

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЇ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Фурс В.В., Рудь В.Д., Сичук В.А.,

Луцький національний технічний університет

Розроблена конструкція пристрою для вимірювання вібраційних коливань вібраційно-обертального модуля та експериментального обґрунтування його працездатності і достовірності отриманих результатів.

Ключові слова: віброколювання, вібромодуль, п'єзоелемент, тензодатчик, тензорезистор, енкодер, підсилювач.

Постановка проблеми. У галузі порошкової металургії велику нішу займає утилізація порошкових матеріалів із відходів промислового виробництва. Саме тому, для дослідження даних процесів, їх удосконалення і зменшення енерговитрат, в Луцькому національному технічному університеті створено вібраційний обертальний барабанний млин (рис. 1) [1]. Дана дослідна установка використовується для подрібнення порошкових матеріалів та змішування компонентів шихти при отриманні композиційних матеріалів та ін.

З метою пошуку оптимальних режимів подрібнення необхідно мати відомості відносно технологічних режимів – значеннями амплітуди, частоти і т.п. На даний час для виміру амплітудно-частотних характеристик коливань використовують різноманітні датчики: енкодери кутових переміщень, резистори, дровові тензорезистори, п'єзоелектричні претворювачі та багато інших, які за певними схемами підключаються до персональних комп'ютерів.

Для можливості фіксації вібраційних коливань за допомогою кутових переміщень було запропоновано схему установки, показану на рис. 1. Вібраційний обертальний барабанний млин встановлюється з одного боку на шарніри 5, а з іншого – на пружини 4, що дає можливість здійснювати обертальні коливання. Дана схема дозволяє вирішити задачу вимірювання амплітуди і частоти вібрації із наступними реєстрацією, обробкою і збереженням цієї інформації на ПЕОМ.

Мета роботи – розробка конструкції пристрою для вимірювання вібраційних коливань вібраційно-обертального модуля та експериментального обґрунтування його працездатності і достовірності отриманих результатів.

Обговорення результатів експерименту. Згідно з даними праці [2] для виконання вищевказаної задачі першопочатково було вирішено використати датчик (енкодер) фотоелектричний перетворювач кутових переміщень BE178A (рис. 2).

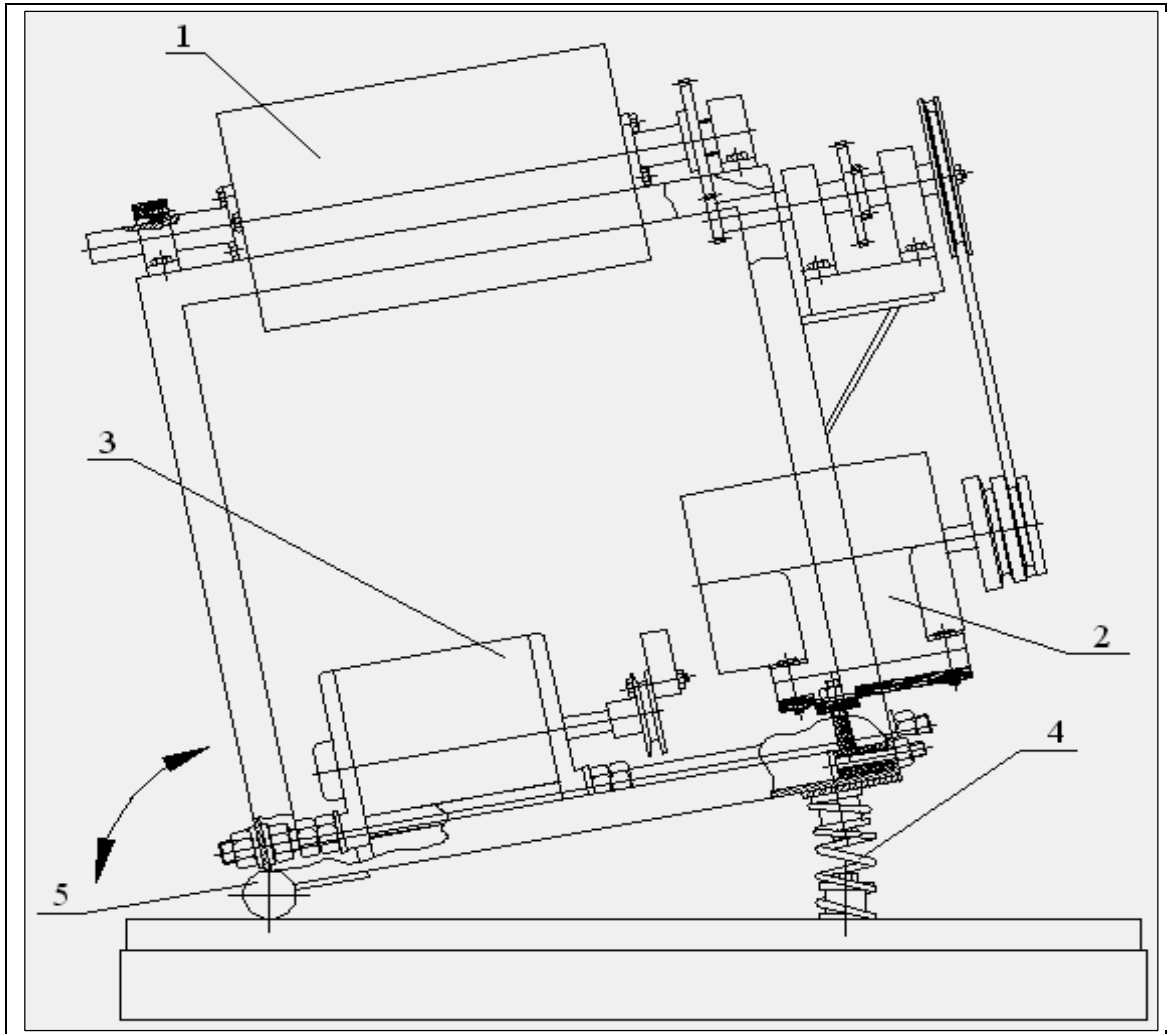


Рисунок 1 – Схема дослідної установки: 1 – барабан, 2 – електродвигун, 3 – вібробудник, 4 – пружини, 5 – шарнір



Рисунок 2 – Датчик фотоелектричний перетворювач кутових переміщень BE178A

Вищевказаний датчик працює від живлення напругою 15 В та видає імпульсний сигнал із частотою 1024 сигнали за один оберт шківів даного енкодера. Для поєднання перетворювача кутових переміщень із ПЕОМ

необхідно було підключити його через дільник частоти сигналу і стабілізатор напруги до лічильника імпульсів, а усю цю систему до плати АЦП (аналогово-цифровий перетворювач), а потім уже, через аналогово-цифровий перетворювач до комп'ютера. Для реєстрації і обробки даних було запропоновано програму-осцилограф.

Для можливості фіксації вібраційних коливань за допомогою кутових переміщень було запропоновано схему установки, показану на рис. 1. Вібраційний обертальний барабанний млин встановлюється з одного боку на шарніри, а з іншого – на пружини, що дає можливість здійснювати обертальні коливання.

Шків датчика фотоелектричного перетворювача кутових переміщень VE178A кріпиться до шарніра, таким чином, щоб відбувалася передача крутного моменту шарніра – енкодеру, а також так, щоб вісь обертання вищезгаданого шківа лежала на осі обертання шарніра.

Основним недоліком даного методу була його висока вартість, оскільки сам датчик коштує 500-800 грн., лічильник імпульсів – 600-2000 грн., а плата АЦП – 1000-3000 грн.

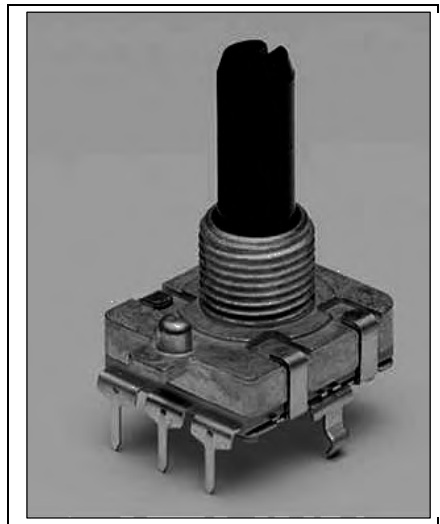


Рисунок 3 – Резистор-валкодер (енкодер регулятора гучності)

Переглянувши матеріали [3], варіант із датчиком кутових переміщень було відкинуто і запропоновано використати як датчик резистор-валкодер (рис. 3) із наступним підключенням через USB-порт комп'ютера. Незважаючи на низьку вартість резистора і простоту підключення, даний спосіб також було визнано невдалим, оскільки не було необхідного програмного забезпечення, а написання програми займає багато часу.

Найбільш поширеним методом вимірювання різних фізико-механічних характеристик, в тому числі і параметрів вібрації, є використання різного роду тензодатчиків резистивної дії та п'єзоелектричних елементів [4]. Тому запропоновано, як датчик для вимірювання параметрів вібраційних коливань, використати перетворювачі механічних величин у електричні резистивної дії. Найбільш вдалим із усього переліку були дрові тензорезистори і п'єзоелектричні перетворювачі (рис. 4).

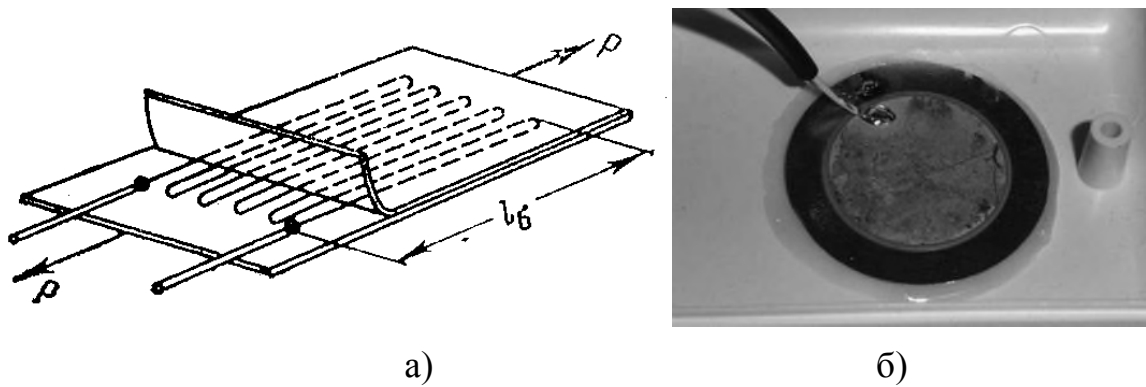


Рисунок 4 – Перетворювачі механічних величин у електричні резистивної дії:
а) дротовий тензорезистор, б) п'єзоелектричний перетворювач

Обидва, вищезгадані, перетворювачі працюють на розтяг/стиск і згин/кручення, тобто при найменшій зміні їхньої форми вони реагують, посилюючи сигнал. Дротовий тензорезистор працює за рахунок зміни опору тонкої дротової решітки під час зміни форми енкодера, а п'єзоелектричний перетворювач – за рахунок того, що нанесений на датчик кварцовий монокристал під час зміни форми утворює електричний заряд – так званий п'єзоелектричний ефект, що був відкритий професором П. Кюрі у 1880 році [5]. Оскільки дані перетворювачі працюють завдяки зміні форми, то було вирішено здійснити схему підключення датчика до дослідної установки, показану на рис. 5.



Рисунок 5 – Балка, що працює на згин під час коливального руху установки

До рами барабанного млина кріпиться балка, таким чином, щоб під час коливань рами один кінець коливався, а інший залишався нерухомим, тоді буде забезпечуватися згин балки, а разом із нею датчика, приклеєного у центрі балки.

Під час вивчення вибраних перетворювачів було з'ясовано наступне [4]:

- до недоліків напівпровідникових тензорезисторів слід віднести їх малі механічну міцність і гнучкість (в даний час ведуться роботи зі створення гнучких плівкових тензорезисторів);

- велику тензочутливість цих тензорезисторів реалізувати виявляється досить складно через нелінійну характеристику, високу чутливість до впливу зовнішніх умов (температури, освітлення і т.д.) і значну різницю характеристик від зразка до зразка;

- кварц п'єзоелемента має надзвичайно високу стабільність. Зміна п'єзомодуля від температури (аж до 250-300 °С) дуже мала і не перевищує $10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Лише при температурі вище 300 °С він зменшується значно різкіше, а при температурі 573 – 576 °С п'єзоэффект зникає;

- іншою перевагою кварцу є лінійність його характеристики при навантаженні аж до руйнування;

- Унаслідок великої жорсткості перетворювачі мають високу власну частоту (до 50 кГц і вище) і можуть бути використані для вимірювання динамічних сил. Однак у той час як за допомогою магнітопружних перетворювачів можуть бути виміряні і статичні сили, п'єзоелектричні перетворювачі практично використовуються тільки для змінних сил із мінімальною частотою першої гармоніки 5-10 Гц.

- перевагою таких перетворювачів є підвищена чутливість. На жаль, механічно вони недостатньо міцні і це є їхнім недоліком. Для збільшення міцності в останніх конструкціях датчиків п'єзокерамічні шайби наклеюють на жорсткі металеві основи. В цьому випадку величина прогину визначається товщиною основи і інерційною масою.

Зважаючи на вищевказане було вибрано п'єзоелектричний перетворювач як датчик для знімання показників вібраційних коливань. П'єзоелектричні прилади отримали широке поширення в електроакустичній та вимірювальній техніці за останній час. П'єзоелектричний телефон, п'єзоелектричний мікрофон, п'єзоелектричний динамік, п'єзоелектричний адаптер міцно увійшли в практику електроакустики. У всіх цих приладах використовується п'єзоелектричний ефект кристалів.

Необхідною умовою правильної роботи п'єзоелемента є достатня механічна міцність шару клею. Модуль пружності клею повинен бути більше модуля пружності самого кристалу або дорівнювати йому, бо в протилежному випадку чутливість п'єзоелемента значно зменшиться. Для зменшення похибки отриманих даних було використано мостову схему з'єднання кількох датчиків при підключенні їх до звукової плати ПЕОМ, а наклеювання здійснювалося по обидві сторони балки, як показано на рис. 6.

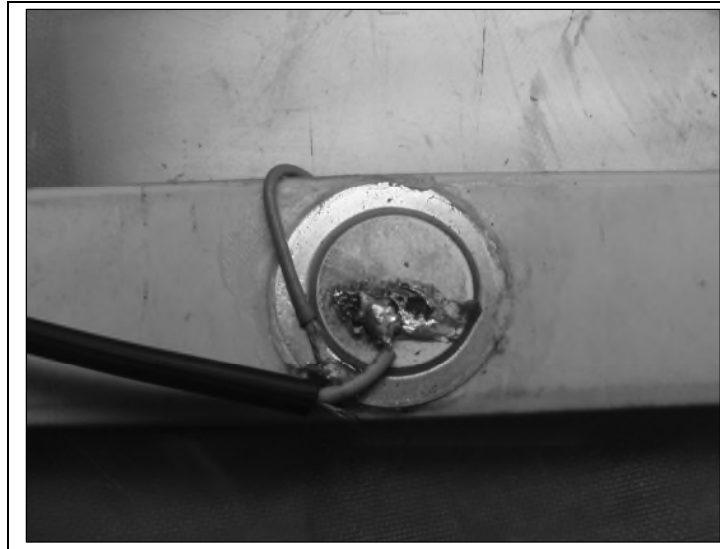


Рисунок 6 – Зображення наклеювання п'єзоелементів на балку та підключення датчика до звукової плати комп'ютера

Після складання датчика і під'єднання його до комп'ютера виникло питання тарування перетворювача. Для виконання поставленої задачі балку закріпили аналогічно, як на дослідній установці – один кінець нерухомо, а інший із можливістю коливальних рухів, які обмежувалися певними розмірами (рис. 7).



а)



б)

Рисунок 7 – Тарування датчика для вимірювання вібраційних коливань:
а) закріплення балки під час дослідів; б) допоміжний інструмент – щуп та штангенциркуль

Величину коливальних рухів вільного кінця балки контролювали за допомогою щупа. До балки прикладається сила, що створює коливання. Покази датчика фіксуються за допомогою програми. Таким чином проводили 15-20 замірів із певним кроком у висхідному порядку зміни розмірів коливального руху та 15-20 – у спадаючому порядку. Знаючи розміри

відхилень і покази датчика будували графік і з нього визначали залежність між розміром відхилення балки та напругою, яку фіксує програма від п'єзоелектричного перетворювача.

Для фіксації, збереження і обробки показів датчика використовували програму російських розробників PowerGraph (рис. 8), при вході у програму можна вибирати параметри, звідки буде поступати сигнал, у нашому випадку – це звукова плата ПК. Даний програмний продукт дозволяє у режимі реального часу, як осцилограф, спостерігати за показами датчика, а також зберігати отримані дані, проводити їх обробку і обрахунки над ними.

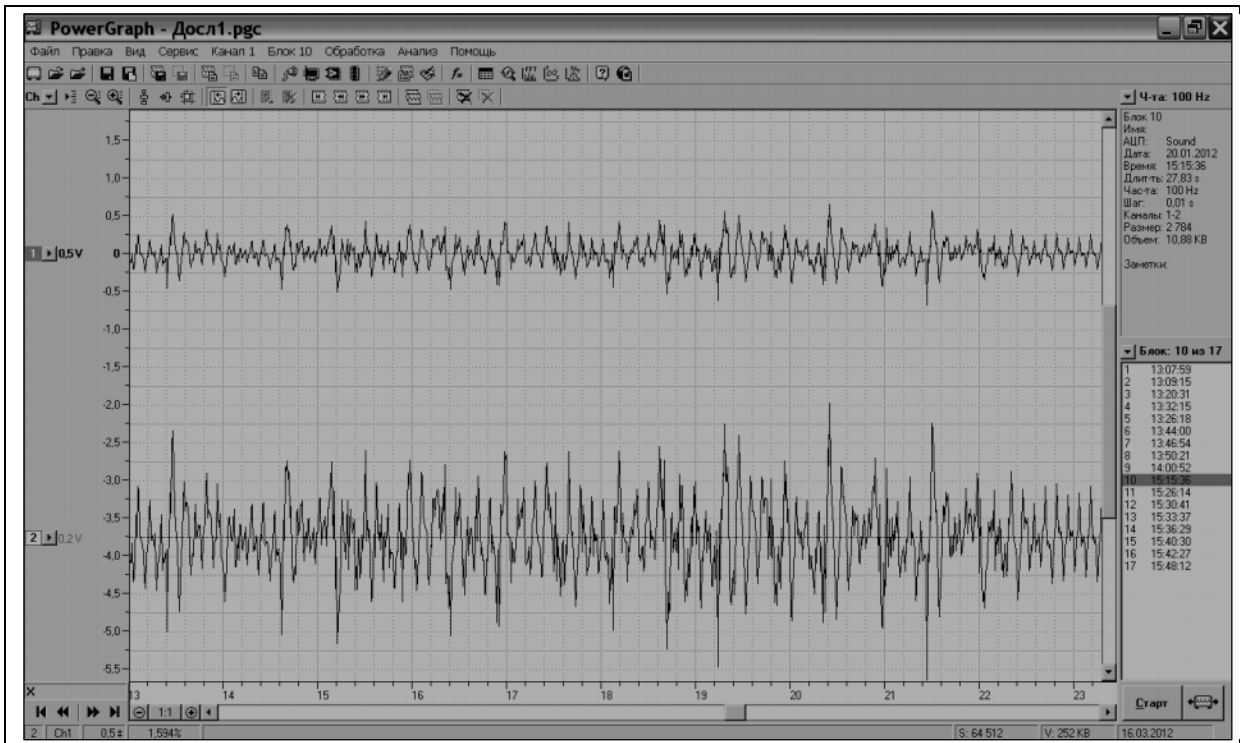


Рисунок 8 – Вікно програмного продукту для фіксації, збереження та обробки сигналу, що поступає від датчика – PowerGraph.

Висновки. Отже, у роботі розглянуто конструкцію і принцип роботи пристрою для вимірювання коливань вібраційно-обертального модуля. Експериментально обґрунтовано його працездатність і достовірність отриманих результатів. У подальшому заплановано проведення експериментів при різноманітних критичних умовах експлуатації пристрою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Рудь В. Д. Експериментальний модуль для переробки вихідної сировини із відходів машинобудівного виробництва / В. Д. Рудь, В. В. Фурс // Технологічні комплекси. – 2011. – №1(3). – С. 69-74.
2. Електронний ресурс – Режим доступу: <http://ve178.narod.ru/>.
3. Електронний ресурс – Режим доступу: <http://easyelectronics.ru/enkoder-iz-peremennogo-rezistora.html>.
4. Логинов В. Н. Электрические измерения механических величин / В. Н. Логинов. – М. : Энергия, 1976. –104 с.

5. П'єзоефект [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://uk.wikipedia.org/wiki/П'єзоефект>.

Фурс В.В., Рудь В.Д., Сычук В.А. МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Разработана конструкция устройства для измерения вибрационных колебаний вибрационно-вращательного модуля и экспериментального обоснования его работоспособности и достоверности полученных результатов.

Ключевые слова: виброколебания, вибромодуль, пьезоэлемент, тензодатчик, тензорезистор, энкодер, усилитель.

Furs W.W., Rud' W.D., Sychuk W.A. METHOD OF DETERMINING EXPERIMENTAL MODULE VIBRATION PARAMETERS FOR POWDER MATERIALS PULVERIZING

The structure of the device for measuring vibration oscillations of vibration-rotation module and for experimental grounding of its efficiency and reliability of the results received has been developed.

Keywords: vibrating oscillations, vibration module, piezo-sensor, strain-sensor, strain-gauge, encoder, amplifier.