон використання пристрою, °С	0-30
Відносна вологість використання пристрою, %	0-80



Рис. 2. Тарування датчика струму.

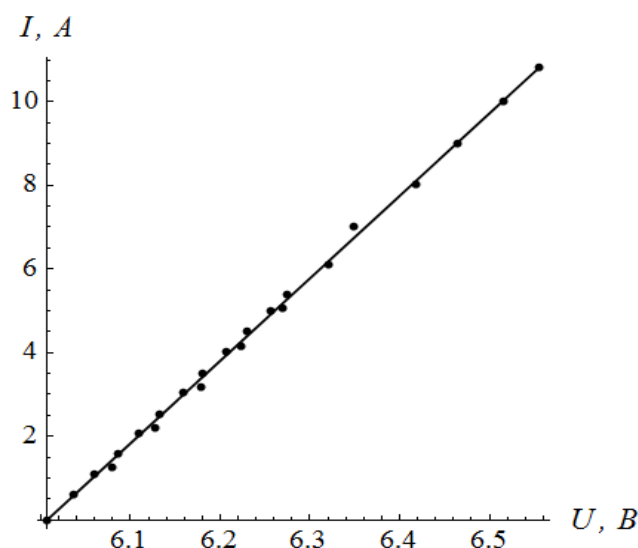


Рис. 3. Графік статичної характеристика датчика струму, яка описується рівнянням (1) та дані, які отримані при таруванні датчика струму.

Тарування датчика напруги, який побудований за схемою подільника напруги, виконувалось подібно до тарування датчика

струму (рис. 4). Для збільшення точності та розширення діапазону вимірювань датчик напруги має три канали.

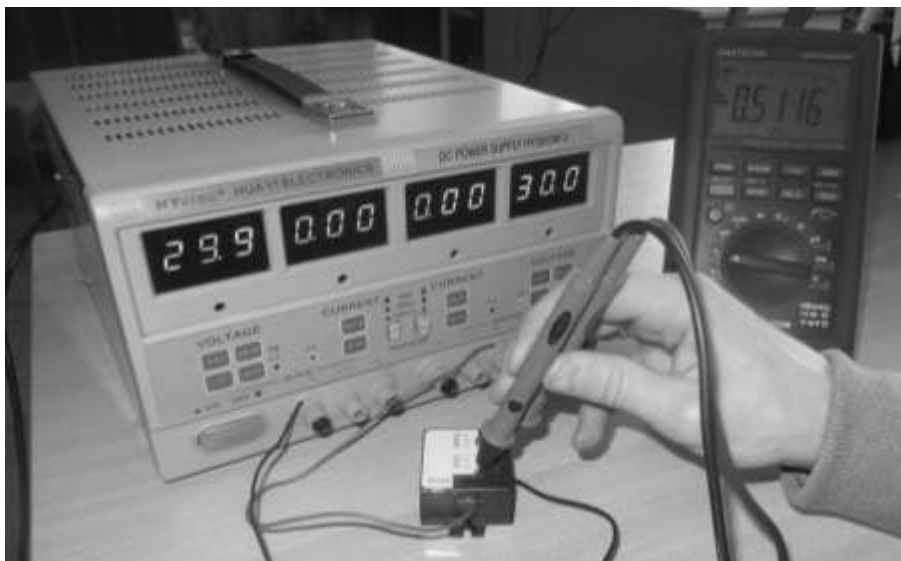


Рис. 4. Тарування датчика напруги.

Відношення опорів у кожному з каналів різне. Це дає змогу підібрати напругу на виході датчика таким чином, щоб забезпечити достатньо високу точність вимірювань при варіації рівня вхідної напруги. При виборі каналу, по якому виконується вимірювання напруги, необхідно враховувати максимальне значення вхідної напруги пристрою ADA-1406, на аналогові входи якого надходять сигнали з датчика. Якщо при вимірюванні напруги максимальне значення вихідної напруги одного з каналів датчика більше ніж максимально допустима напруга пристрою ADA-1406, то необхідно переключитись на менш чутливий канал датчика.

Статичні характеристики для датчика напруги, які отримані на основі регресійного аналізу отриманих при таруванні даних, наведені нижче:

$$U_{\text{вх}} = \begin{cases} 1,19 + 23,01U_{\text{вих.1}}, & \text{для першого каналу датчика;} \\ 1,08 + 49,37U_{\text{вих.2}}, & \text{для другого каналу датчика;} \\ 1,28 + 112,32U_{\text{вих.3}}, & \text{для третього каналу датчика,} \end{cases} \quad (2)$$

де $U_{\text{вих.1}}$, $U_{\text{вих.2}}$, $U_{\text{вих.3}}$ – вихідна напруга на першому, другому та третьому каналах датчика відповідно, В; $U_{\text{вх}}$ – напруга на вході датчика, В. Графіки функцій (2) наведені на рис. 5.

Коефіцієнт детермінації для всіх рівнянь (2) рівний 0,9998.

Для тарування датчика зусилля використовувалась гідравлічна лабораторна установка для досліджень розриву зразків металу (рис. 6). На основі даних, які отримані при таруванні тензометра, було знайдено статичну характеристику датчика (рівняння регресії), яке

пов'язує зусилля, що прикладається для розтягування датчика, та напругу на виході датчика (рис. 7).

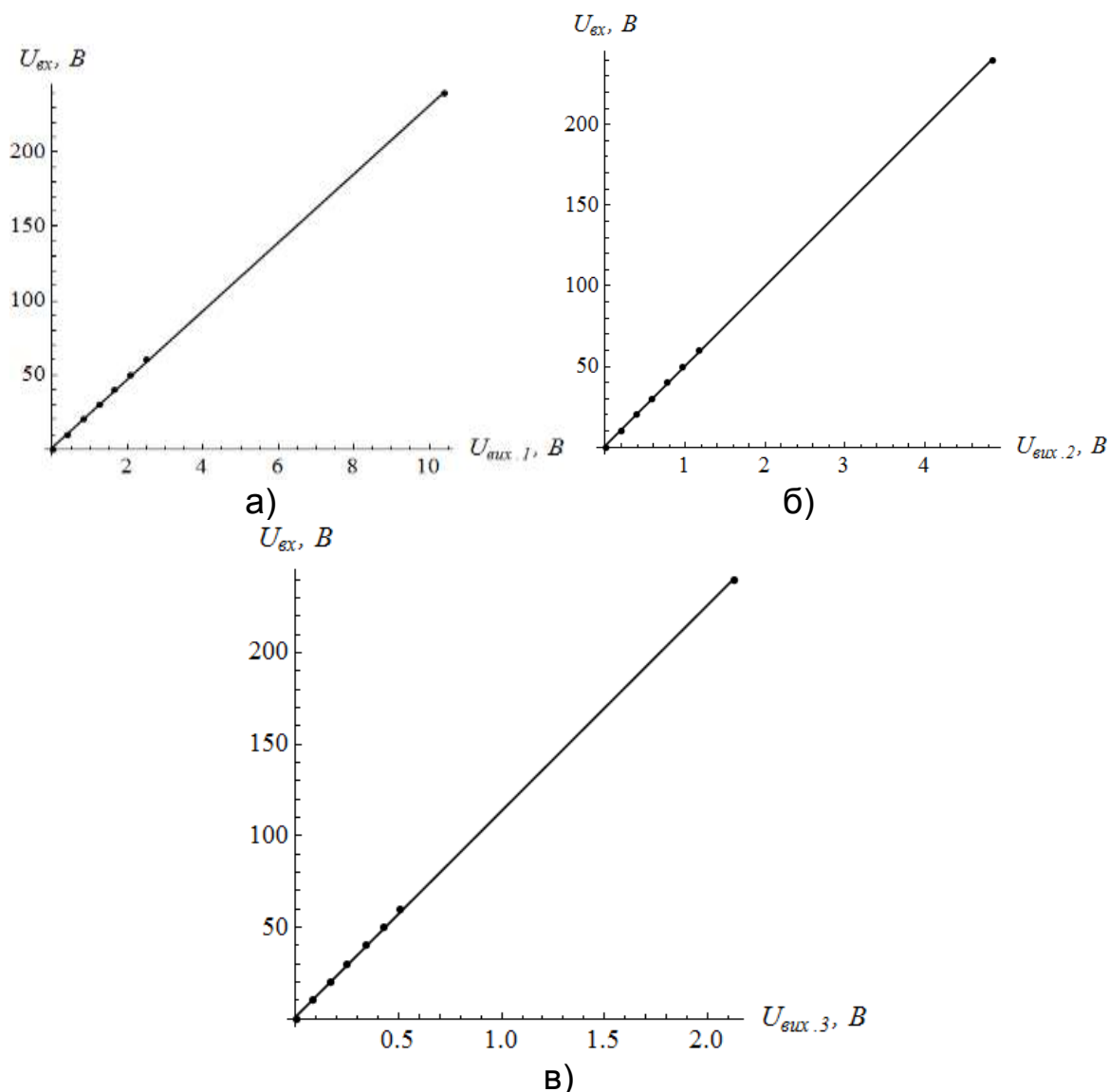


Рис. 5. Графіки статичних характеристик датчика напруги, які описуються рівняннями (2) та дані, які отримані при таруванні датчика напруги: а) для першого каналу; б) для другого каналу; в) для третього каналу.

Рівняння статичної характеристики має такий вигляд:

$$F = 35 + 4686U_{вux}, \quad (3)$$

де F – зусилля розтягу, яке прикладається до S-подібного тензометричного датчика, Н; $U_{вux}$ – напруга на виході датчика, В.

Коефіцієнт детермінації рівняння (3) рівний 0,99991.

Для тарування акселерометра (рис. 8) використано цифровий мультиметр Mastech.



Рис. 6. Тарування датчика зусилля.

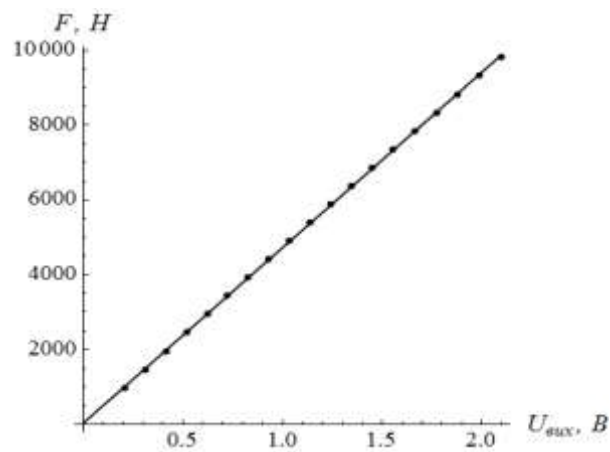


Рис. 7. Графік статичної характеристики тензометра (3) та дані, які отримані при його таруванні.



Рис. 8. Тарування акселерометра.

По вертикальній осі координат (z-осі) чутливого акселерометра діє прискорення вільного падіння g , а по іншим координатним осям

(х- та у-осям) у стані спокою прискорення відсутнє. Сигнали у каналах, які відповідають осям х та у, рівні 1,65 В. У каналі, який відповідає z-осі (вертикальна вісь) акселерометра, напруга рівна 2,44 В. При повертанні датчика на 180 градусів відносно z-осі (на чутливий елемент датчика тепер діє прискорення $-g$) напруга у каналі, який відповідає z-осі, стає рівною 0,9 В.

Таким чином були отримані напруги на виході датчика, які відповідають прискоренням $-g$, 0 та g . За цими даними отримана статична характеристика датчика:

$$a = -21,16 + 12,74U_{вих}, \quad (4)$$

де a – прискорення, яке діє по z-осі акселерометра, м/с^2 ; $U_{вих}$ – напруга на виході датчика, В.

Графік рівняння (4) наведено на рис. 9. Коефіцієнт детермінації рівняння (4) рівний 0,9996. Для того, щоб визначити статичні характеристики для каналів датчика, які відповідають іншим осям, було проведено аналогічне тарування. Встановлено, що статична характеристика (4) справедлива для всіх декартових осей датчика.

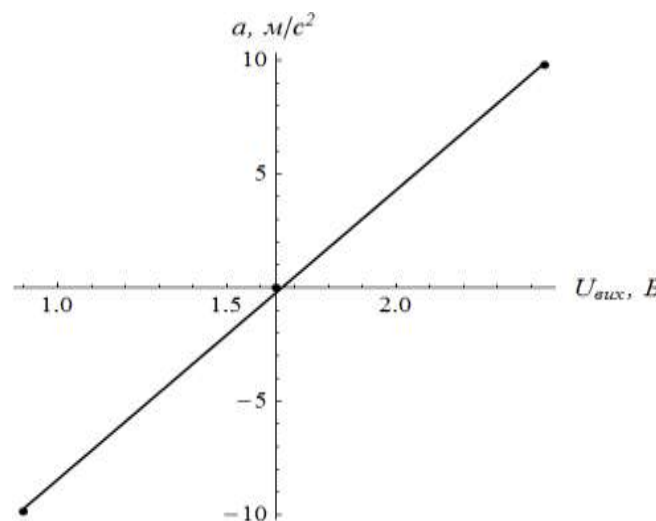


Рис. 9. Графік статичної характеристики акселерометра (4) та дані, які отримані при його таруванні.

Висновок. У даній роботі визначені статичні характеристики датчиків: струму, напруги, зусилля та прискорення. Статичні характеристики отримані за допомогою методу лінійної регресії. Коефіцієнти детермінації всіх залежностей близькі до одиниці, що означає досить точне відображення реальних даних. Статичні характеристики датчиків використовуються для обробки експериментальних даних (для встановлення характеру зміни вимірюваних параметрів). Всі отримані статичні характеристики описуються лінійними залежностями, що значно спрощує обробку експериментальних даних.

Список літератури

1. Коробко М.М. Обґрунтування параметрів та режимів руху пруткових конвеєрів бурякозбиральних машин: дис. канд техн. наук: 05.05.11 / Коробко Микола Миколайович. – К., 2007. – 209 с.
2. Кулик В.П. Обґрунтування параметрів та режимів руху пруткових конвеєрів бурякозбиральних машин: дис. канд техн. наук: 05.05.11 / Кулик Василь Петрович. – К., 2013. – 196 с.
3. Почка К.І. Розробка та аналіз роликової формувальної установки з рекупераційним приводом: дис. канд техн. наук: 05.05.02 / Почка Костянтин Іванович. – К., 2008. – 188 с.
4. Дейпер Н. Прикладной регрессионный анализ. Кн. 1 / Н. Дейпер, Г. Смит. [пер. с английского Ю.П. Адлер, В.Г. Горский]. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Финансы и статистика. 1987. – 366 с.
5. Демиденко Е.З. Линейная и нелинейная регрессии / Е.З. Демиденко. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 303 с.

В статье приведено описание датчиков, которые используются для определения энергетических, динамических и кинематических параметров грузоподъемных кранов. Описан процесс тарирования каждого датчика. Полученные при тарировании данные обработаны с помощью метода линейной регрессии. Приведено статические характеристики датчиков, которые связывают входную величину датчика с сигналом на него выходе. Все полученные статические характеристики имеют коэффициент детерминации близкий к единице.

Датчики, экспериментальные исследования, тарировка, линейная регрессия, статическая характеристика.

The paper describes the sensors that are used to determine energy, dynamic and kinematic parameters of hoisting cranes. It describes how to calibrate each sensor. The obtained data are processed with calibrating method using linear regression. In paper showed static characteristics of sensors that connect input value of sensor and signal output. All static characteristics of coefficient of determination are close to unity.

Sensors, experimental investigations, calibration, linear regression, static characteristic.