



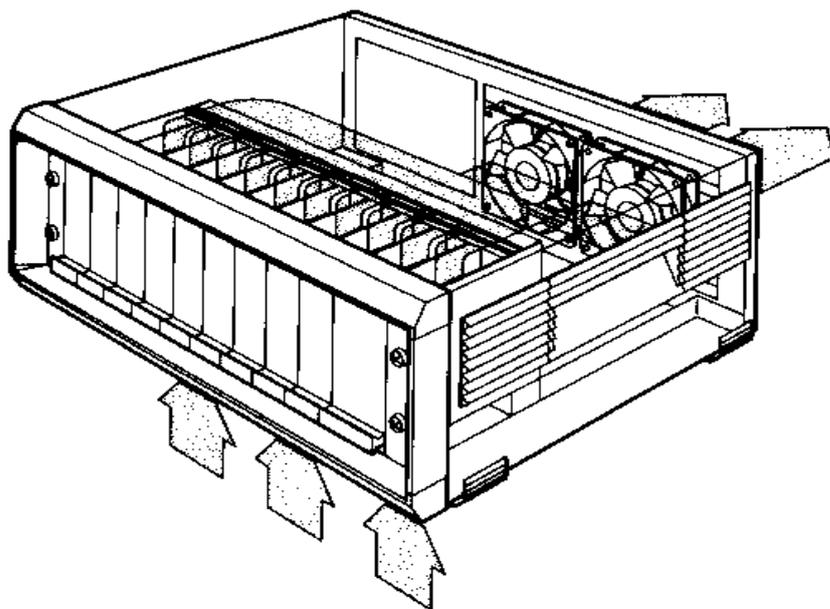
Кафедра конструирования  
и производства радиоаппаратуры

---

**А.К.Кондаков**

# **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОГАБАРИТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОНСТРУКЦИИ БЛОКА РЭС**

Методическое пособие для выполнения практического занятия  
для студентов радиотехнического факультета по дисциплине  
«Основы конструирования и технологии производства  
радиоэлектронных средств»



Томск 2012

## 1. РАСЧЁТ МАССЫ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ РЭС

В качестве примера в методическом пособии рассматривается вставной блок РЭА, конструкция которого состоит из:

- печатного узла;
- навесных элементов;
- корпуса блока, включающего две направляющие и две панели (лицевая и задняя) с отверстиями для крепления.

Согласно предварительному конструкторскому проектированию должны быть известными размеры и материал элементов конструкции блока.

Соответственно масса данной конструкции РЭС будет складываться из массы печатного узла, массы навесных элементов и массы корпуса блока:

$$M_K = M_{ПУ} + M_{НЭ} + M_B,$$

Далее на примере последовательно определяются эти составляющие.

### 1.1 Расчёт массы печатного узла

Масса печатного узла складывается из массы печатной платы и суммарной массы всех электрорадиоэлементов (ЭРЭ), установленных на плате

$$M_{ПУ} = M_{ЭЛ} + M_{ПЛ},$$

где  $M_{ПЛ}$  – масса печатной платы;

$M_{ЭЛ}$  – суммарная масса всех элементов платы.

1.1.1 Электрорадиоэлементы электрической принципиальной схемы проектируемого функционального узла, их массу (выбирается из справочников) и их количество на плате обычно сводят в таблицу. Пример состава условного функционального узла приведен в таблице 1. Здесь же подсчитана суммарная масса всех электрорадиоэлементов печатной платы.

Таблица 1 – Масса электрорадиоэлементов функционального узла

Наименование	Масса элемента, г.	Количество элементов, шт.	Суммарная масса, г
<b>R1</b> Резистор С5 – 40 В – 01 2,2 кОм	60	1	60
<b>R2</b> Резистор С4-2	0,7	1	0,7
<b>R3</b> Резистор С2 – 10 100 Ом	0,25	1	0,25
<b>R4</b> Резистор С2 – 10 100 Ом	0,25	1	0,25
<b>R5</b> Резистор С4-2 200 кОм	0,7	1	0,7
<b>R6</b> Резистор С6 – 2 – В 39 Ом	0,06	1	0,06
Выпрямительный блок КЦ419Ж (диодный мост)	25	1	25
Диод КС515А1	0,34	1	0,34
Конденсаторы К78-23	6	1	6
Конденсаторы К73-9	3	1	3

Транзистор КТ117АМ	0,45	1	0,45
Тиристор Т122-20-11	12	1	12
Трансформатор Т1	105	1	105
Паянные соединения	0,1	28	2,8
Итого:			217,63

Суммарная масса всех ЭРЭ, установленных на плате равна 0,217 кг.

1.1.2 Массу непосредственно печатной платы рассчитаем по формуле:

$$M_{пл} = \rho \cdot V_{пл},$$

где  $\rho$  – плотность материала, (стеклотекстолит  $\rho=1850 \text{ кг/м}^3$ );

$V$  – объем платы,  $\text{м}^3$ .

Объем печатной платы рассчитаем с учетом четырех базовых отверстий, служащих для ее крепления к направляющим блока.

Диаметр отверстий выбираем 2 мм в соответствии с ГОСТ 10317—79.

$$V_{пл} = a \cdot b \cdot h - n \cdot (\pi \cdot r^2 \cdot h),$$

где  $a$  – длина платы, 0,22 м;

$b$  – ширина платы, 0,16 м;

$h$  – толщина платы, 0,003 м;

$r$  – радиус базовых отверстий, 0,001 м;

$n$  – количество отверстий.

$$V_{пл} = 0,22 \cdot 0,16 \cdot 0,003 - 4(3,14 \cdot 0,001^2 \cdot 0,003) = 3,02 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

$$M_{пл} = 1850 \cdot 3,02 \cdot 10^{-5} = 0,056 \text{ кг}$$

Определяем массу всего печатного узла

$$M_{пв} = 0,056 + 0,217 = 0,273 \text{ кг}$$

1.2. Масса навесных элементов присутствующих в конструкции блока и их количество тоже сводятся в таблицу. Пример состава навесных элементов условного блока приведен в таблице 2.

Таблица 2 - Масса навесных элементов конструкции блока

Наименование	Масса элемента, г	Количество элементов, шт	Суммарная масса, г
Невыпадающие винты М3 ГОСТ 10344-80	1,164	2	2,328
Винты М3 саморезы	0,415	4	1,66
Винты М3 (ГРПМ2)	0,415	2	0,83
Винты М3 под ПП	0,415	8	3,32
Шайба М3 ГОСТ 11371-78	0,119	14	1,66
Гайки М3 ГОСТ 5927-70	0,377	12	4,524
Разъем ГРПМ2-30Гш02	17	1	17

Тумблер П1Т-1-1В	7,5	1	7,5
Высоковольтные гнёзда	20	2	40
Винт МЗ под высоковольтные гнёзда	0,415	4	1,66
Суммарная масса навесных элементов конструкции блока	80,482		

1.3 Массу корпуса блока рассчитаем по формуле:

$$M_B = M_{П1} + M_{П2} + N \cdot M_H,$$

где  $M_{П1}$  – масса лицевой панели;

$M_{П2}$  – масса задней панели;

$M_H$  – масса одной направляющей;

$N$  – количество направляющих.

1.3.1 Массу лицевой панели определяем по формуле:

$$M_{П1} = \rho \cdot V_{П1},$$

где  $\rho$  – плотность алюминиевого материала лицевой панели,  $2660 \text{ кг/м}^3$ ;

$V_{П1}$  – объем лицевой панели,  $\text{м}^3$ .

Объем лицевой панели с учетом конструктивных отверстий рассчитаем по формуле:

$$V_{П1} = a \cdot b \cdot h - n_1 \cdot (\pi \cdot r_1^2 \cdot h) - n_2 \cdot (\pi \cdot r_2^2 \cdot h) - n_3 \cdot (\pi \cdot r_3^2 \cdot h)$$

где  $a$  – длина лицевой панели,  $0,198\text{м}$ ;

$b$  – ширина лицевой панели,  $0,160\text{м}$ ;

$h$  – толщина лицевой панели,  $0,002\text{м}$ ;

$r_1$  – радиус отверстия для крепления светодиода,  $0,002\text{м}$ ;

$r_2$  – радиус отверстий для крепления направляющих,  $0,0025\text{м}$ ;

$r_3$  – радиус отверстий для крепления блока,  $0,0025\text{м}$ ;

$n$  – количество отверстий.

По формуле для  $V_{П1}$  найдём объём лицевой панели:

$$V_{П1} = 0,198 \cdot 0,16 \cdot 0,002 - 2(\pi \cdot 0,0025^2 \cdot 0,002) - 1 \cdot (\pi \cdot 0,002^2 \cdot 0,002) - 4(\pi \cdot 0,0025^2 \cdot 0,002) = 6,112 \cdot 10^{-5}$$

Определяем массу лицевой панели по формуле :

$$M_{П1} = 2660 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 6,112 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 = 0,163 \text{ кг}$$

1.3.2 Массу задней панели рассчитаем аналогично по формуле:

$$M_{П2} = \rho \cdot V_{П2},$$

где  $\rho$  – плотность материала, алюминиевый сплав  $\rho=2660 \text{ кг/м}^3$ ;

$V_{П2}$  – объем задней панели,  $\text{м}^3$ .

Объем задней панели с учетом отверстий рассчитаем по формуле:

$$V_{П2} = a \cdot b \cdot h - n \cdot (\pi \cdot r^2 \cdot h) - a_1 \cdot b_1 \cdot h,$$

где  $a$  – длина задней панели,  $0,178\text{м}$ ;

$b$  – ширина задней панели,  $0,140\text{м}$ ;

$a_1$  – длина отверстия под вилку ГРПМ2,  $0,06\text{м}$ ;

$b_1$  – ширина отверстия под вилку ГРПМ2,  $0,015\text{м}$ ;

$h$  – толщина задней панели, 0,002м;  
 $r$  – радиус отверстий под винты, 0,0015м;  
 $n$  – число отверстий.

По формуле для  $V_{П2}$  находим объем задней панели:

$$V_{П2} = 0,178 \cdot 0,14 \cdot 0,002 - 2(\pi \cdot 0,0015^2 \cdot 0,002) - 0,06 \cdot 0,015 \cdot 0,002 = 4,801 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

Определяем массу задней панели по формуле :

$$M_{П2} = 2660 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 4,801 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 = 0,128 \text{ кг}.$$

1.3.3 Массу двух направляющих корпуса блока рассчитаем по формуле:

$$M_H = \rho \cdot V_H$$

где  $\rho$  – плотность материала, алюминиевый сплав  $\rho=2660 \text{ кг/м}^3$ ;

$V_H$  – объем направляющей,  $\text{м}^3$ .

Объем одной направляющей рассчитаем по формуле:

$$V_H = S_H \cdot L,$$

где  $S_H$  – площадь поперечного сечения направляющей,  $91 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ ;

$L$  – длина направляющей, 0,271 м.

$$V_H = 91 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 \cdot 0,271 \text{ м} = 2,466 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

По формуле для  $M_H$  находим массу одной направляющей:

$$M_H = 2660 \cdot 2,466 \cdot 10^{-5} = 0,066 \text{ кг}$$

В итоге масса всего корпуса блока составит:

$$M_B = M_{П1} + M_{П2} + N \cdot M_H$$

$$M_B = 0,163 + 0,128 + 2 \cdot 0,066 = 0,423 \text{ кг}$$

В заключение расчета массогабаритных показателей определяем массу конструкции всего блока РЭС:

$$M_K = 0,273 + 0,080 + 0,423 \approx 0,776 \text{ кг}$$

## 2 РАСЧЕТ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ ИЗДЕЛИЯ РЭС

При проектировании конструкций радиоэлектронных средств важную роль для обеспечения стабильных условий работы РЭС играет определение координат центра массы (центра тяжести) конструкции. Как правило, этот параметр является обязательным и позволяет конструктору грамотно выбрать в дальнейшем систему амортизации и обеспечить минимальное дестабилизирующее воздействие на конструкцию внешних механических вибраций и ударов.

Конструкция РЭС представляет собой расположенные в корпусе изделия электрически и механически соединенные детали, узлы и прочие элементы, закрепленные на шасси и обеспечивающие функционирование изделия. На предварительных этапах разработки и компоновки конструкции изделия положение всех элементов конструкции однозначно определено (на сборочном чертеже) своими координатами в пространстве конструкции

изделия. За начало координат в изделии выбирается левый нижний угол конструкции. Конструктору изделия также известен вес каждого применяемого функционального элемента конструкции. Таким образом, зная вес и координаты центра тяжести всех деталей, узлов и элементов проектируемого блока, по ниже приведенным математическим выражениям определяются координаты (X, Y, Z) центра тяжести всего блока.

Определяют координаты центра тяжести блока РЭС

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n G_i X_i}{\sum_{i=1}^n G_i} \quad Y = \frac{\sum_{i=1}^n G_i Y_i}{\sum_{i=1}^n G_i} \quad Z = \frac{\sum_{i=1}^n G_i Z_i}{\sum_{i=1}^n G_i}$$

где:  $X_i, Y_i, Z_i$  – координаты центров тяжести (или геометрических центров) крупногабаритных электрорадиоэлементов (ЭРЭ), функциональных узлов (ФУ), различных деталей входящих в блок;

$G_i = m_i \cdot g$  – вес  $i$ -го электрорадиоэлемента или ФУ, Н (ньютонов);

$G = \sum G_i$  – вес блока РЭС;

$m_i$  – масса  $i$ -го электрорадиоэлемента или функционального узла, кг;

$n$  – число электрорадиоэлементов и ФУ;

Координаты центра массы блока РЭС обязательно указывают на сборочном чертеже изделия и учитывают при последующем проектировании.

### 3 ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

3.1 Материалы для расчетов системы амортизации РЭС: Учебно-методическое пособие / Чернышев А.А., Кондаков А.К.- Томск, ТУСУР, 2007г., 32 с.

3.2 Козлов В.Г., Кобрин Ю.П., Кондаков А.К. Основы проектирования электронных средств: Методическое пособие / Томск, ТУСУР, 2006г., 172 с.

3.3 Основы проектирования электронных средств. Общие принципы проектирования : учебное пособие / В. Г. Козлов, А. П. Бацула, Ю. П. Кобрин ; - Томск : ТУСУР, 2005. - 150 с.