

## **ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА З ТРЬОМА КАНАЛАМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ**

Вимірювання різних механічних величин широко використовуються на підприємствах з видобутку і обробки природного каменю [1]. Такі вимірювання зокрема враховують визначення параметрів руху промислових об'єктів. Це включає параметри руху промислових об'єктів. Результати цих вимірювань використовуються для управління виробничими процесами та дотримання технологічних норм при виготовленні виробів із природного каменю, а також для контролю їх якості та підвищення конкурентоспроможності.

Щоб отримати вимірювання дані про рух технологічного обладнання можуть бути використані різноманітні контактні та безконтактні пристрої: акселерометри, гіроскопічні перетворювачі, радіочастотна ідентифікація, системи навігації з пристроями GPS, аналіз за відеозображенням.

Розвиток сучасних вимірювальних систем для параметрів руху технологічного обладнання вимагає удосконалення конструктивних рішень та розробки програмно-алгоритмічних методів обробки вимірювальної інформації. До того ж, значним кроком в розвитку техніки є розробка безконтактних методів вимірювання, наприклад, на базі відеозображень. Підвищення точності вимірювання параметрів руху базується на застосуванні програмно-алгоритмічних методів обробки вимірювальних даних. А також для підвищення точності вимірювання параметрів руху застосовують декілька каналів вимірювання даних. Отримані дані з багатоканальних систем пропонується об'єднувати за методом комплексування. Запропоноване програмне та технічне удосконалення значно підвищує точність оцінки параметрів руху завдяки застосування таких процедур, як: програмне виключення результатів з грубими помилками; обробку результатів багатократних вимірювань; об'єднання даних з різних каналів за методом комплексування.

Метою роботи є розробка вимірювальної системи для визначення параметрів руху технологічного обладнання з трьома каналами на базі стерео камери (дві відеокамери) та акселерометра.

Контроль за роботою технологічного обладнання здійснюється на базі вимірювання параметрів руху складових частин обладнання, а саме:

- поточні координати  $x$  та  $y$ ;
- швидкість  $v$ ;
- прискорення  $a$ .

Зазначені параметри визначаються для проєкцій тривимірного простору з об'єктами вимірювання в область зображень. Переміщення об'єкта вимірювання вважається плоскопаралельним рухом в площині зображення. Безпосередньо вимірюються проєкції вектора зміщення на осі координат цифрового зображення з урахуванням прямокутної форми растру цього зображення. За проєкціями вектора переміщення обчислюють модуль і напрямок векторів переміщення, швидкості та прискорення в площині зображення.

Маємо математичну модель складного плоскопаралельного руху з двома компонентами:

- поступальний рух центру мас об'єкта;
- обертання об'єкта навколо центру мас [2, 3].

Схему для вимірювальної системи з трьома каналами для визначення та контролю технологічного обладнання показано на рис.1.

Виміряні дані з стереокамери і акселерометра будемо використовувати для спостереження, контролю та оцінки параметрів руху технологічного обладнання за таким алгоритмом:

1. Вимірюється координата та/або прискорення;
2. Розраховуються інші параметри руху за допомогою чисельних методів інтегрування та/або диференціювання;
3. До результатів вимірювань застосовується один із методів згладжування, що дає можливість зменшити похибки вихідних даних і подальшої трансформованої похибки в наступних розрахунках.

Відмінністю запропонованої структурної схеми від існуючих схем є використання трьох каналів вимірювальної інформації про параметри руху об'єктів. Для побудови трьоканальної вимірювальної системи використано сучасну технічну базу: стереокамеру та акселерометр [4].

Підвищення точності вимірювання параметрів руху вимірювальної системи базується на застосуванні програмно-алгоритмічних методів обробки вимірювальних даних та об'єднання даних з декількох каналів за методами комплексування [5].

Для отримання даних про рух технологічного обладнання використовуються контактні (акселерометр) та безконтактні технології (стереокамера).

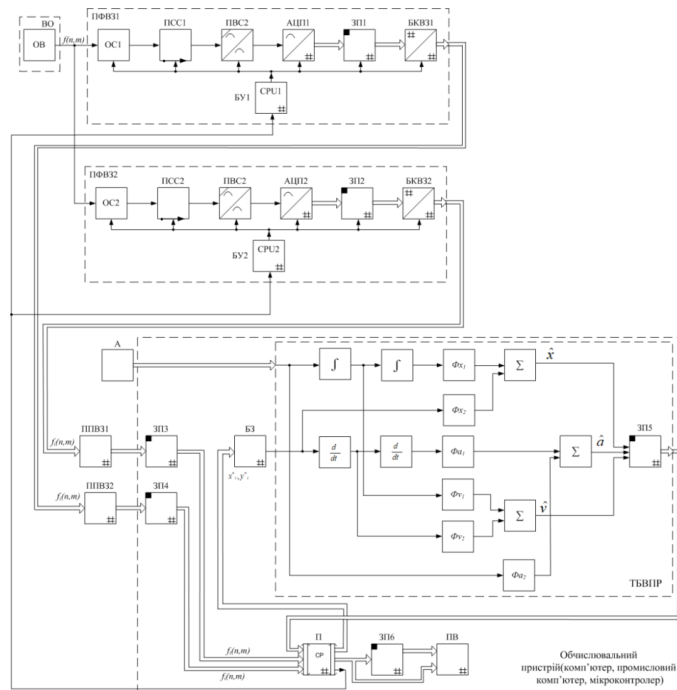


Рис. 1. Схема для вимірювальної системи з трьома каналами для визначення та контролю технологічного обладнання

На рис.1 позначено  $OB$  – об’єкт вимірювання;  $ВФВ$  – виробниче обладнання; ПФВ31, ПФВ32 – пристрій формування відображень; ОС1, ОС2 – оптична система ПФВ31, ПФВ32; ПСС1, ПСС2 – перетворювач світло-сигнал; ПВС1, ПВС2 – підсилювач відеосигналу; АЦП1, АЦП2 – аналого-цифровий перетворювач; ЗП1-ЗП6 – запам’ятовуючі пристрої для відеозображень; БКВ31, БКВ32 – блок кодування відео зображень; БУ1, БУ2 – блок управління ПФВ31, ПФВ32; А – акселерометр; ППВ31, ППВ32 – пристрій передачі відеозображень в обчислювальний пристрій; БЗ – блок згладжування; ТБВП – триканальний блок визначення параметрів руху у складі обчислювального пристрою;  $\Phi_{x_1}, \Phi_{x_2}, \Phi_{v_1}, \Phi_{v_2}, \Phi_{a_1}, \Phi_{a_2}$  – фільтр нижніх частот відповідно координаті, швидкості та прискоренню;  $\Sigma$  – суматор;  $\int$  – інтегратор;  $\frac{d}{dt}$  – диференціатор; П – процесор

обчислювального пристрою; ПВ – пристрій візуалізації відео зображень і результатів вимірювання параметрів руху технологічного обладнання.

Наявність двох каналів формування цифрових зображень забезпечує визначення параметрів руху в площині зображення та оцінку змін у динаміці відстані до об’єктів вимірювань. За рахунок поєднання елементів штучного інтелекту та формування тривимірної картини, стереокамера локалізує об’єкти в просторі та надає інструменти для створення просторового сприйняття. Забезпечується виявлення просторових об’єктів, відстеження руху об’єктів з просторовим контекстом.

#### Список використаних джерел

1. Podchashynsky, Yu.O., Luhovykh O.O., Tsyorenko V.V. and Tsyorenko V.G. (2021), Devising a method for measuring the motion parameters of industrial equipment in the quarry using adaptive parameters of a video sequence / Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 6, No. 9 (114), pp. 32–46, [Online], available at: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/248624>
2. Korobiichuk I., Podchashynskiy Y., Luhovykh O. et al. (2020), Theoretical Estimates of the Accuracy of Determination of Geometric Parameters of Objects on Digital Images, Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol. 1140 AISC, pp. 289 – 299, [Online], available at: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85082997326&origin=resultlist>.
3. Korobiichuk I., Podchashynskiy Y., Lugovyh O. et al. (2017), Algorithmic compensation of video image dynamic errors with measurement data about geometric and object motion parameters, Measurement: Journal of the International Measurement Confederation, Vol. 105, pp. 66–71, [Online], available at: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85017530006&origin=resultlist>.
4. Podchashynskiy Yurii, Voronova Tetiana, Luhovykh Oksana, Omelchuk Ihor. Geometric errors of determination of objects coordinates by their video images // European scientific discussions. Proceedings of the 10th International scientific and practical conference. Potere della ragione Editore. Rome, Italy. 2021. – 287 p. – P. 48-54.