

**Кондратюк О. М., к.т.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

### **ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ВІБРАЦІЙНО-ВІДЦЕНТРОВИХ УСТАНОВОК**

**В цій роботі було проведено огляд і аналіз існуючих вібраційних і вібраційно-відцентрових установок. Виявлено механізми в установках з великим динамічним навантаженням і зміну точності надання вібраційних коливань. Запропоновано шляхи зменшення величини динамічних навантажень і збільшення точності наданих вібраційних коливань, що визначає рівень енергоємності та надійності вібраційно-відцентрових установок.**

**Ключові слова:** вібраційна обробка; динамічні навантаження; точність вібраційних коливань; надійність.

**Впровадження передових** технологій, матеріалізації обґрунтованих науково-технічних ідей, створення нових знарядь праці, систем машин, які визначають прогрес в різних галузях народного господарства є важливим напрямком науково-технічного прогресу. Це закладає основи виходу на принципово нові, ресурсозберігаючі технології, надійні і довговічні верстати, установки і комплекси для їх здійснення. Цей напрямок в машинобудуванні є одним із основних для підвищення продуктивності праці і якості продукції. Забезпечення якості машинобудівельної продукції забезпечують високопродуктивні методи зачисної, шліфувальної і зміцнюючої обробок деталей складних профілів і малої жорсткості. Рішення задач з ефективною механізацією цих операцій – це розробка і впровадження нових високопродуктивних методів фінішної обробки, один із яких є вібраційний.

**Використання вібраційного** оброблення з вільним завантаженням деталей в сипуче абразивне середовище, яке має велику різноманітність фізико-механічних характеристик, являє собою механічний або хіміко-механічний процес зняття мікрочастин металу і його окисів з поверхні, яка обробляється, а також згладжування мікронерівностей шляхом їх пластичного деформування частинками робочого середовища. Цей процес фінішного оброблення деталей дозволяє керувати якістю поверхні і отримувати високі експлуатаційні характеристики оброблюваних деталей в результаті цілеспрямованого ке-

рування технологічним процесом в завершальній стадії. Тому широкі технологічні можливості процесу вібраційного оброблення в поєднанні з високою продуктивністю і можливістю оброблення деталей складної конфігурації і малої жорсткості при виконанні фінішних операцій ставить його в число найбільш актуальних і перспективних способів механічного оброблення різновидних деталей машин і викликає необхідність всебічних досліджень для створення нових, а також вдосконалення існуючих вібраційних, вібраційно-відцентрованих верстатів і установок, які сприяють широкому впровадженню процесу у виробництво.

**Інтенсивність і якість** процесу вібраційного оброблення визначає характер циркуляційного руху сипучого робочого середовища і деталей, які обробляються. Одними з основних факторів, які формують цей процес, є режими коливальних, конструкції робочих камер, об'єм і ступінь їх заповнення, характеристика і розміри робочого середовища, наявність чи відсутність ЗОР, хімічних розчинів, електролітів. Всі ці фактори значно впливають на сили мікроударів, контактний тиск, напруження і температуру, які виникають в зоні дії мікроударів, середню температуру в робочій камері, швидкість і прискорення частинок робочого середовища, що характеризують інтенсивність циркуляційного процесу вібраційного оброблення.

Дослідження параметрів циркуляційного руху робочого середовища дали можливість створити декілька динамічних груп віброоброблювальних установок, які дозволяють інтенсифікацію процесів оброблення при зниженні динамічної напруженості їх елементів. Досягнення різновидних режимів коливальних і використання різновидних конфігурацій робочих камер, дозволило розділити всі віброоброблювальні установки за видом циркуляційного робочого середовища на дві групи: площинний рух робочого середовища, об'ємний рух робочого середовища. Траєкторія руху частинок робочого середовища залежить від різновидності руху робочої камери та її форми (циліндрична, сферична, торова, V-подібна та ін.), що визначає кінематичну схему вібраційної чи вібраційно-відцентрової установки і може бути:

- з площинною вібрацією робочої камери;
- з об'ємною вібрацією робочої камери;
- з простим обертанням робочої камери;
- зі складним обертовим рухом камери відносно двох або трьох власних осей;
- з кутовими коливаннями робочої камери;
- з кутовою вібрацією робочої камери, яка рухається по складній просторовій кривій;
- з планетарним рухом робочої камери;

- з об'ємною кутовою вібрацією робочої камери;
- з комбінованою (поєднання або накладання одна на одну вищенаведених різновидностей) вібрацією робочої камери.

Один із методів фінішного оброблення поверхні проведено вібраційною установкою, яка забезпечує орбітальний рух маси завантаження [1]. Деталі, що будуть оброблятися, і робоче середовище завантажуються в сферичну робочу камеру 1, яка опирається на три шарові опори 2 підпружиненої віброплощини 3 (рис. 1). Камері надають гармонічні низькочастотні коливання в межах  $f_0=0,15...50$  Гц;  $A_0=0,5...7$  мм і обертовий рух  $f=0,6...25$  Гц. Встановлено, що при зміні цих параметрів значення швидкості знаходяться в межах:  $A_0\omega_0=0,1...0,9$  м/с,  $R\cdot\omega=0,2...0,7$  м/с, а прискорення  $A_0\omega_0^2=15...150$  м/с<sup>2</sup>,  $R\cdot\omega^2=5...160$  м/с<sup>2</sup>. Напрямок і швидкість обертання камери залежить від технологічних особливостей процесу. Поєднання коливального руху сферичної робочої камери з її обертанням, як показали дослідження, поліпшує інтенсивність циркуляції елементів маси завантаження і збільшує зону активної взаємодії робочого середовища і деталей, які обробляються.

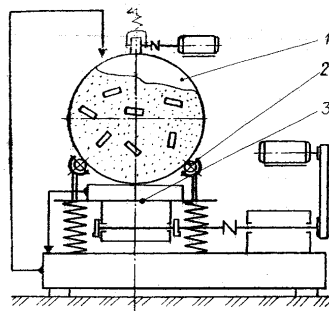


Рис. 1. Технологічна схема вібраційної установки з орбітальним рухом маси завантаження

Більшість видів таких установок базуються на підпружиненій віброплощині, яка обмежує точність задання амплітуди коливань. При однаковій жорсткості пружин амплітуда буде залежати не тільки від маси дебалансів, а і від маси завантаження робочої камери і об'єму її заповнення. Для розв'язання цієї проблеми було створено цілу гамму віброустановок з жорсткими кінематичними зв'язками [2]. Такого типу експериментальну вібраційно-відцентрову установку (ВВУ І) зі складними кутовими коливаннями представлено на рис. 2 [3]. Станина 1 установки виконана із сталеві труби діаметром 630 мм, до нижнього торця якої приварено основу, виготовлену із товстого сталюгого листа. Вздовж діаметрально протилежних твірних в середині поверхні станини приварені кронштейни 2 для кріплення опор

3, які є зварним корпусом, в який завулканізовано гумою капронова втулка рухомого з'єднання з цапфами рамки 4. За допомогою знімних цапф 5 з рамкою 4 шарнірно з'єднана робоча камера 6. До дна робочої камери приварена ступиця з квадратним отвором, в який вільно входить водило 7, посадженого нижнім своїм кінцем в сферичний підшипник кочення. Корпус 8 сферичного підшипника, при допомозі шарнірів, зв'язаний з вилкою 9, яка має різьбовий отвір для з'єднання з ходовим гвинтом 10, який має в наявності праву і ліву різі. На ділянку з лівою різю накручується противага 11. Ходовий гвинт встановлено в опорах кривошипа 12, який обертається за допомогою клино-ремінної передачі від електродвигуна, а стійка кривошипа жорстко кріпиться до основи станини. Така конструкція механізму приводу дозволяє плавно змінювати амплітуду кутових коливань. При цьому велике динамічне навантаження накладається на механізм приводу, що призводить до екстремальних умов його експлуатації.

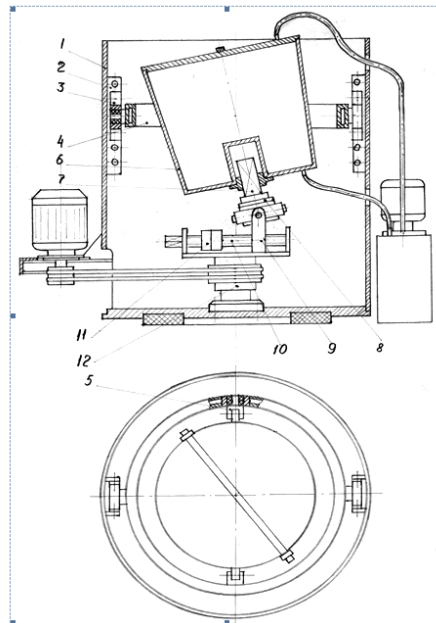


Рис. 2. Конструктивна схема вібраційно-відцентрової установки ВВУ I

Для зниження динамічних навантажень механізму приводу, стало використання динамічних пружин і зміни кінематичної схеми ВВУ. Експериментальна вібраційно-відцентрова установка (ВВУ II) зі складними кутовими коливаннями наведено на рис. 3. Станина 1 установки виконана із сталеві труби, до нижнього торця якої приварено основу, виготовлену з товстого сталеві листа, а до верхнього

торця приварено кришку з вікном. По периметру станини приварені кронштейни 2 динамічних пружин 3 кільцевої прогумованої камери 4. На кришці станини 1 закріплені стійки 5 із завулканізованими гумою капроновими (бронзовими) втулками для рухомого з'єднання з роз'ємними опорами 6, 7, карданного підвісу 8. В карданному підвісі приварена ступиця з квадратним отвором, в який вільно входить водило 9, посаженого нижнім своїм кінцем в сферичний підшипник кочення. Корпус 10 сферичного підшипника, при допомозі шарнірів, зв'язаний звилкою 11, яка має різьбовий отвір для з'єднання з ходовим гвинтом 12. Ходовий гвинт 12 має в наявності праву і ліву різі. На ділянку з лівою різзю накручується противага 13. Ходовий гвинт встановлено в опорах корпусу кривошипа 14. Кривошип 14 обертається за допомогою клино-ремінної передачі від електродвигуна на стійці 15. Сійка 15 кривошипа жорстко кріпиться до основи станини 1. Така конструкція механізму приводу дозволяє плавно змінювати амплітуду кутових коливань установки. Розміщення карданного підвісу всередині робочої камери дозволяє зменшити динамічні навантаження на деталі карданного підвісу і кривошипа, за рахунок зменшення осьового зміщення водила (вилки 11 і корпусу сферичного підшипника 10) для досягнення потрібної амплітуди коливань, при порівнянні з вібраційно-відцентровою установкою (ВВУ I).

Для зміни динамічних навантажень на механізм приводу вібраційно-відцентрової установки запроваджують використання динамічних пружин і зміни кінематичної схеми ВВУ. Експериментальна (ВВУ III) зі складними кутовими коливаннями наведено на рис. 4. Станина 1 установки виконана із сталльної труби діаметром 240 мм, до нижнього торця якої приварено основу, яка виготовлена з товстого сталльного листа, а до верхнього торця приварено кришку з вікном. По периметру станини приварені кронштейни 2 динамічних пружин 3 кільцевої прогумованої камери 4. На кришці станини 1 закріплені стійки 5 із завулканізованими гумою капроновими (бронзовими) втулками для рухомого з'єднання з роз'ємними опорами 6, 7, карданного підвісу 8. В карданному підвісі приварена ступиця з квадратним отвором, в який вільно входить водило 9, посаженого нижнім своїм кінцем в сферичний підшипник кочення. Корпус 10 сферичного підшипника за допомогою шарнірів зв'язаний звилкою 11, яка з противагою 12 переміщається в пазах корпусу кривошипа 13. Кривошип 13 обертається за допомогою клино-ремінної передачі від електродвигуна, а стійка 14 кривошипа жорстко кріпиться до основи станини 1. Механізм плавної зміни кутових коливань включає в себе групу

58

гвинт-гайка 15 з вилкою, яка шарнірно зв'язана з обоймою 16. Обойма, яка зв'язана з вилкою 11 і противагою 12 тягами 17, плавно може переміщатись по направляючих, паралельних осі обертання, кривошипу 13. Така конструкція механізму приводу дозволяє плавно змінювати амплітуду кутових коливань без зупинки установки.

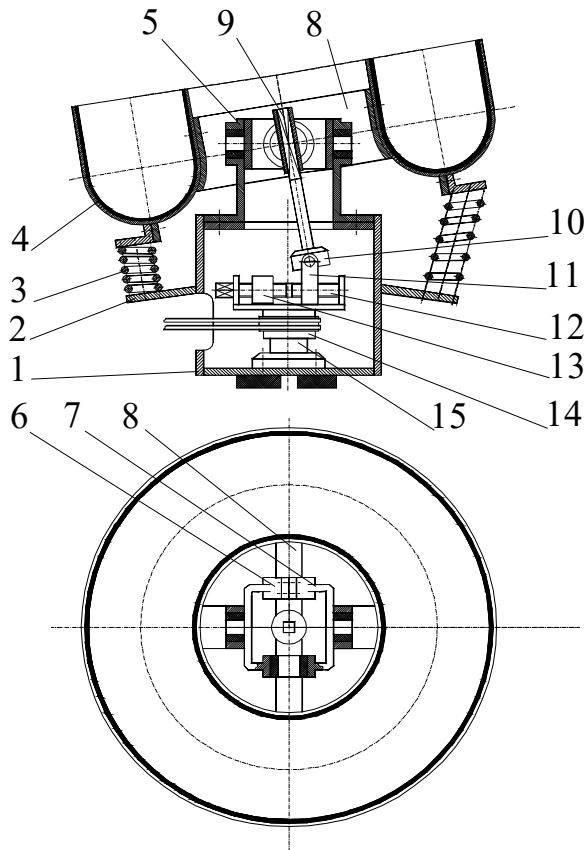


Рис. 3. Конструктивна схема вібраційно-відцентрової установки ВВУ II

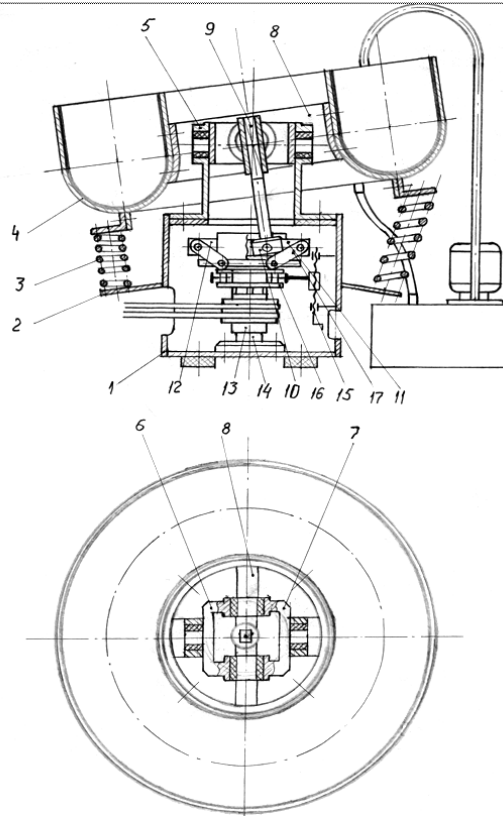


Рис. 4. Конструктивна схема вібраційно-відцентрової установки ВВУ III

Дана кінематична схема ВВУ з розміщенням карданного підвісу в середині робочої камери дозволяє отримати потрібну амплітуду робочої камери при мінімальному зміщенні водила в механізмі приводу. Динамічні пружини максимально, по можливості, компенсують динамічні навантаження механізму приводу установки. Система плавного регулювання амплітуди, від нуля до максимуму і навпаки без зупинки технологічного процесу, дозволяє проходити зону резонансних коливань без збільшення динамічних навантажень на ВВУ.

**Процес використання** динамічних пружин, систем плавного регулювання амплітуди без зупинки технологічного процесу, зміни кінематичної схеми дозволяє експлуатацію ВВУ рахувати надійною і довговічною, що підвищує продуктивність і економічність, забезпечуючи підвищення інтенсивності ВВО і розширяє її технологічні можливості.

1. Теоретические и экспериментальные предпосылки к исследованию основных параметров процесса вибрационной обработки с орбитальным

движением массы загрузки / А. П. Бабичев, В. Б. Трунин и др. *Отделочно-упрочняющая механическая обработка, качество поверхности и эксплуатационные свойства деталей машин*. Ростов н/Д. : РИСХМ, 1978. С. 30–39. **2.** Мельников Б. Н., Латушкин А. В. Вибрационная обработка в установке с жесткой кинематической связью. *Прогрессивная отделочно-уплотняющая технология*. Ростов н/Д. : РИСХМ, 1982. С. 47–51. **3.** А.с. 1604572 СССР, МКИ В24В 31/073. Устройство для вибрационной обработки / Бабичев А. П., Мороз В. М., Кондратюк А. М., Серилко Л. С., Скоблюк М. П., Митрахович А. А., Полунец В. Е. (СССР). № 4392436/31-08 ; заявлено 02.02.1988 ; опубл. 07.11.1990. Бюл. № 41. 8 с.

## REFERENCES:

**1.** Teoreticheskie i eksperimentalnye predposylki k issledovaniyu osnovnykh parametrov protsessa vibratsionnoy obrabotki s orbitalnyim dvizheniem massyi zagruzki / A. P. Babichev, V. B. Trunin i dr. *Otdelochno-uprochnyayuschaya mehanicheskaya obrabotka, kachestvo poverhnosti i ekspluata-tsiionnye svoystva detaley mashin*. Rostov n/D. : RISHM, 1978. S. 30–39. **2.** Melnykov B. N., Latushkyn A. V. Vybratsyonnaia obrabotka v ustanovke s zhestkoi kynematycheskoi sviaziu. *Prohressyvnaia otdelochno-uplotniaiushchaia tekhnolohyia*. Rostov n/D. : RYSKhM, 1982. S. 47–51. **3.** A.s. 1604572 SSSR, MKY V24V 31/073. Ustroistvo dlia vybratsyonnoi obrabotky / Babychev A. P., Moroz V. M., Kondratiuk A. M., Serylko L. S., Skobliuk M. P., Mytrakhovych A. A., Polunets V. E. (SSSR). № 4392436/31-08 ; zaiavleno 02.02.1988 ; opubl. 07.11.1990. Biul. № 41. 8 s.

---

**Kondratiuk O. M., Candidate of Engineering (Ph.D.),  
Associate Professor** (National University of Water and Environmental  
Engineering, Rivne)

## WAYS OF IMPROVING THE RELIABILITY OF VIBRATION-CENTER SETTINGS

**The introduction of advanced technologies lays the foundations for a new, resource-saving technology, reliable and durable machine tools, installations. The use of vibration machining with the free loading of parts in the bulk abrasive environment, allows to control the quality of the surface and to obtain high performance characteristics of the machined parts. Therefore, the wide technological capabilities of the process of vibration treatment in combination with high productivity puts it among the most relevant and promising ways of machining various types of machines and the creation of new, as well as improving existing vibration, vibration-centered machines and installations that contribute to the wide process production.**



**Investigation of the parameters of circulating motion of the working environment made it possible to create several dynamic groups of vibrating treatment plants, which allow the intensification of the processing processes while reducing the dynamic tension of their elements. The analysis of several dynamic groups of vibration processing plants shows that most types of installations with plane vibration of the working chamber are based on a spring-loaded vibration plate, which limits the accuracy of the oscillation amplitude setting. With the same rigidity of the springs, the amplitude will depend not only on the mass of the imbalances, but also on the weight of the loading of the working chamber and the volume of its filling. To solve this problem, we have created a whole range of rigid kinematic couplings. This type of vibration-centrifugal installation (VCI) with complex angular vibrations. In this case, a large dynamic load is imposed on the drive mechanism, which leads to extreme conditions of its operation. The process of using dynamic springs, systems of smooth amplitude control without stopping the technological process, changing the kinematic scheme allows the operation of VCI to be considered reliable and durable, which increases productivity and economy, providing an increase in the intensity of VCO and extends its technological capabilities.**

**Keywords:** vibration processing; dynamic loads; accuracy of vibration oscillations; reliability.

---

**Кондратюк А. М., к.т.н., доцент** (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

### **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ВИБРАЦИОННО-ЦЕНТРОБЕЖНЫХ УСТАНОВОК**

**В этой работе был проведен обзор и анализ существующих вибрационных и вибрационно-центробежных установок. Выявлены механизмы в установках с большими динамическими нагрузками и изменение точности выдаваемых вибрационных колебаний. Предложены пути уменьшения величины динамических нагрузок и увеличения точности выдаваемых вибрационных колебаний, что определяет уровень энергоемкости и надежности вибрационно-центробежных установок.**

**Ключевые слова:** вибрационная обработка; динамические нагрузки; точность вибрационных колебаний; надежность.