

Студент: Бакулевский М. В. ИУ4-52Б

## Семинар №4

**D** – цилиндрическая жесткость

**E** – модуль упругости материала платы

**μ** - коэффициент Пуассона

**ρ<sub>ПП</sub>** – плотность материала

Материал ПП FR4 1,5мм

Определение суммарной массы ПП М:

$$M_{\text{ПП}} = \underline{24} \text{ г}$$

$$M_{\text{эри}} = \underline{18} \text{ г}$$

$$M = \underline{42} \text{ г}$$

Расчет цилиндрической жесткости:

$$f_0 = \left( \frac{1}{2\pi} \right) \left( \frac{1}{a^2} \right) \sqrt{\frac{D}{M}} ab; \quad D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)},$$

где *a* — длина пластины (совпадает с длиной ячейки), м; *b* — ширина пластины, м; *D* — цилиндрическая жесткость, Н · м; *E* — модуль упругости для материала платы, Н/м<sup>2</sup>; *h* — толщина платы, м; *ν* — коэффициент Пуассона.

$$D = \frac{3.02 * 10^{10} * 0.0015^3}{12(1 - 0.22)} = 10.89 \text{ Н} * \text{м}$$

Расчет коэффициентов закрепления для 4 способов закрепления ПП:

***K<sub>a</sub>*** — коэффициент, зависящий от способа закрепления сторон пластины, определяется по общей формуле:

$$K_a = \left[ \alpha + \left[ \frac{\beta a^2}{b^2} \right] + \gamma \frac{a^4}{b^4} \right]^{0.5},$$

где *k*, *α*, *β*, *γ* — коэффициенты, соответствующие заданному способу закрепления сторон ПП.

---

Условные обозначения способов закрепления сторон платы:

«+++» - заземлённая сторона

«---» - опёртая сторона

**№1** (эскиз и значения коэффициентов)



$k$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
9,87	1	2	1

Способ закрепления соответствует ячейке, закрепленной в четырёх точках по углам

$K_a = 2.15$

**№2** (эскиз и значения коэффициентов)



$k$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
9,87	1	2,33	2,44

Способ закрепления соответствует ячейке без рамки

$K_a = 2.63$

**№3** (эскиз и значения коэффициентов)



$k$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
9,87	1	2,57	5,14

Способ закрепления соответствует ячейке без рамки

$K_a = 3.29$

**№4** (эскиз и значения коэффициентов)

			
Значения коэффициентов			
$k$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
22,37	1	0,61	1

Способ закрепления соответствует ячейке каркасной конструкции

$$K_a = 1.74$$

Расчет собственной частоты колебаний ПП:

Общая формула: 
$$f_0 = \left(\frac{1}{2\pi}\right)\left(\frac{1}{a^2}\right)\sqrt{\frac{D}{M}}ab$$

$$f = \left(\frac{1}{6.28}\right)\left(\frac{1}{0.01^2}\right)\sqrt{\frac{10.89}{0.042}}0.1 * 0.093 = 24.7\text{Гц}$$

1й способ:

$$f_0 = 24.7 \text{ Гц}$$

2й способ:

$$f_0 = 24.7 \text{ Гц}$$

3й способ:

$$f_0 = 24.7 \text{ Гц}$$

4й способ:

$$f_0 = 24.7 \text{ Гц}$$

Рабочий диапазон частот по заданию: 50Гц – 200Гц

Способы закрепления, удовлетворяющие условиям работы: 1, 2, 3, 4.