

## РОЗДІЛ I. МЕХАНІКА

УДК 621.74

**Р.Д. Іскович-Лотоцький**, д-р техн. наук

**Р.Р. Обертюх**, канд. техн. наук

**В.П. Міськов**, аспірант

**А.В. Слабкий**, канд. техн. наук

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна

### ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ВІБРОПРЕС-МОЛОТА З ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИМ КЕРУВАННЯМ

**Р.Д. Іскович-Лотоцький**, д-р техн. наук

**Р.Р. Обертюх**, канд. техн. наук

**В.П. Миськов**, аспірант

**А.В. Слабкий**, канд. техн. наук

Вінницький національний технічний університет, г. Вінниця, Україна

### ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ВИБРОПРЕСС-МОЛОТА С ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИМ УПРАВЛЕНИЕМ

**Rostyslav Iskovych-Lototskyi**, Doctor of Technical Sciences

**Roman Obertiuh**, PhD in Technical Sciences

**Vadym Miskov**, PhD student

**Andrii Slabkyi**, PhD in Technical Sciences

Vinnitsia National Technical University, Vinnitsa, Ukraine

### MEASURING COMPLEX OF VIBRO-HAMMERS WITH ELEKTROHYDRAULIC CONTROL

*Представлено експериментальний стенд вібропрес-молота з електрогідрравлічним керуванням. Обґрунтовано вибір електричної схеми та схеми підключення датчиків тиску та переміщення з АЦП та персональним комп'ютером. Наведено основні вимоги, що ставляться перед датчиками, які використовуються у режимі вимушених вібрацій. Також описано поетапний процес встановлення та налагодження вимірювального стенда в комплексі з реєструвальним обладнанням.*

**Ключові слова:** вібропрес-молот, датчик, вібрація, вимірювальний комплекс.

*Представлен експериментальний стенд вибропресс-молота с электрогидравлическим управлением. Обосновано выбор электрической схемы и схемы подключения датчиков давления и перемещения с АЦП и персональным компьютером. Приведено основные требования, которые ставятся перед датчиками, которые используются в режиме вынужденных вибраций. Также описано поэтапный процесс установки и настройки измерительного стенда в комплексе с регистрирующим оборудованием.*

**Ключевые слова:** вибропресс-молот, датчик, вибрация, измерительный комплекс.

*The article presents an experimental stand and vibro-hammer with electrohydraulic control. Justified the selection of electrical scheme and scheme of connecting pressure sensor and ADC and movement of pk. The basic requirement imposed on sensors used in the mode of forced vibrations. Also describes the process step by step installation and configuration of the measuring stand together with the registration equipment.*

**Key words:** vibro-hammer, sensor, vibration, measuring system.

Використання корисних вібрацій у таких технологічних процесах, як пресування, формоутворення, витягування, розкочування дозволяє підвищити їх продуктивність, зменшити потужність обладнання та покращити якість виготовленої продукції. Проте сучасні вимоги технічного прогресу вимагають подальшої автоматизації виробничих процесів, зокрема відомого вібраційного обладнання. Одним із етапів модернізації обладнання є відслідковування робочих параметрів вібраційної машини (амплітуди і частоти робочого органу (стола, пуансона і т. ін.) та їх корегування у процесі роботи. Такого типу питання вирішуються на кафедрі металорізальних верстатів та обладнання автоматизованих виробництв Вінницького національного технічного університету, виконуючи теоретичні та експериментальні дослідження нових технічних рішень на базі вібропрес-молота (ІВПМ-16), принципова гідрокінематична схема якого наведена на рис. 1 [3; 1].

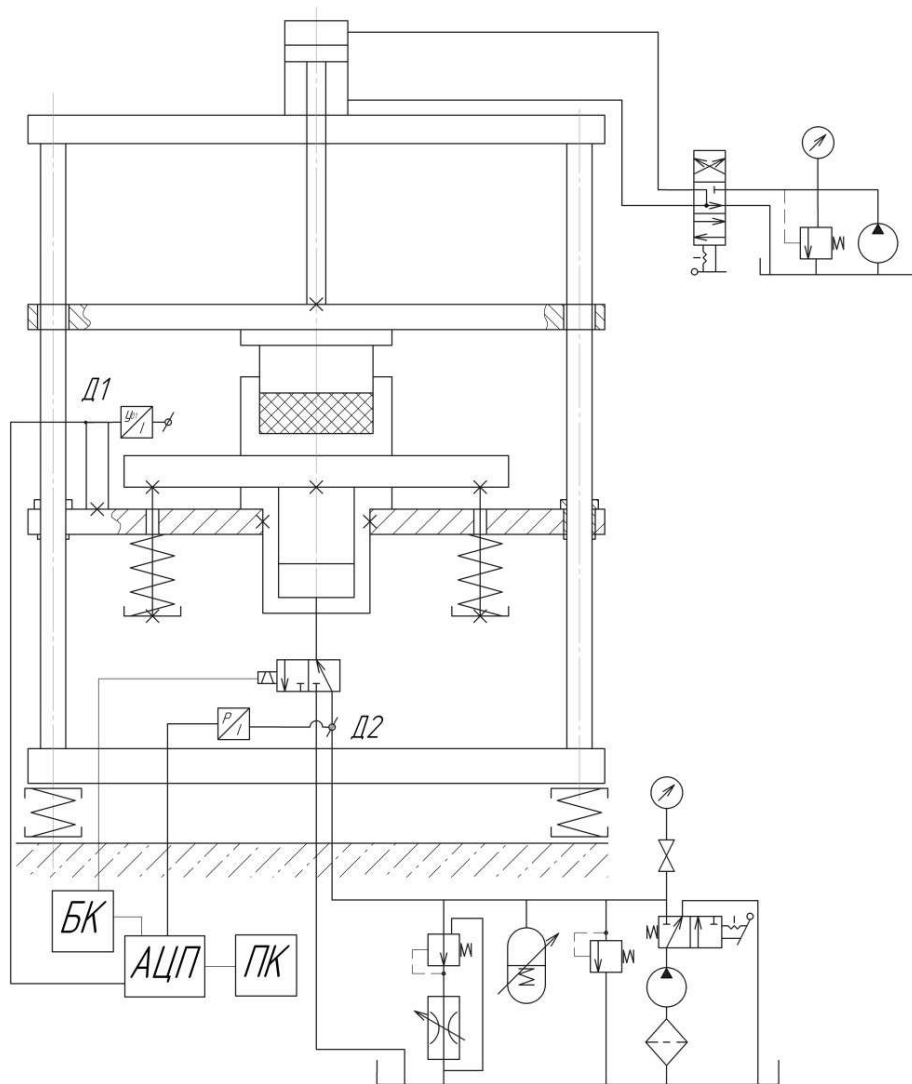


Рис. 1. Гідрокінематична схема вібропрес-молота з електрогідравлічним керуванням:  
 ПК – персональний комп'ютер; БК – блок керування; АЦП – аналогово-цифровий перетворювач;  
 Д2 – давач тиску; Д1 – давач переміщення

Під час проведення науково-дослідних робіт на вказаному обладнанні необхідно контролювати та реєструвати такі параметри, як тиск у напірній гідролінії та переміщення вібростолу. Причому реєстрація вищевказаних параметрів повинна виконуватись одночасно по всім каналам давачів для можливості подальшого аналізу отриманих даних щодо взаємного перебігу динамічних процесів роботи обладнання [2; 4].

Практика експлуатації та дослідження наявного вібраційного обладнання сформувала певні вимоги щодо дослідного обладнання, а саме [4]:

- швидкодія всієї апаратної частини (АЦП, давачів) повинна бути достатньою для відслідкування параметрів вібрації;
- необхідно використовувати давачі тиску з металевим чутливим елементом, оскільки через крихкість чутливих елементів, що виготовляються з керамічних сплавів (наприклад, оксиду алюмінію чи кремнію і т. ін.), швидко руйнуються під дією вібраційних чи віброударних режимів;
- схема під'єднання давачів повинна будуватись на основі поєднання цифрової та загальної землі (використання однієї загальної землі приводить до накладання сигналів, що спотворює реальну картину).

Такий підхід забезпечує надійну експлуатацію вимірювального комплексу в режимі вимушених вібрацій, мінімізує похибку вимірювання, підвищує точність отриманих даних, які в подальшому будуть порівнюватись з теоретичними даними. Враховуючи вищевказані вимоги, яким повинен відповідати вимірювальний комплекс, для дослідження робочих параметрів вібропрес-молота з електрогідравлічним керуванням було розроблено та скомплектовано вимірювальний комплекс, блок-схема якого представлена на рис. 2 та електрична схема представлена на рис. 3.

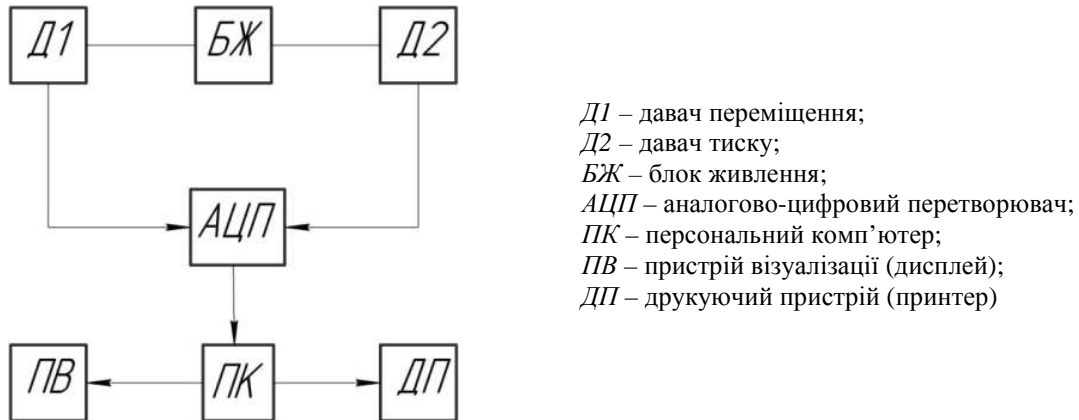


Рис. 2. Блок-схема вимірювально-реєструвального комплексу для експериментальних досліджень

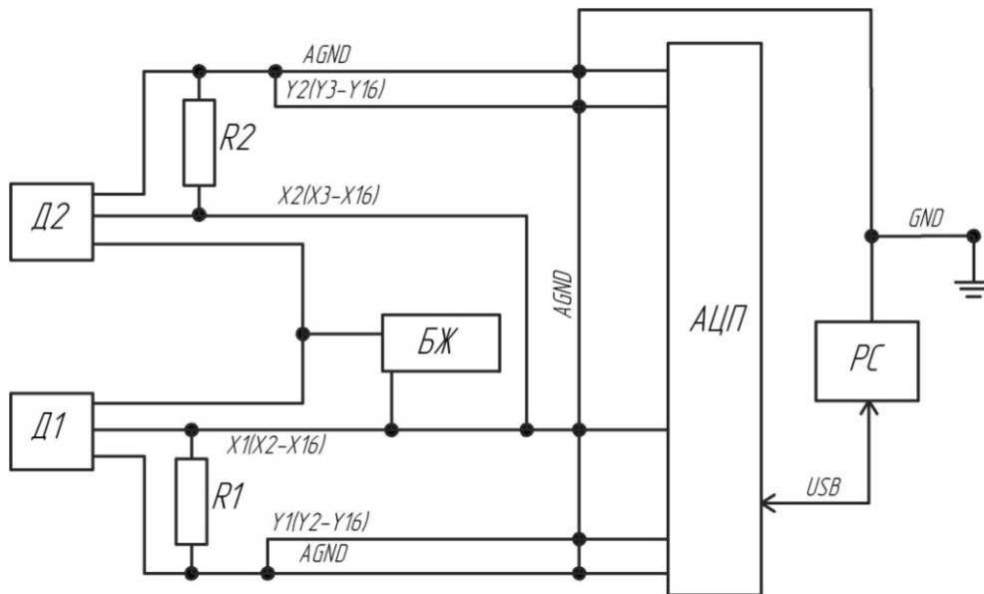


Рис. 3. Електрична схема вимірювально-реєструвального комплексу для експериментальних досліджень:  
 РС – персональний комп'ютер; AGND – аналогова земля; GND – корпус РС

Принцип роботи вимірювального комплексу такий. Живлення давачів забезпечується від джерела постійного струму з робочою напругою 24 В, розміщеного в корпусі блоку живлення БЖ, в якому також розташована розподільна плата, на якій змонтовані схеми підключення давачів вимірювально-реєструвального комплексу таким способом, щоб унеможливити проходження наскрізних струмів по ланцюгах GND–AGND. Сигнал, що поступає від давачів тиску та переміщення, надходить у вигляді змінної напруги чи сили струму на АЦП, де він обробляється, і на виході з АЦП має цифровий формат і далі передається на персональний комп'ютер (ПК). У ПК вхідний сигнал, за допомогою спеціальної програмної утиліти обробляється і за допомогою пристрою візуалізації представляється у вигляді змінних графіків, які відображають змінну робочих параметрів вібропрес-молота з електрогідравлічним керуванням у реальному часі. Для

більш зручного використання отриманих результатів їх можливо роздрукувати через друкуючий пристрій, що під'єднаний до ПК.

Як АЦП використовується малогабаритний багатофункціональний вимірювальний модуль E14-140 компанії L-Card. E14-140 дозволяє швидко з достатньою точністю організувати процес реєстрації даних. Цей модуль має у своєму складі 14-розрядний АЦП, що працює з шістнадцятьма диференційними або тридцятьма двома каналами із загальною землею. Такий модуль забезпечує неперервний збір аналогових даних на частотах АЦП від 0,122 до 100 кГц. Цифровий вхід/вихід представлений у вигляді шістнадцяти вхідних та шістнадцяти вихідних цифрових TTL-сумісних ліній.

Програмною утилітою для оброблення даних на комп'ютері служить продукт L-GRAPH компанії L-Card, що працює з модулем E14-140. Фактично, утиліта L-GRAPH – це багатоканальний осцилоскоп-спектроскоп-реєстратор-візуалізатор. L-GRAPH дозволяє в режимі реального часу бачити на моніторі ПК до чотирьох каналів реєстрації даних.

До такої системи збору даних входять давачі з високими показниками точності, які відповідають основним вимогам щодо сумісності роботи з модулем E14-140 та відповідають технологічним вимогам для роботи на вібраційному обладнанні. А саме на основі теоретичного дослідження вібропрес-молота з електрогідравлічним керуванням та його керуючої апаратури встановлено, що очікувана максимальна частота проходження імпульсів тиску та амплітуди вібростола не перевищують відповідно 70 Гц і 2 мм, тому метрологічні параметри давача тиску та переміщення повинні забезпечувати частотний діапазон не менше ніж 100 Гц і діапазон переміщення 0...5 мм.

Із врахуванням вищевказаних технічних параметрів та конструктивних особливостей досліджуваного обладнання, після аналізу та деяких порівнянь вимог щодо експлуатації як давач переміщення було обрано давач переміщення TURK Ni8-M18-LiU (рис. 4, в) [6], а як давач тиску – давач ADZ-SML-10 (рис. 4, а, б) [5], технічні характеристики яких наведені відповідно в табл.

Таблиця

*Технічна характеристика давача переміщення TURK Ni8-M18-LiU*

ПАРАМЕТРИ	ADZ-SML-10	TURK Ni8-M18-LiU
Тип давача	Перетворювач тиску	Індуктивний з аналоговим виходом
Діапазон вимірювання	0-60 МПа	0-5 мм
Вихідний сигнал	4...20 мА	0...20 мА, 0...10 В
Діапазон напруги живлення, В	12...32	15...30
Похибка при +25 °С (від повної шкали)	±0,5 %	±0,5 %
Час реакції	<1 мс	<1 мс
– допустиме ударне навантаження	30 g до14 мс	30 g
– допустиме вібраційне навантаження	20 g у діапазоні 20...2 кГц	IEC 68-2-6 55 g
– ступінь захисту	IP68	IP67

Конструкція давача тиску є класичною і забезпечує всі вимоги роботоздатності, що пред'являються до давачів, які застосовуються під час дослідження вібраційних і віброударних машин. Конструктивна схема давача тиску ADZ-SML-10 представлена на рис. 4, б.

Як чутливий елемент у давачі тиску ADZ-SML-10.0 (рис. 4, а, б) використано поліровану з нержавіючої сталі мембрану, на яку методом тонкоплівкової технології нанесена вимірювальна схема із полікристалічного кремнію. В результаті дії тиску на мембрану порушується рівновага в тензомістку, що приводить до появи вихідного сигналу. Оброблення сигналу здійснюється за допомогою інтегральної мікросхеми

спеціального призначення ASIC (Applicati-on Specific Integrated Circuit) і схеми перетворення напруги (струму).

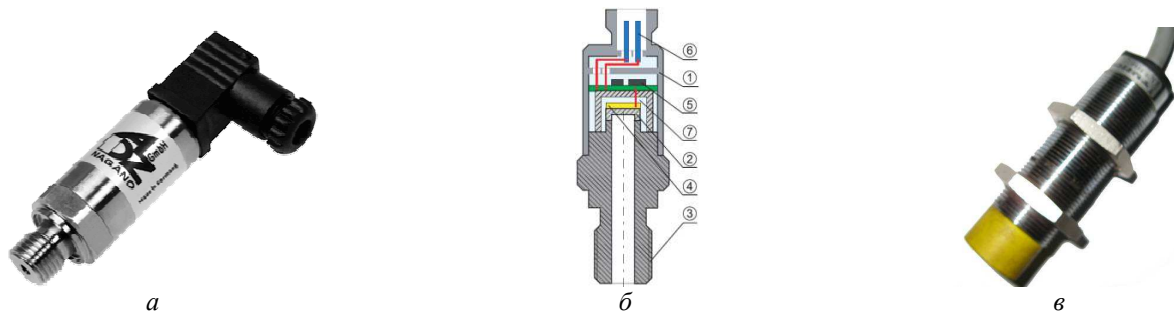


Рис. 4. Давачі вимірювального комплексу: а – зовнішній вигляд давача тиску ADZ-SML-10.0; б – конструктивна схема давача тиску ADZ-SML-10.0, де 1 – нержавіюча сталь, 2 – сталеві діафрагма, 3 – різь, 4 – сенсорний елемент, 5 – плата з електронними компонентами, 6 – роз'єми; в – зовнішній вигляд давача переміщення TURK Ni8-M18-LiU

Індуктивний давач переміщення TURK Ni8-M18-LiU з аналоговим виходом забезпечує сигнал у вигляді зміни сили струму або напруги, що пропорційно відстані від активної поверхні давача до вібростола (рис. 1).

Тарування давача переміщення виконано за допомогою розробленого вимірювально-реєструвального комплексу під час переміщення стола прецизійного координатно-розточувального верстата. Тарувальний графік давача переміщення показаний на рис. 5, б.

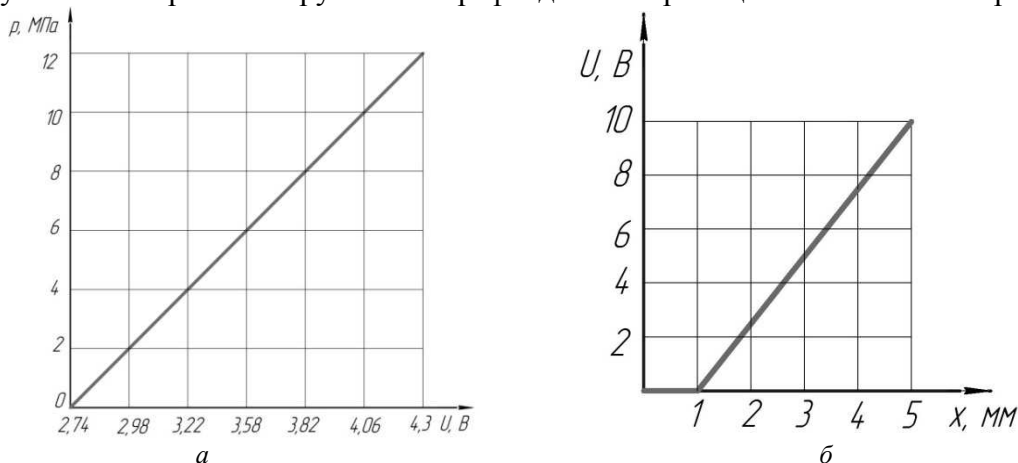


Рис. 5. Тарувальні графіки давачів вимірювального комплексу: а – тиску ADZ-SML-10.0; б – переміщення TURK Ni8-M18-LiU

Вимірювальний комплекс з використанням вищевказаного обладнання та схемою його підключення дозволяє уникнути викривлення сигналу у процесі реєстрування даних та мінімізувати похибку вимірювання робочих параметрів вібропрес-молота з електротгідравлічним керуванням.

Обладнання, що використовується у вимірювальному комплексі, за винятком давачів тиску та переміщення, знаходиться на значній відстані від вібраційного обладнання, що дозволяє уникнути негативних явищ, пов'язаних з поширенням вібраційних хвиль по підлозі лабораторії. Давачі, що використовуються у вимірювальному комплексі, відповідають усім вимогам, що пред'являються до вібраційного обладнання. Точність цього комплексу попередньо перевірялась на високоточному обладнанні за допомогою тарування давачів, що стверджує адекватність отриманих даних.

Використання такого комплексу є можливим на будь-якому вібраційному обладнанні завдяки використанню спеціальних перехідників та пристосування, що значно розширює можливості його експлуатації.

**Список використаних джерел**

1. Баранов В. Н. Электрогидравлические и гидравлические вибрационные машины / В. Н. Баранов, Ю. Е. Захаров. – М. : Машиностроение, 1977. – 326 с.
2. Іскович-Лотоцький Р. Д. Основи теорії розрахунку процесів і обладнання для віброударного пресування : монографія / Р. Д. Іскович-Лотоцький. – Вінниця : Універсум-Вінниця, 2006. – 338 с.
3. Іскович-Лотоцький Р. Д. Процеси та машини вібраційних і віброударних технологій : монографія / Р. Д. Іскович-Лотоцький, Р. Р. Обертюх, І. В. Севостьянов. – Вінниця : Універсум-Вінниця, 2006. – 291 с.
4. Слабкий А. В. Дослідження гідроімпульсного привода пристрою для радіального віброточіння / А. В. Слабкий, Р. Р. Обертюх, О. В. Дерібо // Промислова гідравліка і пневматика. – 2013. – № 2 (40). – С. 84–90.
5. Характеристики робочих параметрів давачів фірми ADZ [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.adz.de/pressure-transmitter.html>.
6. Характеристики робочих параметрів давачів фірми TURCK [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.turck.by/>.