

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПЕТРА ВЕЛИКОГО

Институт Энергетики
Высшая школа энергетического машиностроения

Лабораторная работа №2
"Определение частот собственных колебаний вращающегося диска"

Студент гр. 3231303/81001 _____ Степанов С.С.

Преподаватель _____ Курнухин А.А.

Санкт-Петербург
2021

СОДЕРЖАНИЕ

| | | |
|---|--|---|
| 1 | Теория | 2 |
| 2 | Исходные данные | 3 |
| 3 | Определение собственных частот поперечных колебаний системы, распо- ложенной на вращающемся диске | 4 |
| 4 | Оценка влияния вращения на частоту собственных колебаний | 5 |
| 5 | Список использованной литературы | 6 |

1 Теория

Частота собственных колебаний ротора зависит от частоты вращения ротора. Это явление объясняется действием гироскопического момента, возникающего при вращении ротора с дисками. При прямой прецессии (явление смещения геометрического центра ротора в плоскости, которая перпендикулярна оси ротора, в направлении вращения ротора; Рисунок 1) гироскопический момент стремится вернуть диск в исходное положение, т.е. он увеличивает возвращающий момент, что эквивалентно увеличению жёсткости. Таким образом, гироскопический момент при прямой прецессии увеличивает жёсткость вала и, как следствие, все его собственные частоты колебания и критические частоты.

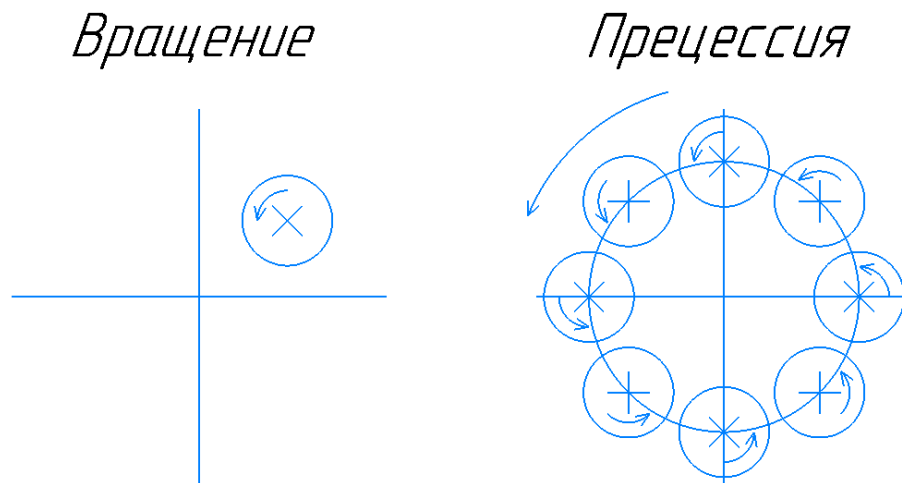


Рисунок 1 — Явление прямой прецессии

В ходе данной лабораторной работы был произведен расчет собственной частоты поперечных колебаний ротора с диском, а так же графически построена зависимость собственной частоты поперечных колебаний ротора от частоты его вращения .

2 Исходные данные

Длина ротора, [м]

$$l = 1,24.$$

Диаметр ротора, [мм]

$$d = 46.$$

Диаметр диска, [мм]

$$D = 220.$$

Толщина диска, [мм]

$$h = 29.$$

Плотность стали, [кг/м³]

$$\rho = 8000.$$

Модуль упругости, [МПа]

$$E = 20000.$$

3 Определение собственных частот поперечных колебаний системы, расположенной на вращающемся диске

Масса диска, [кг]

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot h = 8000 \cdot \frac{3,14 \cdot (220 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot 29 \cdot 10^{-3} = 8,81.$$

Полярный момент инерции, [м⁴]

$$Y_{xx} = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{3,14 \cdot (46 \cdot 10^{-3})^4}{64} = 2,198 \cdot 10^{-7}.$$

Податливость, [м/Н]

$$\delta_{11} = \frac{P \cdot (2 \cdot l)^3}{48 \cdot E \cdot Y_{xx}} = \frac{1 \cdot (2 \cdot 1,24)^3}{48 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 2,198 \cdot 10^{-7}} = 7,23 \cdot 10^{-6}.$$

Собственная частота поперечных колебаний, [Гц]

$$p = \sqrt{\frac{1}{\delta_{11} \cdot m}} = \sqrt{\frac{1}{7,23 \cdot 10^{-6} \cdot 8,81}} = 125,24 \frac{\text{рад}}{\text{с}} = 19,93.$$

$$p\omega = \sqrt{p_0^2 + w_p^2 \cdot \frac{R}{l}} = \sqrt{125,24^2 + 314^2 \cdot 2,3} = 492,39 \text{ рад/с} = 78,37.$$

4 Оценка влияния вращения на частоту собственных колебаний

Составим таблицу:

| | ω | $p\omega$ |
|-----------|----------|-----------|
| 0 | 0 | 125,24 |
| $0,25w_p$ | 78,5 | 172,79 |
| $0,5w_p$ | 157 | 269,03 |
| $0,75w_p$ | 235,5 | 378,48 |
| w_p | 314 | 492,40 |

Построим график:

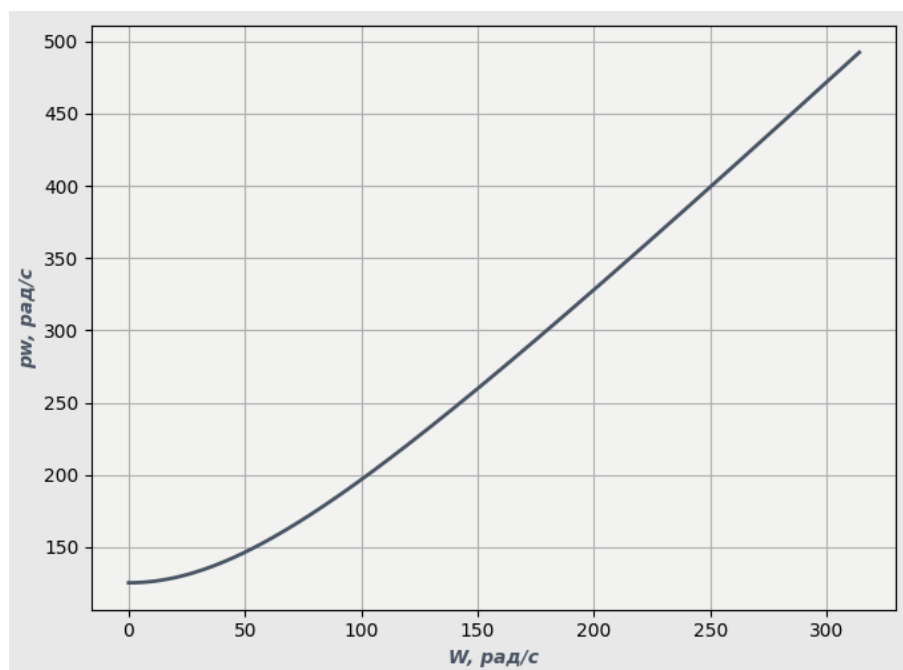


Рисунок 2 — Зависимость частоты собственных колебаний диска от частоты вращения ротора

По графику, изображенному на Рисунке 2, можно определить, что зависимость частоты собственных колебаний от угловой скорости вращения остается нелинейной только в самом начале кривой (на участке от 0 рад/с до 100 рад/с).

5 Список использованной литературы

1. Костюк А.Г. Динамика и прочность турбомашин: Учебник для вузов. Москва.: Издательский дом МЭИ, 2007. 477 с.