

АВТОМАТИЗОВАННЫЙ ДЕБАЛАНСНЫЙ ВИБРОПРИВОД**Чубик Р. В., Мокрицкий Р. Б., Деньщиков О. Ю.**

Предложено конструктивное решение управляемого вибровозбудителя, которое позволяет дистанционно в произвольных пределах (и в произвольном направлении) управлять амплитудой колебаний рабочего органа во многих адаптивных вибрационных технологических машинах за счет изменения угла между дебалансами, расположенных на валу вибровозбудителя с помощью промышленного микроконтроллера через следующий контур системы управления: одноосный модуль позиционирования, кабель, сервоусилитель, серводвигатель – путем вывода заданного количества импульсов для обеспечения определенного угла поворота вала серводвигателя. Применение предложенного управляемого вибровозбудителя позволит интегрировать такие технологические процессы, как виброобразивная обработка, виброзащитка, виброупрочнение, вибрационное снижение остаточных напряжений и другие вибрационные процессы в сложные высокоавтоматизированные гибкие технологические линии и робототехнические комплексы.

Запропоновано конструктивне рішення керуваного вібробуджувача, що дозволяє дистанційно в довільних межах (та в довільному напрямі) керувати амплітудою коливань робочого органу в багатьох адаптивних вібраційних технологічних машинах за допомогою зміни кута між дебалансами, що розташовані на валу вібробуджувача за допомогою промислового мікроконтроллера через наступний контур системи керування: одноосьовий модуль позиціонування, кабель, сервопідсилювач, серводвигун – шляхом виведення заданої кількості імпульсів для забезпечення певного кута повороту вала серводвигуна. Застосування запропонованого керуваного вібробуджувача дозволить інтегрувати такі технологічні процеси, як віброобразивна обробка, віброзащитка, віброзміцнення, вібраційне зниження залишкових напружень та інші вібраційні процеси у складні високоавтоматизовані гнучкі технологічні лінії та робототехнічні комплекси.

The authors proposed a constructive solution managed vibration drive that allows remotely to arbitrary limits (and in any direction) to control the amplitude vibration of the working body in many adaptive vibration technology machines by changing the angle between the unbalance, located on the shaft vibration drive by industrial microcontroller through the next loop system control: uniaxial module positioning, cable, servo amplifier, servo motor – by removing the specified number of pulses for a given angle of rotation of the shaft servomotor. Application of the proposed controlled vibration drive will integrate such processes as vibration abrasion, vibratory cleaning, vibration hardening, vibratory stress relief and other vibrating processes in complex highly flexible production lines and robotic systems.

Чубик Р. В.

канд. техн. наук, доц. ДГПУ

Мокрицкий Р. Б.

магистр ДГПУ

Деньщиков А. Ю.

канд. техн. наук, доц. каф. КИТ ДГМА
alex_day@ukr.net

ДГПУ – Дрогобычский государственный педагогический университет, г. Дрогобыч.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 62-521:62-868:62-531.7

Чубик Р. В., Мокрицький Р. Б., Деньщиков О. Ю.

АВТОМАТИЗОВАНИЙ ДЕБАЛАНСНИЙ ВІБРОПРИВОД

Сучасне високотехнологічне виробництво характеризується різноманітністю вібромашин і вібротехнологій, котрі за своєю сутністю і призначенням дозволяють забезпечити гарантоване отримання необхідного продукту праці відповідно до заданих цілей діяльності. Вібраційні машини знайшли своє місце в таких галузях як машинобудування та приладобудування, а також в гірничо-переробній, харчовій та хімічній промисловості. Практично у всіх згаданих галузях для покращення якості кінцевого продукту, рентабельності виробництва та збільшення його продуктивності використовуються складні високоавтоматизовані гнучкі технологічні лінії та робототехнічні комплекси. Оптимальне співвідношення між енергозатратами на виробництво та якістю кінцевої продукції при реалізації вібраційних технологій дозволяють забезпечити адаптивні вібраційні технологічні машини (АВТМ) резонансного типу. Особливістю адаптивних вібромашин є те, що вони автоматично відслідковують та підтримують постійний резонансний режим роботи робочого органу та на робочій резонансній частоті автоматично коректують амплітуду коливань робочого органу для забезпечення заданої кількості технологічного впливу вібрації на кінцевий продукт праці. Особливість дебалансного віброприводу в АВТМ є те, що він повинен дозволяти оперативно та незалежно один від одного змінювати два параметри – частоту та амплітуду циклічної вимушуючої сили. Одним із шляхів покращення та розширення технологічних параметрів АВТМ є удосконалення існуючих та створення принципово нових керованих дебалансних віброприводів (вібробуджувачів).

Широке застосування у будівельній промисловості через простоту своєї конструкції отримав керований дебалансний вібропривод (вібробуджувач) розроблений професором Л. І. Сердюком (м. Полтава). Зовнішній вид механізму зведення та розведення дебалансів у запропонованому ним керованому віброприводі подано на рис. 1 (а – відповідає встановленню дебалансів у позицію максимального сумарного статичного моменту відносно осі обертання; б – відповідає встановленню дебалансів у позицію мінімального сумарного статичного моменту відносно осі обертання). Створений Л. І. Сердюком керований дебалансний вібропривод [1], складається із корпусу в котрім на підшипниках встановлено приводний вал з розміщеним на ньому нерухомим і рухомим дебалансами та механізмом регулювання положення рухомого дебалансу, на валу виконано діаметрально протилежно дві зустрічно напрямлені канавки, що мають довжину, рівну половині кроку гвинта і в нормальному перерізі форму півкруга, механізм регулювання положення рухомого дебалансу виконаний у вигляді шпонок розміщених в канавках і зв'язаних з рухомим дебалансом, і тяги зв'язаної із зовнішньою обоймою одного із підшипників, а рухомий дебаланс зв'язаний з внутрішньою обоймою того ж підшипника і кут нахилу канавок до повздовжньої осі приводного валу, на ділянці між рухомим та нерухомим дебалансами, виконаний плавно змінним від нуля до заданого значення.

Недоліком даного пристрою є те, що в конструктивному рішенні механізму керування амплітудою вібробуджувача [1] наявні такі елементи як: кривошип, маховик та гнучка тяга, яка здатна пробуксовувати у випадку керування амплітудою вимушуючої циклічної сили вібробуджувача (зокрема при відпрацьовуванні вібробуджувачем [1] певного заданого положення між рухомим на нерухомим дебалансами). Тому відповідно до [1], вібробуджувач пропонується застосовувати для виключення резонансних явищ при пуску та вибігу (за рахунок зведення та розведення дебалансів). Конструктивне рішення вібробуджувача [1]

не дозволяє застосовувати його для оперативного керування параметрами вібрації [2, 3] вібраційних технологічних машин, що входять до складу гнучких високоавтоматизованих технологічних ліній та робототехнічних комплексів.

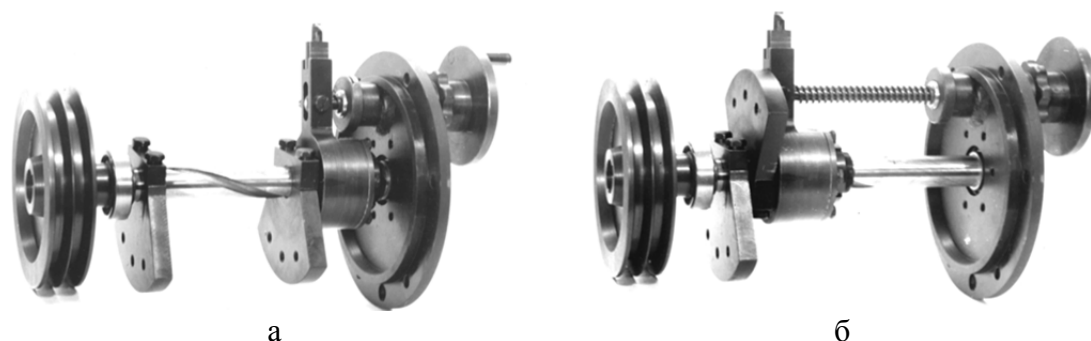


Рис. 1. Керований дебалансний вібропривод, розроблений проф. Л. І. Сердюком

Мета даної роботи – розробити конструктивне рішення автоматизованого дебалансного віброприводу для адаптивних вібраційних технологічних машин.

Розроблений у результаті виконання поставленого завдання автоматизований вібропривод зображено на рис. 2. Він складається із корпусу 1, в котрому на конічних радіально-упорних підшипниках 2 та 3 встановлено приводний вал 4. На валу 4 розміщений нерухомий 5 та рухомий 6 дебаланси. На валу 4 виконано діаметрально протилежно дві зустрічно напрямлені канавки 7, що мають довжину, рівну половині кроку гвинта та в нормальному перерізі мають форму півкруга (на рис. 2 схематично зображено переріз канавки 7 прямокутним). Конічний підшипник 2 внутрішнім кільцем впирається в буртик приводного валу 4, а зовнішнім кільцем впирається у штопорне кільце 8 котре болтами кріпиться до корпусу 1. Буртик приводного валу 4 та штопорне кільце 8 обмежують переміщення приводного валу 4 у відповідному осьовому напрямі відносно корпусу 1. Осьовий рух зовнішнього кільця конічного підшипника 3 обмежується фланцем 9 (фланець 9 є зварною деталлю тому на рис. 2 а) зображений як сукупність трьох елементів). В основі фланця 9 розташований ущільнюючий пристрій (сальник) 10, що запобігає забрудненню підшипників 2, 3 та витіканню мастила із корпусу керованого віброзбудувач. Регулювання робочого натягу конічних радіально-упорних підшипників 2, 3 та фіксація руху в осьовому напрямі приводного валу 4 проводиться з допомогою натяжної гайки 11, штопорної шайби 12 та втулки 13. Штопорна шайба 12 запобігає саморозгвинчуванню натяжної гайки 11 при дії на неї вібрації.

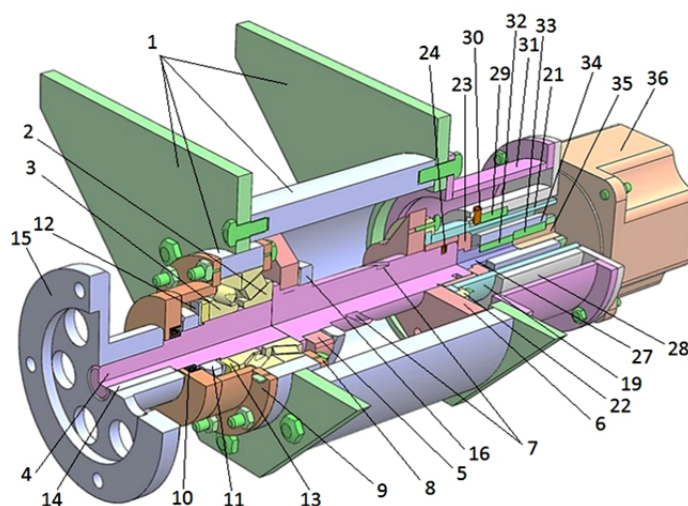


Рис. 2. Автоматизований дебалансний вібропривод

Керований вібробуджувач приводиться в дію за рахунок крутного моменту, що передається приводному валу 4 через шпонку 14 від напівмуфти 15. Крутний момент передається нерухомому дебалансу 5 через призматичну шпонку. Фіксація руху нерухомого дебалансу 5 в осьовому напрямі забезпечується за рахунок гайки 16 котра від саморозгвинчування штопориться штопорною шайбою 17.

Механізм керування осьовим положенням рухомого дебалансу 6 складається із двох шарикових шпонок 18, що розміщені у двох пазах під шпонку 37 (рухомого дебалансу 6) та у двох діаметрально протилежно зустрічно напрямлених канавках 7 приводного валу 4. Завдяки шариковим шпонкам 18 відбувається передача крутного моменту від приводного валу 4 до рухомого дебалансу 6. Для забезпечення переміщення рухомого дебалансу 6 в здовж осі приводного валу 4 використовується ходовий стакан 19 (ходовий стакан 19 є зварною деталлю тому на рис. 3 зображений як сукупність двох елементів), на внутрішній поверхні 20 даного стакану нарізана різьба, а на його зовнішній поверхні виконано паз під шпонку 21. Ходовий стакан 19 кріпиться до рухомого дебалансу 6 за допомогою вінця 22 так, що рухомий дебаланс 6 та ходовий стакан 19 прокручуються один відносно одного та центральної осі приводного валу 4 (тобто вінець 22 жорстко не зажимає буртик ходового стакану 19 до рухомого дебалансу 6).

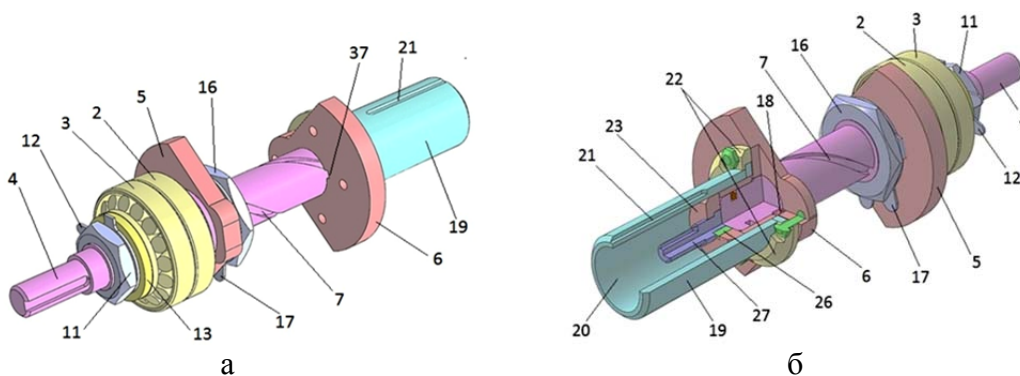


Рис. 3. Механізм керування осьовим положенням рухомого дебалансу

Ходовий стакан 19 механізму осьового переміщення рухомого дебалансу 6 своєю внутрішньою різьбою 20 накручений на різьбу нарізану на зовнішній поверхні приводного стакану 23 (стакан 23 є зварною деталлю тому на рис. 3 зображений як сукупність двох елементів). Приводний стакан 23 за допомогою двох штифтів 24 та канавки 25 (рис. 4) у приводному валу 4 встановлений так, що має обмеження руху вздовж основної осі приводного валу 4 та має можливість обертатись (прокручуватись) навколо вздовж основної осі приводного валу 4.

Приводний стакан 23 за допомогою призматичної шпонки 26 кінематично з'єднаний із приводним штоком 27. Ходовий стакан 19 встановлений у направляючий стакан 28 (направляючий стакан 28 є зварною деталлю тому на рис. 2 зображений як сукупність двох елементів), причому встановлений так, що паз під шпонку 21 який виконано на його зовнішній поверхні співпадає із пазом під шпонку котрий виконаний на внутрішній поверхні направляючого стакану 28. У паз під шпонку 21 який виконано на його зовнішній поверхні ходового стакану 19 вставлено направляючу призматичну шпонку 29 переміщення якої по шпонковому пазу 21 в процесі висування ходового стакану 19 із направляючого стакану 28 обмежується зрізаним гвинтом 30. Направляючий стакан 28 кріпиться до фланця 31 котрий у свою чергу кріпиться до корпусу 1 (фланець 31 є зварною деталлю тому на рис. 2 зображений як сукупність трьох елементів). Приводний шток 27 механізму керування осьовим положенням рухомого дебалансу 6 кінематично через призматичні шпонки 32, 33 та муфту 34 з'єднаний із валом 35 сервоприводу (або крокового двигуна) 36. Сервопривод 36 також як і направляючий стакан 28 кріпиться до фланця 31.

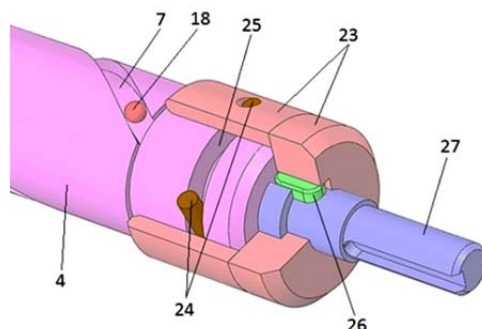


Рис. 4. Конструктивне рішення механізму приводного стакану

Керований вібробудувач працює наступним чином. Перед запуском керованого вібробудувача дебаланси 5 та 6 знаходяться в діаметрально протилежному положенні тобто, кут між їхніми центрами мас становить $\beta = 180^\circ$. Їхній сумарний статичний момент відносно центральної осі приводного валу 4 рівний нулю. При включенні керованого віброприводу (прикладенні крутного моменту до напівмуфти 15) приводний вал 4 із нерухомим дебалансом 5 та рухомим дебалансом 6 починають обертатись із заданою частотою ω_p , яка є технологічно оптимальною для реалізації своїх функцій певною технологічною машиною. Після виходу керованого вібробудувача на заданий режим роботи по ω_p частоті коливань його циклічної вимушуючої сили F ($F = F \cdot \sin(\omega_p \cdot t)$), система керування роботою керованого вібробудувача [4, 5] (не показана на фігурах) починає виводити F амплітуду циклічної вимушуючої сили на задане технологічно оптимальне значення. Виведення амплітуди F циклічної вимушуючої сили керованого віброприводу (та керування нею $F \pm \Delta F$) проводиться системою керування на основі промислового мікроконтролера через наступний контур системи керування: одноосьовий модуль позиціонування, кабель, сервопідсилювач, серводвигун – шляхом виведення заданої кількості імпульсів для забезпечення певного кута повороту валу сервоприводу (серводвигуна) 36. В результаті команди від системи керування серводвигун 36 повертає свій вал 35 на заданий кут α (значення величини кута повороту α валу 35 обмежень немає, тобто може бути як більшим за 360° так і меншим за 360° і визначається лише кількістю імпульсів та кутовим кроком самого серводвигуна, ще однією особливістю сервоприводу є те, що він має здатність утримувати заданий кут повороту в час). Поворот валу 35 на кут α сервоприводу 36 через шпонку 33, муфту 34 та шпонку 32 передається до приводного штоку 27. Приводний шток 27 через шпонку 26 передає крутний момент приводному стакану 23 і приводний стакан 23 робить поворот відносно центральної осі приводного валу 4 також на кут α . Враховуючи те, що: приводний стакан 23 своєю зовнішньою поверхнею перебуває у різьбовому з'єднанні із поверхнею 20 ходового стакану 19, рух приводного стакану 23 в осьовому напрямі обмежений штифтами 24 та канавкою 25 приводного валу 4, обертаний рух ходового стакану 19 навколо спільної осі із приводним стаканом 23 та приводним валом 4 обмежує направляюча шпонка 29, що встановлена на внутрішній поверхні направляючого стакану 28 то, поворот приводного стакану 23 на кут α зумовить викручування (закручування) ходового стакану 19 та його переміщення вздовж основної осі приводного валу 4. Дане переміщення зумовить рух рухомого дебалансу 6 вздовж основної осі приводного валу 4. Завдяки тому, що вінець 22 жорстко не зажимає буртик ходового стакану 19 до рухомого дебалансу 6 він (рухомий дебаланс 6) може обертатись навколо основної осі приводного валу 4 та переміщатись вздовж неї. Переміщаючись вздовж основної осі приводного валу 4 рухомий дебаланс 6 починає повертатись відносно його центральної осі завдяки тому, що відбувається переміщення двох шарикових шпонок 18 котрі одночасно перебувають у двох пазах під шпонку 37 та у двох діаметрально протилежно зустрічно напрямлених канавках 7 приводного валу 4. В результаті повороту рухомого дебалансу 6 навколо основної

осі приводного валу 4 змінюється сумарний статичний момент рухомого 6 та нерухомого 5 дебалансів відносно центральної осі приводного валу 4. У запропонованому конструктивно-му рішенні керованого віброзбуджувача маси нерухомого 5 та рухомого 6 дебалансів однакові тому нормальні або центр обіжні сили які виникають при їхньому обертанні відносно основної осі приводного валу 4 будуть однакові за модулем та визначатимуться згідно [6] виразом $|\vec{F}_1| = |\vec{F}_2| = m \cdot e \cdot \omega_p$, де m – маса, e – ексцентриситет дебалансів 5 та 6, являє собою відстань від центральної осі приводного валу 4 до центру мас кожного із дебалансів (у запропонованому конструктивному рішенні керованого віброзбуджувача маса та ексцентриситет нерухомого дебалансу 5 рівний масі та ексцентриситету рухомого дебалансу 6 і складає відповідно 0.360 кг та 0,016 м). В загальному амплітуда циклічної вимушуючої сила запропонованого керованого віброзбуджувача рівна $F = |\vec{F}_1| + |\vec{F}_2|$. Зміна частоти обертів $\omega_p \pm \Delta\omega$ приводу, що кінематично зв'язаний із напівмуфтою 15 та зміна величини кута повороту α валу 35 серводвигуна 36 дозволяють незалежно забезпечити керування двома параметрами вібрації у широких межах: $F = 2 \cdot \sqrt{F_1^2 + F_2^2} + 2 \cdot F_1^2 \cdot F_2^2 \cdot \cos(\alpha \pm \Delta\alpha) \cdot \sin((\omega_p \pm \Delta\omega) \cdot t)$.

ВИСНОВКИ

Запропоноване конструктивне рішення керованого віброзбуджувача дозволяє дистанційно в довільних межах (та в довільному напрямі) керувати амплітудою коливань робочого органу в багатьох адаптивних вібраційних технологічних машинах за допомогою промислового мікроконтролера через наступний контур системи керування: одноосьовий модуль позиціонування, кабель, сервопідсилювач, серводвигун – шляхом виведення заданої кількості імпульсів для забезпечення певного кута повороту валу серводвигуна. Застосування запропонованого керованого віброзбуджувача дозволить інтегрувати такі технологічні процеси, як віброабразивна обробка (віброшліфування та віброполірування), віброзачистка (видалення облоя, заусенців; округлення кромки), віброзміцнення (підвищення мікротвердості; створення залишкових напружень), віброочистка (очистка заготовок и деталей від окалини, корозії; нагару), віброосушка, віброзмішування, вібраційне подрібнення (на основі вібромлинів), віброосепарування, грохотіння, вібротранспортування та віброживлення (штучними заготовками, ...) у складні високоавтоматизовані гнучкі технологічні лінії та робототехнічні комплекси.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пат. 1281312 А1 ССРСР, В06В 1/16. Вибровозбудитель / Сердюк Л. И. (СССР); заявитель и патентообладатель Полтавский инженерно-строительный институт. – № 3925547/24-28; заявл. 28.05.1985; опубл. 07.01.1987, Бюл. № 1.
2. Пат. 87776 А Україна, В65G27/00. Спосіб керування роботою адаптивних вібраційних технологічних машин / Серета Л. П., Чубик Р. В., Ярошенко Л. В. (Україна); заявник та патентовласник Вінницький державний аграрний університет. – № а200803685; заявл. 24.03.2008; опубл. 10.08.2009, Бюл. № 15.
3. Пат. 92041 А Україна, В65G27/100. Спосіб стабілізації технологічно оптимальних параметрів вібраційного поля адаптивних вібраційних технологічних машин / Серета Л. П., Чубик Р. В., Ярошенко Л. В. (Україна); заявник та патентовласник Вінницький державний аграрний університет. – № а200806209; заявл. 12.05.2008; опубл. 27.09.2010, Бюл. № 18.
4. Чубик Р. В. Адаптивна система керування режимами резонансних вібраційних технологічних машин: автореф. дис... канд. тех. наук / Р. В. Чубик. – Львів, 2007. – 20 с.
5. Чубик Р. В. Керовані вібраційні технологічні машини / Р. В. Чубик, Л. В. Ярошенко. – Вінниця: ВНАУ, 2011. – 355 с.
6. Хайкии С. Э. Физические основы механики / С. Э. Хайкии. – М.: Наука, 1971. – 751 с.