

## ПОВІЛЬНІ КОЛИВАННЯ ІНЕРЦІЙНИХ ВІБРОЗБУДНИКІВ У ВІБРАЦІЙНИХ МАШИНАХ З КІЛЬКОМА СТУПЕНЯМИ ВІЛЬНОСТІ

Луцький національний технічний університет

### Анотація

Показано, що під час запуску вібраційної машини з несиметричним приводом можуть виникати коливання «повільної» швидкості незбалансованого збудника вібрації. Отримано формули частоти таких коливань для вібраційних машин з плоским характером руху тіла носія.

**Ключові слова:** вібрації, вібромашина, динамічна модель, коливання

Проблема проходження зони резонансу несучої системи інерційним віброзбудником досить важлива для розвитку вібротехніки. В наш час вона достатньо добре вивчена. Зокрема, в роботах [1, 2] звертається увага на наявність в області ефекту Зоммерфельда повільних коливань віброзбудника. Практично важливим є те, що повільні коливання успішно використовуються для полегшення проходження віброзбудниками зони резонансних частот несучого тіла. Проте у відомих дослідженнях виникнення повільних коливань розглядається лише на прикладах вібромашин з одним ступенем вільності несучого тіла. Дана робота присвячена подальшому розвитку результатів праць [2, 3].

Динамічна модель вібромашини прийнята у вигляді м'яко віброізованого несучого твердого тіла, яке може здійснювати плоскі коливання (рис. 1). За привід використовується дебалансний віброзбудник, який приводиться в обертання від електродвигуна асинхронного типу.

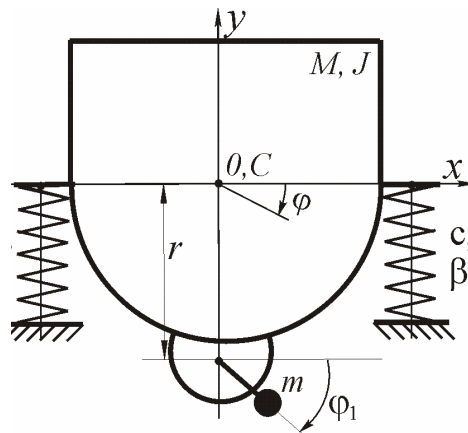


Рисунок 1 – Динамічна модель вібромашини з плоскими коливаннями робочого органу

Для дослідження руху дебалансного віброзбудника при «повільному» проходженні вібромашинною зони резонансу було використано підхід вібраційної механіки та метод прямого розділення рухів [1, 2]. Зазначимо, що розглядуваний режим «застрягання» швидкості обертання віброзбудника при пуску вібромашини являє собою максимально навантажений режим її роботи.

Слідуючи даному методу, отримано рівняння повільних рухів у вигляді, наведеному в [1, 2] та знайдено формулу для вібраційного моменту (додаткового динамічного навантаження на електродвигун викликаного коливаннями несучої системи), яку подано у формі

$$V(\omega) = -\frac{1}{2} \omega \sum_{q=x,y,\varphi} A_q^2 k_q^2 \beta_q,$$

де  $A_q$  – амплітуда усталених зарезонансних коливань несучого тіла, відповідних  $q$ -й узагальненій координаті несучого тіла;  $k_q$  – коефіцієнт динамічності;  $\beta_x$  – коефіцієнти в'язкого тертя підвіски несучого тіла;  $\omega$  – частота «застрягання» віброзбудника.

Величина вібраційного моменту пропорційна квадрату динамічності, що свідчить про значне та досить стрімке зростання навантаження на електродвигун в області власних частот вібромашини, яке й призводить до виникнення ефекту Зоммерфельда.

Знайдено формулу для визначення частоти повільних коливань  $p_\psi$  незрівноваженого ротора в області ефекту Зоммерфельда; при цьому, рівняння швидких коливань ротора дебалансного віброзбудника отримано у вигляді, наведеному у роботі [3].

Аналіз рівняння швидких коливань свідчить, що при встановленні стаціонарного режиму в області ефекту Зоммерфельда, буде мати місце чітко виражений перехідний процес, який являє собою згасаючі бігармонічні коливання швидкості віброзбудника з основною частотою  $p_\psi$ . Показано, що початкові амплітуди цих коливань є порівняно великими, а їх затухання відбувається досить повільно.

Результати виконаного комп'ютерного моделювання переконливо свідчать, що повільні коливання швидкості віброзбудника являють собою нестационарний процес в області ефекту Зоммерфельда (рис. 2).

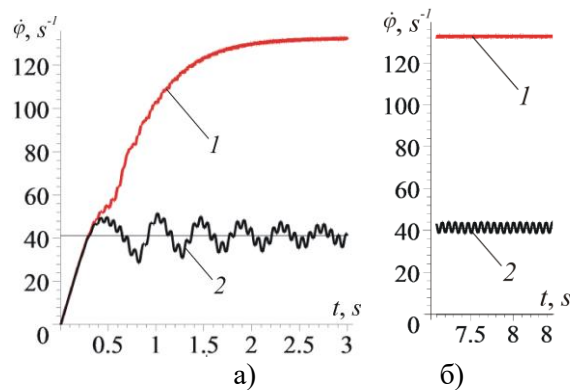


Рисунок 2 – Зміни частоти обертання віброзбудника: а) з моменту пуску електродвигуна; б) у зарезонансному усталеному режимі: 1 – проходження резонансної зони; 2 – «застрягання» кутової швидкості

Встановлено, що для випадку, коли несуча система вібромашини має кілька ступенів вільності, рівняння повільних рухів та швидких коливань ротора дебалансного віброзбудника зберігає вигляд рівняння для найпростішої системи з одним ступенем вільності; змінюється лише формула для частоти повільних коливань, методика визначення якої залишається тією ж самою.

Виконані дослідження сприятимуть вибору параметрів для алгоритмів керування проходженням зони резонансу вібраційними машинами з інерційними віброзбудниками.

## Література

1. Блехман И.И. Вибрационная механика и вибрационная реология (теория и приложения) / И. И. Блехман. – Москва: «ФИЗМАТЛИТ», 2018. 752с.

2. Blekhman I.I., Indeitsev D.A., Fradkov A.L. Slow motions in systems with inertial excitation of vibrations. Journal of Machinery Manufacture and Reliability, 2008. Vol. 37. Issue 1. P. 21-27.

3. Yaroshevich N., Puts V., Yaroshevich T. Slow oscillations in systems with inertial vibration exciters. Vibroengineering Procedia, 2020. Vol. 32. P. 20-25.

**Ярошевич Ольга Миколаївна** - аспірант кафедри галузевого машинобудування, Луцький національний технічний університет, e-mail: jaroshevytsch.olia@gmail.com

**Шовкомуд Олександр Павлович** - к.т.н., доцент, доцент кафедри галузевого машинобудування, Луцький національний технічний університет, e-mail: o.shovkomud@lntu.edu.ua

**Ярошевич Микола Павлович** - д.т.н., професор, професор кафедри галузевого машинобудування, Луцький національний технічний університет, e-mail: yaroshevichmp@gmail.com

## **SLOW OSCILLATIONS OF INERTIAL EXCITERS IN VIBRATIONAL MACHINES WITH A FEW FREEDOM MODES**

### **Annotation**

It is shown that during the start of vibration machine with unbalanced drive the “slow” speed oscillations of unbalanced vibration exciter can occur. Formulas for the frequency of such oscillations for vibration machines with a flat nature of the carrier body motion are obtained.

**Key words:** vibrations, vibrating machine, dynamic model, oscillations

**Yaroshevych Olga Mykolayivna** - graduate student of the Department of Industrial Engineering, Lutsk National Technical University, e-mail: jaroshevytsch.olia@gmail.com

**Shovkomud Oleksandr Pavlovych** - Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Industrial Engineering, Lutsk National Technical University, e-mail: o.shovkomud@lntu.edu.ua

**Yaroshevych Mykola Pavlovych** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Industrial Engineering, Lutsk National Technical University, e-mail: yaroshevichmp@gmail.com