

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІБРОАБРАЗИВНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Тригуба А. М., Чубик Р. В.

*Львівський національний аграрний університет*

*Запропоноване конструктивне рішення автоматизованого пристрою для віброобразивної обробки деталей сільськогосподарських машин.*

**Постановка проблеми.** Для сучасної машинобудівної галузі характерною особливістю є випуск складних високоточних виробів, до складу яких досить часто входять деталі складної конфігурації, що потребують обробки у вигляді очищення зовнішніх і внутрішніх поверхонь від окалини, оксидів, бруду перед нанесенням покриттів фізико-хімічними методами або фарбуванням, безрозмірне шліфування або поверхневе зміцнення. Для реалізації даних технологій у промисловості, в основному використовують механічний метод (віброобразивну обробку), що характеризується універсальністю, малою енергоємністю, простотою утилізації відходів та легкістю забезпечення відповідності санітарним нормам. Найчастіше реалізується цей метод обробки на спеціальному вібраційному обладнанні із різними типами приводів з використанням одноосового вібронавантаження, яке нездатне забезпечити високу якість та продуктивність обробки деталей складної конфігурації. Автоматизація режиму віброобразивної обробки деталей є актуальним питанням тому, що дозволяє на принципово новому рівні вирішити поставлені задачі та реалізувати вимоги які ставить сучасне промислове виробництво перед вібраційною технікою та технологіями.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Огляд літератури [1] показує наявність широкого кола методів, засобів та систем керування для реалізації впливу на динамічні параметри вібраційного поля вібромашин. В роботі [2] запропоновано найбільш прогресивніше рішення вібраційної технологічної машини для віброобразивної обробки деталей у автоматичному режимі, яка дозволяє у автоматичному режимі: проводити адаптивне настроювання та підтримування у часі резонансного режиму роботи контейнера (пустотілого робочого органу) незалежно від маси його завантаження середовищем та деталями на протязі усього циклу віброобробки; проводити адаптивне настроювання та підтримування у часі заданого технологічно оптимального значення параметрів вібраційного поля (питомої роботи, питомої потужності) у пустотілому робочому органі завантаженого середовищем та деталями на протязі усього циклу віброобробки; проводити керування напрямом та формою траєкторії руху завантаженого середовища і деталей у пустотілому робочому органі по наперед визначеній користувачем (оператором) програмі на протязі усього циклу віброобробки. У комплексі дані три особливості конструкції автомату для віброобразивної обробки деталей дозволяють отримувати для деталей складної просторової форми заданий технологічний ефект (заданий клас шорсткості поверхні деталей при шліфуванні та поліруванні, задану величину зйому металу із деталі при знятті задірів та оздоблювально-зачисній обробці, задане зміцнення поверхні пластич-

ним деформуванням) при мінімальних енергозатратах.

**Мета статті.** Розробити конструктивне рішення пристрою для віброобразивної обробки деталей у автоматичному режимі, структурні елементи якого здатні забезпечувати і підтримувати на протязі технологічного циклу віброобразивної обробки на заданому оптимальному рівні енергетичні та динамічні параметри робочого органу вібромашини.

**Основні матеріали дослідження.** Запропонований керований пристрій для віброобразивної обробки деталей (рис. 1) складається із рами 2 на якій пружно встановлено на пружинах 18 контейнера 1, який заповнюється робочим середовищем та оброблюваними деталями. З боку контейнера 1 розміщений вал 3 керованого дебалансного віброзбуджувача 4, у якого є можливість [1] дистанційно змінювати ексцентриситет центра мас дебалансів 5 та 15 за рахунок кута  $\beta \pm \Delta\beta$  між ними. Вал 3 через еластичну муфту 6 з'єднано із електродвигуном 7. Вал 3 встановлений у корпус керованого дебалансного віброзбуджувача 4 на конічних підшипниках 12. На валу 3 жорстко закріплений нерухомий дебаланс 5, а із протилежної сторони до підшипників 12 на валу 3 виконано діаметрально протилежно дві зустрічно напрямлені канавки K1, що мають довжину, рівну половині кроку гвинта і в нормальному перерізі форму півкруга. У канавках розміщено шарики шпонки 19 на яких встановлено рухомий дебаланс 15. Рухомий дебаланс 15 кінематично з'єднаний із механізмом регулювання положення 21 рухомого дебалансу 15 вздовж осі валу 3 керованого дебалансного віброзбуджувача 4. Механізм регулювання положення 21 рухомого дебалансу 15 вздовж осі валу 3 складається із перетворювача руху 22, що виконаний у вигляді передачі гвинт-гайка яка перетворює обертовий рух валу крокового двигуна (або сервоприводу) 23, що кріпиться до механізму регулювання положенням 21 у поступальний рух рухомого дебалансу 15 вздовж осі валу 3. В центральній частині контейнера 1 встановлено на пружинах 8 центральне тіло 9 (активатор), у центральній частині активатора 9 вздовж його осі на конічних підшипниках 20 встановлений вал 10. Вал 10 через еластичну муфту 10 з'єднано із електродвигуном 14. На валу 10 жорстко закріплений нерухомий дебаланс 24, а із протилежної сторони до підшипників 20 на валу 10 виконано діаметрально протилежно дві зустрічно напрямлені канавки K2, що мають довжину, рівну половині кроку гвинта і в нормальному перерізі форму півкруга. У канавках розміщено шарики шпонки 25 на яких встановлено рухомий дебаланс 26. Рухомий дебаланс 26 кінематично з'єднаний із механізмом регулювання положення 27 рухомого дебалансу 26 вздовж осі валу 10. Механізм регулювання положення 27 рухомого

дебалансу 26 вздовж осі валу 10 складається із перетворювача руху 28, що виконаний у вигляді передачі гвинт-гайка яка перетворює обертовий рух валу крокового двигуна (або сервоприводу) 29, що кріпиться до механізму регулювання положенням 27 у поступальний рух рухомого дебалансу 26 вздовж осі валу 10. Активатор 9 з'єднано із контейнером 1 за допомогою еластичних стінок 16. Зверху контейнера 1 заходить завантажувальна горловина 17, а з низу вивантажувальна горловина 30.

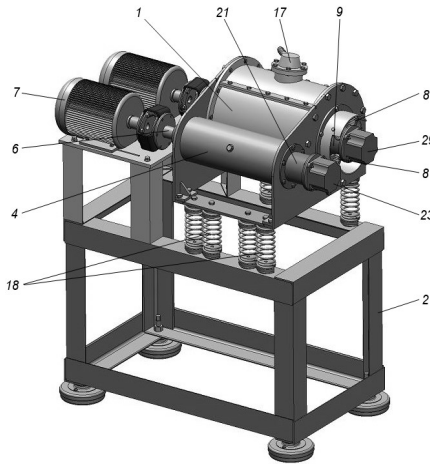


Рисунок 1 – Загальний вигляд запропонованого пристрою для віброабразивної обробки деталей у автоматичному режимі

Для початку циклу автоматизованої віброобробки деталі із певною сукупною довільною загальною масою разом із робочим середовищем через горло-вину 17 завантажуються в контейнер 1. Перед запуском керованого пристрою для віброабразивної обробки деталей дебаланси 5 та 15 керованого дебалансного вібробуджувача 4 та дебаланси 24 та 26 активатора 9 знаходяться в діаметрально протилежному положенні (так само як у роботі [2]) тобто, кут між їхніми центрами мас становить  $\beta=180^\circ$ . Їхні сумарні статичні моменти (5 та 15 і 24 та 26) відносно центральних осей їхніх валів 3 і 10 рівні нулю. В момент запуску керованого пристрою для віброабразивної обробки деталей із частотою роботи  $\omega$  електродвигуни 7 та 14 передають крутні моменти до еластичних муфт 6 та 13 і вал 3 керованого дебалансного вібробуджувача 4 та валу 10 активатора 9 починають обертатись із частотою  $\omega$  яка є технологічно оптимальною для реалізації своїх функцій керованим пристроєм для віброабразивної обробки деталей. Після виходу керованого пристрою для віброабразивної обробки деталей на заданий режим роботи по  $\omega$  частоті коливань його циклічної вимушуючої сили  $F$  ( $F=F \cdot \sin(\omega \cdot t)$ ), система керування роботою (не показана на рисунках) починає виводити  $F$  амплітуду циклічної вимушуючої сили на задане технологічно оптимальне значення.

Введення амплітуди  $F$  циклічних вимушуючих сил керованого вібробуджувача 4 та вібробуджувача активатора 9 (та керування ними  $F \pm \Delta F$ ) проводиться системою керування [3] на основі промислового мікроконтролера через два ідентичні контури системи керування: одноосовий модуль позиціонування, кабель, сервопідсилювач, сервопривод – шляхом виведення заданих кількостей імпульсів для забезпечення

певних кутів поворотів валів сервоприводів (або крокових двигунів) 23 і 29. В результаті команди від системи керування сервоприводи 23 і 29 повертають свої вали на заданий кут  $\alpha$  (значення величини кута повороту  $\alpha$  валу сервоприводу обмежень немає, тобто може бути як більшим за  $360^\circ$  так і меншим за  $360^\circ$  і визначається лише кількістю імпульсів та кутовим кроком самого сервоприводу, ще однією особливістю сервоприводу є те, що він має здатність утримувати заданий кут повороту в часі).

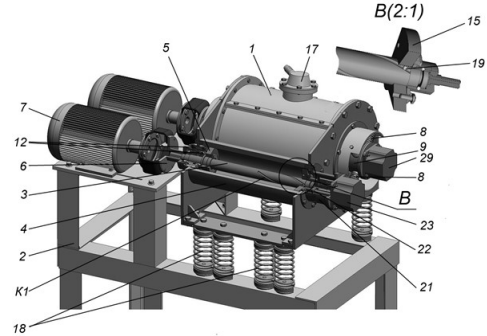


Рисунок 2 – Внутрішня будова автоматизованого дебалансного вібробуджувача

Поворот валів на кут  $\alpha$  сервоприводів 23 та 29 зумовить викручування (закручування) у передачах гвинт-гайка перетворювачів руху 22 та 28 механізмів регулювання положень 21 та 27 рухомих дебалансів 15 та 26. Викручування (закручування) у перетворювачах руху 22 та 28 зумовить рух рухомих дебалансів 15 та 26 вздовж основної осі валу 3 керованого дебалансного вібробуджувача 4 та валу 10 активатора 9. Завдяки кінематичному зв'язку рухомих дебалансів 15 та 26 із перетворювачами руху 22 та 28 вони можуть обертатись навколо основної осі валів 3 та 10 і переміщатись вздовж них. Переміщуючись вздовж основних осей валів 3 та 10 рухомі дебаланси 15 та 26 починають повертатись відносно їх центральних осей (так само як у роботі [2]) завдяки тому, що відбувається переміщення двох шарикових шпонків 19 та 25 котрі одночасно перебувають у двох пазах під шпонку на рухомих дебалансах 15 та 26 і у двох діаметрально протилежно зустрічно напрямлених канавках K1 та K2 валу 3 керованого дебалансного вібробуджувача 4 та валу 10 активатора 9. В результаті повороту рухомих дебалансів 15 та 26 навколо основних осей валу 3 керованого дебалансного вібробуджувача 4 та валу 10 активатора 9 змінюється сумарний статичний момент пари дебалансів 5 і 15 відносно центральної осі валу 3 керованого дебалансного вібробуджувача 4 та пари дебалансів 24 і 26 відносно центральної осі валу 10 активатора 9. Зміна ексцентриситету призведе до зміни відцентрової циклічної вимушуючої сили  $F$  керованого дебалансного вібробуджувача 4 та вібробуджувача активатора 9.

Відцентрова циклічна вимушуюча сила  $F$  керованого дебалансного вібробуджувача 4 та вібробуджувача активатора 9 визначається виразами  $F = m \cdot e \cdot \omega$  де  $m$  - маса дебалансів,  $e$  - ексцентриситет дебалансів 5 і 15 відносно центральної осі валу 3 для керованого дебалансного вібробуджувача 4 і дебалансів 24 і 26 відносно центральної осі валу 10 активатора 9. Зміна динамічних параметрів вимушуючої циклічної сили

керованого віброзбуджувача 4 та активатора 9 буде безпосередньо впливати на технологічні характеристики керованого пристрою для віброабразивної обробки деталей в процесі реалізації ним заданої технології обробки деталей, зокрема при: віброабразивній обробці (віброшліфування та віброполірування), віброзачистці (видалення облоя, заусенців; округлення кромки), віброзміцненні (підвищення мікротвердості; створення залишкових напружень), віброочистці (очистка заготовок і деталей від окалини, корозії; нагару), віброзмішуванні, вібраційному подрібненні (режим віброміна).

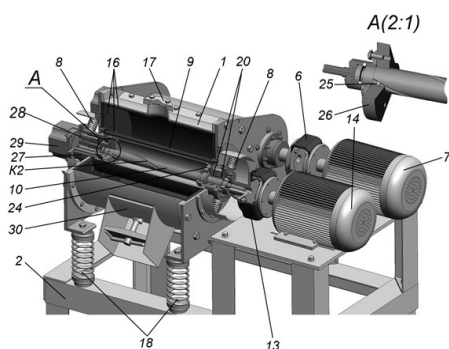


Рисунок 3 – Внутрішня будова контейнера із розміщеним у його центральній частині по всій довжині пружно встановленим автоматизованим дебалансним віброприводом

Згідно досліджень наведених у роботі [2] шари робочого середовища та деталей котрі розміщені біля поверхні контейнера 1, переміщуються в напрямі протилежному до напрямі обертання валу керованого дебалансного віброзбуджувача 4, а шари робочого середовища та деталей котрі розміщені біля поверхні центрального тіла 9 (активатора) переміщуються в напрямі протилежному до напрямі обертання валу 10 керованого дебалансного віброзбуджувача активатора 9, в результаті чого, шари робочого середовища та деталей котрі розміщені біля поверхні контейнера 1, рухаються на зустріч шарам робочого середовища та деталей котрі розміщені біля поверхні центрального тіла 9 (активатора). Такий характер руху робочого середовища та оброблюваних деталей активізує технологічний процес віброабразивної обробки деталей у пристрої за рахунок збільшення відносної взаємної швидкості переміщення гранул робочого середовища та оброблюваних деталей. Керуючи зміною повороту валів на кут  $\alpha$  сервоприводів 23 та 29, зміною частоти та напрямі обертання валів електродвигунів 7 і 14 можна в широких межах керувати амплітудою, частотою та траєкторією руху шарів робочого середовища та деталей, що розміщені в контейнері 1. Така конструкція керованого пристрою для віброабразивної обробки деталей дозволяє забезпечити та підтримувати в часі на протязі всього циклу віброабразивної обробки задані технологічно оптимальні параметри вібраційного поля у контейнері 1.

**Висновки.** Запропоноване конструктивне рішення автоматизованого пристрою для віброабразивної обробки деталей дозволяє роздільно (незалежно) керувати амплітудою та частотою циклічної вимушеної сили керованого дебалансного віброзбуджувача пружно встановленого контейнера та амплітудою і

частотою циклічної вимушеної сили керованого дебалансного віброзбуджувача, що забезпечує коливний рух розміщеного у центральній частині по всій довжині контейнера пружно встановленого тіла. Керування частотою та амплітудою коливань керованих дебалансних віброзбуджувачів дозволить забезпечувати та підтримувати на заданому, і з технологічної точки зору оптимальному рівні, параметри вібраційного поля у пружно встановленому контейнері на протязі усього циклу віброабразивної обробки деталей. Запропоноване конструктивне рішення автоматизованого пристрою для віброабразивної обробки деталей також дозволяє незалежно керувати напрямом обертання валів у керованих дебалансних віброзбуджувачах пружно встановленого контейнера та розміщеного у центральній частині по всій довжині контейнера пружно встановленого тіла. Керування напрямом обертання валів у керованих дебалансних віброзбуджувачах, пружно встановленого контейнера та розміщеного у центральній частині по всій довжині контейнера пружно встановленого тіла, дозволить керувати траєкторією руху деталей та (оброблюваного) робочого середовища у пружно встановленому контейнері на протязі усього циклу віброабразивної обробки деталей.

#### Список використаних джерел

1. Чубик Р. В., Ярошенко Л. В. Керовані вібраційні технологічні машини. Вінниця : ВНАУ, 2011. 355 с.
2. Чубик Р. В., Явір В. В., Горбатюк Р. М. Енергозберігаюча система для автоматичної віброабразивної обробки деталей. *Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Щоквартальний науково-виробничий журнал*. Кременчук : КрНУ, 2013. Вип. 2/2013 (22). С.162-169.
3. Чубик Р. В. Адаптивна система керування режимами резонансних вібраційних технологічних машин: Автореф. дис... канд. тех. наук. Львів, 2007. 20 с.

#### Анотація

### АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧЕСКОГО ПРОЦЕСА ВИБРОАБРАЗИВНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСЬКОХОЗЯЙСТВЕННИХ МАШИН

Тригуба А. М., Чубик Р. В.

*Предложено конструктивное решение автоматизированного устройства для виброабразивной обработки деталей сельскохозяйственных машин.*

#### Abstract

### AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL PROCESS FOR VIBRO ABRASIVE TREATMENT OF DETAILS OF AGRICULTURAL MACHINES

A. Tryhuba, R. Chubyk

*The design solution of the automated device for vibration abrasive treatment of details of agricultural machines is offered.*