

## СИНТЕЗ НЕСТАЦІОНАРНИХ ЧАСТОТНО-СИЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ІНЕРЦІЙНОГО ВІБРОЗБУДЖУВАЧА

Національний університет «Львівська політехніка»

### Анотація.

В основі дослідження використано ідею реалізації інерційного віброзбуджувача зі змінними в процесі роботи частотно-силовими характеристиками. Зокрема, змінними прийнято вважати зусилля та частоту обертання результуючого вектору, як параметри, що визначають основні технологічні можливості вібраційної системи. Здійснено кінематичний, динамічний аналіз та оптимізаційний синтез віброзбуджувача із вихідними частотно-силовими характеристиками.

**Ключові слова:** інерційний віброзбуджувач, синтез, оптимізація, дебаланс, вібрація.

В основі конструкції віброзбуджувача покладено схему подвійного незбалансованого ротора (рис. 1), в якого незбалансовані маси  $m_{d1}$  1 і  $m_{d2}$  2 обертаються з різними  $\omega_1$  і  $\omega_2$  частотами та розташовані з початковим зсувом фаз  $\varphi$ . Внаслідок цього, відносно центру обертання незбалансованих мас віброзбуджувача реалізується результуючий вектор змінного зусилля збурення  $R(t)$ , що змінюється у відповідних межах та обертається зі змінною частотою  $\omega(t)$  [1]. Така конструкція має широкі можливості в задачах гасіння коливань роторів [2], а також може бути використана для реалізації вібраційних процесів.

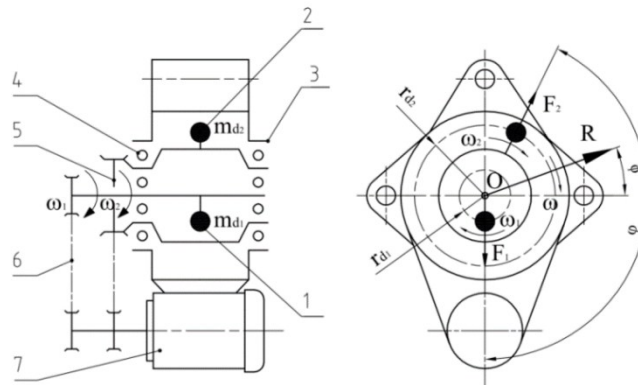


Рис. 1. Кінематична схема інерційного віброзбуджувача

Дослідження базуються на завданнях кінематичного та динамічного аналізу, а також синтезу параметрів віброзбуджувача. Завдання оптимізаційного синтезу сформовано наступним чином:

Знайти	$m_{d1}r_{d1}$ і $m_{d2}r_{d2}$	
Мета	$\varepsilon = \frac{d}{dt} \omega(t) \rightarrow \max$	
Обмеження	$\omega_{min} > 100 \text{ рад/с}, 1,5 < \frac{\omega_{max}}{\omega_{min}} < 2,$	
	$R_{max} \leq 6 \text{ кН}, 1,5 < \frac{R_{max}}{R_{min}} < 2$	(1)
Вихідні умови	$\omega_2 = 157 \text{ рад/с}, \omega_1 = 2\omega_2, \varphi = 0,$	
Отримано	$m_{d1}r_{d1} = 1,28 \text{ кг} \cdot \text{см}, m_{d2}r_{d2} = 19,2 \text{ кг} \cdot \text{см},$ $\varepsilon = 8,961 \cdot 10^3 \text{ рад/с}^2, \frac{\omega_{max}}{\omega_{min}} = 1,9, \frac{R_{max}}{R_{min}} = 1,73,$ $\omega_{min} = 100 \text{ рад/с}, R_{max} = 6 \text{ кН}.$	

На наступному етапі здійснено динамічний аналіз коливань одномасової вібраційної системи за відомими параметрами маси робочого органа, частот вільних і загасаючих коливань у горизонтальному та вертикальному напрямках, отримано часові залежності кінематичних, динамічних і силових параметрів вібраційної системи.

Висновки за результатами дослідження:

1. На етапі кінематичного аналізу встановлено визначальні часові залежності для основних параметрів. Побудовано часові характеристики, за якими встановлено, що вектор результуючого зусилля збурення інерційного вібратора змінює своє амплітудне значення та обертається зі змінною частотою, причому частота зміни їхніх значень є сталою та визначається нижнім значенням частоти обертання  $\omega_2$  одного з дебалансів.

Проекції результуючого вектору на координатні осі дозволяє отримати різні за характером зміни та фазою періодичні горизонтальну та вертикальну складові. При цьому, характер зміни цих складових суттєво залежить від кута зсуву фаз між дебалансами.

2. На етапі синтезу оптимізаційного синтезу покладено граничні значення частоти обертання та зусилля збурення за умови отримання максимального кутового пришвидшення під час обертання результуючого вектору зусилля збурення.

3. На етапі динамічного аналізу проведено чисельний розрахунок інтегралу Дюамеля та побудови часових залежностей переміщення та пришвидшення. Встановлено, що в системі наявні горизонтальні та вертикальні переміщення, а пришвидшення у відповідних напрямках мають різний характер зміни з додатково наявними гармоніками вищих порядків.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Gursky V, Kuzio I, Krot P, Zimroz R. Energy-Saving Inertial Drive for Dual-Frequency Excitation of Vibrating Machines. *Energies*. 2021; 14(1):71. <https://doi.org/10.3390/en14010071>.

2. Wang Z, Zhang B, Zhang K, Yue G. Optimization and Experiment of Mass Compensation Strategy for Built-In Mechanical On-Line Dynamic Balancing System. *Applied Sciences*. 2020; 10(4):1464. <https://doi.org/10.3390/app10041464>.

*Гурський Володимир Миколайович* – д-р техн. наук, доцент кафедри робототехніки та інтегрованих технологій машинобудування, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, [vol.gursky@gmail.com](mailto:vol.gursky@gmail.com).

*Кузьо Ігор Володимирович* – д-р техн. наук, професор, професор кафедри робототехніки та інтегрованих технологій машинобудування, Національний університет «Львівська політехніка», Львів.

## SYNTHESIS OF NON-STATIONARY FREQUENCY AND FORCED CHARACTERISTICS OF THE INERTIAL VIBROEXCITER

### *Abstract*

The study is based on the idea of implementing an inertial vibroexciter with variable in the process of frequency-force characteristics. In particular, the variables are considered to be the effort and speed of rotation of the resulting vector, as parameters that determine the main technological capabilities of the vibration system. Kinematic, dynamic analysis and optimization synthesis of vibration exciter with initial frequency-force characteristics are carried out.

**Keywords:** inertial vibroexciter, synthesis, optimization, unbalanced mass, vibration.

*Gursky Volodymyr* – Dr. Tech. Science, Lecturer of Department of Robotics and Integrated Mechanical Engineering Technologies, Lviv Polytechnic National University, Lviv, [vol.gursky@gmail.com](mailto:vol.gursky@gmail.com).

*Kuzio Igor* – Dr. Tech. Science, Professor, Professor of Department of Robotics and Integrated Mechanical Engineering Technologies, Lviv Polytechnic National University, Lviv.