

## 2.4. УДАРНАЯ ПРОЧНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ

Большинство элементов конструкций РЭС могут быть представлены пластинами или балками. К пластинам можно отнести стенки кожухов или корпусов блоков, шасси, печатные платы т.е. такие элементы у которых размеры длины и ширины одного порядка, а размер толщины значительно меньше. К балкам можно отнести элементы каркаса стоек, блоков, рамки кассет и др. т.е. такие элементы конструкций у которых два размера поперечного сечения много меньше протяженности этого элемента

Исходные данные для расчета элементов типа "плата".

$a, b, h$  – геометрические размеры платы;  $a$  – большая сторона, м;

$m_n$  – масса платы, кг;

$E$  – модуль упругости материала платы, н/м<sup>2</sup>;

$\rho$  – плотность материала платы, кг/м<sup>3</sup>;

$n_{y\partial}$  – перегрузка при ударе;

$\tau$  – длительность ударного импульса, сек.

1. Определяют амплитуду ускорения при ударе

$$a_{\max} = n_{y\partial} \cdot g$$

где  $g$  – ускорение силы тяжести.

2. Находят величину скорости в начальный момент удара

$$v_0 = a_{\max} \cdot \tau,$$

или эквивалентную высоту падения

$$H = v_0^2 / 2g$$

3. Находят частоту свободных колебаний  $f_{01}$  (первой гармоники)

$$f_{01} = \frac{C \cdot h}{a^2} \cdot K_m \cdot K_s \cdot 10^5, \text{ Гц.}$$

Где  $K_b = \sqrt{E_c \cdot \rho_c / E_n \cdot \rho_n}$ ,

$E_n, E_c$  – модули упругости материала платы и стали.

$$K_s = \sqrt{1 / (1 + m_s / m_n)}$$

$m_s, m_n$  – массы элементов и масса платы.

При свободном опирании по контуру и отношении,  $a/b \approx 1$  частотная постоянная будет



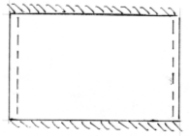
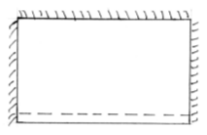
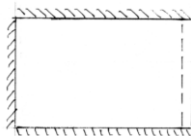
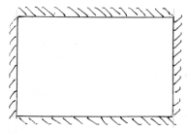
$$C = \frac{\alpha_1}{2\pi} \sqrt{\frac{D}{m_n + m_s}}$$

где  $D = \frac{E \cdot h^3}{12(1 - \varepsilon^2)}$  цилиндрическая жесткость;

$\varepsilon$  - коэффициент Пуассона. Для большинства материалов его величину можно принять равной 0,3.

$\alpha_1$  – коэффициент зависящий от краевых условий закрепления пластины.

В таблице представлены некоторые схемы закрепления плат и формулы для расчета  $\alpha_1$ .

N <sup>0</sup>	Схема закрепления	Формула для расчета $\alpha_1$
1		$\alpha_1 = 9,87(1 + \beta^2)$
2		$\alpha_1 = 22,37 \sqrt{1 + 0,48 \beta^2 + 0,19 \beta^4}$
3		$\alpha_1 = 9,87 \sqrt{1 + 2,57 \beta^2 + 5,14 \beta^4}$
4		$\alpha_1 = 22,372 \sqrt{1 + 0,549 \beta^2 + 0,475 \beta^4}$
5		$\alpha_1 = 15,42 \sqrt{1 + 1,19 \beta^2 + 2,1 \beta^4}$
6		$\alpha_1 = 22,37 \sqrt{1 + 0,61 \beta^2 + \beta^4}$

$$\beta = a/b$$

4. Определяют жесткость платы

$$K = (2\pi \cdot f_{01})^2 \cdot m_n$$

5. Находят статический прогиб платы

$$Z_{cm} = (m_n + m_э) \cdot g / K$$

6. Максимальный прогиб платы при ударе

$$Z_{\max} = \sqrt{Z_{cm}^2 + (V_0 / 2\pi \cdot f_{01})^2}$$

7. Находят полную динамическую деформацию платы

$$Z_{\partial} = Z_{cm} + Z_{\max}$$

8. Эквивалентная сила удара

$$P_{y\partial} = K \cdot Z_{\partial}$$

9. Определяют расчетный коэффициент запаса

$$n = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3$$

где:  $n_1$  – запас прочности;

$n_2$  – степень ответственности детали;

$n_3$  – однородность механических свойств материала.

Рекомендуется коэффициенты выбирать в пределах:  $n_1=1,25\dots1,5$ ;  $n_2=1,0\dots1,5$ ;  $n_3=1,2\dots3,0$ . При большем коэффициенте запаса выбирают большие значения коэффициентов.

10. Находят допустимое напряжение в материале платы

$$\sigma_{\partial on} = \sigma_n / n,$$

где  $\sigma_n$  – предельное допустимое напряжение в материале.

11. Изгибающий момент, действующий на плату

$$M_u = P_{y\partial} \cdot a/4$$

12. Момент инерции сечения платы

$$J = b \cdot h^3/12$$

13. Момент сопротивления изгибу пластины

$$W = J/(0,5h)$$

14. Напряжение, возникающее в материале платы

$$\sigma_u = M_u/W$$

15. Сравнивают расчетное значение  $\sigma_u$  в материале платы с допустимым значением  $\sigma_{\partial on}$  для данного материала (с учетом коэффициента запаса). Если выполняется условие  $\sigma_u \leq \sigma_{\partial on}$ , то конструкция способна выдержать действующую ударную нагрузку. В случае  $\sigma_u > \sigma_{\partial on}$  необходимо принять меры по

увеличению жесткости платы (это могут быть следующие решения: увеличить толщину платы, ввести ребра жесткости, изменить материал платы и пр.).

Расчет балочных конструкций проводится по той же схеме, только при определении частоты собственных колебаний балки следует воспользоваться выражением

$$f = \frac{\lambda_i^2}{2\pi l^2} \sqrt{\frac{E \cdot J}{\rho \cdot F}}$$

где  $\lambda_i$  – корень частотного уравнения характеризующий форму колебаний и способ крепления концов балки.

$\lambda_i = i \cdot \pi$  - для балки с шарнирным креплением концов;

$\lambda_i = (2i - 1) \cdot \pi/2$  – консольное крепление балки;

$\lambda_i = (2i + 1) \cdot \pi/2$  – жесткое крепление концов балки,

$i$  – номер тона колебаний.

Если на балке имеются сосредоточенные массы  $m_i$  то расчетная масса  $m$  находится

$$m = m_0 + \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n x_i \cdot m_i$$

где  $l$  – длина балки;

$x_i$  – расстояние от начала координаты (точка крепления балки) до соответствующей массы  $m_i$ .