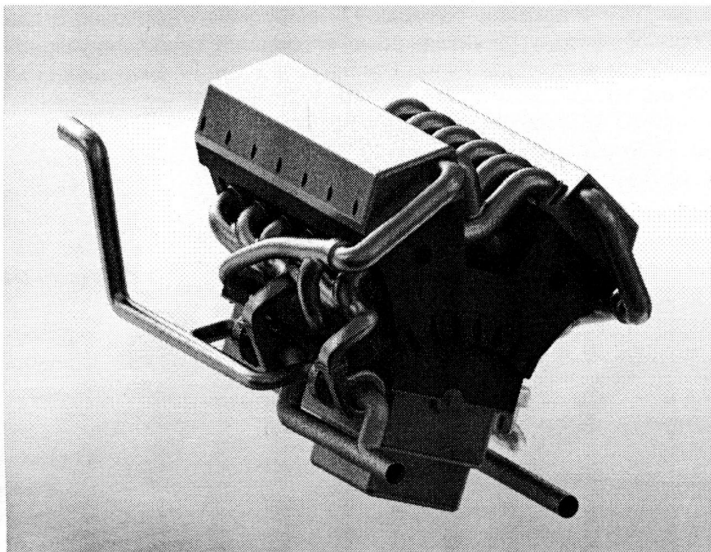


Модель повністю імітує реальний дизельний двигун (рисунк 2) з турбінними нагнітачами повітря, але без навісних агрегатів.



*Рис.2. Модель 12-циліндрового дизеля у зібраному стані.*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ВІБРАЦІЙНО-ВІДЦЕНТРОВОЇ УСТАНОВКИ**

<sup>1</sup>Ляшук О.Л. *д.т.н. доцент*, <sup>2</sup>Кондратюк О.М., *к.т.н. доцент*,

<sup>2</sup>Серілко Л.С. *к.т.н. доцент*, <sup>1</sup>Галан Ю.Я. *аспірант*

<sup>1</sup>Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя

<sup>2</sup>Національний університет водного господарства та природокористування

При розробці і впровадженні нової високопродуктивної фінішної обробки, використовують вібраційний метод обробки деталей складної форми в сипучому абразивному середовищі. Процес вібраційного оброблення (ВіО) супроводжується взаємодією на деталь, яка обробляється, сукупністю факторів: великою кількістю мікроударів частинок робочого середовища, яка забезпечує пластичну деформацію, зняття металу і його окислів, змінних прискорень, які забезпечують високу рухомість і ударний характер взаємодії частинок робочого середовища і деталей, наявність хімічних і поверхнево-активних розчинів, які входять в склад ЗОР. Велика кількість різновидностей цього методу потребує досконального його вивчення і дослідження.

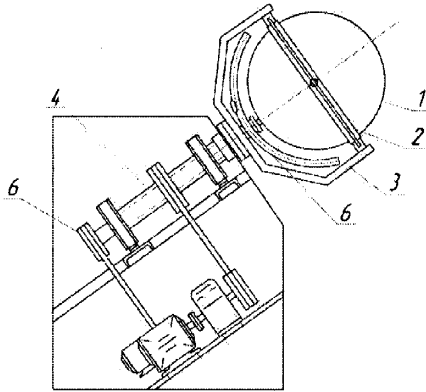


Рис. 1. - Схема вібраційно-відцентрової установки

Схему вібраційно-відцентрової установки, робоча камера якої здійснює складні кутові коливання та обертання навколо похилої осі, наведено на рис.1 [1]. Робоча камера 1 шарнірно встановлена в кільці 2, яка за допомогою підшипників кріпиться до ведучої вилки 3. Вилка 3 жорстко з'єднана з пустотілим валом 4, рух якого відбувається від електродвигуна за допомогою ласової передачі. Всередині пустотілого валу 4 знаходиться вал 5 кривошипного механізму 6, який здійснює кутові коливання робочої камери 1.

Розглянемо умовну рівновагу частинки абразиву, яка знаходиться на внутрішній поверхні камери. Згідно принципу Д'Аламбера [2] будемо мати:

$$\vec{P} + \vec{N} + \vec{F}_T + \vec{\phi} = 0 \quad (1)$$

де  $\vec{P}$  – сила тяжіння,  $\vec{N}$  – нормальна реакція поверхні камери,  $\vec{F}_T$  – сила тертя,  $\vec{\phi}$  – сила інерції,  $\vec{\phi} = -m\vec{a}$ .

Проведемо через кожену точку  $M_i$  з координатами  $(x_i, y_i, z_i)$ ,  $(i=1...12)$  нормаль, вектор якої матиме координати:  $X_i = -x_i$ ;  $Y_i = -y_i$ ;  $Z_i = -z_i$ .

Проектуючи рівняння (1) на нормаль отримаємо:

$$N = P_n + \phi_n, \text{ де } \vec{P} = m\vec{g}, \quad N' = \frac{N}{m} = g_n + a_n. \quad (2)$$

Вектор прискорення вільного падіння має координати  $g_x = -g \cos \psi$ ;  $g_y = g \sin \psi$ ,  $g_z = 0$ , де  $\psi$  – кут нахилу осі  $Oy$  до горизонту.

Знаючи проекції прискорення точки  $M_i$  на координатні осі  $a_x$ ,  $a_y$ ,  $a_z$  можна визначити величину  $N'$ .

$$N' = \frac{(g_x + a_x)X_i + (g_y + a_y)Y_i + (g_z + a_z)Z_i}{\sqrt{X_i^2 + Y_i^2 + Z_i^2}}. \quad (3)$$

Визначимо кінетичну енергію частинки абразиву, яка знаходиться в точці  $M_i$  в моменті часу, коли проходить відрив частинки абразиву від камери  $N' > 0$ .

$$E_k = \frac{mV_i^2}{2} = \frac{m(V_x^2 + V_y^2 + V_z^2)}{2} \quad (4)$$

де  $V_{xi}, V_{yi}, V_{zi}$  – проєкції швидкості точки  $M_i$  на осі координат в момент часу  $t_k$ .

Тоді кінетична енергія, яку віддає камера частинкам абразиву в точці  $M_i$  за час  $t_1$ , буде рівна  $T_i = \sum_{k=1}^{t_1} E_k$ . Кінетична енергія, яку отримають частинки абразиву від всієї камери за час  $t_1$ , буде рівна  $T = \sum_{i=1}^{80} T_i$ . Величина  $t_1$  визначається з умови, що за цей час робоча камера здійснить повне число обертів навколо осі  $Oy$ .  $t_1 = \frac{60}{\Delta n_1}$ , де  $\Delta n_1$  – крок зміни частоти обертання камери навколо осі  $Oy$ .

Після цього визначаємо кінетичну енергію, яку віддає камера частинці абразиву одиничної маси за час  $t_1$ , яка наведена рис.2.

$$T' = \frac{T}{m \cdot t_1}. \quad (5)$$

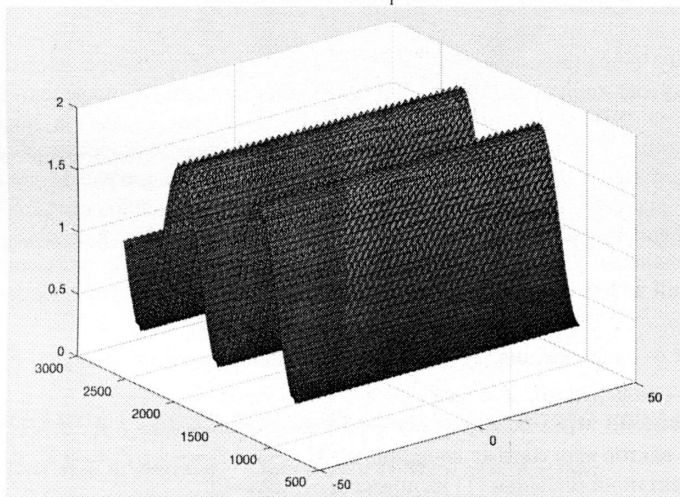


Рис.2. Поверхня відгуку залежності питомої кінетичної енергії  $T'$  від частоти обертання вилки  $p_1$  і кривошипа  $p_2$

### Література:

1. Патент на корисну модель № 113428. Україна, МПК(2016.01) B24B 31/073. Пристрій для вібраційної обробки/ Гевко Б. М.; Кондратюк О. М.; Ляшук О. Л.; Серілко Л. С.; Галан Ю.Я. (Україна). – u201608015. Заявл. 19.07.2016.; Опубл. 25.01.2017р., Бюл.№2.- 4с.;
2. Павловський М. А. Теоретична механіка: [підручник] / М. А. Павловський. – К.: Техніка, 2002. – 512 с.