

УДК 621.9.048.6

**В.М. Боровець, П.С. Коруняк\***Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра автоматизації та комплексної механізації машинобудівної промисловості\*Львівський державний аграрний університет,  
кафедра механіки, переробки і зберігання продукції

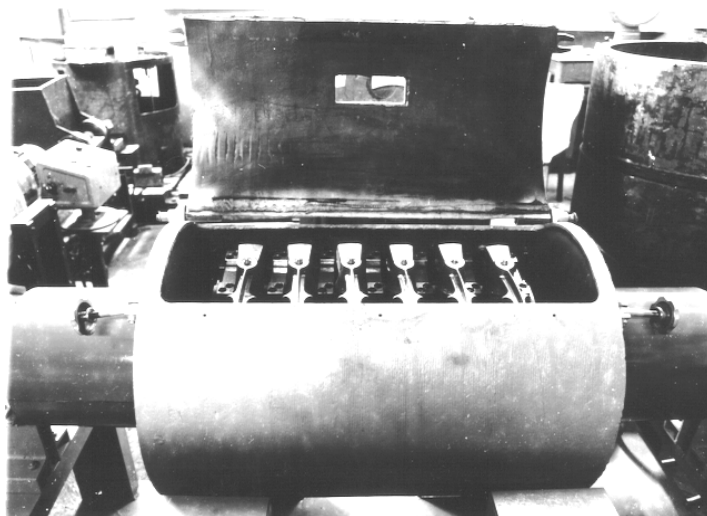
## ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛ МІЖ ЕЛЕМЕНТАМИ ВІБРАЦІЙНИХ МАШИН І ДЕТАЛЯМИ В ОБЕРТОВИХ ПРИСТРОЯХ

© Боровець В.М., Коруняк П.С., 2002

Розглядається спосіб закріплення корпусних деталей у обертових пристроях машин для вібраційної обробки. Проведений аналіз чинників, що діють під час обробки деталей, та запропонована методика розрахунку необхідного зусилля їх утримування.

**In the given paper the method of anchoring of body parts in rotated systems of ambulances for percussive treating is esteemed. The held analysis of the factors, which one operate during treating parts, and the method of application of account of an indispensable effort of their anchoring is proposed.**

Для обробки корпусних деталей і автоматизації процесу завантаження та розвантаження деталей необхідні машини, які дозволяють обробляти деталі в закріпленому стані у спеціальних пристроях (рис. 1, 2) [1]. Такий спосіб обробки дозволяє інтенсифікувати процес завдяки напрямленому руху оброблювальних деталей в напрямку, протилежному рухові робочого середовища. За рахунок ефекту синхронного підтримування обертового руху, пристрій з деталями обкочується по внутрішній поверхні опорних втулок в напрямку дії збуджувальної сили. Одночасно робоча камера рухається по коловій траєкторії, надаючи робочому середовищу коливальний і циркуляційний рух в протилежному напрямку.



*Рис. 1. Вібраційна машини для обробки деталей  
в обертовому пристрої*

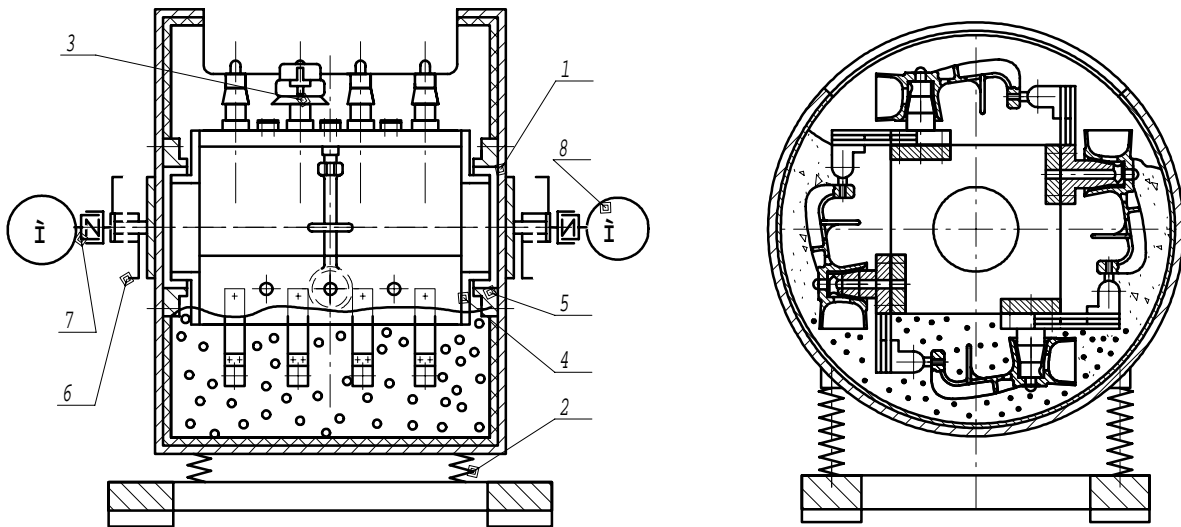


Рис. 2. Конструктивні схеми машин з обертовим пристроєм для обробки деталей:  
 1 – робоча камера; 2 – пружна система; 3 – оброблювальні деталі; 4 – обертовий пристрій;  
 5 – поверхні обкочування; 6 – дебалансний вібробуджувач; 7 – пелюсткові муфти  
 8 – електродвигун

Аналізуючи взаємодію оброблювальних деталей з робочим середовищем встановлено, що відносна швидкість, а також сила взаємодії будуть оптимальні під час обробки деталей в обертовому пристрої, оскільки їх рух відбувається в напрямку, протилежному до руху робочого середовища і швидкість різання буде дорівнювати сумі приведених швидкостей робочого середовища і пристрою з деталями.

Одним із важливих завдань під час проектування машин для обробки корпусу макотерки у обертовому пристрої є визначення зусилля утримування деталей в оправках пристрою. Враховуючи конструктивні міркування (рис. 3), необхідну умову встановлення корпусу деталі на оправку обертового пристрою можемо записати так:

$$d + 2e = D - \Delta \quad (1)$$

де  $\Delta$  – гарантований зазор між вершиною оправки і отвором деталі.

Для надійного закріплення деталі ексцентриситет  $e$  повинен вибиратися максимальним, але таким, щоб не виникло заклинювання оброблювальної кульки згідно з рис. 4.

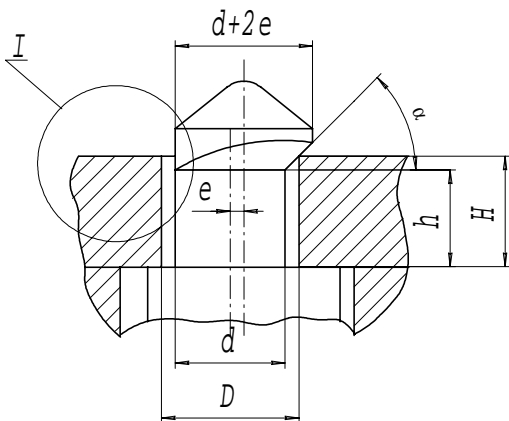


Рис. 3. З'єднання деталі з наконечником оправки

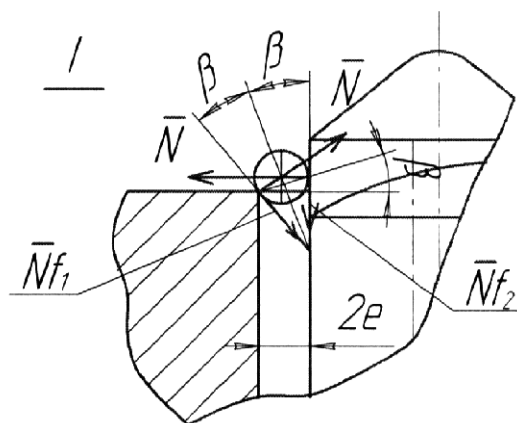


Рис. 4. Умова запобігання заклинюванню оброблювальної кульки

Враховуючи умови заклинювання

$$2e = \left( 2 \frac{d_k}{2} \cos \beta \right) \cdot \cos \beta = d_k \cdot \cos^2 \beta. \quad (2)$$

Звідки

$$\cos \beta = \sqrt{\frac{2 \cdot e}{d_k}}, \quad (3)$$

де  $d_k$  – діаметр оброблювальної кульки.

Умова запобігання заклинюванню, зважаючи на діючі сили, записується у вигляді

$$2N \cdot \sin \beta > (N \cdot f_1 + N \cdot f_2) \cdot \cos \beta, \quad (4)$$

де  $f_1, f_2$  – коефіцієнти тертя, відповідно, між кулькою і отвором та кулькою і деталлю. З цієї умови випливає

$$\operatorname{tg} \beta > \frac{f_1 + f_2}{2}. \quad (5)$$

Підставивши вираз (4) в (5), отримаємо

$$\sqrt{\frac{1 - \frac{2e}{d_k}}{\frac{2e}{d_k}}} > \frac{f_1 + f_2}{2}, \quad \text{або} \quad 2e < \frac{d_k}{1 + (f_1 + f_2)/4}. \quad (6)$$

Ця умова визначає вибір ексцентриситету в з'єднанні деталі з оправкою.

Для симетричного розміщення отвору відносно оправки необхідно, щоб довжина наконечника оправки  $h$  і товщина деталі  $H$  відповідали умові

$$h = H - \delta_0 - e \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (7)$$

де  $\delta_0$  – допуск на розмір  $H$ .

Крім геометричних умов з'єднань, необхідно забезпечити надійну фіксацію деталі в обертовому пристрої під час її обробки.

Розглянемо такі сили, які діють на деталь (рис. 5):  $N$  – сила нормальної реакції від наконечника оправки;  $N \cdot f$  – сила тертя;  $F_{\text{пр}}$  – сила притиску, що виникає внаслідок деформації пакета пружин;  $P_{\text{від}}$  – сила відривання деталі від пристрою, при коливанні разом з контейнером. У притиснутому стані деталь знаходиться в рівновазі за умови

$$F_{\text{пр}} + N \cdot f \cdot \cos \alpha - N \cdot \sin \alpha = 0, \quad (8)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя ковзання між наконечником оправки і деталлю.

Звідки

$$N = \frac{F_{\text{пр}}}{\sin \alpha - f \cdot \cos \alpha}. \quad (9)$$

Умова фіксації деталі в пристрої виконується тоді, коли момент сил притиску є більшим від моменту сил відриву, а саме

$$(N \cdot f \cdot \sin \alpha + N \cdot \cos \alpha) \cdot L > P_{\text{від}} \cdot l_1, \quad (10)$$

де  $l_1$  – відстань від центра тяжіння до осі шарніру.

Підставляючи (9) в (10), отримуємо необхідну силу притиску деталі

$$F_{\text{пр}} > \frac{\sin \alpha - f \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha + f \cdot \sin \alpha} \cdot \frac{l_1}{L} \cdot P_{\text{від}}. \quad (11)$$

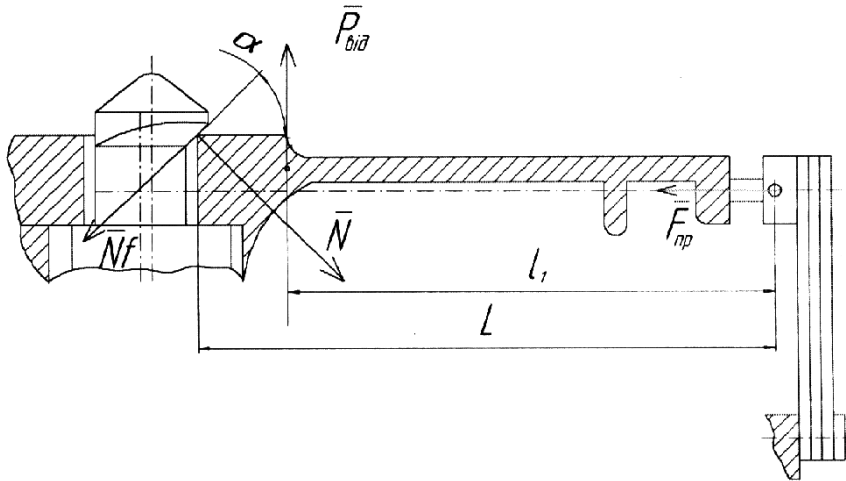


Рис. 5. Зусилля, які діють на деталь під час закріплення в пристрої

Зусилля відривання виникає під дією прискорення обертового пристрою під час коливання контейнера. Враховуючи, що максимальне прискорення у вертикальній площині, у найнесприятливішому положенні деталей, дорівнює  $4\pi^2 \cdot v^2 \cdot A$ , тоді сила відривання деталі буде

$$P_{\text{від}} = 4\pi^2 \cdot v^2 \cdot A \cdot m, \quad (12)$$

де  $m$  – маса деталі.

Своєю чергою зусилля притиску деталей становить

$$F_{\text{пр}} = c \cdot \Delta = \frac{E \cdot a^3 \cdot b}{l^3} \cdot n \cdot \Delta, \quad (13)$$

де  $c$  – жорсткість пакета пружин;  $\Delta$  – деформація пакета пружин при встановленні деталей;  $a$ ,  $b$ ,  $l$  – відповідно товщина, ширина і довжина плоских пружин;  $n$  – кількість пружин у пакеті.

Підставляючи (13) і (12) в (11), одержуємо нерівність

$$c \cdot \Delta \frac{E \cdot b \cdot a^3}{l^3} > \frac{\sin \alpha - f \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha + f \cdot \sin \alpha} \cdot \frac{l_1}{L} \cdot 4\pi^2 \cdot v^2 \cdot A \cdot m. \quad (14)$$

Враховуючи, що під час встановлення та знімання деталей пакет пружин деформується на величину  $\Delta + e$ , отримаємо умову їх міцності

$$\frac{6 \cdot (\Delta + e) \cdot a}{l^2} \cdot E \leq [\sigma], \quad (15)$$

де  $[\sigma]$  – допустиме напруження згину матеріалу пружини.

Використання такої конструкції та методики розрахунку вібраційної машини дозволяє скоротити час встановлення і знімання деталей, обробити лише певні поверхні деталей та інтенсифікувати обробку за рахунок збільшення зусилля різання порівняно з вібромашинами, де деталі завантажуються насипом.

1. Карташов И.Н., Шаинский М.Е., Власов В.А. *Обработка деталей свободными абразивами в вибрирующих резервуарах.* – К., 1975. – 189 с. 2. Бабичев А.П., Трунин В.Б., Самодумский В.П., Устинов В.П. *Вибрационные станки для обработки деталей.* – М., 1984. – 168 с. 3. Боровець В.М. *Вібраційний верстат для фінішної обробки корпусу макотерки* // Вісн. ДУ “Львівська політехніка”. – 1998. – № 321. – С. 8–12. 4. Пат. 9936 Україна, В 24 В 31/067. *Вібраційний верстат* / В.М. Боровець, С.П. Стрельбицький, А.В. Урбан, В.А. Щигель (Україна). – № 4929992/SU; Заявл. 22.04.91; Опуб. 30.09.96, Бюл. № 3.