

УДК 539.3

ОСЕВЫЕ КОЛЕБАНИЯ ЦЕНТРИФУГИ НА НЕЛИНЕЙНО-УПРУГОЙ ОПОРЕ

Бабенко А.Е., Боронко О.А., Лавренко Я.И.

КПИ имени Игоря Сикорского», г. Киев,

Аннотация. В работе рассмотрены вынужденные нелинейные колебания лабораторной центрифуги. С помощью метода гармонического баланса была определена амплитуда нелинейных колебаний центра масс центрифуги, при работе центрифуги и построена амплитудно-частотная характеристика. Сделаны выводы о влиянии нелинейной кубической характеристики восстанавливающей силы опоры с учётом вязкого частотно-зависимого трения на вынужденных колебаний центрифуги. Рассмотрены некоторые понятия об устойчивости движения в нелинейных системах. Для определения устойчивости при малых отклонениях использован первый метод Ляпунова – метод линеаризации. Рассмотрен конкретный пример.

Ключевые слова: центрифуга, опора, амплитуда, нелинейная характеристика, вынужденные колебания.

В связи с усовершенствованием современных медицинских центрифуг угловая скорость вращения достигает больше десятка тысяч за минуту, что вызывает существенные вибрации, которые необходимо гасить для надежной работы машин [1,2,3]. Для этого используются демпферы [4]. Поэтому актуальным заданием есть определение жесткости упругих опор при динамическом нагружении и амплитуды колебаний центрифуги.

Целью работы является исследование вынужденных нелинейных колебаний центрифуги с учетом частотно-независимого трения с помощью приближенного аналитического метода гармонического баланса (Рис.1).

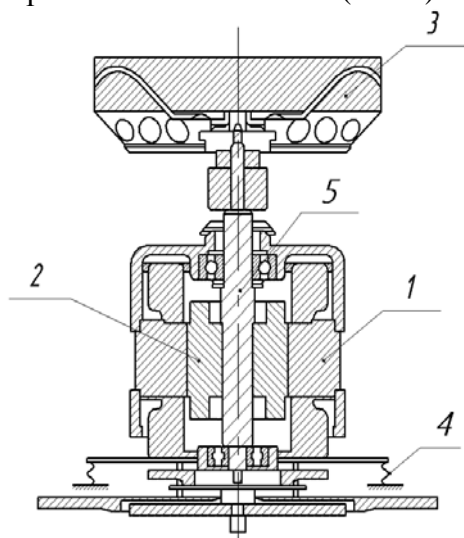


Рис.1. Эскиз центрифуги

Центрифуга состоит с ротора 3, который вращается вокруг вертикальной оси, что одновременно является валом электродвигателя, якорь 2 которого сидит на той самой оси, а статор двигателя 1 и корпус центрифуги закреплен на упругих опорах (Рис.1).

Опоры 4 корпуса центрифуги сконструированы так, что позволяют центрифуге вращаться относительно неподвижных осей.

Опора центрифуги (Рис.2) рассматривается как механическая система с жесткой кубической характеристикой восстанавливающей силы и линейным частотно-независимым трением при действии гармонической силы [4,5]. Расчетная модель представлена на Рис. 3. Нагружение опоры лабораторной центрифуги ограничивались рабочим режимом центрифуги и образец не доводился до разрушения (Рис.4).

Уравнение вынужденных колебаний для данной механической системы определяется уравнением (1):

$$m\ddot{q} + b_1\dot{q} + c_1q - c_3q^3 = P \cos \omega t, \quad (1)$$

где m - масса центрифуги, b_1 – коэффициент трения, c_1 и c_3 - линейные и нелинейные коэффициенты жесткости соответственно.

Перепишем уравнение (1) следующим образом:

$$\ddot{q} + 2h\dot{q} + \omega_0^2q - \gamma q^3 = P_0 \cos \omega t; \quad (2)$$

где $2h = \frac{b_1}{m}$, $\omega_0^2 = \frac{c_1}{m}$, $\gamma = \frac{c_3}{m}$, $P_0 = \frac{P}{m}$



Рис.2. Образец

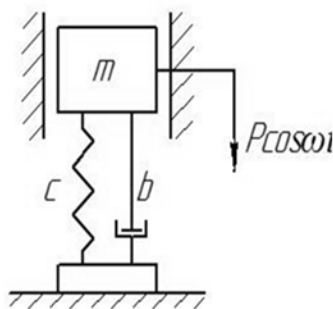


Рис.3. Модель опоры

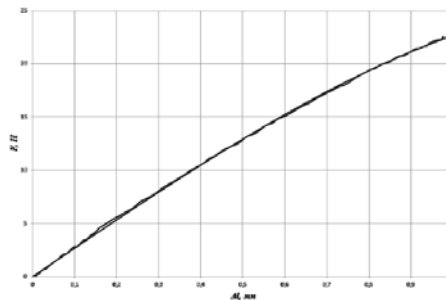


Рис.4. Диаграмма нагружения

Для обеспечения высокой степени сепарации необходима высокая скорость вращения и устойчивость движения [2].

При анализе устойчивости движений в нелинейных системах исследуют устойчивость в особых точках, которые характеризуют равнодействующие состояния и на граничных циклах, которые характеризуют автоколебания [6]. Если в линейных системах работоспособными являются только устойчивые системы, то в нелинейных системах наличие автоколебаний есть нормальным режимом ее функционирования.

Определены необходимые условия и зоны устойчивого движения центрифуги, необходимые для качественной сепарации смесей.

Выводы:

1. Нелинейность характеристики восстанавливающей силы отображает основную роль в ограничении амплитуды колебаний.
2. Проведено исследование демпфера с дальнейшей записью диаграммы нагружения, определено линейную и нелинейную составляющую коэффициентов жесткости, а также амплитуду колебаний системы.
3. Применен метод гармонического баланса для конкретной системы.

Список литературы:

1. Gash R.: Rotordynamik/ Robert Gash; Rainer Nordmann; Herbert Pftzner. – 2., vollst. Neubearb. Und erw. Aufl. – Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Hongkong; London; Mailand; Paris; Tokio: Springer, 2002. – p.705.
2. Бабенко А.Е. Динамика центрифуги на нелинейно упругом основании / А.Е.Бабенко, Я.И. Лавренко, Й. Штракельян // Вісник Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”, серія “Машинобудування”. – 2011. – №63. – С. 268–272.
3. Кабанник С.М.; Боронко О.О. Нелінійні вимушені коливання віброопор верстатів. // Вісник НТУУ «КПІ». Серія. "Машинобудування". – 2012 – № 65. С.101-104.
4. Бабенко А.Є. Експериментальне дослідження механічних характеристик опор та руху центрифуги PICO21 / А.Є. Бабенко, Я.І. Лавренко // Вісник Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”, серія “Машинобудування”. – 2013. – №69. – С. 84–88.
5. Ishida Y., Yamamoto T. Linear and nonlinear rotordynamics: A modern treatment with applications. Wiley VCH Verlag GmbH & Co. KGaA - 2012. – p.474.
6. Василенко М.В., Алексейчук О.М. Теорія коливань та стійкість руху: Підручник.-К.:Вища шк., 2004-525с.