

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИКИ ТА ДИНАМІКИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ АКСЕЛЕРОМЕТРА

*У статті розглядаються експериментальні дослідження кінематики та динаміки механізмів проведенні з використанням акселерометра. Для проведення досліджень створено датчик та програму для обробки експериментальних результатів.*

*The article deals with the experimental study of the kinematics and dynamics of mechanisms for conducting using accelerometers. Creating a sensor for research and programs for processing results.*

### 1. ВСТУП

При дослідженні кінематики та динаміки механізмів застосовують акселерометри, які набули широкого застосування в переносних мобільних пристроях, основна функція яких – визначення положення в просторі та блокування пристроїв в разі значного зростання прискорення (ударах, падіннях).

На сьогоднішній час існує велика гамма акселерометрів. Основне завдання полягає в правильному виборі типу акселерометра за його технічними характеристиками.

Акселерометри за принципом побудови поділяються на три основні типи: п'єзоелектричні, які знайшли широке застосування для вимірювання вібрацій та ударів із діапазоном частот від декількох Гц і до 30 кГц; п'єзрезистивні – застосовуються в основному для вимірювання ударів (мають малий діапазон чутливості, але широкий діапазон частот від декількох Гц і до 130 кГц); ємнісні – в основному застосовують для дослідження низькочастотних вібрацій, лінійних та кутових прискорень і характеризуються високою чутливістю, температурною стабільністю (частотний діапазон від декількох Гц і до 3 кГц).

### 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА

В поліграфічних та пакувальних машинах за допомогою акселерометрів можна визначати прискорення, які виникають, наприклад, під час руху талера плоскодрукарської машини, механізмів скобоформуєчої та скобопроштовхуючої планок дротошвейної машини та в багатьох інших. Акселерометри дають можливість вимірювання кутів на-

---

<sup>13</sup> Українська академія друкарства

хилу, сил інерції, вібрацій та ударних навантажень, що можуть виникати під час роботи поліграфічних та пакувальних машин. Застосування акселерометрів уможливує виявлення зношення вузлів механізмів за характерними коливаннями в процесі їх роботи.

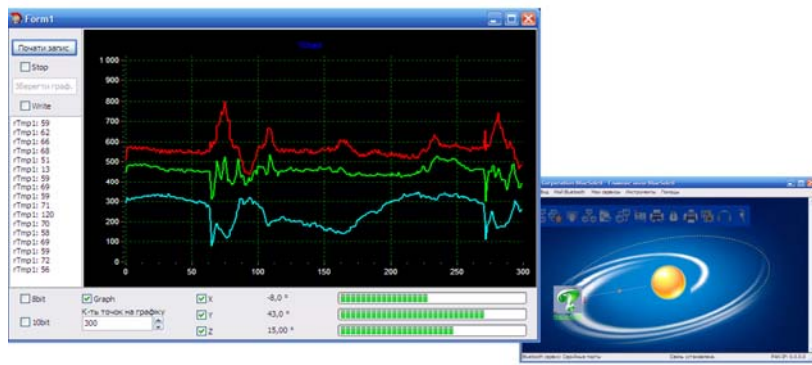
Так, для проведення досліджень був сконструйований та виготовлений датчик (рис. 1), який складається з акселерометра MMA7361, модуля Bluetooth HC05 і мікроконтролера ATmega8a. Живлення датчика здійснюється від li-polymer акумулятора ємністю 150 mAh.



Рис. 1. Датчик для проведення досліджень

Принцип дії акселерометра MMA7361 ґрунтується на зміні ємності трьох конденсаторів [1] і працює за принципом вимірювання ємності між рухомим електродом, який зазвичай розташований на рухомій частині акселерометра (чутливому елементі), та нерухомими електродами, які знаходяться на корпусі. В результаті впливу прискорення на рухомі обкладки конденсаторів, змінюється величина ємності, яка потім перетворюється в напругу. Далі сигнали в кожному з трьох каналів посилюються, проходять через фільтри низьких частот і каскади температурної компенсації, та надходять на відповідні виходи X, Y, Z. Точка зрізу фільтру низьких частот і коректування зсуву нуля (при  $g = 0$ ) реалізовані за допомогою лазерної підгонки номіналів елементів виробником акселерометра, мають фіксоване значення і не вимагають компонентів зовнішньої обв'язки. Реалізований сплячий режим робить датчик, на основі модуля, MMA7361 ідеальним для застосування в проектах з батарейним живленням.

Для роботи мікроконтролера ATmega8a написана програма, яка оцифровує дані з акселерометра і передає їх на персональний комп'ютер по безпроводному зв'язку за допомогою модуля Bluetooth HC05. Живлення застосованого li-polymer акумулятора вистачає на три години проведення експериментальних досліджень.



а б  
Рис. 2. Вікно програми прийому і збереження даних

Для безпроводного прийому сигналу по Bluetooth v2.0 + EDR протоколу від датчика використовується модуль Bluetooth і програма IVT Bluesoleil (рис. 2, б), яка приймає дані з датчика і створює віртуальний COM порт, в який передаються дані від датчиків.

Для прийому і відображення даних написана програма на мові C++ (рис. 2, а), яка відображає, в графічному виді, прискорення по трьох осях, і дає можливість запису в зовнішній файл для подальшої обробки даних, наприклад, в системі Mathcad.

Так, для перевірки роботи датчика проведенні експериментальні дослідження на машинах ПС-А2 і БШП-4м та виведені графічні залежності прискорень ланок механізмів.

Для дослідження прискорення талера в машині ПС-А2 датчик 1 (рис. 3) кріпиться відповідно до рекомендацій [2] на столі талера 2, який здійснює зворотно-поступальний рух. Записані значення передаються та обробляються в системі Mathcad [3]. Отримані графіки прискорення за допомогою акселерометра MMA7361 представлені на рисунку 3, а, на яких видно, що під час руху талера виникають багато додаткових коливань спричинених зазорами в кінематичних парах і ударами під час руху. Для того, щоб отримати «чистий» графік прискорення талера (рис. 3, б) були застосовані в системі Mathcad цифрові фільтри, які ґрунтуються на швидкому перетворенню Фур'є.

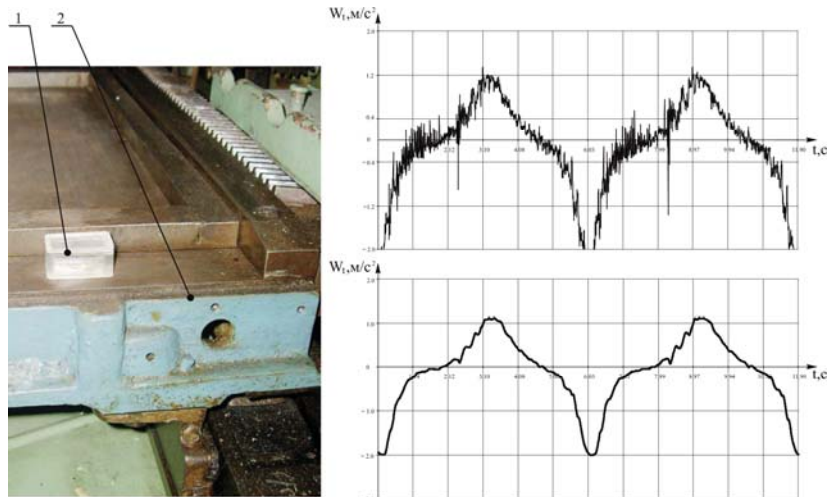


Рис. 3. Дослідження прискорення талера машини ПС-А2

Проведені дослідження механізму скобоформуючої та скобопротівуючої планки машини БШП-4м. Визначення прискорень відбувається наступним чином: на планку 1 (рис 4) приклеюється датчик 2, сигнал з якого поступає на персональний комп'ютер і записується в зовнішній файл та обробляється в системі Mathcad. На рисунку 4, а зображені графіки прискорення планки механізму, отримані експериментальним шляхом з використанням датчика, а на рисунку 4, б оброблені за допомогою цифрового фільтра.

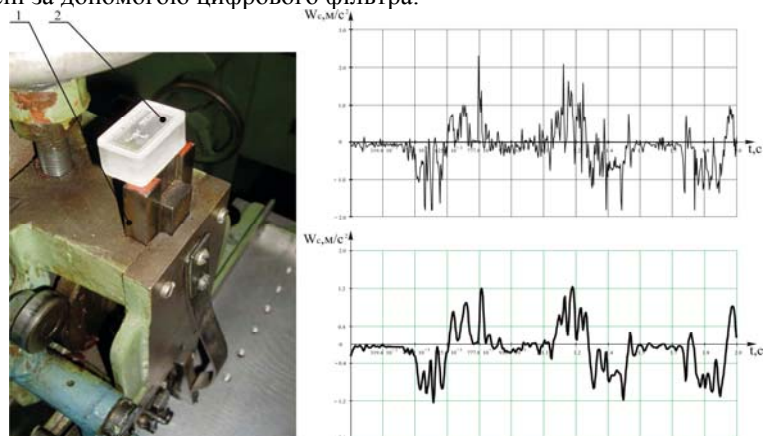


Рис. 4. Дослідження прискорення механізму скобоформуючої та скобопротівуючої планки машини БШП-4м

### 3. ВИСНОВКИ

Експериментальні дослідження із застосуванням створеного датчика на базі акселерометра ММА7361 показали доцільність його застосування при вимірюванні прискорень в ланках механізмів поліграфічних та пакувальних машин.

*1. Аш Ж. Датчики измерительных систем: в 2-х кн. / Ж. Аш, П. Андре, Ж. Бофрон, П. Дегут. – Авт. указаны на об. тит. л., Кн. 1. – Москва: Мир, 1992. – 480 с. 2. Вибрация и удар. Механическое крепление акселерометров: стандарт. – Введ. с 01.04.2008. – М.: Стандартинформ, 2007. – 11 с. 3. Грановский В. А. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях / В. А. Грановский, Т. Н. Сирая. Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.*