

**УДК 621.74**

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ ВІБРОПРЕС-МОЛОТ З  
ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИМ КЕРУВАННЯМ ДЛЯ ФОРМОУТВОРЕННЯ  
ЗАГОТОВОК ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ**

Іскович-Лотоцький Ростислав Дмитрович, проф., д.т.н., зав. кафедри МРВОАВ  
Міськов Вадим Петрович, асистент  
Вінницький національний технічний університет, vadimmiskov@mail.ru

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ВИБРОПРЕСС-МОЛОТ С  
ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИМ УПРАВЛЕНИЕМ ДЛЯ  
ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЗАГОТОВОК ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Искович-Лотоцкий Ростислав Дмитрович, проф., д.т.н., зав. кафедры  
МРВОАВ  
Миськов Вадим Петрович, ассистент  
Винницкий национальный технический университет, vadimmiskov@mail.ru

**EXPERIMENTAL VIBRO-HAMMERS WITH ELEKTROHYDRAULIC  
CONTROL FOR FORMATION PIECES OF POWDER MATERIALS**

Iskovich-Lototskiy Rostyslav Dmitrovich, professor, Doctor of engineering sciences  
Miskov Vadim Peyrovich, assistant  
Vinnitsia national technical university, vadimmiskov@mail.ru

В статті представлений експериментальний вібропрес-молот з електрогідравлічним керуванням. Продемонстровано зовнішній вигляд, окремі складові та основні технологічні параметри. Описано принцип роботи та взаємодію всі його складових елементів. Наведено можливості використання блоку керування та результати його роботи.

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

В статье представлен экспериментальный вибропресс-молот с электрогидравлическим управлением. Продемонстрировано внешний вид, отдельные составляющие и основные технологические параметры. Описаны

принцип работы и взаимодействие всех его составляющих элементов. Приведены возможности использования блока управления и результаты его работы.

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

The paper presents experimental vibro-hammer with electrohydraulic control. Demonstrated appearance, individual components and basic technological parameters. Describes the work and interaction of all its components. Shows the possibility of using the control and the results of its work.

**Keywords:** vibro-hammer, vibration, control unit, measuring system..

**Постановка проблеми.** Використання корисних вібрацій для формоутворення заготовок різної конфігурації з порошкових матеріалів дозволяє значно підвищити його ефективність [1]. Відоме обладнання для вібраційного формоутворення має загальні конструктивні елементи і різняться в залежності від приводу, що використовується. Одним з найбільш перспективних вібраційних приводів є підвид гідравлічного – гідроімпульсний привод, практика експлуатації якого підтвердила перспективність подальшого його удосконалення. Проте, він має ряд недоліків, основні з яких – складність оригінальної конструкції, налагодження та експлуатація [2]. Тому нами запропоновано використати у гідроімпульсному приводі електрогідравлічний клапан з програмованим керуванням.

**Актуальність дослідження** пов'язана із автоматизацією відомого обладнання та полягає у інтегруванні комп'ютерних технологій у технологічний процес, шляхом часткової або повної автоматизації роботи.

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** Експериментальне дослідження використання у гідроімпульсному приводі електрогідравлічних клапанів з програмованим керуванням, дає можливість оцінити можливість подальшого використання таких віброзбудувачів у вібраційному обладнанні для відтворення імпульсного типу навантаження.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** показав, що використання електрогідравлічних приводів у вібраційному обладнанні було обмежене через складність відомих конструкцій та систем керування, що не давало можливості отримання необхідних результатів. З розвитком комп'ютерних технологій зростає зацікавленість у дослідженні електрогідравлічних приводів вібраційного обладнання.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Дана стаття присвячується експериментальному дослідженню електрогідравлічних клапанів з програмованим керуванням, що на практиці дозволить оцінити теоретичні розробки та дослідження у даному напрямку, а саме розглядяться конструкція експериментального вібропрес-молота з електрогідравлічним керуванням.

**Загальнонаукове значення,** полягає у дослідженні роботи стандартних електрогідравлічних клапанів з програмованим керуванням у вібраційному обладнанні, що дозволяє отримати імпульсний тип навантаження [1,2].

### **Викладення основного матеріалу**

Експериментальний вібропрес-молот з електрогідравлічним керуванням призначений для дослідження можливості використання електрогідравлічних клапанів з програмованим керуванням у гідроімпульсному приводі, визначення реальних закономірностей робочих параметрів вібропрес-молота (регулювання типу навантаження при заданому законі зміни потоку рідини) та відносних величин розходження результатів теоретичних і експериментальних досліджень.

Під час дослідження експериментального вібропрес-молота з електрогідравлічним керуванням для формування заготовок порошкових матеріалів передбачається можливість регулювання частоти подачі імпульсів тиску в межах 1...70 Гц та переміщення вібростола від 0 до 15 мм. Максимально допустимий тиск не перевищував 12,5 МПа при максимальній жорсткості гідросистеми. Вимірювально-реєструюча апаратура знаходить на

відстані від вібраційного обладнання у місці без впливу вібрацій та електромагнітних полів [3,7,8].

Експериментальний вібропрес-молота з електрогідравлічним керуванням створений на основі базової моделі ІВМП-16 [2], що знаходиться у лабораторії кафедри металорізальних верстатів та обладнання автоматизованих виробництв (МРВ та ОАВ) Вінницького національного технічного університету (ВНТУ).

Принципова гідрокінематична схема вібропрес-молота з електрогідравлічним керуванням для формоутворення заготовок порошкових матеріалів з комплектом вимірювально – реєструючої [6,9] апаратури наведена на рисунку 1.

Експериментальний вібропрес-молот з електрогідравлічним керування для формоутворення заготовок порошкових матеріалів складається з персонального комп'ютера (ПК) 1, до якого приєднано через аналоговоцифровий перетворювач (АЦП) 2 (L-Card E14-140) блок керування (БК) 3 [6,9]. До АЦП підключений давач переміщення 13 (TURK Ni8-M18-LiU) [4] та давач тиску 6 (ADZ-SML-10) [5]. БК в свою чергу з'єднаний з електромагнітом електрогідравлічного розподільника 7 (УЭГ.С-200), що виконує функцію клапана-пульсатора або віюрозбуджувача. Давач переміщення 13 нерухомо закріплений, через спеціальний тримач 14, на плиті 12, яка встановлена на опорах 10. В свою чергу на плиті 12 нерухомо закріплено гідроциліндр 11, плунжер 15 якого з'єднаний з вібростолом 24, та направляючі опори 19 по яких рухається траверса 20. До верхньої плити 22, що встановлена на направляючих 19, кріпиться гідроциліндр 23, який через шток 21 з'єднаний з траверсою 20. Гідроциліндр 23 живиться від гідростанції 26, яка містить гідронасос, запобіжний клапан, манометр та гідророзподільювач. В свою чергу гідроциліндр 11 живиться, через гідроканали 4 та 5, від гідростанції 9, яка містить бак 33, розподільювач потоку рідини, гідронасос, фільтр, клапан запобіжний, гідроаккумулятор, регулятор потоку рідини, дросель, манометр та розподільювач потоку рідини.

Заготовка 18 розміщується у прес формі 16 і 17, яка встановлена на вібростолі 24.

Експериментальний вібропрес–молот працює наступним чином. В нижню частину пресформи 16 завантажується порошковий матеріал 18, який в подальшому прижимається верхньою частиною пресформи 17. Для того, щоб верхня частина пресформи 17 в процесі обробки залишалась у своєму початковому положенні, верхня її частина прижимається траверсою 20.

Процес вібраційного формоутворення заготовки 18 відбувається шляхом дії на неї циклічних імпульсних навантажень з боку вібростола 24 (заданої амплітуди та сили), на якому кріпиться нижня пресформа 16. Імпульсний тип навантаження на вібростіл 24 передається через плунжер 15 гідроцилінда 11 з його робочої порожнини. Його відтворення на експериментальному вібропрес-молоті з електрогідравлічним керуванням можливо двома способами – параметричним та програмованим керуванням [3,8].

При параметричному керуванні значення тиску у нагнітаючій гідролінії 4 реєструється давачем тиску 6 і передається через АЦП 2 на БК 3. При досягненні заданого тиску  $p_1$  у нагнітаючій гідролінії 4 з БК на електрогідравлічного розподільвача 7 подається сигнал, який через штовхач переміщує золотник у «робоче» положення. За рахунок чого відбувається перетікання рідини з нагнітаючої гідролінії 4 у виконавчу порожнину гідроциліндра 11 і відповідне переміщення вібростола 24. Імпульсний тип навантаження виникає за рахунок передачі імпульсу енергії рідини, що акумулювався у рідині шляхом її стискання до заданого тиску  $p_1$  у нагнітаючій гідролінії 4. Після того як відбулось перетікання рідини у виконавчу порожнину гідроциліндра 11, тиск рідини у нагнітаючій порожнині 4 знизився до значення  $p_0$ , при якому з БК 3 на електрогідравлічного розподільвача 7 подається сигнал, який через штовхач переміщає золотник у «закрите» положення, і тиск у нагнітаючій гідролінії 4 знову починає зростати. У свою чергу рідина з робочої порожнини гідроциліндра 11 через гідролінію 5 витікає у бак гідросистеми 9, що супроводжується переміщенням вібростола 24

і плунжера 15 гідроциліндра 11, у початкове положення, за рахунок зворотніх пружин та зусилля, що діє з боку заготовки 18. Після чого цикл повторяється.

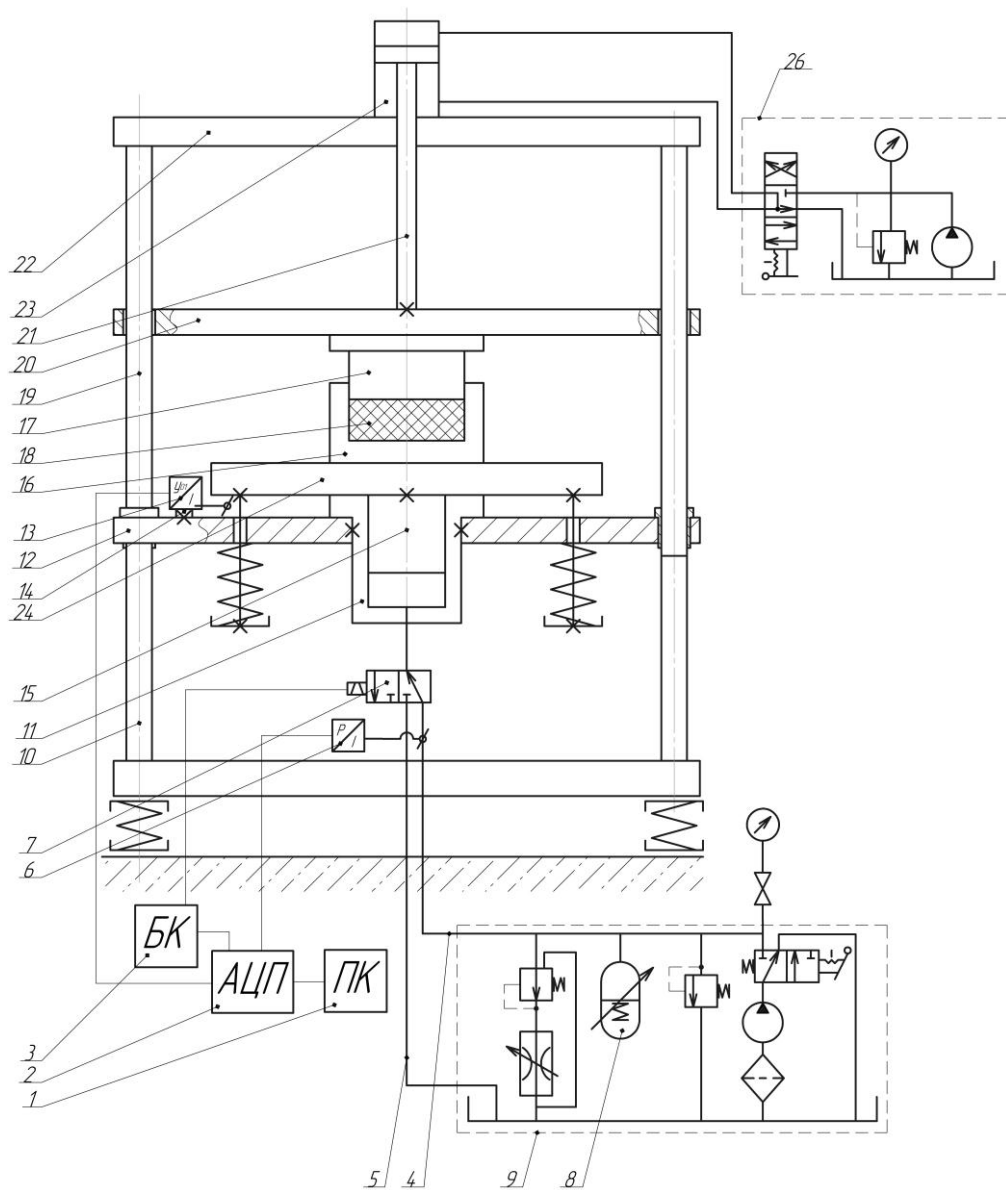


Рисунок 1 — Принципова гідрокінематична схема експериментального вібропрес-молота з електрогідравлічним керування для формоутворення заготовок порошкових матеріалів

При програмованому керуванні перетікання рідини з нагнітаючої гідролінії 4 у робочу порожнину гідроциліндра 11 та витікання неї через гідролінію 5 у бак гідростанції 25 відбувається за заданим законом, який залежить від частоти та скважності сигналів, що подаються з БК 3 на

електромагніт електрогідравлічного клапана 7, що забезпечує переміщення золотника у «робоче» чи «закрите» положення. За рахунок такого керування необхідно враховувати час, при якому тиск у нагнітаючій гідролінії досягає значення  $p_1$ , що дозволить забезпечити імпульсний тип навантаження на вібростолі 24. Для того, що збільшити максимально можливу частоту, при програмованому керуванні, на вихідному сигналі, з БК 3 на електромагніт електрогідравлічного розподільовача 7, регулюється скважність сигналу, що регулює час перебування золотника електрогідравлічного розподільовача 7 у «робочому» чи «закритому» положенні, на відміну від симетричного при скважності 50%. Регулювання скважності вихідного сигналу з БК 3, також дозволяє регулювати амплітуду вібрацій вібростола 24.

Конструктивні та технічні параметри експериментального вібропрес-молота з електрогідравлічним керуванням для формоутворення заготовок порошкових матеріалів наведені у таблиці 1.

Розроблена гідрокінематична схема була реалізована на практиці, а фотографії експериментального вібропрес-молота з електрогідравлічним керуванням для формоутворення заготовок порошкових матеріалів показано на рисунку 2.

Для відтворення необхідних технологічних параметрів у вібраційній машині шляхом керування електрогідравлічного розподільника було розроблено конструкцію та програмне забезпечення БК 3, блок схема та фотографія якого зображена на рисунку 3. Для нормального функціонування БК 3 з давачами 6 і 13, необхідно використовувати АЦП 3. Блок схема БК, що зображена на рисунку 3, розроблялась у програмному середовищі ISIS. За допомогою якого можливо проводити віртуальну симуляцію роботи заданої схеми, що з високою ймовірністю дозволяє прогнозувати форму вихідного сигналу та імовірні силові параметри. Живлення блоку керування відбувається підключення його у загальну мережу 220 В з частотою 50 Гц через 12В блок живлення, що забезпечує простоту функціонування усього блоку керування.

Інтерфейс БК дозволяє легко змінювати параметри вихідного сигналу, які додатково відображаються на робочій панелі БК.

Таблиця 1 — Конструктивні та технічні параметри експериментального вібропрес-молота з електрогідравлічним керуванням для формоутворення заготовок порошкових матеріалів

Найменування параметра та його позначення	Одиниця вимірювання	Числове значення параметра
Площі поперечного перерізу: — плунжера вертикального гідроциліндра	м <sup>2</sup>	$1,65 \cdot 10^{-2}$
Об'єм напірної порожнини гідросистеми привода.	м <sup>3</sup>	$0,7 \cdot 10^{-3}$
Подача насосів приводів: — циліндра вібростола; — траверси прижимної.	м <sup>3</sup> /с м <sup>3</sup> /с	$7,7 \cdot 10^{-3}$ $2,39 \cdot 10^{-3}$
Потужності електродвигунів насосів: — гідроімпульсного вертикального циліндра; — рухомої траверси.	кВт кВт	18,5 3,3
Максимальний об'єм циклового гідроакумулятора типу «місткість»	м <sup>3</sup>	$5,04 \cdot 10^{-4}$
Максимальне зусилля, що розвивається приводами; — привода гідроімпульсного вертикального циліндра; — приводом рухомої траверси.	Н Н	$23 \cdot 10^4$ $5 \cdot 10^4$
Максимальне робочий тиск у гідросистемах: — привода гідроімпульсного вертикального циліндра; — приводом рухомої траверси.	МПа МПа	14 6,3
Маси ланок пристрою: — виконавчої ланки зведеної до плунжера гідродвигуна при установці на вібростіл максимальної заготовки; — рухомої траверси;	кг кг	80 80...300
Жорсткості пружних елементів: — повернення виконавчої ланки ІВПМ-16 ; — пружини гідроакумулятора;	Н/м Н/м	$2,37 \cdot 10^6$ $1,13 \cdot 10^6$

Як зображено на рисунку 2, уся регулююча апаратура знаходиться на відстані від експериментального вібропрес-молота і не піддається впливу



вібрацій, що виникають під час роботи експериментального вібропрес-молота. Зв'язок БК з електрогідравлічним розподільником та давачами проводиться дистанційно за допомогою електричних подовжувачів. Керування блоком керування здійснюється безпосередньо під час робочого процесу, і не потребує залучення спеціалістів з особливим знанням відповідного комп'ютерного та програмного забезпечення.

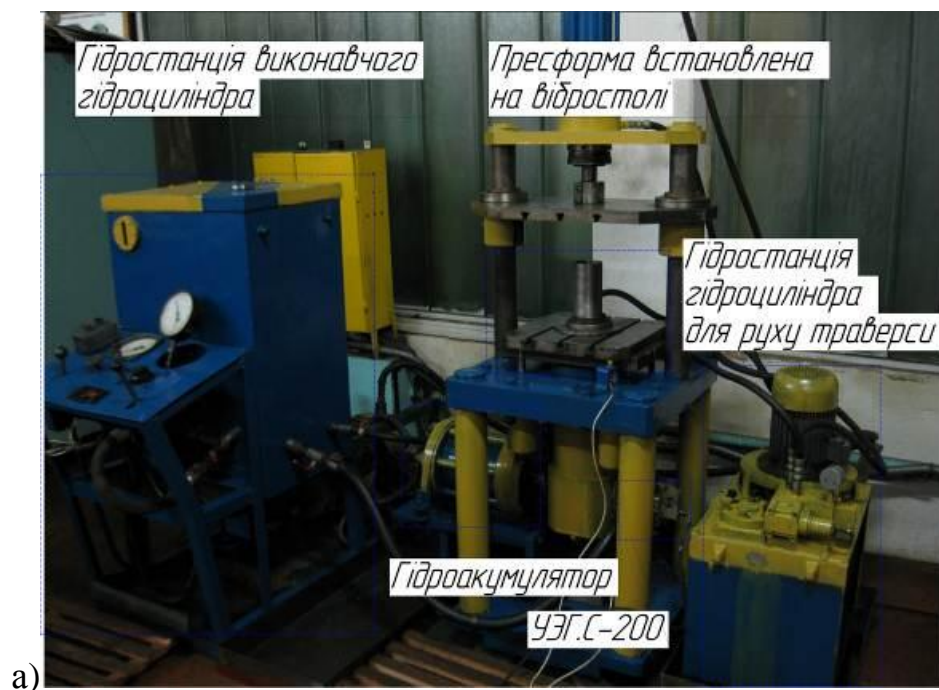
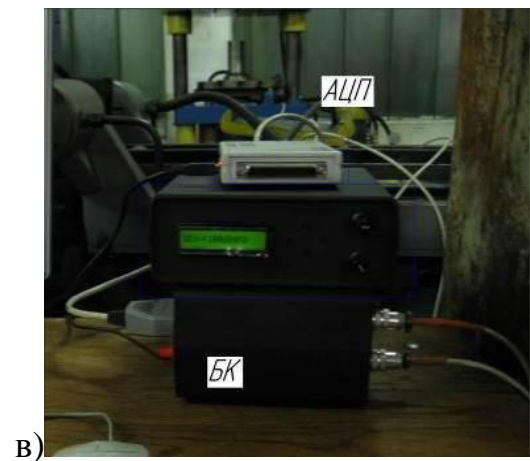
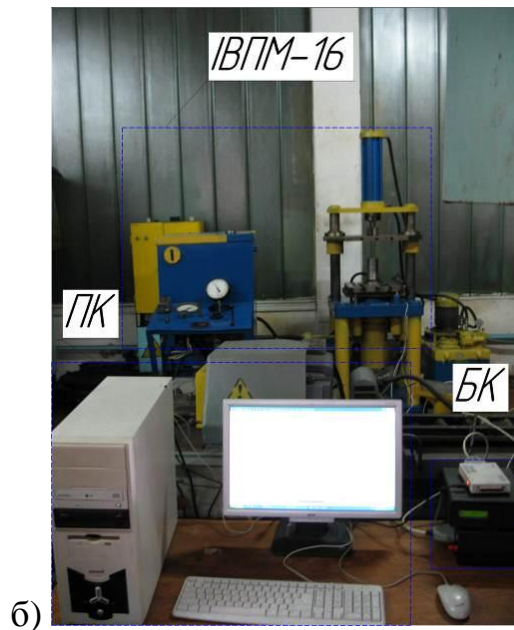


Рисунок 2 — Фотографії експериментального вібропрес-молота з електрогідравлічним керуванням для формоутворення заготовок порошкових матеріалів

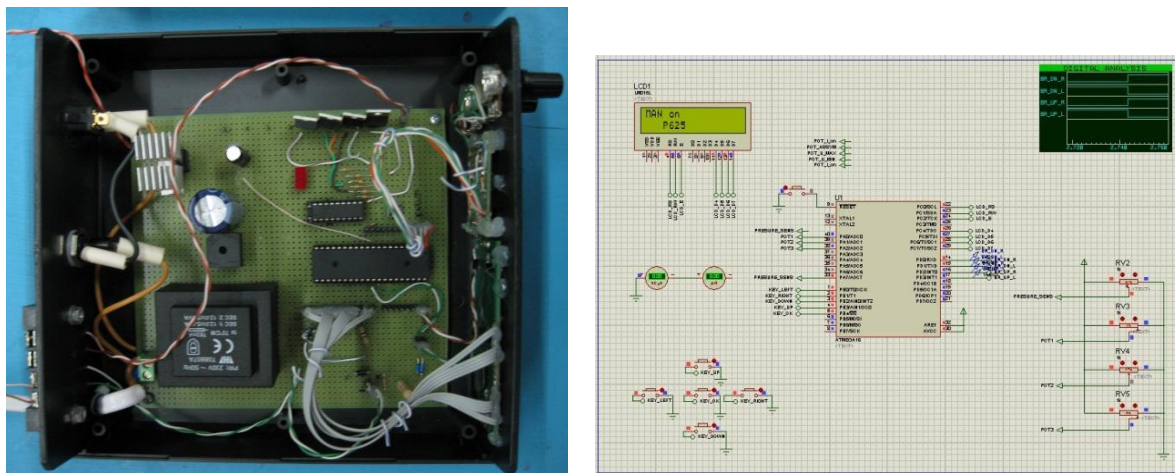


Рисунок 3 – Фотографія та блок-схема блоку керування

### Висновки

Запропонована система керування вібропрес-молота з програмованим керуванням практично підтверджує свою працездатність та у порівнянні з «класичними» конструкціями ГІТ гідроімпульсного привода, має ряд переваг, а саме: дистанційне керування ВМ, легка зміна та налагодження параметрів вібронавантаження і можливість роботи у гнучких виробничих комплексах.

Розроблений БК дозволяє генерувати імпульси, що подаються на електромагніт електрогідравлічного віброзбуджувача, різної частоти та форми для забезпечення різних режимів вібропрес-молота. Роботоздатність стенда і усієї регулюючо-розподільчої апаратури було перевірено на практиці.

### Перелік використаних джерел

1. Іскович – Лотоцький Р.Д. Основи теорії розрахунку процесів і обладнання для віброударного пресування. Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2006. – 338 с.

2. Іскович – Лотоцький Р.Д. / Процеси та машини вібраційних і віброударних технологій. Монографія. // Іскович – Лотоцький Р.Д., Обертюх Р.Р., Севостьянов І.В. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006 – 291 с.

3. Баранов В.Н. / Электрогидравлические и гидравлические вибрационные машины // Баранов В.Н., Захаров Ю.Е. – М.: Машиностроение, 1977. – 326 с.

4. Характеристики робочих параметрів давачів фірми TURCK [Електронний ресурс].-Режим доступу: <http://www.turck.by/> – Назва з екрану.

5. Характеристики робочих параметрів давачів фірми ADZ [Електронний ресурс].-Режим доступу: <http://www.adz.de/pressure-transmitter.html> – Назва з екрану.

6. Вимірювальний комплекс вібропрес-молота з електрогидравлічним керуванням / Р.Д. Іскович-Лотоцький, Обертюх Р.Р., Міськов В.П., Слабкий А.В.; Черніг. нац. технол. ун-т – Чернігів:, 2014. – № 1 (71) –247. – Бібліогр.: С.9 –14.

7. Матвеев И. Б. Гидропривод машин ударного и вибрационного действия. М.: Машиностроение, 1974. - 184 с.

8. Вибрации в технике: Справочник в 6-ти т. /Ред. совет: В. Н. Челомей (пред.). - М. Машиностроение, 1981. Т.4. Вибрационные процессы и машины /Под ред. Е. Е. Лавендела. - 509 с.

9. Вибрации в технике: Справочник в 6-ти т. /Ред. совет: В. Н. Челомей (пред.). - М.: Машиностроение, 1981. - Т.5. Измерения и испытания. /Под ред. М. Д. Генкина. - 496 с.

### **Перелік використаних джерел у транслітерація**

1. Iskovych – Lotots'kyu R.D. Osnovy teorii rozrakhunku protsesiv i obladnannya dlya vibroudarnoho presuvannya. Monohrafiya. – Vinnytsya: UNIVERSUM – Vinnytsya, 2006. – 338 s.

2. Iskovych – Lotots'ky R.D. / Protsesy ta mashyny vibratsiynykh i vibroudarnykh tekhnolohiy. Monohrafiya. // Iskovych – Lotots'ky R.D., Obertyukh R.R., Sevost'yanov I.V. – Vynytsya: UNIVERSUM-Vinnytsya, 2006 – 291 s.

3. Baranov V.N. / Elektrogidravlicheskie i gidravlicheskie vibratsionnyie mashyny // Baranov V.N.,Zaharov Yu.E. – M.:Mashinostroenie, 1977. – 326s.

4 Harakteristiki robochih parametriv davachiv flrmi TURSK [Elektroni resurs].-Rezhim dostupu: <http://www.turck.by/> – Nazva z ekranu.

5 Harakteristi robochih parametriv davachiv flrmi ADZ [Elektroni resurs].- Rezhim dostupu: <http://www.adz.de/pressure-transmitter.html> – Nazva z ekranu.

6. VimIryuvalniy kompleks vIbropres-molota z elektrogIdravlichnim keruvannyam / R.D. Iskovich-Lototskiy, Obertyuh R.R., MIskov V.P., Slabkiy A.V.; ChernIg. nats. tehnol. un-t – ChernIgIv.;, 2014. – # 1 (71) –247. – BIblIogr.: S.9 –14.

7. Matveev I. B. Hidroprivod mashin udarnogo i vibratsionnogo deystviya. M.: Mashinostroenie, 1974. - 184 s.

8. Vibratsii v tehnikе: Spravochnik v 6-ti t. /Red. sovet: V. N. Chelomey (pred.). - M. Mashinostroenie, 1981. T.4. Vibratsionnyie pro-tsessyi i mashyny /Pod red. E. E. Lavendela. - 509 s.

9. Vibratsii v tehnikе: Spravochnik v 6-ti t. /Red. sovet: V. N. Chelomey (pred.). - M.: Mashinostroenie, 1981. - T.5. Izmereniya i is-pyitaniya. /Pod red. M. D. Genkina. - 496 s.