

Д.О. Кононов, В.О. Єрмократьєв, В.А. Чеченев

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ
ЕЛЕМЕНТІВ ВІБРАЦІЙНОГО ГРОХОТУ З
ЕЛАСТИЧНОЮ ДИНАМІЧНО-АКТИВНОЮ ПОВЕРХНЕЮ**

Анотація. Мета роботи: експериментальне дослідження руху елементів вібраційного грохоту з еластичним ситом.

Методи дослідження: визначення прискорень елементів вібраційного грохота за допомогою датчиків-акселерометрів.

Проведено експериментальне дослідження руху елементів вібраційного грохоту та визначено основні кінематичні характеристики.

Розроблено схему вимірювального комплексу, в умовах роботи лабораторного вібраційного грохоту (частота коливань 25 Гц, максимальна амплітуда 4 мм). Запропоновано використовувати датчики MPU 6050, ADXL345 та мікроконтролерів Arduino Nano або STM32F103. Розроблено необхідне програмне забезпечення.

Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок що еластичні елементи сита у вертикальній площині коливається з амплітудою 2-2,5 рази більше, ніж амплітуда коливання короба вібраційного грохота.

Ключові слова: вібраційний грохот, еластичне сито, MPU 6050, ADXL345, Arduino, STM32F103.

Постановка проблеми. Просіваюча поверхня (сито) вібраційного грохота є його основним вагонесучим робочим органом і її удосконалення нерозривно пов'язане з удосконаленням роботи всієї механічної системи даного типу вібраційної техніки. Для рішення специфічних задач, пов'язаних з удосконаленням ситових поверхонь вібраційних грохотів, конструкторам, технологам, механікам-експлуатаційникам необхідно розуміння характеру процесу коливань елементів вібраційного грохота, загалом, та просіваючої поверхні, зокрема.

Об'єктом лабораторних досліджень є процес коливань динамічно активній просіваючій поверхні з еластичними елементами вібраційного грохота.

Мета лабораторних досліджень: отримання кінематичних параметрів коливань просіваючій поверхні вібраційного грохота.

Задачі, які потрібно вирішити: розробити принципову схему установки для вимірювання прискорень елементів вібраційного грохоту з еластичною просіваючою поверхнею. в умовах роботи лабораторного вібраційного грохоту (частота коливань 25 гц, максимальна амплітуда 4 мм); розробити необхідне програмне забезпечення; провести порівняння кінематичних характеристик коливань точок короба вібраційного грохоту і еластичним ситом.

Опис лабораторного вібраційного грохота. Грохот (рис. 1) складається з наступних основних структурних вузлів і елементів: короба 1, який представляє собою зварну конструкцію, що складається з двох бортовин, з'єднаних між собою зв'язок-балками, віброзбудника 2, закріпленого на двох верхніх зв'язок-балках короба, самоочисної колосниково-карткової просіваючої поверхні 3, жорстко закріпленої хомутоподібними скобами на 4-х нижніх зв'язок-балках короба 1, системи пружних зв'язків - гумових віброізоляторів циліндричної форми 4, на які спирається короб моделі грохота, опорної рами 5 короба, жорстко закріпленого до бетонного фундаменту за допомогою анкерних болтів.

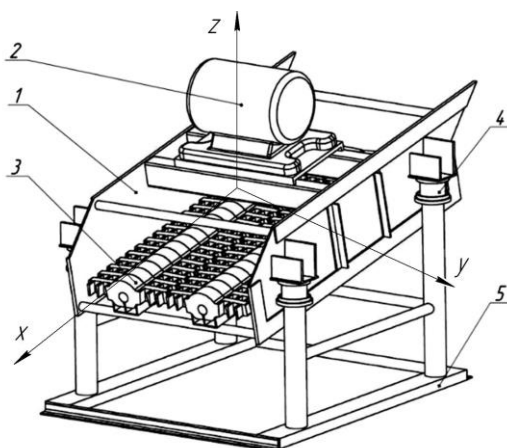


Рисунок 1 – Структурні елементи лабораторної моделі вібраційного грохота

Самоочисна колосниково-карткова просіваюча поверхня складається з окремих пружних колосниково-карткових елементів ККЕ, жорстко затиснених

в пазах поздовжніх колосникоподібних опор рейкоподібного поперечного перерізу і являє собою володіючий підвищеною рухливістю складовий секційний набірний комплект - карту. Трьохкомпонентна поздовжня колосникоподібна опора сформована з жорстко об'єднаних між собою за допомогою зварювання металевих частин - порожнистого трубчастого елемента 1, поздовжньої опорної пластини 2 і швелерного профілю 3.

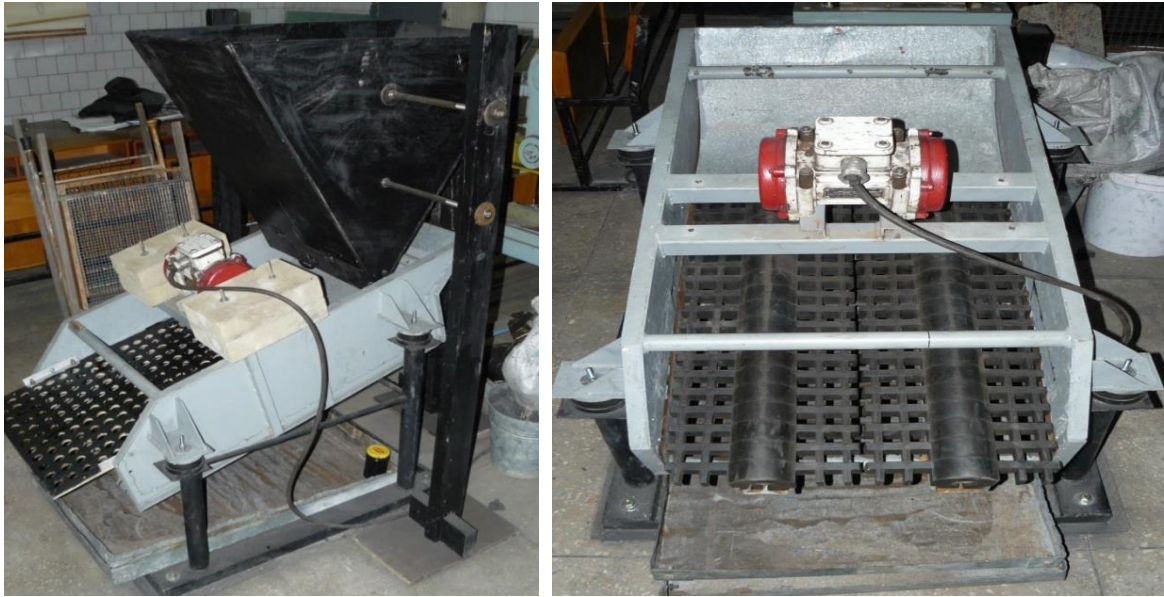


Рисунок 2 – Загальний вид лабораторної установки із встановленим в коробі плоско-листовим металевим ситом



Рисунок 3 – Установка датчиков на эластичном картковом элементе просеивающей поверхности на вибрационном грохоте

Вібраційний грохот приводиться в рух регульованим віброприводом - одновальним інерційним віброзбуджувачем, на якому встановлено дебаланси зі змінною масою.

У вимірювальній установці використовується підключення 2-х датчиків MPU 6050 або ADXL345 до мікроконтролера Arduino Nano або STM32F103. Межа вимірювання даних датчиків лежить у межах $\pm 16g$, що відповідає параметрам роботи вібраційного грохоту. Частота дискретизації 1000 Гц. Підключення датчиків до мікроконтролера відбувається по інтерфейсу I2C. Частота запису даних на комп'ютер лежить у межах 250-500 Гц.

Початкові дані: частота коливання короба грохота 25 Гц; амплітуда коливань 3-5 мм. мм.

Установка датчиків показана на фотографіях (рис. 3)

Перша серія експериментів (при установці датчика MPU 6050 на поздовжньої балці).

Результати експерименту. На графіках (рис. 4-5) показані типові графіки зміни прискорень точок короба вібраційного грохота (поздовжня балка) при повному циклі роботи: від запуску до повної зупинки. Графіки побудовані в після математичній обробці значень, лічених з датчика MPU 6050.

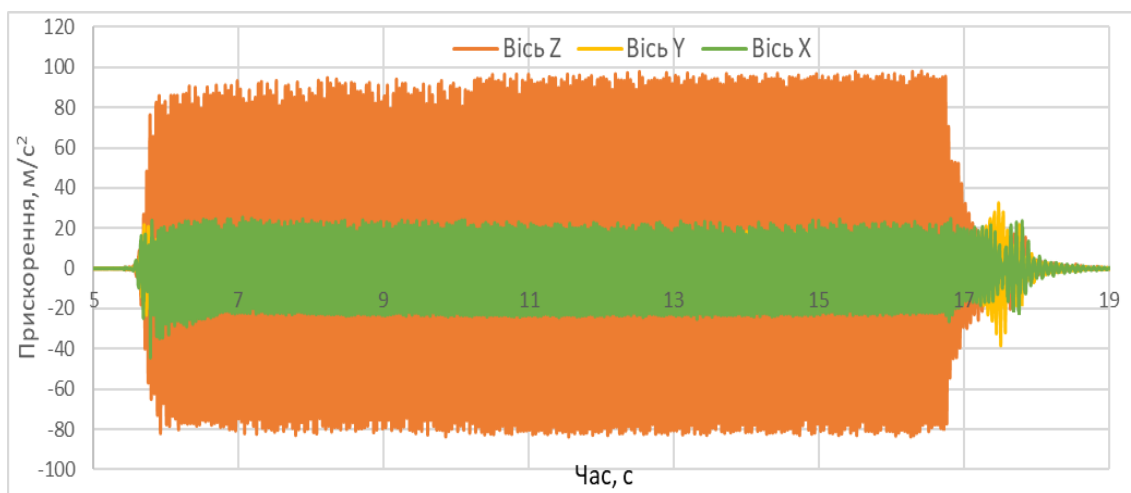


Рисунок 4 – Прискорення поперечної балки грохота

Результати обробки експерименту для сталих коливань зведені в таблицю 1.

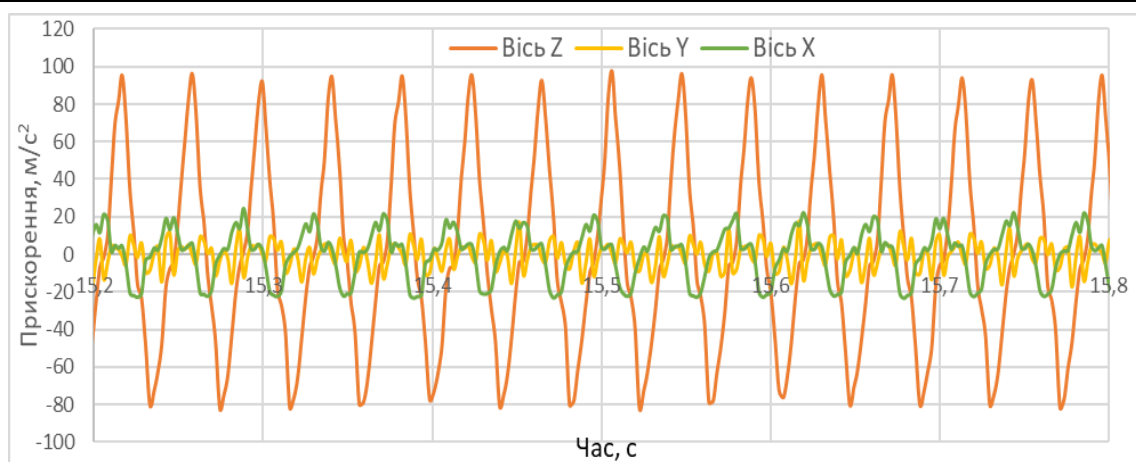


Рисунок 5 – Зміна прискорень поперечної балки грохота (збільшено)

Таблиця 1

Амплітуда прискорень при сталих коливаннях

Напрямок	вісь Z	ось Y	ось X
Середнє прискорення, м / с ²	90,38	35,36	34,78
Амплітуда коливань, мм	3,67	1,43	1,41

На цих графіку чітко видно зона вибігу (зупинки) грохота. Має місце збільшення амплітуди коливання прискорення короба грохота при проходженні резонансної частоти. Це явище характерне для роботи вібраційної машини з зарезонансним налаштуванням.

Варто відзначити, що збільшення амплітуди (при збігу власної частоти коливань з частотою коливання грохота) для різних напрямків не співпадає за часом. Звідси можна зробити висновок, що власні частоти коливань для різних напрямків мають таке співвідношення $f_y > f_z > f_x$.

В аналогічному співвідношенні знаходяться і наведені жорсткості в напрямку цих осей.

На вібраційних машинах з лінійним пружним зв'язком (з пружинами) збільшення амплітуди може досягати значень в 3-5 рази більше номінальних амплітуд.

На лабораторній установці кафедри МАМВ використовуються гумометалеві амортизатори, тому амплітуда при вибігу збільшується на 20-50% від номінальних значень.

Друга серія експериментів проводилася з двома датчиками MPU6050 і ADXL345. Датчик ADXL345 встановлюється на поздовжньої балці, а датчик MPU6050 на консолі еластичного елемента. Установка датчиків показана на рис. 3.

Таблиця 2

Узагальнені результати експерименту

Напрямок	вісь Z		ось Y		ось X	
Місце встановлення	Балка	сито	Балка	сито	Балка	сито
Середнє прискорення, м / с ²	50,84	96,40	25,56	70,45	26,25	29,27
Амплітуда коливань, мм	2,06	3,91	1,04	2,86	1,06	1,19

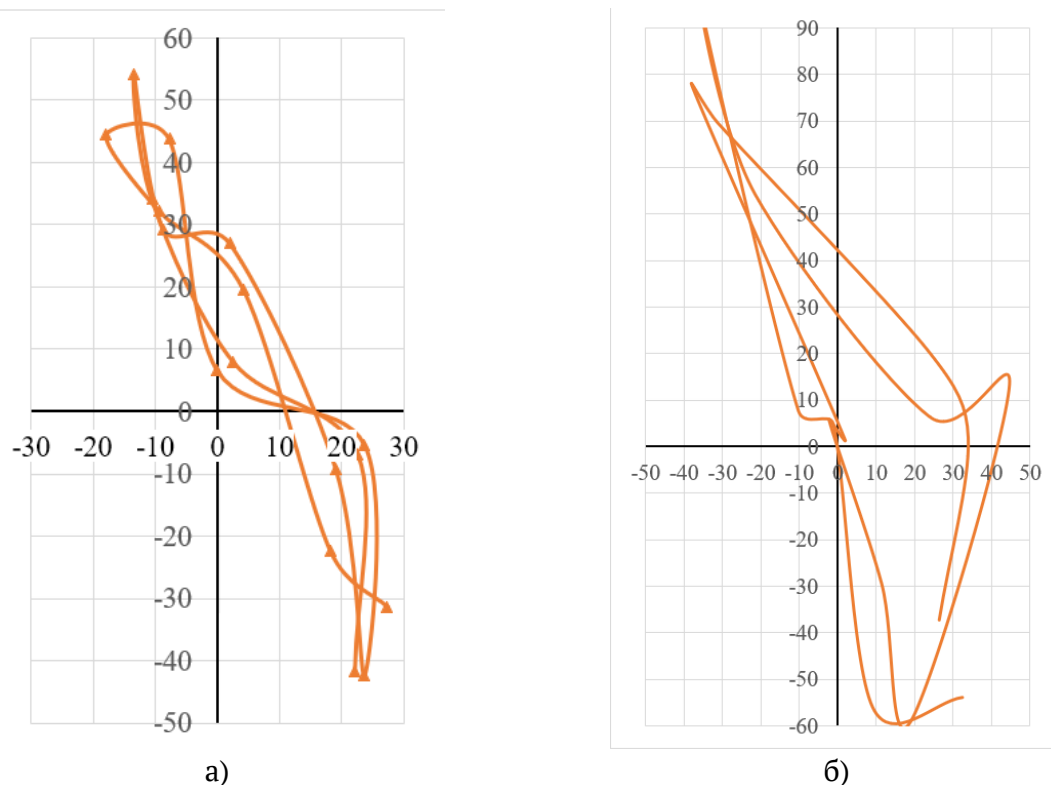


Рисунок 6 – Годограф прискорень:
а) поздовжня балка (датчик ADXL 345);
б) еластичний елемент «крило» (датчик MPU 6050)
(по осях відкладені прискорення в м/с²)

Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок що еластичні елементи сита коливаються з амплітудою 2 2,5 рази більше, ніж амплітуда коливання власне вібраційного грохота.

У вертикальній площині збільшенні амплітуди досягає значень 1,9-2,1. Це повинно сприяти кращій сегрегації матеріалу на ситі і, відповідно, позитивно позначається на ефективності просівання.

У напрямку руху матеріалу збільшення амплітуд коливань досягає 2,5 рази, в момент вибігу. Значне збільшення амплітуди коливання в даному напрямку при проході резонансу, пояснюється тим, що власна частота коливання гумового елемента в даному напрямку є найменшою.

У поперечному напрямку збільшення амплітуди відбувається незначно, так як жорсткістю в даному напрямку дуже велика.

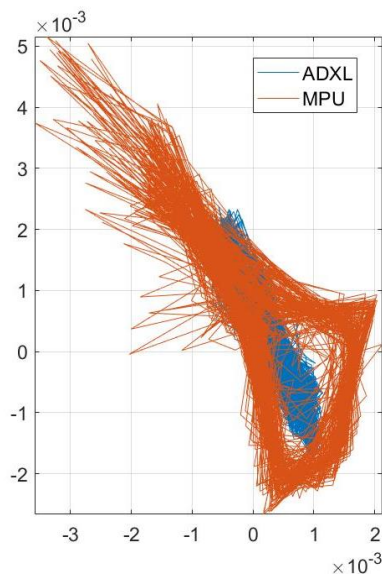


Рисунок 7 – Поля траєкторій руху досліджуваних точок (датчиків)

Висновки. Проведено експериментальне дослідження руху елементів еластичної динамічно-активної поверхні вібраційного грохоту для розсіву коксу для підвищення ефективності грохочення. Визначено основні кінематичні характеристики руху.

Розроблено схему вимірювального комплексу, в умовах роботи лабораторного вібраційного грохоту (частота коливань 25 Гц, максимальна амплітуда 4 мм).

У запропонованій вимірювальній установці використовується підключення 2-х датчиків MPU 6050 або ADXL345 до мікроконтролеру Arduino Nano або Mega2560). Розроблено необхідне програмне забезпечення.

Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок що еластичні елементи сита коливається з амплітудою 2-2,5 рази більше, ніж амплітуда коливання власне вібраційного грохота. У вертикальній площині збільшенні амплітуди досягає значень 1,9-2,1. Це повинно сприяти кращій сегрегації матеріалу на ситі і, відповідно, позитивно позначається на ефективності просівання.

У напрямку руху матеріалу збільшення амплітуд коливань досягає 2,5 рази, в момент вибігу.

У поперечному напрямку збільшення амплітуди відбувається незначно, так як жорсткістю в даному напрямку дуже велика.

ЛІТЕРАТУРА

1. И.В. Пельх, С.В. Белодеденко, Д.А. Кононов, В.А. Петренко. Рациональная конструкция просеивающей поверхности вибрационного грохота металлургического производства /Металлургическая и горнорудная промышленность. -2009 –№4 –с. 79-82.
2. Л.А.Вайсберг «Исследования процессов, машин и аппаратов разделения материалов по крупности» Механобр 1988г.
3. 32-разрядные платы Arduino [Электронный ресурс]. URL: <http://mcucpu.ru/index.php/platformy-8-bit/arduino/95-arduino32bit> – (дата обращения: 12.05.2021).
4. Считывание, первичная обработка ускорений и углов наклона с MPU-6050 и запись их на SD карту ArduinoDUE / Михайлов В.Г., ведущий инженер, к.т.н, ООО «Мидивисана», г. Минск, УДК 004.9: 681.3
5. Модуль GY-521 DataSheet [Электронный ресурс]. URL: <https://www.invensense.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000Datasheet1.pdf> – (дата обращения: 15.05.2021).

REFERENCES

1. I.V. Pelykh, S.V. Belodedenko, D.A. Kononov, V.A. Petrenko. Rational design of the screening surface of the vibrating screen of metallurgical production / Metallurgical and mining industry. - 2009 -№4 -p. 79-82.
2. L.A. Vaisberg “Research of processes, machines and apparatuses for separating materials by size” Mekhanobr 1988.
3. 32-bit Arduino boards [Electronic resource]. URL: <http://mcucpu.ru/index.php/platformy-8-bit/arduino/95-arduino32bit> - (date of access: 05/12/2021).
4. Reading, primary processing of accelerations and tilt angles from the MPU-6050 and writing them to the ArduinoDUE SD card / Mikhailov V.G., Leading Engineer, Ph.D., Midivisana LLC, Minsk, UDC 004.9: 681.3
5. Module GY-521 DataSheet [Electronic resource]. URL: <https://www.invensense.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000Datasheet1.pdf> - (accessed 05/15/2021).

Received 14.02.2022.

Accepted 28.02.2022.

UDC 621.928.024.1

D. Kononov, V. Ermokratiev, V. Chechenev

EXPERIMENTAL STUDY OF THE MOTION OF VIBRATING SCREEN ELEMENTS WITH ELASTIC DYNAMICALLY ACTIVE SURFACE

Purpose: experimental study of the movement of vibrating screen elements with an elastic sieve.

Research methods: determination of accelerations of vibrating screen elements using accelerometer sensors.

An experimental study of the movement of vibrating screen elements was performed and the main kinematic characteristics were determined.

The scheme of the measuring complex is developed, in the conditions of laboratory vibrating screen operation (oscillation frequency 25 Hz, maximum amplitude 4 mm). The measuring device uses the connection of 2 MPU 6050 or ADXL345 sensors to an Arduino

Nano or STM32F103 microcontroller. The measurement limit of these sensors is within $\pm 16g$, which corresponds to the parameters of the vibrating screen.

It should be noted that the increase in amplitude (when the natural frequency of oscillation coincides with the frequency of oscillation of the screen) for different directions does not coincide in time. From this we can conclude that the natural frequencies of oscillations for different directions have the following ratio of free frequencies of oscillations $f_y > f_z > f_x$.

Analyzing the obtained data, we can conclude that the elastic elements of the sieve oscillates with an amplitude of 2-2.5 times greater than the amplitude of oscillations of the actual vibrating screen. In the vertical plane, the increase in amplitude reaches values of 1.9-2.1. This should contribute to better segregation of the material on the sieve and, accordingly, have a positive effect on the efficiency of sieving.

In the direction of movement of the material, the increase in the amplitude of oscillations reaches 2.5 times at the time of run-out.

In the transverse direction, the increase in amplitude is negligible, as the stiffness in this direction is very high.

Keywords: vibrating screen, elastic sieve, MPU 6050, ADXL345, Arduino, STM32F103.

Кононов Дмитро Олександрович, Український державний університет науки та технології, доцент кафедри машин і агрегатів металургійного виробництва, к.т.н.

Єрмократьєв Віктор Олексійович, Український державний університет науки та технології, доцент кафедри машин і агрегатів металургійного виробництва, к.т.н.

Чеченев Володимир Андрійович, Український державний університет науки та технології, доцент кафедри машин і агрегатів металургійного виробництва, д.т.н.

Kononov Dmytro, Ukrainian State University of Science and Technology, Associate Professor of the Department of Machines and Units of Metallurgical Production, Ph.D.

Yermokratiev Viktor, Ukrainian State University of Science and Technology, Associate Professor of the Department of Machines and Units of Metallurgical Production, Ph.D.

Chechenev Volodymyr, Ukrainian State University of Science and Technology, Professor, Doctor of Technical Sciences.