

ВІБРАЦІЙНІ МАШИНИ ТА ВІБРОТЕХНОЛОГІЇ В АВТОМАТИЗОВАНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

УДК 621.01

В.М. БОРОВЕЦЬ, В.С. ШЕНБОР, А.Л. БЕСПАЛОВ

Національний університет “Львівська політехніка”
кафедра автоматизації та комплексної механізації
машинобудівної промисловості

ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕМЕНТІВ ВІБРАЦІЙНОЇ МАШИНИ З ОБЕРТОВИМ ПРИСТРОЄМ

© Боровець В.М., Шенбор В.С., Беспалов А.С., 2009

Розглянуто динамічну модель вібраційної машини з обертовим пристроєм для закріплення деталей під час обробки з метою інтенсифікації технологічного процесу. Встановлено чинники впливу на обробку деталей у вібраційних машинах та розраховано кінетичну енергію вібраційної машини та обертового пристрою.

In this work the dynamic model of vibrational machine is considered with a circulating device for fixing of details in the process of treatment, for intensification of technological process. The factors of influence on the process of treatment of details are set in vibrational machines and the calculations of kinetic energy of vibrational machine and circulating device are conducted.

Вступ. Одним із основних факторів підвищення ефективності об'ємної обробки деталей є створення нових конструкцій машин, що інтенсифікують процес. Застосування нових конструктивних елементів і вузлів, зокрема у вібраційних машинах, вимагає теоретичного та експериментального дослідження їх кінематичних та технологічних характеристик, пошуку шляхів вдосконалення кінематичної схеми машин та вибору оптимальних режимів її роботи. До того ж складність реального процесу об'ємної обробки в машині, завантаженої оброблюваними деталями та робочим середовищем, вимагає, з одного боку, використання певних спрощень при побудові моделей процесу, а з іншого, – аналізу їх адекватності. Цій проблемі присвячено роботи [1–4], в яких різноманітні її аспекти досліджувались теоретичними та експериментальними методами.

Серед питань, на яких зосереджується увага авторів, є вивчення руху робочого середовища та його взаємодія з оброблюваними деталями. Аналізуючи взаємодію оброблюваних деталей з робочим середовищем, встановлено, що під час обробки штучних деталей у закріпленому стані, відносна швидкість, а також сила взаємодії збільшується, а відповідно інтенсифікується технологічний процес. Найоптимальніші параметри отримують під час обробки деталей в обертовому пристрої, оскільки їх рух відбувається в напрямку, протилежному до руху робочого середовища і швидкість різання дорівнюватиме сумі приведених швидкостей робочого середовища і пристрою з деталями.

Постановка задачі. У цій роботі розглянуто можливість встановлення деталей на спеціально змонтованому пристрої вібраційної машини з дебалансними віброзбудниками, та досліджено кінетичну енергію обертового пристрою для закріплення деталей в робочому контейнері. Можливість планетарного руху пристрою дає змогу збільшити швидкість взаємодії оброблюваних деталей та робочого середовища, а отже, і створене ним зусилля різання, тим самим забезпечує інтенсифікацію обробки деталей. Проаналізовано чинники, що впливають на обробку деталей.

Аналіз останніх досліджень. Ефективність обробки залежить від багатьох факторів, основними з яких є – режим обробки; маса оброблюваних деталей і абразивних тіл; характеристика абразивного матеріалу; об'ємне співвідношення оброблюваних деталей і абразивних тіл; – склад хімічно-активних робочих розчинів в резервуарі; спосіб закріплення оброблюваних деталей у контейнері.

У літературі широко висвітлено результати досліджень вібраційної обробки незакріплених деталей у віброуючому абразивному середовищі [1–3]. Найменш вивченим є питання впливу методу закріплення деталей на продуктивність, оскільки під час обробки змінюється характер взаємодії деталей і абразиву.

Деталі в контейнері можна розмістити трьома способами:

- перший: деталі в контейнері перебувають у вільному стані і в процесі обробки переміщуються разом з абразивними тілами. Такий спосіб, в основному, застосовується під час обробки дрібних деталей з метою зняття задирок і затуплення гострих країв;
- другий: деталі закріплюються нерухомо і в процесі обробки здійснюють коливання разом з контейнером, взаємодіючи з абразивними тілами. Цей спосіб є найпридатнішим при обробці габаритних деталей. Закріплення деталей дозволяє уникнути співударів між деталями, а також інтенсифікувати процес обробки за рахунок збільшення енергії взаємодії з абразивними тілами [4];
- третій: деталі закріплюють в спеціальних пристроях (обкатниках) і залежно від конструкції робочих поверхонь обкатника можуть рухатись як у напрямку напрямленого руху абразивних тіл, так і проти нього. Цей спосіб закріплення деталей не має широкого застосування у виробництві через недостатнє його вивчення.

Виклад основного матеріалу. Розроблена вібраційна машина складається з контейнера, у якому розташовано обертовий пристрій з деталями (рис. 1). Циліндричний контейнер машини 1 закріплений горизонтально на опорах, пружні властивості яких на схемі еквівалентно відображаються елементами 2 та 3. Пристрій 4 з деталями рухається по поверхні обкочування 5 радіусом r . Приводом машини є пара дебалансних вібробудників, розміщених на торцевих сторонах циліндричного контейнера. Дебаланси синхронно обертаються навколо горизонтальної осі, що співпадає з віссю контейнера. Привід дебалансів здійснюється через пружні муфти від електродвигунів, встановлених на рамі машини.

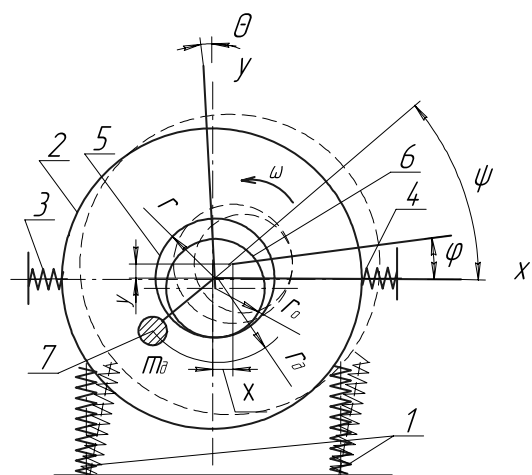
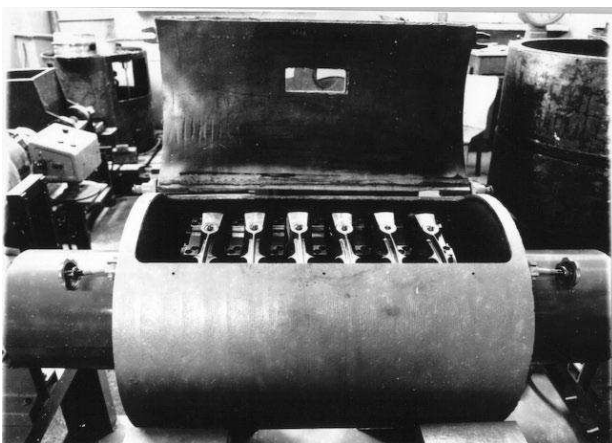


Рис. 1. Вібраційна машина з обертовим пристроєм для обробки деталей у закріпленому стані та її розрахункова схема

Кінетична енергія робочої камери T_k визначається

$$T_k = \frac{m_k(\dot{x}_k^2 + \dot{y}_k^2)}{2} + \frac{I_k \dot{\phi}^2}{2}, \tag{1}$$

де m_k – маса робочої камери; I_k – момент інерції робочої камери; \dot{x}_k, \dot{y}_k – проекції швидкості обертання центра робочої камери на осі x та y ; $\dot{\phi}$ – кутова швидкість центра робочої камери.

Визначаємо кінетичну енергію обертового пристрою T_o . Для цього знайдемо кінетичну енергію виділеного елемента його об'єму I (рис. 2).

Позначимо: ρ – відстань від осі обертового пристрою до об'єму I ; $d\rho, d\theta$ – кутові розміри об'єму I ; r_A – вектор, що визначає положення центра мас A об'єму I в нерухомій системі координат;

$$\vec{r}_A = \vec{OO}_1 + \vec{O}_1O_2 + \vec{\rho}. \tag{2}$$

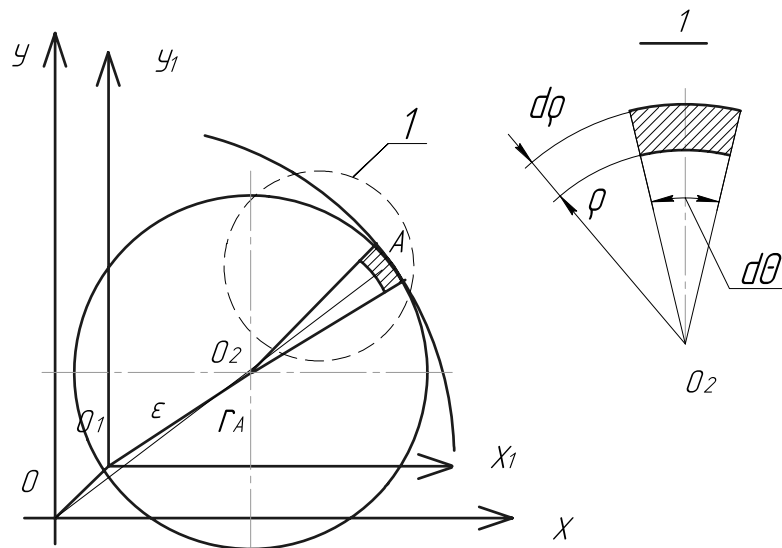


Рис. 2. Схема визначення кінетичної енергії елемента обертового пристрою

Підставивши в вираз (2):

$$\vec{OO}_1 = \vec{i}x_k + \vec{j}y_k, \tag{3}$$

$$\vec{O}_1O_2 = \vec{i}\epsilon \cos\psi + \vec{j}\epsilon \sin\psi, \tag{4}$$

$$\vec{\rho} = \vec{i}\rho \cos\theta + \vec{j}\rho \sin\theta, \tag{5}$$

де \vec{i}, \vec{j} – напрямні вектори осей x, y ; ϵ – ексцентриситет, що дорівнює різниці радіусів поверхні обточування та обертового пристрою (відстані O_1O_2), отримуємо

$$\vec{r}_A = \vec{i}(x_k + \epsilon \cos\psi + \rho \cos\theta) + \vec{j}(y_k + \epsilon \sin\psi + \rho \sin\theta), \tag{6}$$

$$\dot{\vec{r}}_A = \vec{V}_A = \vec{i}(\dot{x}_k - \epsilon \sin\psi \dot{\psi} - \rho \sin\theta \dot{\theta}) + \vec{j}(\dot{y}_k + \epsilon \cos\psi \dot{\psi} + \rho \cos\theta \dot{\theta}), \tag{7}$$

$$\begin{aligned} (\dot{\vec{r}}_A)^2 = (\vec{V}_A)^2 = & \dot{x}_k^2 + \dot{y}_k^2 + \epsilon^2(\sin^2\psi + \cos^2\psi)\dot{\psi}^2 + \\ & + \rho^2(\sin^2\theta + \cos^2\theta)\dot{\theta}^2 + 2(-\dot{x}_k \epsilon \sin\psi \dot{\psi} - \\ & - \dot{x}_k \rho \sin\theta \dot{\theta} + \epsilon \rho \sin\theta \sin\psi \dot{\psi} \dot{\theta}) + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + 2(\dot{y}_k \varepsilon \cos \psi \dot{\psi} + \dot{y}_k \rho \cos \theta \dot{\theta} + \varepsilon \rho \cos \theta \cos \psi \dot{\psi} \dot{\theta}) = \\
& = \dot{x}_k^2 + \dot{y}_k^2 + \varepsilon^2 \dot{\psi}^2 + \rho^2 \dot{\theta}^2 + 2\varepsilon \dot{\psi} (\dot{y}_k \cos \psi - \dot{x}_k \sin \psi) + \\
& + 2\rho \dot{\theta} (\dot{y}_k \cos \theta - \dot{x}_k \sin \theta) + 2\varepsilon \rho \dot{\psi} \dot{\theta} \cos(\theta - \psi) \quad .
\end{aligned} \quad (8)$$

Кінетична енергія елемента об'єму обертового пристрою (приймаємо, що обертовий пристрій є тверде однорідне тіло) дорівнює

$$dT_o = \frac{1}{2} \dot{\mathbf{r}}_A^2 dm = \frac{1}{2} \dot{\mathbf{r}}_A^2 \delta(\rho, z, \theta) dV = \frac{1}{2} \dot{\mathbf{r}}_A^2 \delta(\rho, z, \theta) \rho d\rho dz d\theta \quad , \quad (9)$$

де dz – довжина елемента об'єму в напрямку поздовжньої осі.

Вісь Z спрямуємо паралельно поздовжній осі обертового пристрою.

Маса елемента об'єму дорівнює

$$dm = \delta(\rho, z, \theta) dV \quad , \quad (10)$$

де $\delta(\rho, z, \theta)$ – густина матеріалу обертового пристрою.

Інтегруючи вираз (9) за координатам z, ρ, θ , отримуємо кінетичну енергію обертового пристрою T_o

$$T_o = \iiint_{V_o} \frac{1}{2} \dot{\mathbf{r}}_A^2 \delta(\rho, z, \theta) \rho d\rho dz d\theta \quad . \quad (11)$$

Після певних перетворень одержуємо

$$T_o = \frac{m_o (\dot{x}_k^2 + \dot{y}_k^2)}{2} + \frac{m_o \varepsilon^2}{2} \dot{\psi}^2 + \frac{1}{2} I_o \dot{\theta}^2 + m_o \varepsilon \dot{\psi} (\dot{y}_k \cos \psi - \dot{x}_k \sin \psi) \quad , \quad (12)$$

де m_o – маса обертового пристрою,

Момент інерції обертового пристрою визначається залежністю

$$I_o = \iiint_{V_o} \rho^2 \delta(\rho, z, \theta) dV_o \quad . \quad (13)$$

Сумарна кінетична енергія

$$\begin{aligned}
T = T_k + T_o = & \frac{m_o (\dot{x}_k^2 + \dot{y}_k^2)}{2} + \frac{m_o \varepsilon^2}{2} \dot{\psi}^2 + \frac{1}{2} I_o \dot{\theta}^2 + \\
& + m_o \varepsilon \dot{\psi} (\dot{y}_k \cos \psi - \dot{x}_k \sin \psi) + \frac{m_k (\dot{x}_k + \dot{y}_k)^2}{2} + \frac{I_k \dot{\phi}^2}{2}
\end{aligned} \quad (14)$$

Отримані значення величин кінетичної енергії вібраційної машини та обертового пристрою дозволить визначити оптимальні конструктивні параметри обертового пристрою.

Висновки. Застосування запропонованої методики розрахунку кінетичної енергії елементів вібраційної машини з обертовим пристроєм дозволить спростити розрахунок динамічної моделі з трьома ступенями вільності. Запропонована методика розрахунку кінетичної енергії вібраційної машини та обертового пристрою дасть змогу спростити вибір параметрів вібрострою на етапі її проектування. Ця методика розрахунку може бути застосована для розрахунку та конструювання вібраційних машин з дебалансним приводом і дасть змогу ефективно використовувати допоміжні пристрої для закріплення деталей та інтенсифікації технологічного процесу.

1. Бабичев А.П. и др. Физико-технологические основы методов обработки: Учеб. пособие / ДГТУ. – Ростов-на-Дону: Изд. центр Ростов-на-Дону. 2003. – 315 с. 2. Карташов И.Н., Шаинский М.Е., Власов В.А. Обработка деталей свободными абразивами в вибрирующих резервуарах. – К.: Вища

шк., 1975. – 188 с. 3. Бабичев А.П., Трунин В.Б., Самодумский В.П., Устинов В.П. Вибрационные станки для обработки деталей. – М.: Машиностроение, 1984. – 168 с. 4. Боровець В.М., Шенбор В.С., Савчин Б.М. Вібраційна обробка деталей з застосуванням обертових пристроїв. // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні: Український міжвід. наук.-тех. зб. – 2006. – Вип. 40. – С. 35–39.

УДК 621.01

В.М. ГУРСЬКИЙ, Я.В. ШПАК

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автоматизації та комплексної механізації
машинобудівної промисловості

РОЗРОБКА ВІБРАЦІЙНОГО ЖИВИЛЬНИКА-ЗМІШУВАЧА З ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ПРИВОДОМ

© Гурський В.М., Шпак Я.В., 2009

Наведено методику створення вібраційного живильника-змішувача з електромагнітним приводом та трубчастим робочим органом для сипких компонентів. Виконано моделювання динаміки та розрахунки пружної підвіски на міцність та довговічність.

The article describes the method of creation of oscillation feeder-mixer is pointed with electromagnetic drive and tubular working mechanism for friable components. The design of dynamics and calculations of resilient pendant is conducted on durability and longevity.

Вступ. Технологічне призначення вібраційного обладнання, переважно, визначає особливості конструкцій та обумовлює режими його роботи, а саме: характер руху робочих органів (траєкторію коливань) та параметри коливань (амплітуду та частоту).

Найпростіші за конструктивним виконанням низькочастотні вібраційні машини з простим рухом робочого органа, зокрема, із спрямованими, еліптичними та коловими коливаннями, що відбуваються в одній площині, є найпоширенішим віброобладнанням у різних галузях промисловості. Серед машин цього класу значного поширення у будівельній та хімічній промисловості, а також у сільському господарстві, набули вібраційні змішувачі з інерційним приводом та коловою траєкторією руху робочої камери [1].

Постановка проблеми. Тенденції розвитку сучасного автоматизованого виробництва часто обумовлюють необхідність використовувати у складі технологічних ліній (наприклад пакувальних, переробних тощо) вібраційні змішувачі саме неперервної дії з електромагнітним приводом, у яких забезпечується можливість гнучкого керування режимами роботи. Оскільки типове вібраційне обладнання є переважно періодичної дії та, переважно, з інерційним приводом, то проблема розроблення простих за конструкцією високоефективних вібраційних змішувачів з електромагнітним приводом є без сумніву актуальною для сучасного виробництва.

Аналіз останніх досліджень. На практиці для вібраційного транспортування сипких та схильних до пиління матеріалів доволі широко використовують трубчасті конвеєри з електромагнітним приводом та незалежними коливаннями [2], у яких рух робочого органа здійснюється за еліптичною (коловою) траєкторією у вертикальній площині, що проходить вздовж його осі. Проте