

Работа I. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ БЛОКА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО  
РАДИОЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА НА СТАДИИ ЭСКИЗНОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИНИ-ЭВМ

Цель работы – изучение методики разработки конструкций блока вычислительного устройства на стадии эскизного проектирования и выбор оптимального варианта конструкции по критерию комплексной оценки качества.

Краткие теоретические сведения

Целью разработки эскизного проекта является обоснование принятых структурных, конструктивных и других технических решений, позволяющих составить представление о возможности получения образца микроэлектронного устройства с параметрами, соответствующими техническому заданию.

На стадии эскизного проектирования проводятся: разработка нескольких возможных вариантов решения поставленной задачи; предварительный расчет надежности каждого из рассматриваемых вариантов микроэлектронного устройства; принимается решение о необходимости и степени использования средств автоматизация проектирования и изготовления изделия; выбирается оптимальный вариант, подлежащий дальнейшей разработке.

Основной задачей на данной стадии проектирования, предопределяющей качественные характеристики проектируемого изделия, является выбор оптимального варианта.

Каждый вариант конструкции микроэлектронного устройства характеризуется набором материальных и функциональных параметров: масса, габариты, объем, надежность, энергопотребление, ремонтопригодность, стоимость, вибропрочность, влагостойкость и другие. Эти параметры определяют степень пригодности конструкции к использованию в заданных условиях эксплуатации.

Эффективность варианта конструкции оценивается, как правило, по комплексному показателю качества конструкции, связанному с со-

вокупностью его параметров. Обычно выражение комплексного показателя качества конструкции записывается в виде линейной функции, зависящей от материальных и функциональных показателей вида

$$K = f_m \alpha_m + f_v \alpha_v + f_p \alpha_p + f_c \alpha_c + f_n \alpha_n + \dots,$$
 где  $f_m, f_v, \dots, f_n$  – коэффициенты значимости, зависящие от назначения и условий эксплуатации аппаратуры, определяемые методом экспертных оценок;  $\alpha_m, \alpha_v, \alpha_p, \dots$  – материальные показатели аппаратуры: масса, объем, потребляемая мощность, стоимость, надежность и т.д.

Наиболее эффективным является вариант, обладающий минимальным (максимальным) комплексным показателем качества.

Значение комплексного показателя  $K_j$  рассчитывается для каждого варианта компоновочной схемы по выражению

$$K_j = \sum_{i=1}^n f_i \alpha_i^*,$$

где  $j$  – номер варианта компоновочной схемы блока;  $f_i$  – весовые коэффициенты, определяющие значимость материальных параметров блока;  $\alpha_i^*$  – нормированные значения материальных показателей блока;  $n$  – число материальных параметров.

Для расчета  $K_j$  необходимо:

1) записать исходную матрицу показателей для каждого варианта в виде

Номер варианта конструкции	Параметры			
	$\alpha_{mj}$	$\alpha_{vj}$	$\alpha_{nj}$	$\alpha_{cj}$
1	$\alpha_{m1}$	$\alpha_{v1}$	$\alpha_{n1}$	$\alpha_{c1}$
2	$\alpha_{m2}$	$\alpha_{v2}$	$\alpha_{n2}$	$\alpha_{c2}$
3	$\alpha_{m3}$	$\alpha_{v3}$	$\alpha_{n3}$	$\alpha_{c3}$

2) провести выравнивание влияния материальных показателей на качество конструкции, состоящее в замоне на обратные величины показателей, воздействие которых на качество конструкции блока противоположно большинству материальных показателей. При сравнении по  $K_{min}$  уменьшение  $\alpha_m, \alpha_v, \alpha_c$  приводит к улучшению конструкции, т.е. уменьшению массы, объема, стоимости, в то же время уменьшение  $\alpha_n$  приводит к снижению надежности. В данном случае выравниванию подлежит только значение  $\alpha_n$ , которое перерасчитывают по формуле

$$\alpha_j = \frac{1}{\alpha_j};$$

3) записать матрицу приведенных значений параметров  $\alpha_j$ :

Номер варианта	$\alpha_{mj}$	$\alpha_{vj}$	$\alpha_{\lambda j}$	$\alpha_{cj}$
1	$\alpha_{m1}$	$\alpha_{v1}$	$\frac{1}{\alpha_{\lambda 1}}$	$\alpha_{c1}$
2	$\alpha_{m2}$	$\alpha_{v2}$	$\frac{1}{\alpha_{\lambda 2}}$	$\alpha_{c2}$
3	$\alpha_{m3}$	$\alpha_{v3}$	$\frac{1}{\alpha_{\lambda 3}}$	$\alpha_{c3}$

4) произвести нормирование каждого параметра приведенной матрицы относительно максимального его значения по формуле

$$\alpha_{ij}^* = \alpha_{ij} / \alpha_{ij \max}.$$

Матрица нормированных параметров для случая  $\alpha_{m3}, \alpha_{v2}, \alpha_{\lambda 1}, \alpha_{c1}$ , имеющих максимальные значения, примет вид

Номер варианта конструкции	$\alpha_{mj}^*$	$\alpha_{vj}^*$	$\alpha_{\lambda j}^*$	$\alpha_{cj}^*$
1	$\frac{\alpha_{m1}}{\alpha_{m3}}$	$\frac{\alpha_{v1}}{\alpha_{v2}}$	1	1
2	$\frac{\alpha_{m2}}{\alpha_{m3}}$	1	$\frac{\alpha_{\lambda 2}}{\alpha_{\lambda 1}}$	$\frac{\alpha_{c2}}{\alpha_{c1}}$
3	1	$\frac{\alpha_{v3}}{\alpha_{v2}}$	$\frac{\alpha_{\lambda 3}}{\alpha_{\lambda 1}}$	$\frac{\alpha_{c3}}{\alpha_{c1}}$

Значения весовых коэффициентов для каждого вида аппаратуры задаются преподавателем.

Комплексный показатель  $K_j$  определяется по каждому  $j$ -му варианту, после чего устанавливается оптимальный вариант, имеющий максимальное (минимальное) значение.

Методика выбора оптимального варианта компоновочной схемы блока МЭА по комплексному показателю качества реализована на языке Бейсик в диалоговом режиме на мини-ЭВМ БК-0010Ш.

Наиболее существенное влияние на показатели качества конструкции оказывают выбор элементной базы и вариант компоновки комплектующих элементов и узлов радиоэлектронного устройства в заданном объеме.

Определены два основных направления:

компоновка радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) с использованием корпусированных интегральных схем (ИС), микросборок (МСБ) и электро-радиоизделий (ЭРЭ) на печатных платах (ПП) на основе стандартизованных базовых несущих конструкций (БНК), габаритные, установочные и присоединительные размеры которых обеспечивают размерную взаимозаменяемость аппаратуры;

компоновка РЭА с использованием бескорпусных МСБ на металлических основаниях.

Для компоновочных схем блоков РЭА с использованием корпусированных ИС и МСБ на печатных платах существует два основных варианта расположения функциональных ячеек (ФЯ) в блоке: разъемное и книжное.

В разъемной конструкции блоков ФЯ с помощью электрических соединителей (разъемов) устанавливаются на объединительной плате (основании) и закрепляются невыпадающими винтами в профиле каркаса. Возможна установка ФЯ по направляющим и закрепление их общей планкой. Объединительная плата служит для электрической коммутации ФЯ в блоке. Она может располагаться в нижней и боковой плоскостях параллельно или перпендикулярно лицевой панели блока.

Достоинство разъемной компоновки — простота и высокая ремонтнопригодность. Типовым элементом замены является ФЯ.

В блоках книжной конструкции ФЯ соединяются между собой по одной из сторон с помощью шарнира. Такая компоновка ФЯ позволяет раскрывать блок, как книгу с вертикальной или горизонтальной осью раскрытия, без отсоединения и разделения электрической коммутации ячеек. Для этого электрическое соединение ячеек выполняется со стороны их шарнирного механического соединения плоскими мягкими кабелями или гибким печатным монтажом.

Книжные варианты компоновки блоков позволяют обеспечить высокую плотность заполнения конструкции, свободный доступ к микросхемам и другим ЭРЭ, а также к монтажу в блоке, находящимся во включенном состоянии, т.е. также обеспечивают высокую ремонтнопригодность.

Много общего с книжной имеет веерная компоновка. Особенностью ее является то, что блок состоит из набора откидных ФЯ, имеющих шарнирное соединение. В одном из углов ФЯ крепятся шпильками в пакет к средней стенке блока и в освобожденном положении могут перемещаться друг относительно друга, образуя "веер". Типовыми элементами замены в блоках книжной и веерной компоновки является ИС, МСБ и сам блок.

Возможные варианты расположения ФЯ, элементов электро монтажа, деталей корпуса и т.д. в блоке представлены на рис. I.1.

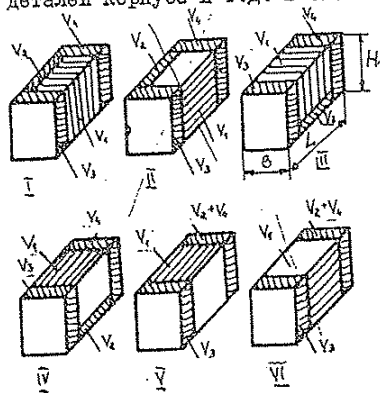


Рис. I.1

В блоках МЭА при различном расположении ФЯ можно условно выделить составляющие внутреннего объема:  $V_1$  – объем пакета ФЯ;  $V_2$  – объем, занимаемый электрическими соединителями и межячеечным монтажом;  $V_3$  – элементами лицевой панели и соединительным монтажом установочных элементов;  $V_4$  – электрическим соединителем и монтажом блока с устройством.

Таким образом, внутренний объем блока  $V_{\text{вн}} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$ . Объем  $V_1$  определяется объемом ФЯ  $V_{\text{ФЯ}}$ , их количеством  $n_{\text{ФЯ}}$  и шагом установки ФЯ в блоке  $H_{\text{Я}}$ :  $V_1 = V_{\text{ФЯ}} \cdot n_{\text{ФЯ}}$ ;  $V_{\text{ФЯ}} = h_{\text{Я}} \cdot b_{\text{Я}} \cdot H_{\text{Я}}$ . Здесь  $b_{\text{Я}}$  – размер ФЯ по оси X с учетом конструкции элементов крепления в блоке;  $h_{\text{Я}}$  – размер ФЯ по оси Y.

Объемы  $V_1$  и  $V_4$  определяются размерами электрических соединителей, в качестве которых используются разъемы типов ГРИМ1, ГРИПЗ, ГРИМ9, СНПЗ4 и др. Для межблочного электрического монтажа применяются соединители типа ПКМ. Глубина зон, занимаемая соединителями ( $h_{\text{ЗЗ}}, h_{\text{ЗУ}}$ ), составляет 25...35 мм. Объем  $V_3$  определяется типом электрорадиоэлементов, устанавливаемых на лицевой панели, и способом электрического монтажа этих элементов с ФЯ. Обычно глубина этой зоны ( $h_{\text{ЗЗ}}$ ) составляет 30...70 мм.

Анализ вариантов компоновки (см. рис. I.1) позволяет сделать следующие выводы: варианты II и VI применять нецелесообразно, так как они не обеспечивают условий для эффективного отвода тепла как при естественном, так и принудительном воздушном охлаждении блока; наибольший объем для размещения ФЯ – в варианте V, однако, за счет крепления разъема на короткой стороне ФЯ возникает трудности при трассировке ПШ и увеличиваются паразитные связи печатного монтажа; для разъемной компоновки целесообразно использовать варианты I и III, а для книжной – IV и V.

Конкретная компоновочная схема выбирается в результате анализа абсолютных и относительных конструктивных показателей.

Наиболее трудоемка в процессе проектирования и изготовления МЭА функциональная ячейка. Она представляет собой конструктивно за-

конченную единицу; для цифровой аппаратуры ФЯ часто является типовым элементом замены (рис. I.2). На рисунке обозначено: 1 – плата печатная; 2 – микросхема; 3 – ЭРЭ навесной; 4 – рама; 5 – вилка разъема ГРИПЗ; 6 – штырь-ловитель; 7 – винт невыпадающий; 8 – заклепка пустотелая.

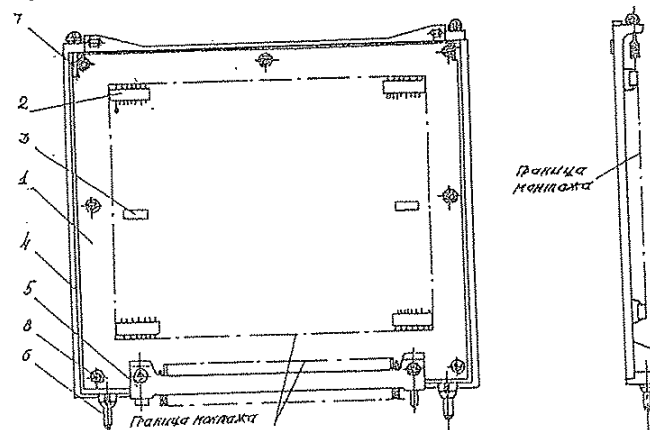


Рис. I.2

Отличительная особенность ФЯ с использованием корпусированных ИС и МСБ – наличие печатной платы, как правило, двусторонней или многослойной (МШП), которая является одновременно несущей конструкцией и элементом коммутации ИС и МСБ. Печатные платы изготавливаются на основе фольгированного стеклотекстолита (ГОСТ 10316-70); толщина плат 0,8...2 мм. На плате рядами (по горизонтали и вертикали) размещаются корпусированные ИС, МСБ и электрорадиоэлементы. Такое расположение упрощает конструирование и изготовление ячейки, позволяет автоматизировать процесс сборки и облегчает процесс проектирования. В зависимости от уровня механических воздействий конструкции ФЯ бывают бескаркасными и каркасными. ИС могут располагаться с одной стороны (для корпусов ИС со штырьковыми выводами) или с двух сторон печатной платы для ИС с планарными выводами. Навесные ЭРЭ располагаются с одной стороны ПШ. Шаг координатной сетки ПШ рекомендуется принимать размером 2,5 мм или кратным ему. Выводы ИС и ЭРЭ припаиваются к металлизированным контактным площадкам ПШ.

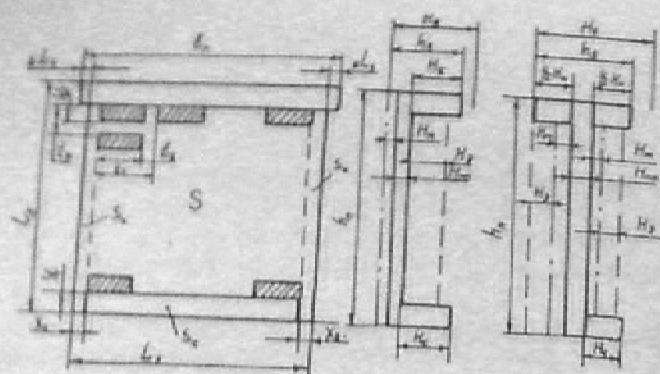


Рис. 1.3

При конструировании БД на печатной плате в ней предусматриваются следующие конструктивно-технологические зоны (рис. 1.3, а - в плане; б - односторонняя установка ИС и МСБ; в - двусторонняя установка ИС и МСБ): зона размещения ИМС, МСБ и компонентов ( $S$ ); в нижней части - зона электрического соединителя БД типа ГИММ, ГИМЗ, СНИЗ4 или зона размещения контактных площадок ( $S_c$ ); в верхней части - зона размещения элементов крепления БД и элементов контроля ( $S_k$ ); конструктивно-технологические зоны, предназначенные для установки БД в блок ( $S_n$ ). Для расчета геометрических размеров БД приняты следующие обозначения:  $L_x, L_y$  - размеры БД по осям  $X$  и  $Y$ ;  $l_x, l_y$  - установочные размеры ИМС и МСБ по осям  $X$  и  $Y$ ;  $l_{x1}, l_{y1}$  - шаг установки ИМС и МСБ по осям  $X$  и  $Y$ ;  $l_{x2}, l_{y2}$  - шаг установки МСБ и ИМС по осям  $X$  и  $Y$ ;  $X_1, X_2$  - краевые поля (основно  $X_1 = X_2$ );  $Y_1$  - краевое поле для электрического соединителя (зоны контактных площадок);  $Y_2$  - краевое поле для элементов крепления и контроля;  $h_n$  - размер БД по оси  $X$  с учетом конструкции направляющих и элементов крепления в блоке;  $H_{nn}$  - толщина БД;  $H_c$  - высота электрического соединителя;  $H_d$  - высота ИМС, МСБ и компонентов;  $H_m$  - высота механических конструкций (рамки, планки и т.п.) или пайки;  $H_k$  - высота элементов крепления и контроля БД;  $H_d$  - шаг установки БД в блоке;  $H_d$  - высота БД, определяемая высотой наиболее выступающего элемента конструкции ( $H_c$  или  $H_k$ ). Количество корпусов ИМС или МСБ, размещаемых на одной стороне печатной платы БД, равно  $\pi_x \cdot \pi_y$  (где  $\pi_x$  и  $\pi_y$  - количество корпусов ИМС или МСБ по осям  $X$  и  $Y$ ).

Шаг установки ИС в зависимости от типа корпуса и МСБ, от размера подложки, количества задействованных выводов, а также размеры краевых полей  $X_1$ ;  $X_2$ ;  $Y_1$ ;  $Y_2$  приведены в приложении.

Размер БД, необходимый для размещения корпусированных ИС, рассчитывается по формулам ( $X_1 = X_2$ )

$$\begin{aligned} L_x &= \pi_x l_x + 2X_1 + l_x - l_x; \\ L_y &= \pi_y l_y + Y_1 + Y_2 + l_y - l_y. \end{aligned} \quad (1.1)$$

В соответствии с требованиями ГОСТ 10.010.009 рекомендуется использовать следующие типоразмеры печатных плат (мм): 135 x 110; 135 x 240; 140 x 130; 140 x 150; 140 x 240; 150 x 200; 170 x 75; 170 x 110; 170 x 130; 170 x 150; 170 x 200.

Типовая компоновочная схема БД блока разъемной конструкции по варианту 1 приведена на рис. 1.4. Здесь обозначено: 1 - субблок; 2 - панель передняя; 3 - панель задняя; 4 - стенка верхняя; 5 - стенка нижняя; 6 - винт невыпадающий.

Геометрические размеры внутреннего объема блока рассчитываются в зависимости от выбранных: варианта компоновки блока; типов внутри-блочных и межблочных электрических соединителей; типов ЭРЭ, устанавливаемых на лицевой панели; габаритов БД.

Если известны количество ИС и МСБ в БД и количество ИС или БД в блоке, расчет геометрических размеров блока начинается с определения необходимой площади БД ( $L_x \cdot L_y$ ) по выражению (1.1). По этой площади подбирают допустимые ближайшие размеры БД из нормализованного ряда, приведенного выше.

Для разъемной компоновки блока по варианту 1 (см. рис. 1.4) ширина  $B$ , высота  $H$  и глубина  $L$  внутреннего объема блока определяются по выражениям:

$H = h_n$ ;  $B = b_n + h_{g3} + h_{g4}$ ;  $L = l_n + h_{g3} + h_{g4}$ ,  
где  $l_n = H_n / N_{nn}$  - глубина пакета ячеек в блоке;  $H_n = h_n + \Delta h_n$  - шаг установки БД в блоке;  $\Delta h_n$  - зазор между БД.

Для обеспечения в блоке режима естественной конвекции выбирается  $\Delta h_n \geq 6 \dots 8$  мм. Ширина  $b_n$  и высота  $h_n$  пакета ячеек определяется в зависимости от расположения электрического соединителя на БД:

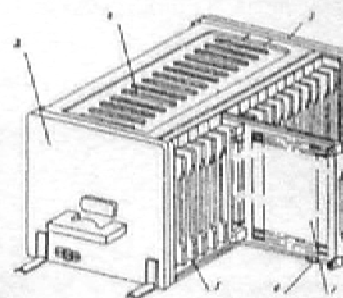


Рис. 1.4

при горизонтальном расположении

$$b_n = L_x + 2\Delta L \quad \text{и} \quad h_n = L_y;$$

при вертикальном расположении

$$b_n = L_y; \quad h_n = L_x + 2\Delta L_x.$$

Здесь  $\Delta L$  — размер, определяемый конструкцией элементов крепления ФЯ в блоке. Для типовых конструкций планок  $\Delta L = 3...4$  мм  $h_n = H_n + H_{nn} + H_c$  при  $H_c > H_k$  и одностороннем размещении ИС и МСБ. При двустороннем размещении ИС и МСБ  $h_n = H_k$ . В работе принято  $H_n = 1,5$  мм.

Для разъемной компоновки блока по варианту III и книжной конструкции по варианту IV размеры внутреннего объема блока  $B, H$  и  $L$  определяются по следующим выражениям:

$$B = b_n, \quad H = h_n + h_{z2}, \quad L = l_n + h_{z3} + h_{z4}.$$

Для книжной компоновки блока по варианту V

$$B = b_n, \quad H = h_n, \quad L = l_n + h_{z3} + h_{z2} + h_{z4}.$$

Габаритные соотношения сторон, определяемые по геометрическим размерам внутреннего объема блока, должны соответствовать требованиям ГОСТ 17045-71, ГОСТ 1713-72, ОСТ4.ГО.410.077 и тактико-техническим требованиям на аппаратуру.

Типы и геометрические размеры блоков самолетной МЭА определены в ОСТ4.ГО.410.003 (см. приложение).

Отличительной особенностью конструкций МЭА с использованием бескорпусных МСБ является групповая герметизация МСБ в корпусе блока. Для МЭА на бескорпусных МСБ характерна высокая плотность упаковки элементов в объеме (эл/см<sup>3</sup>). Повышение плотности упаковки приводит к увеличению удельной мощности рассеивания ( $P_{\text{уд}} = \frac{P}{V}$  Вт/см<sup>3</sup>). Это ухудшает тепловые режимы, резко изменяет параметры и режим работы комплектующих изделий относительно расчетных значений, приводит тем самым к увеличению числа постепенных и внезапных отказов, т.е. к снижению надежности устройства. Поэтому для уменьшения теплонапряженности в блоках МЭА четвертого поколения применяются теплопроводящие шины, выполняемые в виде участков фольги на ПП, тонких металлических пластин, на которые устанавливаются МСБ, металлических рамок с планками и т.д. Наличие металлических рамок в конструкциях блоков, кроме того, увеличивает собственную частоту конструкции, т.е. повышает вибропрочность конструкции. В блоках на бескорпусных МСБ цифровой МЭА наиболее широко используется книжная конструкция, представленная на рис. 1.5, где обозначено: 1 — корпус;

2 — ячейка; 3 — бобышка; 4 — винт стяжной; 5 — втулка; 6 — матрица-ремень; 7 — скоба; 8 — печатная вставка; 9 — разъем; 10 — герметик; 11 — блок питания. Функциональные ячейки выполнены на металлических рамках. Набор ФЯ (пакет) стягивается винтами МЗ и крепится к бобышкам нижней стенки корпуса блока. В стенку корпуса устанавливаются разъемы, штенгель-трубку, винты крепления. Разъемы устанавливаются на переходной ПП и заливаются компаундом.

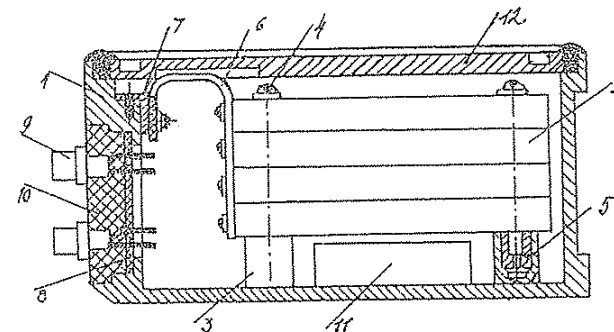


Рис. 1.5

Переходная плата приклеивается и оплавляется по периметру к корпусу. Монтаж между ФЯ и разъемами ведется с помощью гибкой матрицы "ремень", представляющей собой лист вулканизированной бессернистой резины марки ИРП с пробитыми в нем отверстиями диаметром 1,5...2 мм. Отверстия "прошиваются" жгутами из провода ГВ-10СМ, посредством которых осуществляется электрическое соединение ФЯ. Такой вид монтажа при вынутых стяжных винтах позволяет разворачивать ФЯ подобно листам книги и обеспечивает легкость контроля и ремонта. В поддоне корпуса обычно располагаются МСБ вторичных источников электропитания. Корпус может быть литым или сварным из алюминиевых сплавов. Толщина стенок корпуса, кроме лицевой, не превышает 3 мм, а для установки на лицевой стенке соединителей типа РПС и их герметизации она обычно составляет не менее 6 мм.

Конструктивно ФЯ выполняются в нескольких вариантах и внешне могут иметь много общего с ФЯ на корпусированных ИС и МСБ. Бескаркасные конструкции представляют собой печатные платы с размещенными на них МСБ и ЭРЭ. Они используются в аппаратуре с малыми уровнями выделяемых мощностей и механических нагрузок. Имеются следующие разновидности каркасных конструкций ячеек: ФЯ на металлических основа-

ниях; ФЯ на печатной плате или МПП с обечайками. В каркасных конструкциях различают одностороннюю, двустороннюю и сдвоенную компоновочную схемы. В ячейках могут быть предусмотрены специальные зоны для размещения дискретных навесных ЭРЭ. Несущим основанием в каркасной ФЯ являются металлические рамки, представляющие собой профилированные конструкции из легких алюминиевых сплавов АМц, АМг, Д16, В95 (ГОСТ 4784-65) или магниевых сплавов МА-8, МЛБ (АМГЗ71-56). Они предназначены для размещения и крепления комплектующих компонентов, улучшения теплопередачи и защиты от механических нагрузок.

Рамки получают штамповкой, фрезерованием, литьем. Обычно к рамке пайкой или сваркой присоединяются металлические планки толщиной 0,5 мм. МСБ приклеиваются клеем КВК или демпфирующим компаундом КТ-102 к планкам рамки. С обратной стороны по контуру ребер жесткости к планкам клеем БК-9 приклеена ПП, в нижней части которой находится зона межячеечной коммутации для соединения с гибким шлейфом или проволоочно-агуповым монтажом на гибкой матрице-ремне. Коммутация между МСБ осуществляется золотыми проволочками  $d = 30...50$  мкм и длиной не более 3...5 мм в окнах рамки соединением контактных площадок МСБ и печатной платы. Для стигивания ФЯ в пакет по углам рамки имеются отверстия под винты. Базовая конструкция ФЯ

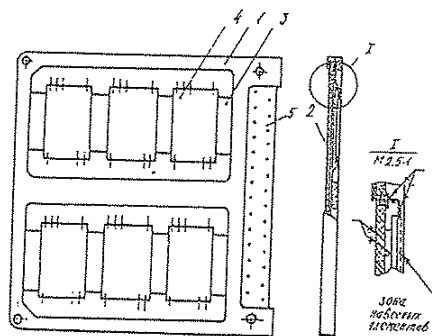


Рис. 1.6

на металлической рамке приведена на рис. 1.6. На рисунке: 1 - рамка; 2 - печатная плата; 3 - планка; 4 - МСБ; 5 - зона контактных площадок.

Геометрические размеры ФЯ в основном определяются количеством и размером МСБ. В промышленности наибольшее применение получили МСБ размером 24 x 30 мм и 24 x 60 мм, соответствующие требованиям максимальной использования площади подложки и процента выхода год-

ных МСБ при их изготовлении.

Унификация базовой конфигурации ФЯ привела к двум возможным вариантам. В первом варианте на рамке размещаются четыре МСБ размером 24 x 30 мм либо две МСБ размером 24 x 60 мм; во втором варианте на рамке размещается восемь МСБ размером 24 x 30 мм или четыре

МСБ размером 24 x 60 мм. Для элементов рамки принимаются следующие геометрические размеры: окна рамки 34 x 65 мм, ширина ребер внешних 3 мм, внутренних 2 мм, высота 6 мм; ширина планки 21 мм, толщина 0,5 мм. Высота ФЯ с учетом толщины планки, МСБ и зазоров во избежание соударений элементов соседних ФЯ при вибрациях принимается равной 8 мм.

Для расчета внутреннего объема компоновочной схемы блока используются следующие соотношения:

$$A = a + 6 \text{ мм}; \quad B = b + 25 \text{ мм}; \quad H = h_{\text{пл}} + 15 \text{ мм},$$

где  $A$ ;  $B$ ;  $H$  - соответственно ширина, длина и высота блока;  $a$ ,  $b$  - ширина, длина функциональной ячейки;  $h_{\text{пл}}$  - высота пакета ячеек,  $h_{\text{пл}} = h_{\text{я}} \cdot m$  ( $h_{\text{я}}$  - высота ФЯ;  $m$  - количество ФЯ в блоке).

Методика расчета геометрических размеров блока МЭА на корпусированных и бескорпусных МСБ реализована на языке Бейсик в диалоговом режиме на мини-ЭВМ БК 0010Ш.

Для получения сравнительной оценки уровня надежности по внезапным отказам воспользуемся ориентировочным методом расчета. За показатель надежности блока примем вероятность безотказной работы

$$P(t) = e^{-\lambda_y t},$$

где  $\lambda_y$  - интенсивность отказов устройства;  $\lambda_y = \sum_{i=1}^n \lambda_i$ ;  $t$  - время работы блока (для расчетов принять  $t = 1000$  ч);  $\lambda_i$  - интенсивность отказов элементов.

На основании данных, приведенных в РТМ по надежности,

$$\lambda_{\text{НС}} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ 1/ч};$$

$$\lambda_{\text{соед}} = 0,1 \cdot 10^{-8} \text{ 1/ч};$$

$$\lambda_{\text{КП}} = 8 \cdot 10^{-9} \text{ 1/ч};$$

$$\lambda_{\text{КК}} = 1,5 \cdot 10^{-9}.$$

( $\lambda_{\text{НС}}$ ,  $\lambda_{\text{соед}}$ ,  $\lambda_{\text{КП}}$ ,  $\lambda_{\text{КК}}$  - интенсивности отказов ИС (кристалла), соединения, пластмассового, металлокерамического корпуса ИС соответственно). Интенсивность отказов ФЯ рассчитывается по формуле

$$\lambda_y = \sum_{i=1}^n \lambda_{\text{НС}} + \sum_{i=1}^m \lambda_{\text{соед}} + \sum_{i=1}^k \lambda_{\text{К}}.$$

При расчете  $\sum \lambda_{\text{соед}}$  учитываются все паяные (сварные) соединения: присоединения выводов кристалла к выводам корпуса, выводов корпуса к контактным площадкам ПП, выводов разъема к контактным площадкам, выводов кристалла к контактным площадкам подложки. Надежность блока рассчитывается по формуле



$$P_{\text{дл}}(t) = e^{-\lambda_{\text{дл}} t};$$

$$\lambda_{\text{дл}} = N_{\text{дл}} \cdot \lambda_{\text{дл}} + \lambda'_{\text{соед}};$$

$$\lambda'_{\text{соед}} = N_{\text{соед}} \cdot \lambda_{\text{соед}},$$

где  $N_{\text{соед}}$  — количество паяных соединений ячеек в блоке.

#### Содержание работы

1. Ознакомление с краткими сведениями по конструированию и компоновочным схемам блоков МЭА. Анализ выданного варианта задания.
2. Подбор необходимых справочных данных для выбора оптимальной конструкции блока.
3. Разработка эскизов конструкций ФЯ на корпусированных и бескорпусных МСБ.
4. Разработка эскизов конструкций блоков на основе ФЯ с корпусированными и бескорпусными МСБ.
5. Расчет конструктивных параметров вариантов компоновочных схем блоков МЭА.
6. Сравнительный анализ вариантов компоновки по комплексному показателю качества. Выводы по работе.

#### Порядок проведения работы

1. Получить задание у преподавателя. В исходных данных содержится следующая информация: серия ИС, количество ИС (корпусов), входящих в блок, количество ИС, расположенных на ФЯ; тип разъема и количество задействованных выводов. Для МСБ используются два типа-размера подложек: 24х30 мм и 24х60 мм.
2. Подготовить табл. I и занести в графы I...4, I3, I4 исходные данные.
3. По справочным данным (см. приложение) для заданного варианта определить величины параметров и занести в графы 5...I2, I5, I6 табл. I.1.
4. Ввести в ЭВМ исходные данные, рассчитать геометрические размеры ФЯ и блоков по программе на мини-ЭВМ и занести результаты расчетов в табл. I.2.
5. Рассчитать надежность блоков по каждому варианту. Результаты занести в табл. I.2.
6. По полученным результатам рассчитать значения комплексного показателя качества конструкции для каждого варианта на мини-ЭВМ. Из множества количественных показателей разрабатываемой конструкции для выбора оптимального варианта использовать следующие: масса, объем, площадь поверхности, надежность.

16

Таблица I.1

Кол-во ИС и МСБ в блоке	Кол-во ИС и МСБ в ФЯ	Серия ИС	Среднее число задействованных выводов ИС	Установочные размеры ИС и МСБ, мм		Шаг установки ИС и МСБ, мм		Крайние поля, мм			Высота ИС и МСБ над платой, мм	Расстояние между ФЯ, мм	Толщина плат, мм	Высота на печатной плате, мм	Масса одной ИС, г
				по оси X	по оси Y	по оси X	по оси Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>				
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	I3	I4	I5	I6

Таблица I.2

Номер варианта компоновочной схемы	Геометрические размеры блока, мм		Масса блока, г	Объем блока, дм <sup>3</sup>	Надежность, λ, 1/2	Стоимость, стр. ед.
	B	H				
		L				