

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный  
технический университет»

А.В. Башкиров, О.Н. Чирков

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ  
КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ  
«ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ПРИБОРОВ И СИСТЕМ»

Утверждено Редакционно-издательским советом  
университета в качестве учебного пособия

Воронеж 2015

Башкиров А.В., Учебно-методический комплекс дисциплины «Основы проектирования приборов и систем»: учеб. пособие [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые и граф. данные (5.7 Мб) / А.В. Башкиров, Чирков О.Н. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2015. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) : цв. – Систем. требования : ПК 500 и выше ; 256 Мб ОЗУ ; Windows XP ; SVGA с разрешением 1024x768 ; Adobe Acrobat ; CD-ROM дисковод ; мышь. – Загл. с экрана.

В учебном пособии представлена информация, необходимая студентам направления подготовки 12.04.01 «Приборостроение», необходимые для освоения дисциплины «Основы проектирования приборов и систем», рекомендации для самостоятельного изучения, выполнения лабораторного практикума и подготовки к экзамену.

Издание соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению 12.04.01 «Приборостроение» (профиль «Приборостроение»), дисциплине «Основы проектирования приборов и систем».

Табл. 5 Ил. 31. Библиогр.: 6 назв.

Рецензенты: кафедра основ радиотехники и электроники  
Воронежского института ФСИН (нач. кафедры  
канд. техн. наук, доц. Р.Н. Андреев)  
канд. техн. наук, доц. А.В. Турецкий

© Башкиров А.В., 2015  
© Оформления. ФГБОУ ВПО  
«Воронежский государственный  
технический университет», 2015

## **ВВЕДЕНИЕ**

**Цель изучения дисциплины** – состоит в изучении методологии разработки объемных и микроминиатюрных конструкций ЭС, организации процесса автоматизированного конструкторского проектирования с учетом требований технического задания, ограничений производства, обеспечения высокого качества, в том числе надежности, технологичности, экономической эффективности.

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Для достижения цели ставятся задачи:**

- освоение методологии и организацию автоматизированного конструкторского проектирования, иерархического принципа в конструкции
- получение навыков проектирование с использованием стандартизации и элементов оригинальных разработок
- приобретение навыков разработки конструкции электронных средств в целом, составляющих модулей, электрических соединений
- практическое освоение приемов конструирования сложных электронных средств при одновременном воздействии механических и климатических факторов, воздействий электрических, магнитных и электромагнитных полей с учетом технологичности, экономичности, требований эстетики при использовании систем автоматизированного проектирования
- приобретение навыков, необходимых для оформления расчетно-конструкторской документации согласно ЕСТП, ЕСКД, ОСТП и ГОСТ

Цикл (раздел) ООП: Б.3	код дисциплины в УП: Б.3.Б.4
<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося</b>	
Б2.Б.5	Информатика
Б2.В.ДВ.3	Теплофизические процессы в приборах
Б3.Б.3	Прикладная механика
Б3.Б.4	Материаловедение и технология конструкционных материалов
Б3.Б.6	Электроника и микропроцессорная техника
Б3.Б.7	Метрология, стандартизация и сертификация
Б3.Б.11	Компьютерные технологии в приборостроении
Б3.В.ДВ.1	Технология деталей в приборостроении
<b>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее</b>	
Б2.В.ОД.3	Физические процессы в электромеханических устройствах и приводах
Б3.В.ОД.5	Микропроцессоры и микроконтроллеры в измерительной технике
Б3.В.ДВ.3	Методы и средства автоматизированного проектирования приборов и систем

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

ОК-1	способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения, владение культурой мышления
ОК-2	способность логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь, создавать тексты профессионального назначения

ОК-7	способность к личностному развитию и повышению профессионального мастерства
ОК-9	осознание социальной значимости своей будущей профессии, высокая мотивация к выполнению профессиональной деятельности
ПК-2	способность собирать и анализировать научно-техническую информацию, учитывать современные тенденции развития и использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии в профессиональной деятельности
ПК-3	способность работать с информацией в глобальных компьютерных сетях
ПК-5	способность использовать системы стандартизации и сертификации, осознание значения метрологии в развитии техники и технологий
ПК-6	способность применять современные программные средства для разработки и редакции проектно-конструкторской и технологической документации, владение элементами начертательной геометрии и инженерной графики
ПК-7	способность рассчитывать и проектировать элементы и устройства, основанные на различных физических принципах действия
ПК-9	проектно-конструкторская деятельность: способность к анализу технического задания и задач проектирования приборов на основе изучения технической литературы и патентных источников
ПК-10	способность участвовать в разработке функциональных и структурных схем приборов
ПК-11	готовность проектировать и конструировать типовые детали и узлы с использованием стандартных средств компьютерного проектирования
ПК-13	готовность составлять отдельные виды технической документации, включая технические условия, описания, инструкции и другие документы

ПК-14	способность участвовать в монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию опытных образцов техники
ПК-32	способность контролировать соответствие технической документации разрабатываемых проектов стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
ПК-34	способность разрабатывать проектно-конструкторскую документацию с использованием современных компьютерных технологий
ПК-37	способность участвовать в разработке и создании приборов различного назначения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

	<b>Знать:</b>
1	правила составления технического предложения и технического задания на разработку электронного средства и его составных частей
2	виды классификации электронных средств
3	основные принципы конструирования электронных средств различного назначения
4	основы защиты электронных средств от воздействий различных факторов окружающей среды
5	способы защиты электронных средств от механических воздействий
6	полный комплект конструкторской документации
	<b>Уметь:</b>
1	проектировать электронные устройства различного назначения с использованием средств автоматизированного моделирования
2	разработки конструкции с использованием стандартизованных и унифицированных элементов конструкции
3	применять при проектировании современные программные средства
	<b>Владеть:</b>
1	методами трассировки и размещения элементов на печатной плате, модулей и блоков в общей конструкции
2	современными электронными средствами справочной информации для выбора типа конструкции, подбору элементной базы, и т.д.

### Структура и содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Вид учебной нагрузки и их трудоемкость в часах				
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	Всего часов
1	Электронные средства как предмет проектирования	6	1-4	4	4	2	2	12
2	Ограничения накладываемые на объект проектирования	6	5-8	4	4	4	2	14
3	Стандартизация и унификация при проектировании ЭС	6	9-12	4	4	6	6	20
4	Компоновка ЭС	6	13-18	6	6	6	8	26
5	Проектирование объемного и печатного монтажа	7	1-4	8	4	8	12	32
6	Надежность и электромагнитная совместимость ЭС	7	5-8	8	4	8	16	36
7	Защита ЭС от воздействий окружающей среды, защита от ионизирующего излучения	7	9-11	6	4	6	18	34
8	Защита ЭС от механических воздействий	7	12-13	4	2	4	16	26
9	Особенности проектирования ЭС различного назначения	7	14-18	10	4	10	19	43
<b>Итого</b>				<b>54</b>	<b>36</b>	<b>54</b>	<b>99</b>	<b>243</b>

## Лекции

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)
<b>6 семестр</b>		<b>18</b>	<b>2</b>
<b>Электронные средства как предмет проектирования</b>		<b>4</b>	
1	Цель и задачи курса. Требования к освоению дисциплины. История развития ЭС. Понятие конструкции.	2	
3	Жизненный цикл ЭС. Проектирования как непрерывный процесс.	2	
<b>Ограничения накладываемые на объект проектирования</b>		<b>4</b>	<b>2</b>
5	Проблемы проектирования и их взаимосвязь. Требования к ЭС накладываемые в техническом задании.	2	
7	Время проектирования, Классификация ЭС.	2	2
<b>Стандартизация и унификация при проектировании ЭС</b>		<b>4</b>	
9	Цели и виды стандартизации и унификации.	2	
11	ЕСКД, ЕСТП, ГОСТ.	2	
<b>Компоновка ЭС</b>		<b>6</b>	
13	Иерархия ЭС и методы компоновки.	2	
15	Компоновка на печатной плате, компоновка модулей и блоков ЭС.	2	
17	Вопросы эргономики и ремонтпригодности при компоновки.	2	
<b>7 семестр</b>		<b>36</b>	<b>4</b>
<b>Проектирование объемного и печатного монтажа</b>		<b>8</b>	<b>2</b>
1	Виды электрического монтажа, требования к электрическому монтажу.	2	
2	Классификация линий электрической связи. Правила выполнения объемного монтажа, материалы и компоненты для объемного монтажа.	2	
3	Классификация печатных плат. Основные принципы проектирования печатного монтажа.	2	2
4	Порядок проектирования печатных плат.	2	

	Многослойные печатные платы, процесс проектирования и материалы.		
<b>Надежность и электромагнитная совместимость ЭС</b>		<b>8</b>	
5	Показатели надежности ЭС. Пути повышения надежности. Метод резервирования.	2	
6	Виды электромагнитных помех. Паразитные связи. Внешнее и внутренне электромагнитное воздействие на ЭС.	2	
7	Методы защиты от электромагнитного воздействия и паразитных связей при проектировании ЭС	2	
8	Электростатическое, магнитное и электромагнитное экранирование. Проектирование экранов.	2	
<b>Защита ЭС от воздействий окружающей среды, защита от ионизирующего излучения</b>		<b>6</b>	
9	Герметизация ЭС. Проблемы проектирования герметичных ЭС.	2	
10	Классификация и виды защитных покрытий элементов, модулей, блоков и ЭС в целом.	2	
11	Виды ионизирующего излучения. Использование радиационно-стойких компонентов при проектировании ЭС.	2	
<b>Защита ЭС от механических воздействий</b>		<b>4</b>	
12	Виды механических воздействий, в зависимости от условий эксплуатации. Воздействие ударов, вибраций и ускорений на ЭС.	2	
13	Активные и пассивные методы защиты ЭС от механических воздействий.	2	
<b>Особенности проектирования ЭС различного назначения</b>		<b>10</b>	<b>2</b>
14	Особенности проектирования наземных стационарных ЭС.	2	
15	Особенности проектирования наземных транспортируемых ЭС.	2	2
16	Особенности проектирования наземных переносимых ЭС.	2	
17	Особенности проектирования наземных носимых ЭС.	2	
18	Особенности проектирования бортовых ЭС.	2	
<b>Итого</b>		<b>54</b>	<b>6</b>

## Практические занятия

Неделя семестра	Тема и содержание практического занятия	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
<b>6 семестр</b>		<b>18</b>	<b>4</b>	
<b>Электронные средства как предмет проектирования</b>		<b>4</b>		
2	Вводное занятие. Входной контроль.	1		
3-4	Анализ технического задания на разработку	3		защита отчета
<b>Ограничения накладываемые на объект проектирования</b>		<b>4</b>	<b>2</b>	
5-7	Создание на основе анализа технического задания плана проектирования ЭС.	4	2	защита отчета
<b>Стандартизация и унификация при проектировании ЭС</b>		<b>4</b>		
9-11	Выбор элементной базы согласно техническому заданию, с учетом стандартизации и требований к заданному классу изделия.	4		защита отчета
<b>Компоновка ЭС</b>		<b>6</b>	<b>2</b>	
13-18	Провести компоновку электрорадиоэлементов на печатной плате с использованием аналитического, номографического или графического метода.	6	2	защита отчета
<b>7 семестр</b>		<b>18</b>	<b>4</b>	
<b>Проектирование объемного и печатного монтажа</b>		<b>4</b>	<b>2</b>	
1-4	Выбор, согласно условиям эксплуатации, материала печатной платы и класса точности ее печатного монтажа. Выбор элементов поверхностного монтажа и элементов монтируемых в отверстия.	4	2	защита отчета
<b>Надежность и электромагнитная совместимость</b>		<b>2</b>		

ЭС				
5-8	Расчет ряда показателей надежности заданного ЭС.	2		защита отчета
<b>Защита ЭС от воздействий окружающей среды, защита от ионизирующего излучения</b>		<b>2</b>		
9-11	Обоснование необходимости герметизации заданного ЭС.	2		защита отчета
<b>Защита ЭС от механических воздействий</b>		<b>4</b>	<b>2</b>	
12-13	Выбор материалов и компонентов, устойчивых к воздействию различных механических нагрузок.	4	2	защита отчета
<b>Особенности проектирования ЭС различного назначения</b>		<b>6</b>		
14-18	Рассмотреть особенности проектирования несущих конструкции для ЭС различного назначения. Согласно требований технического задания.	6		защита отчета
<b>Итого часов</b>		<b>36</b>	<b>8</b>	

#### Лабораторные работы

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
<b>6 семестр</b>		<b>18</b>	<b>8</b>	
<b>Электронные средства как предмет проектирования</b>		<b>4</b>		
2-4	Инструктаж по технике безопасности. Выполнение лабораторной работы на тему «Проектирование функциональных узлов на печатной плате»	4		защита отчета
<b>Ограничения накладываемые на объект проектирования</b>		<b>4</b>	<b>2</b>	
5-7	Анализ технического задания и составление	4	2	защита

	процесса проектирования печатного узла.			а отчет а
<b>Стандартизация и унификация при проектировании ЭС</b>		<b>4</b>	<b>2</b>	
9-11	Выбор элементной базы согласно техническому заданию, с учетом стандартизации и требований к заданному классу изделия. Составление спецификации.	4	2	защит а отчет а
<b>Компоновка ЭС</b>		<b>6</b>	<b>4</b>	
13-18	Компоновка электрорадиоэлементов на печатной плате с учетом критериев оптимальности: минимальной длины всех электрических соединений, минимальное число пересечений, минимального числа слоев печатной платы. Создание схемы электрической принципиальной по ЕСКД.	6	4	защит а отчет а
<b>7 семестр</b>		<b>36</b>	<b>14</b>	
<b>Проектирование объемного и печатного монтажа</b>		<b>8</b>	<b>4</b>	
1-2	Выбор материала печатной платы, покрытий.	4		защит а отчет а
3-4	Разработка сборочного чертежа на печатной плате по ЕСКД.	4	4	защит а отчет а
<b>Надежность и электромагнитная совместимость ЭС</b>		<b>4</b>	<b>2</b>	
5-8	Расчет ряда показателей надежности заданного ЭС. Определение элемента ЭС с самой высокой вероятностью отказа.	4	2	защит а отчет а
<b>Защита ЭС от воздействий окружающей среды, защита от ионизирующего излучения</b>		<b>4</b>	<b>2</b>	
9-11	Выбор покрытий печатного модуля для защиты от влаги и воздействий биологических факторов (бактерий и грибов)	4	2	защит а отчет а
<b>Защита ЭС от механических воздействий</b>		<b>8</b>	<b>2</b>	
12	Разработка корпуса ЭС.	4	2	защит а

				отчет а
13	Разработка чертежей деталей корпуса ЭС.	4		защит а отчет а
<b>Особенности проектирования ЭС различного назначения</b>		<b>12</b>	<b>4</b>	
14-15	Выполнение расчетов, согласно техническому заданию в соответствии с классификацией разрабатываемого ЭС.	4	2	защит а отчет а
	Оформление комплекта конструкторской документации. Оформление окончательного отчета. Подготовка к отчету.	8	2	защит а отчет а
<b>Итого часов</b>		<b>54</b>	<b>9</b>	

### Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
<b>6 семестр</b>			<b>18</b>
1	Самостоятельное изучение вопросов История развития конструкций современных ЭС.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	1
2	Самостоятельное изучение вопросов Какие бывают конструкции ЭС.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	1
3	Самостоятельное изучение вопросов Этапы жизненного цикла ЭС.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные	1

		вопросы на экзамене	
4	Самостоятельное изучение вопросов Проблемы микроминиатюризации и обеспечения заданного теплового режима как взаимоисключающие. Пути решения проблемы. Подготовка к лаб.работе №1	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	1
5	Самостоятельное изучение вопросов Анализ параметров, входящих в состав технического предложения и технического задания. Разделы, входящие в состав технического задания на проектирование ЭС Доработка и оформление лаб.работы №1	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	1
6	Самостоятельное изучение вопросов Вопросы согласования технического задания с заказчиком, зависимость параметров от возможностей конкретного производства.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	1
7	Самостоятельное изучение вопросов Особенности классификации по назначению и условиям эксплуатации	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	1
8	Самостоятельное изучение вопросов Особенности классификации ЭС по климатическому исполнению и объекту установки.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	1

9	Самостоятельное изучение вопросов Цели стандартизации и унификации. Особенности отраслевых стандартов радиотехнологической промышленности. Подготовка к защите лаб. работы	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб. работе	1
10	Самостоятельное изучение вопросов Основные положения ЕСКД	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб. работе	1
11	Самостоятельное изучение вопросов Основные виды конструкторских документов. Какие чертежи входят в состав полного комплекта КД	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб. работе	1
12	Самостоятельное изучение вопросов Требования ЕСТП к оформлению пояснительной записки	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб. работе	1
13	Самостоятельное изучение вопросов Анализ этапов конструирования.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб. работе	1
14	Самостоятельное изучение вопросов Виды компоновки: номографическая, аналитическая, аппликационная, модельная,	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене,	1

	графическая.	отчет по лаб.работе	
15	Самостоятельное изучение вопросов Сравнительный анализ модельных и аналитических методов компоновки ЭС.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	1
16	Самостоятельное изучение вопросов Принципы организации элементов на лицевых панелях	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	1
17	Самостоятельное изучение вопросов Эргономика и удобство управления и восприятия информации при управлении ЭС.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	1
18	Самостоятельное изучение вопросов Особенности компоновки шкафов и кассетных конструкции при проектировании стационарных ЭС с точки зрения из ремонтпригодности	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	1
<b>7 семестр</b>			<b>81</b>
1	Самостоятельное изучение вопросов Существующие ограничения плотности печатного монтажа.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4

2	Самостоятельное изучение вопросов Допуски и отклонения печатного рисунка на плате.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, итоговый отчет по лаб.работам	4
3	Самостоятельное изучение вопросов Иерархия структуры современных ЭС. Сквозное проектирование и разукрупнение сложных ЭС на части при различных видах конструирования. Подготовка к лаб.работе	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	4
4	Самостоятельное изучение вопросов Компоновка на печатной плате. Критерии оптимизации при компоновке. Доработка и оформление лаб.работы	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	6
5	Самостоятельное изучение вопросов Компоновка модулей, блоков, стоек. Виды компоновки. Подготовка к защите лаб.работы	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
6	Самостоятельное изучение вопросов Виды паразитных связей в ЭС. Виды экранов. Внешние и внутренние электромагнитные помехи. Подготовка к защите лаб.работы	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	6
7	Самостоятельное изучение вопросов Виды компенсационных схем и фильтров.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада,	4

		дополнительные вопросы на экзамене, итоговый отчет по лаб.работам	
8	Самостоятельное изучение вопросов Сложный теплообмен. Виды теплопроводов. Эффект Пельтье. Подготовка к лаб.работе	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	4
9	Самостоятельное изучение вопросов Особенности конструирования носимой радиоаппаратуры. Виды герметизации ЭС. Доработка и оформление лаб.работы	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
10	Самостоятельное изучение вопросов Активные и пассивные методы защиты ЭС от механических воздействий. Подготовка к защите лаб.работы	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
11	Самостоятельное изучение вопросов Источники вибраций и ускорений. Способы защиты ЭС от них.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, итоговый отчет по лаб.работам	6
12	Самостоятельное изучение вопросов Долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость, безотказность как свойства ЭС. Способы повышения надежности ЭС за счет контактных явлений. Подготовка к защите лаб.работы	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4

13	Самостоятельное изучение вопросов Требования к размещению и эргономике при проектировании наземных, стационарных ЭС. Подготовка к лаб.работе	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	4
14	Самостоятельное изучение вопросов Способы виброзащиты и компоновки модулей при проектированных подвижной наземных ЭС. Доработка и оформление лаб.работы	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	6
15	Самостоятельное изучение вопросов Особенности конструирования бортовых ЭС, защита от перепада давлений и температур.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада,	6
16	Самостоятельное изучение вопросов Воздействие соленого морского воздуха, влаги и обледенения на морские ЭС. Подготовка к защите лаб.работы	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
17	Самостоятельное изучение вопросов Патентная чистота разработки, виды защиты авторского права в области электроники.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада	4
18	Самостоятельное изучение вопросов Международные формы защиты авторского права и патентования. Подготовка к сдаче итогового отчета по лаб.работам	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, итоговый отчет по лаб.работам	3
<b>Итого</b>			<b>99</b>

## КУРС ЛЕКЦИЙ

### 1 СОВРЕМЕННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Рассматриваемые вопросы:

1. Компоновочные схемы ФЯ цифровой МЭА III поколения.
2. Компоновочные схемы блоков цифровой МЭА III поколения.
3. Компоновочные схемы ФЯ цифровой МЭА IV поколения
4. Компоновочные схемы блоков цифровой МЭА IV поколения.
5. Компоновочные схемы приемоусилительных ФЯ МЭА III поколения.
6. Компоновочные схемы приемоусилительных ФЯ МЭА IV поколения.
7. Компоновочные схемы блоков приемоусилительной МЭА.
8. Компоновочные схемы модулей СВЧ и АФАР

#### 1.1 Компоновочные схемы ФЯ цифровой МЭА III поколения

Отличительными признаками ФЯ цифровой МЭА III поколения является то, что выбор того или иного варианта компоновки МСБ, ФЯ, блока и комплекса отображается на этих уровнях компоновочной схемой, которая представляет собой графический эскиз размещения элементов конструкции.

В ФЯ цифровой МЭА III поколения базовой несущей конструкцией является печатная плата, как правило, двухсторонняя или МПП, на которой рядами (по горизонтали и вертикали) komponуются корпусированные инженерные схемы широкого применения (ИС ШП). В зависимости от степени механических воздействий конструкции ФЯ могут

быть бескаркасными, бескаркасными с повышенной механической жесткостью и каркасными. В зависимости от типа корпуса ИС и его выводов ФЯ могут быть односторонними (для корпусов ИС со штырьковыми выводами) и двухсторонними (для корпусов ИС с планарными выводами). В зависимости от вида межъячеечного монтажа ФЯ могут быть разъемного типа, с концевыми контактами на печатной плате, с контактными штырями (проволочно-жгутовой монтаж) и с контактными площадками (монтаж гибкими шлейфами). И наконец, в зависимости от типа компоновки ФЯ в блоке они могут иметь шарнирные элементы крепления (книжная и веерная компоновки) или планки с невыпадающими винтами (разъемная компоновка).

При конструировании рекомендуется использовать следующие типоразмеры печатных плат, мм: 135x110; 135x240; 140x130; 140x150; 140x240; 150x200; 170x75; 170x110; 170x130; 170x150; 170x200.

Толщина плат выбирается от 1 до 2 мм. Навесные ЭРЭ рекомендуется располагать с одной стороны печатной платы (со стороны разъема)

Расчет минимального количества корпусированных ИС на печатной плате производится по формуле:

$$n_{\max} = \alpha \cdot n_x \cdot n_y,$$

где  $\alpha = 1$  для односторонней компоновки ИС и  $\alpha = 2$  для двухсторонней;

$$n_x = E \left| \frac{L_x - 2x_1 - l_x}{t_x} + 1 \right| \text{ при } x_1 = x_2, \quad n_y = E \left| \frac{L_y - y_1 - y_2 - l_x}{t_y} + 1 \right|$$

где  $n_x$  - количество ИС в ряду по горизонтали (рис. 4.1);

$n_y$  - количество рядов ИС по вертикали;

$L_x, L_y$  - размеры печатной платы;

$l_x, l_y$  - размеры между крайними выводами корпуса ИС по осям X и Y;

$x_1, x_2$  - краевые поля на плате;

$y_1$  - краевое поле для элементов внешней коммутации;

$y_2$  - краевое поле для элементов контроля.

$t_x, t_y$  - шаги установки ИС по осям X и Y, зависящие от

вида корпуса и числа задействованных выводов (выбираются по таблицам из [\*]);

*Пример:* Определить максимальное число ИС в корпусах 401.14-1 ( $l_x = 7,5\text{мм}; l_y = 12,5\text{мм}$ ), устанавливаемых на печатную плату с размерами  $L_x = 200\text{мм}$  и  $L_y = 150\text{мм}$ . Число задействованных выводов равно 11 (по таблице находим  $t_x = 12,5\text{мм}, t_y = 17,5\text{мм}$ ). При толщине платы равной 1,5 мм краевые поля  $x_1 = x_2 = 5\text{мм}$ . Если нет контрольной колодки, то  $y_2 = 5\text{мм}$ . Для разъема ГРПМ1 на 90 контактов имеем  $y_1 = 25\text{мм}$ .

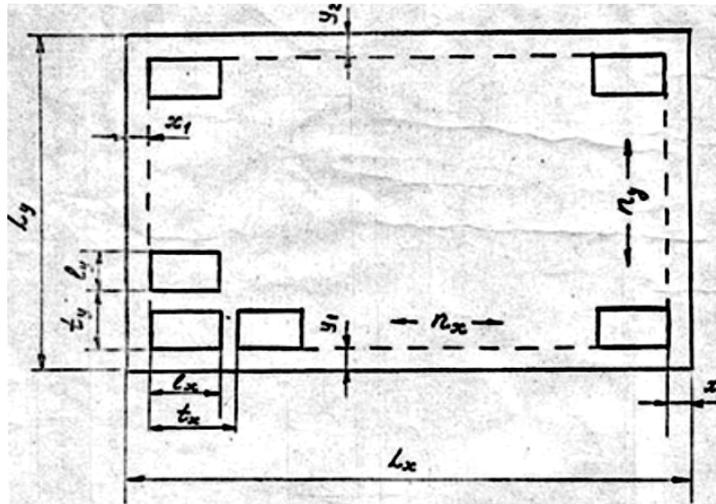


Рисунок 1.1 - Схема расположения корпусированных ИС ШП на плате

Тогда

$$n_x = \frac{200 - 2 \cdot 5 - 7,5}{12,5} + 1 = 15,6 \text{ принимаем } n_x = 15;$$

$$n_y = \frac{150 - 2 \cdot 5 - 12,5}{17,5} + 1 = 7 \text{ принимаем } n_y = 7;$$

$$n_{\max} = 2 \cdot 15 \cdot 7 = 210.$$

Поскольку по 4 углам печатная плата имеет элементы крепления, то уменьшаем  $n_{\max}$  на 8 ИС, т.е. получим возможное  $n_{\max} = 202$  ИС.

Примером бескорпусной ФЯ двухстороннего типа с разъемом является ячейка, показанная на рисунок 1.2. На плате с одной стороны крепятся две вилки разъема ГРПЗ, а с другой – колодка для контроля с невыпадающими винтами. С обеих сторон платы компонуются ИС и навесные ЭРЭ. Ячейки

объединяются с помощью гнезд разъемов на общей кросс-плате и образуют блок разъемной конструкции (см. рис. 4.6).

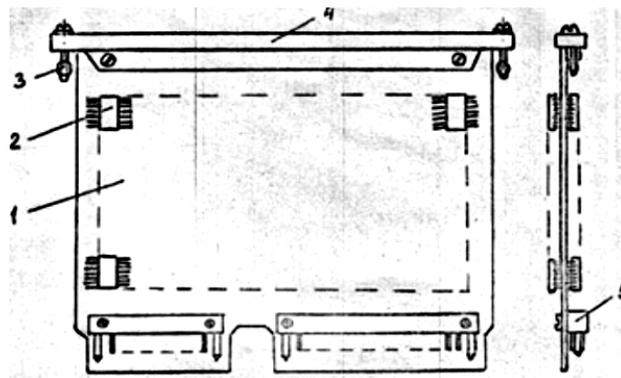


Рисунок - 1.2 - Конструкция бескорпусной ФЯ двухстороннего типа:

- 1 - печатная плата; 2 - микросхема; 3 - невыпадающий винт;  
4 - накладка; 5 - навесной разъем

Бескаркасная конструкция ФЯ одностороннего типа с печатными концевыми контактами показана на рисунке 1.3. На печатной плате с одной стороны устанавливаются ИС в корпусах типа DIP (201.14-1). В верхней части платы с помощью развальцованных пустотельных заклепок прикреплен планка крепления ФЯ в блоке. В планке под винты имеются отверстия.

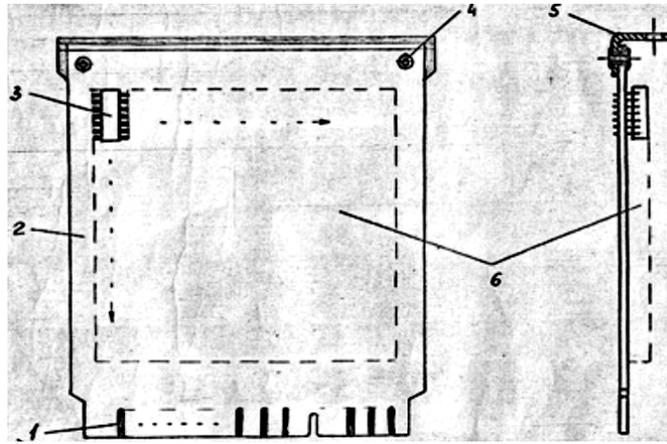


Рисунок 1.3 - Конструкция бескорпусного типа ФЯ  
 одностороннего типа с печатными концевыми контактами: 1 -  
 печатный концевой контакт; 2 - печатная плата; 3 -  
 микросхема;  
 4 - пустотелая заклепка; 5 - планка; 6 - зона установки  
 микросхем

На рисунок 1.4 показана конструкция бескаркасной  
 двухсторонней ФЯ с дополнительной жесткостью за счет  
 толстой МПП с “окнами”, в которых монтируются ИС с  
 планарными корпусами и двух металлических накладок,  
 укрепленных на верхней и нижней стороне платы  
 развальцованными заклепками. Нижняя планка, кроме того,  
 имеет петли для шарнирного соединения ФЯ в книжной  
 конструкции блока (см. рис. 4.7).

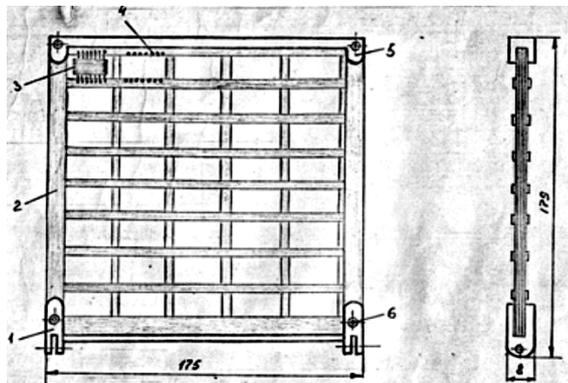


Рисунок 4.4 - Конструкция бескаркасной двухсторонней ФЯ:  
 1 - петля шарнира; 2 - МПП с окнами; 3 - ИС в корпусе с  
 планарными выводами; 4 - контактные площадки;  
 5 - металлическая накладка; 6 - заклепка

Каркасная двухплатная ФЯ с двухсторонним расположением ИС показана на рисунке 4.5.

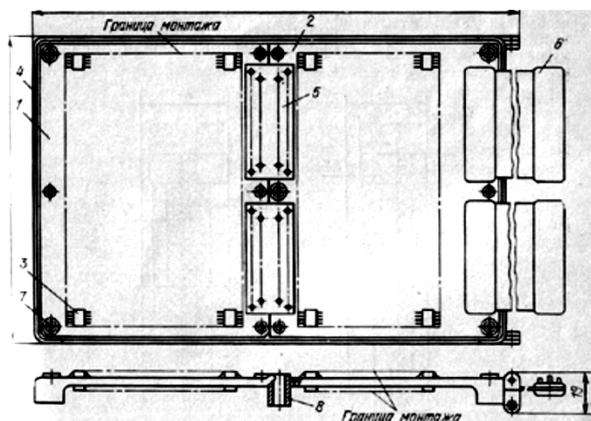


Рисунок 4.5 - Двухплатная каркасная ФЯ: 1,2 - печатные  
 платы;  
 3 - микросхема; 4 - рама; 5 и 6 - гибкий печатный кабель;  
 7 - пустотелая заклепка; 8 - втулка

Печатные платы закреплены в металлической рамке пустотелыми развальцованными заклепками. Рамка имеет дополнительное ребра жесткости по углам и, кроме того, в центре ФЯ закреплена высокая пустотелая втулка, чтобы уменьшить прогиб конструкции. Соединения между платами и между ячейками осуществляется с помощью гибких печатных шлейфов или гибких кабелей (между ячейками они имеют колодки). Компоновка ФЯ в блоке (см. рис. 4.8) – книжная, поэтому на рамке имеются шарнирные элементы крепления.

## **1.2 Компоновочные схемы блоков цифровой МЭА III поколения**

В настоящее время нашли широкое применение следующие варианты компоновок блоков МЭА III поколения:

- разъемная компоновка;
- книжная;
- веерная, или кассетная.

В зависимости от группы условий эксплуатации блоки могут быть герметичными и негерметичными. Как правило, блоки выполняются прямоугольной формы, однако в технически обоснованных случаях она может отличаться от прямоугольной. Основными элементами конструкции блока являются ФЯ, каркас, передняя и задняя панели, крышка, общая коммутационная плата (кросс-плата), направляющие для установки ячеек, блочные разъемы, элементы крепежа и т.п.

Разъемный вариант конструкции позволяет обеспечить легкоосъемность ФЯ, простоту компоновки и монтажа.

Книжный вариант повышает плотность компоновки, свободный доступ к ИС, ЭРЭ и монтажу блока во включенном состоянии.

Веерный обеспечивает более полную функциональную законченность частей блока путем объединения нескольких (обычно двух) ФЯ в легкоосъемную кассету.

Блоки III поколения, если их объем составляет около десятка литров, могут иметь амортизаторы либо компоноваться на общей амортизационной раме (“врубные блоки”).

Вариант разъемной компоновки ФЯ в блок представлен на рисунке 1.6.

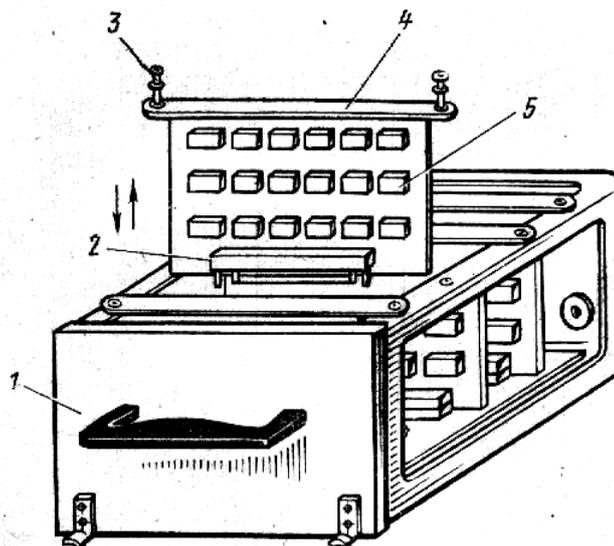


Рисунок 1.6 - Разъемная компоновка блока МЭА: 1 - корпус;  
2 - разъем; 3 - невыпадающий винт; 4 - колодка;  
5 - корпусированная МСБ (БГИС)

Основанием блока является сварной каркас из профилированного металла, к которому крепятся передняя и задняя панели, верхняя и нижняя крышки. Функциональные ячейки с помощью разъемов укрепляются на кросс-плате внизу, а сверху невыпадающими винтами закрепляются в профиле уголка каркаса. В других случаях, возможна установка ФЯ по направляющим и закрепление их общей

планкой и др. способами. Блочные разъемы могут крепиться на передней и задней панели. Герметизация, если в ней есть необходимость осуществляется обычно уплотнительными резиновыми прокладками.

Конструкция блока книжной компоновки, представленная на рисунок 1.7, имеет вертикальную ось раскрытия ФЯ с выступающими выводами, соединенных попарно в звенья (двойки). Двойки также шарнирно соединены между собой и с корпусом блока. ФЯ стягиваются винтами в пакеты со стороны боковых стенок корпуса. Электрический монтаж ФЯ может быть осуществлен проволочными жгутами и гибкими шлейфами.

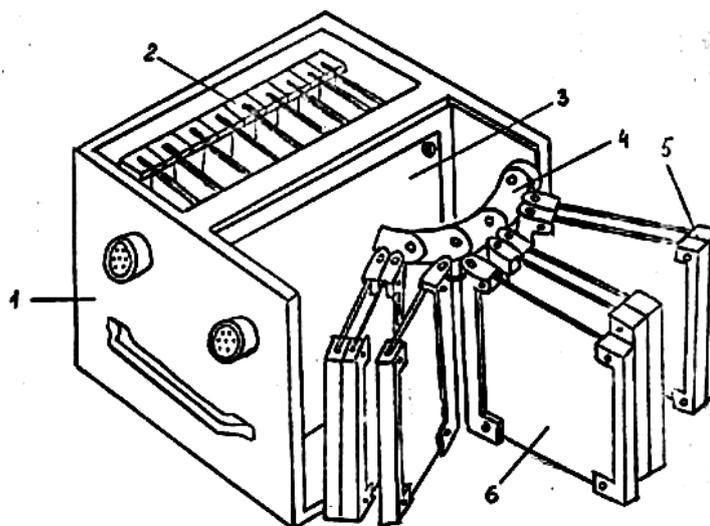


Рисунок 1.7 - Книжная компоновка блока с вертикальной осью раскрытия: 1 - лицевая панель; 2 - ФЯ; 3 - кросс-плата; 4 - шарнир; 5 - звено (двойка); 6 - печатная плата

Другим вариантом блока книжной конструкции с вертикальной осью раскрытия является конструкция, представленная на рисунке 1.8. Она собрана из ФЯ с

металлическими рамками и состоит из двух секций ячеек, шарнирно соединенных между собой. Секции также стягиваются в пакет с помощью винтов в пяти точках с каждой боковой стороны. Электрический монтаж - гибкий. Общая коммутационная плата на средней стенке выполнена из плоского тканого кабеля.

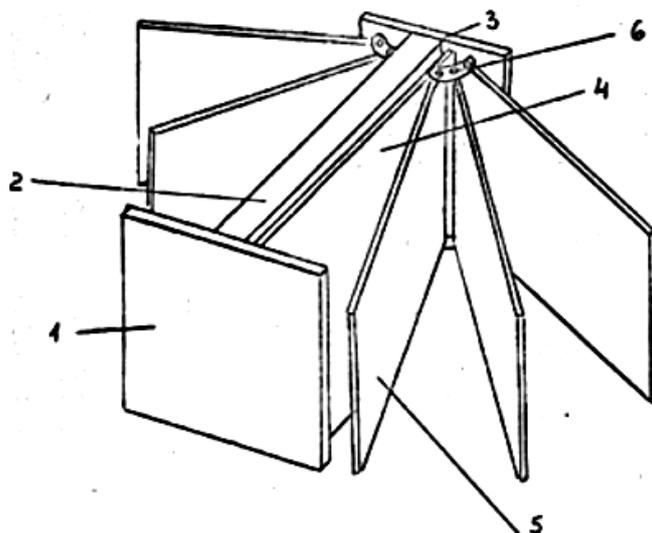


Рисунок 1.8 - Книжная компоновка блока МЭА с вертикальной осью раскрытия с двумя секциями: 1 - лицевая панель; 2 - несущая конструкция; 3 - задняя панель; 4 - кросс-плата; 5 - ФЯ; 6 - шарнир

Блок книжной конструкции с горизонтальной осью раскрытия (рисунок 1.9) имеет две секции в каждом из пакетов. Секция состоит из двух ФЯ на шарнирном соединении. Пакеты стягиваются невыпадающими винтами. Электрический монтаж - жгутовой или гибкий.

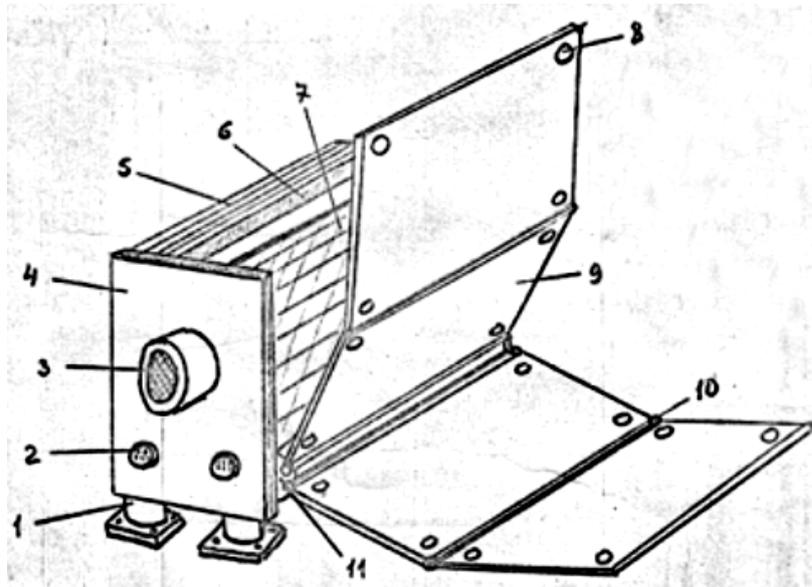


Рисунок 1.9 - Книжная компоновка блока МЭА с горизонтальной осью раскрытия: 1 - амортизатор; 2 - разъем; 3 - воздуходувка; 4 - передняя панель; 5 - пакет ФЯ; 6 - средняя стенка; 7 - гибкий шлейф; 8 - отверстие для стяжки; 9 - ФЯ; 10 - межъячеечный шарнир; 11 - общий

Особенностью конструкции блока кассетной (верной) компоновки (рисунок 1.10) является то, что он состоит из набора откидных кассет, имеющих шарнирное соединение и крепящихся шпильками в пакеты к средней стенке блока. Электрический монтаж - жгутовой.

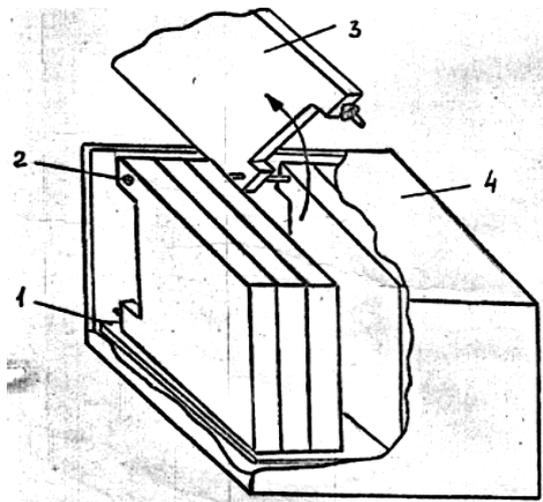


Рисунок 1.10 - Кассетная (верная) компоновка блока МЭА:  
1 - кросс-плата, 2 - шарнир, 3 - ФЯ, 4 - корпус

### 1.3 Компоновочные схемы ФЯ цифровой МЭА IV поколения

Отличительной особенностью ФЯ цифровой МЭА IV поколения является компоновка бескорпусных МСБ на том или ином несущем основании. Вопросы повышения механической жесткости конструкции, монтажных соединений и креплений ФЯ в блоки мало чем отличается от вариантов ячеек III поколения. Наиболее важным является решение вопроса об обеспечении допустимых тепловых напряженностях в конструкциях. Поскольку в составе МСБ 24X30 мм может быть до 20 БИС на биполярных вентилях с мощностью порядка 100 мВт каждая, а в одной ФЯ до 8 МСБ, то таким образом, в одной ФЯ может рассеиваться тепловая мощность около 15...16 Вт. Если принять, что тепловая напряженность составляет 150-160 Вт/дм<sup>3</sup>, в то время, как средняя цифра для МЭА составляет 30-40 Вт/дм<sup>3</sup>, т.е. допустимая величина в 4-5 раз меньше.

Поэтому для цифровой техники с высоким быстродействием (единицы наносекунд на вентиль), а следовательно, и с высокой потребляемой мощностью на ИС, необходимы меры по значительному увеличению теплоотвода. В этих случаях, как правило, в конструкциях ФЯ применяют металлические несущие конструкции (рамки с планками, П-образные пластины, индивидуальные теплоотводы для МСБ и т.п.). В других случаях, когда при высоком или среднем быстродействии потребляемая мощность может быть уменьшена за счет применения  $I^2\Lambda$  или КМОП-БИС или когда достаточно малое быстродействие, проблема теплопередачи не играет существенной роли. В этих случаях компоновка МСБ может осуществляться на печатных платах или многослойных крупноформатных толсто пленочных подложках (рисунок 1.11). Основная задача в этих компоновках - обеспечение высокой трассировочной способности несущих плат и их вибропрочности.

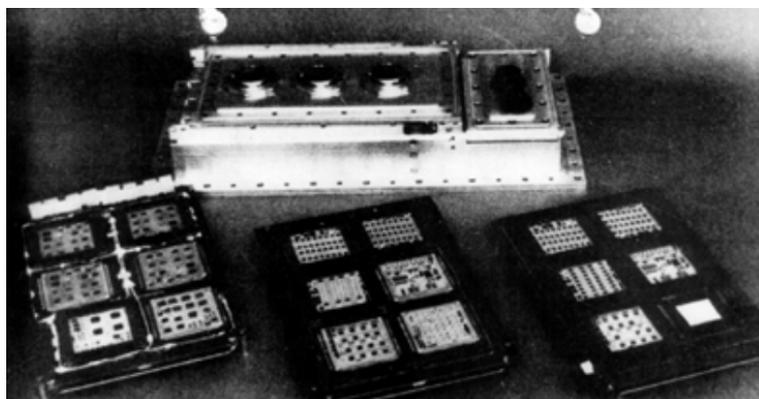


Рисунок 1.11 - Моноблок бортовой ЭВМ ракеты “Минитмен”

Из характерных компоновок ФЯ с высоким тепловыделением можно отметить следующие:

- одностороннюю на металлической рамке;
- двухстороннюю на металлической рамке;

- сдвоенную из двух металлических рамок;
- двухстороннюю на П-образном металлическом основании;
- на печатной плате с индивидуальными металлическими прокладками.

В первых трех вариантах присутствуют металлические рамки, имеющие характерные черты конструкторские. На рисунке 1.12 показана рамка, выполненная из алюминиевого сплава фрезерованием. Профиль рамки имеет внешний контур ребер жесткости и планки. Отверстия в ребрах жесткости необходимы для стягивания ФЯ в пакет винтами. На планках с помощью антивибрационного компаунда приклеивают МСБ, а с обратной стороны печатную плату.

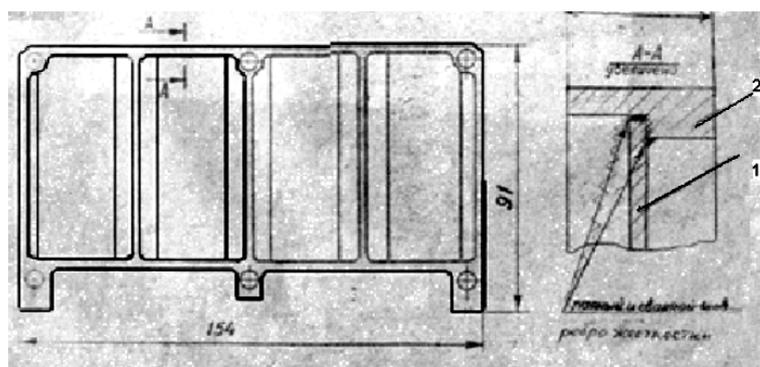


Рисунок 1.12 - Конструкция рамки: 1 - планка; 2 - рамка

Толщина планок обычно берется 0,8...1мм. Ширина ребер жесткости -2...3мм, а их толщина определяется высотой МСБ, толщиной планки, печатной платы и воздушными зазорами между МСБ и печатной платой в ячейках. Высота МСБ обычно составляет 2...3мм, толщина печатной платы 1...1,5мм и воздушные зазоры 1...1,5мм. Откуда толщина рамки составляет 6...8мм. Рамка может иметь отдельную зону размещения навесных дискретных ЭРЭ, совместимых с

высотой МСБ. Планки рамки могут располагаться как вертикально, так и горизонтально, т.е. вдоль длины рамки. Однако и в том и в другом случае между планками оставляют “окна” для коммутации контактных площадок МСБ с контактными площадками печатной платы. Коммутация проводится золочеными проволочными проводниками длиной 3...5мм и диаметром 0,03...0,05мм пайкой или методом термокомпрессии. Более детально установка и монтаж МСБ и печатной платы на рамке показаны на рисунок 1.13.

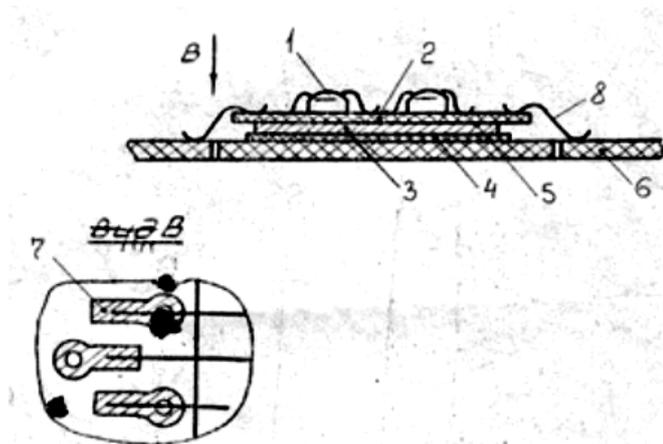


Рисунок 1.13 - Схема установки МСБ и печатной платы на рамке:

1 - бескорпусной транзистор; 2 - МСБ; 3 - планка на рамке;  
4 - лакоткань; 5 - антивибрационный компаунд; 6 - печатная  
плата; 7 - контактная площадка; 8 - золоченный проводник

Контактные площадки печатной платы объединены с контурами металлизированных отверстий и расположены в шахматном порядке. Платы могут иметь одностороннюю, двухстороннюю и многослойную печатную коммутацию. Для изоляции печатной платы от планки часто применяют прокладки из стеклоткани. Навесные ЭРЭ обычно располагают со стороны МСБ.

Односторонняя ФЯ на металлической рамке показана на рисунок 1.14. Ячейка имеет зону навесных ЭРЭ и зону межъячеечной коммутации под гибкие шлейфы. Контактные площадки на печатной плате в этой зоне имеют двухрядное расположение.

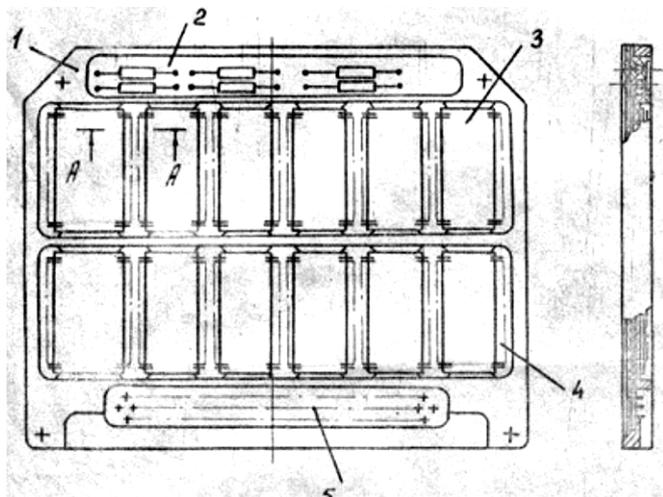


Рисунок 1.14 - Конструкция односторонней ФЯ на металлической рамке: 1 - рамка; 2 - верхняя зона ПП для дискретных ЭРЭ; 3 - МСБ; 4 - зона коммутации МСБ с ПП; 5 - нижняя зона ПП для межъячеечной коммутации

Двухсторонняя ФЯ на металлической рамке (рисунок 1.15) имеет следующие отличия от односторонней: в ней МСБ размещены на горизонтальной планке с двух сторон по принципу “непрерывной микросхемы”, печатная коммутационная плата отсутствует, взамен ее имеются 2 печатные вставки в верхней и нижней части ячейки, коммутация между которыми осуществляется микропроводочными жгутами, уложенными между боковыми ребрами жесткости рамки и дополнительными ребрами (зоны

А) и скрепленными в них клеем-мастикой ЛН в нескольких точках. В верхней зоне могут располагаться также навесные дискретные ЭРЭ, а нижняя зона заполнена либо выводными штырями либо контактными печатными площадками.

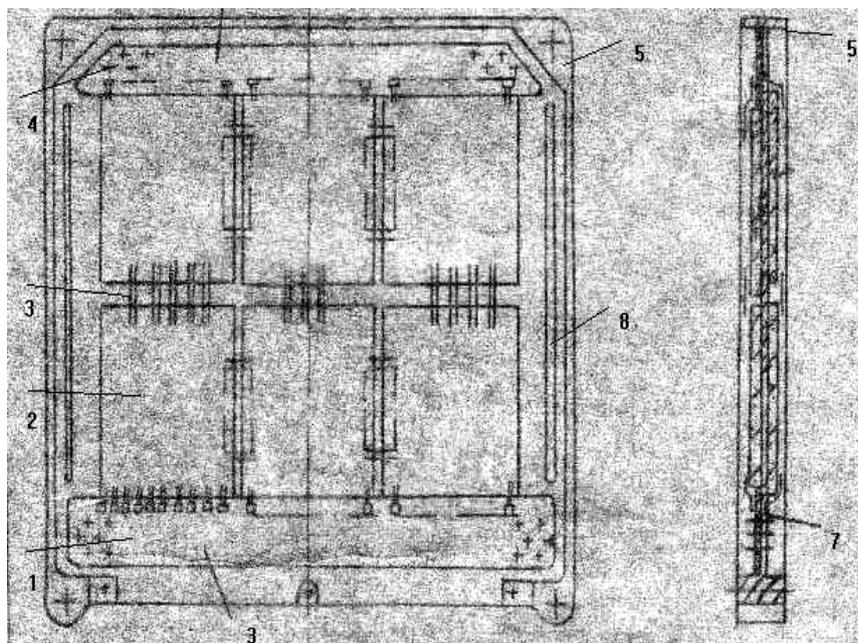


Рисунок 1.15 - Конструкция двухсторонней ФЯ на металлической рамке: 1 - нижняя печатная вставка; 2 - МСБ; 3 - соединительный проводник; 4 - верхняя печатная вставка; 5 - рамка; 6 - планка; 7 - штырь; 8 - выступ

Сдвоенная ФЯ (рисунок 1.16) состоит из двух рамок с односторонней компоновкой МСБ в каждой и склеенной с ними МПП. Дополнительное крепление рамок между собой и МПП осуществляется 4 резьбовыми втулками по углам ячейки, через которые ФЯ стягиваются в пакет винтами МЗ.

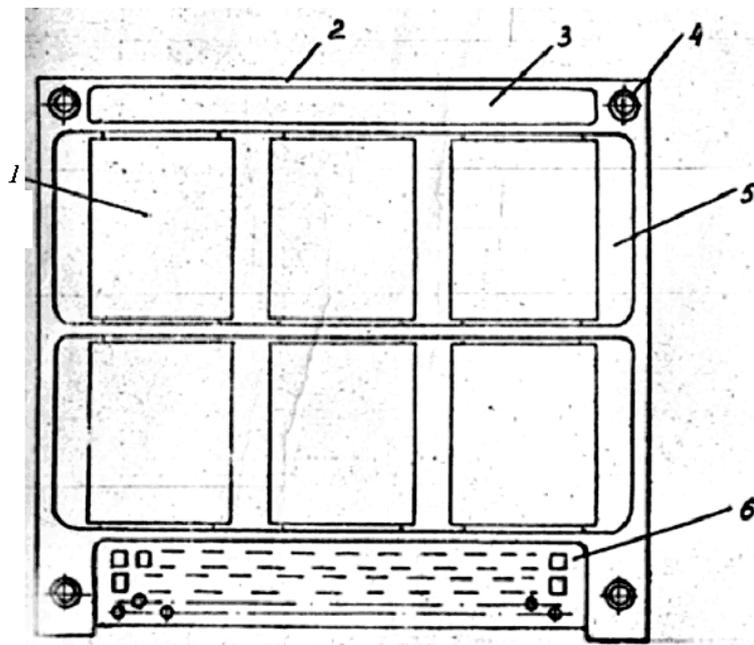


Рисунок 1.16 - Конструкция сдвоенной ФЯ на металлической рамке: 1 - микросборка; 2 - рамка; 3 - верхняя зона МПП; 4 - пустотелая заклепка; 5 - МПП; 6 - нижняя зона МПП для межъячеечной коммутации в блоке

Двухсторонняя ФЯ на П-образном металлическом основании (рисунок 1.17) имеет общую коммутационную печатную плату (обычно МПП), “обернутую” алюминиевой пластиной, на которой с двух сторон ячейки компонируются МСБ. Электрическое соединение МСБ с МПП осуществляется тонкими проволочными проводниками через “окна”, пробитые в пластине, а коммутация между ячейками - через зону выходных контактных площадок в правой части МПП, не закрытой пластиной. К верхней части П-образной пластины приварен полый воздуховод квадратного сечения, который имеет с боков приливы с отверстиями для крепления ФЯ в блоке книжной компоновки с помощью винтов и шарниров.

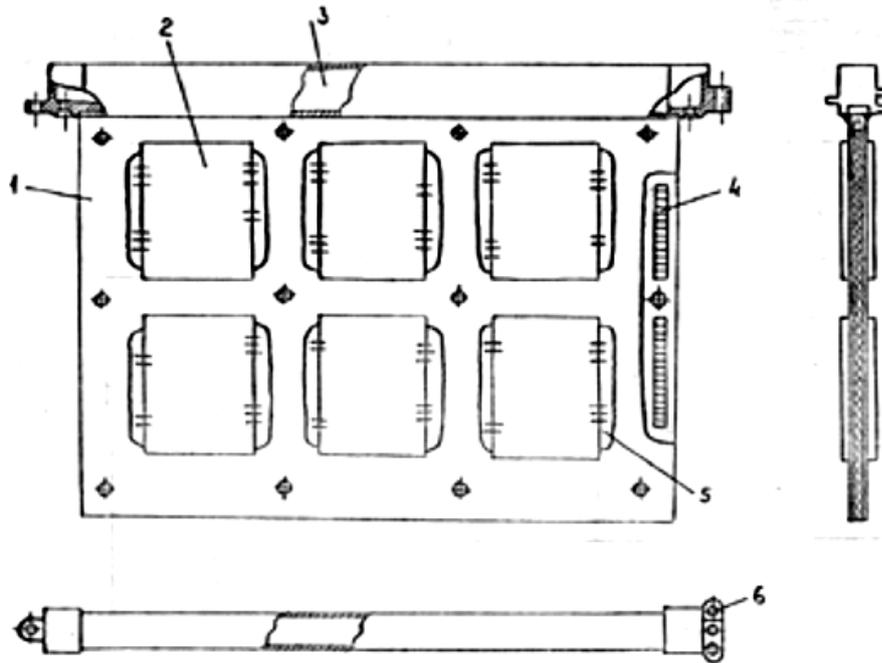


Рисунок 1.17 - Конструкция двухсторонней ФЯ на металлическом П-образном основании: 1 - П-образная пластина (металлическая обкладка); 2 - МСБ; 3 - воздуховод; 4 - печатная контактная площадка; 5 - зона коммутации МСБ с ПП; 6 - шарнир

Двухсторонняя ФЯ на печатной плате с индивидуальными теплоотводами (рисунок 1.18) содержит в центре конструкции печатную плату, на которой по обе стороны наклеены индивидуальные тонкие металлические прокладки – теплоотводы под МСБ которые имеют хороший контакт с несущей конструкцией блока, снизу платы размещена зона межъячеечной коммутации.

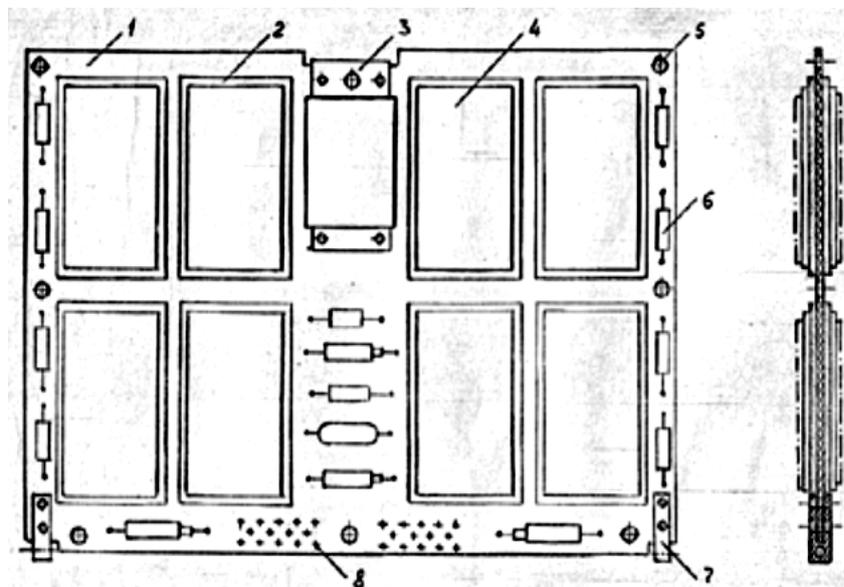


Рисунок 1.18 - Ячейка герметичного блока МЭА книжной конструкции: 1 - печатная плата; 2 - индивидуальная металлическая шина; 3 - планка для стяжки ФЯ; 4 - МСБ; 5 - отверстие для крепления ФЯ; 6 - дискретный ЭРЭ; 7 - шарнир; 8 - зона межъячейной коммутации

В некоторых местах на печатной плате расположены навесные дискретные ЭРЭ; коммутация МСБ с печатной платой осуществляется золочеными проволочками. Для шарнирного соединения ФЯ в книжную компоновку блока в нижней части ФЯ развальцованы прокладки.

#### 1.4 Компоновочные схемы блоков цифровой МЭА IV поколения

Наибольшее распространение в конструкциях блоков цифровых МЭА IV поколения нашла книжная компоновка ФЯ на металлических рамках, а также объемно-плоскостная, представляющая пакет ФЯ, стянутый винтами и

коммутируемых между собой микропроволочными жгутами или гибкими шлейфами. В случаях применения ФЯ на печатных платах с бескорпусными МСБ могут применяться указанные выше компоновочные схемы разъемной и кассетной (веерной) конструкции.

Отличительной особенностью блоков IV поколения является в большинстве случаев их повышенная герметичность, т.к. в составе блока применяются бескорпусные (незащищенные) МСБ. Герметизация может осуществляться как с применением резиновых уплотнительных прокладок, стягиваемых винтами, так и “паяным швом”. Последний обеспечивает выдержку давления нагнетаемого сухого азота (инертного газа) в течение 8 лет. Степень герметичности блока определяется величиной истечения газа  $D$  [ $\text{дм}^3 \cdot \text{Па}/\text{с}$ ] из определенного объема блока  $V$  [ $\text{дм}^3$ ] в течение заданного срока службы или хранения  $t$  [с]. Она рассчитывается по формуле:

$$D = \frac{V \cdot \Delta p}{t},$$

где  $\Delta p$  - величина перепада внутреннего и внешнего давлений (избыточное давление) газа в блоке [Па], 1 Па = 7,5мкм рт.ст.

При способе герметизации паяным швом (рисунок 1.19) в зазор порядка 1...1,2мм между крышкой и стенкой корпуса укладывают резиновую прокладку (резина марки ИРП-нагревостойкая, бессернистая) толщиной 1,2...1,4мм, далее стальную проволоку диаметром 0,8мм и запаивают шов по контуру крышки припоем ПОС-61. Свободный конец проволоки выводят в параллельный свободный паз для возможного последующего вскрытия корпуса путем вырыва проволоки из шва плоскогубцами. Повторная герметизация и вскрытия для ремонта блока возможны не более 4...5 раз.

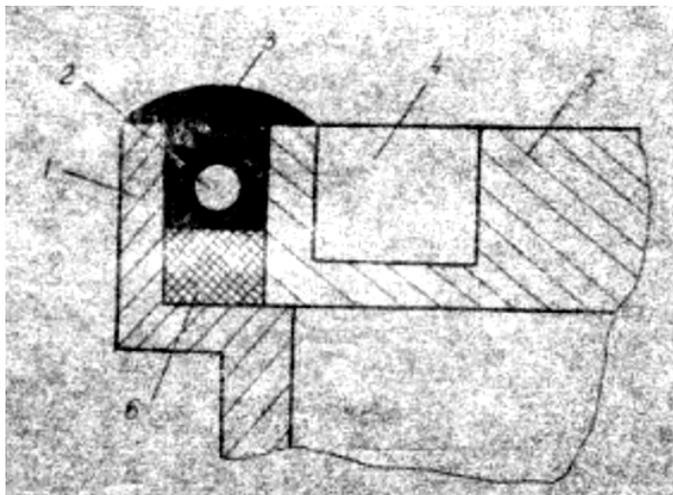


Рисунок 1.19 - Герметизация корпуса паяным швом: 1 - корпус,  
 2 - стальная проволока, 3 - припой ПОС-61,  
 4 - паз для выводного конца проволоки, 5 - крышка,  
 6 - резиновая прокладка

Прокладка центрирует крышку при пайке и не пропускает вредные для бескорпусных МСБ пары флюса и припоя внутрь корпуса при пайке. На более толстой стенке корпуса располагают (впаивают или впрессовывают) трубку откачки (штенгель-трубку). После герметизации корпуса из него откачивают воздух, проверяют на герметичность, далее корпус наполняют сухим азотом до давления 1,3 атм, трубку обжимают, откусывают и запаивают. Длина трубки выбирается с учетом повторных операций разгерметизации и герметизации корпуса.

Книжная компоновка блока МЭА на металлических рамках (рисунок 1.20) представляет собой набор ФЯ (пакет), стянутый длинными винтами МЗ к бобышкам нижней стенки корпуса.

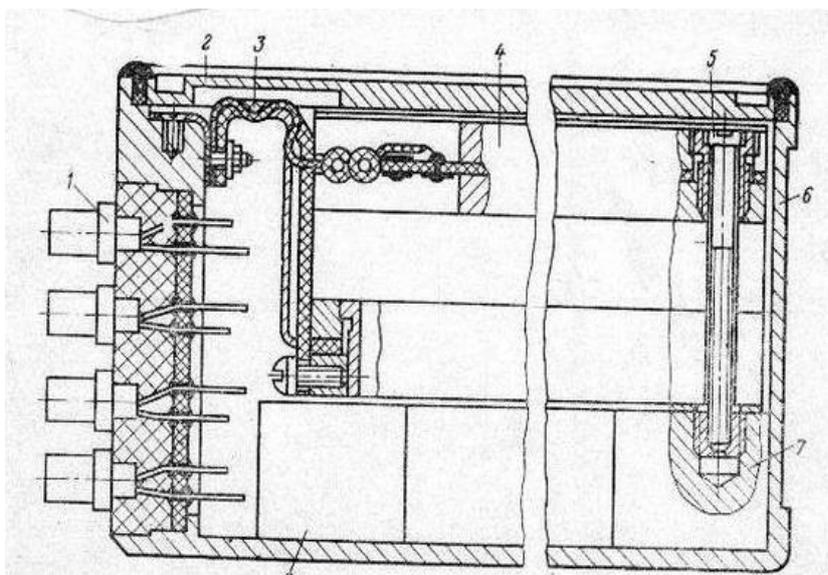


Рисунок 1.20 - Книжная компоновка блока МЭА IV поколения:  
 1 - разъем; 2 - крышка корпуса; 3 - гибкая матрица-ремень;  
 4 - ФЯ на металлической рамке; 5 - стяжной винт; 6 - корпус;  
 7 и 8 - бобышки крепления

Для того чтобы при ввинчивании и развинчивании винтов не срывать резьбу, в верхней ячейке и в теле бобышки запрессовывают стальные или титановые втулки. Корпус блока может быть литым или сварным (при разной толщине стенок и отличающейся их конфигурации). В более толстую стенку устанавливают разъемы, трубку-штенгель, винты заземления и крепления. В рассматриваемой конструкции в левой боковой стенке, привариваемой к корпусу, установлены 4 разъема РПС, трубка-штенгель, винты крепления гибкой матрицы-“ремня”.

Разъемы распаяны на переходной печатной плате и залиты компаундом. Крепление переходной платы к корпусу

осуществляется либо приклеиванием либо пайкой рисунок 1.21.

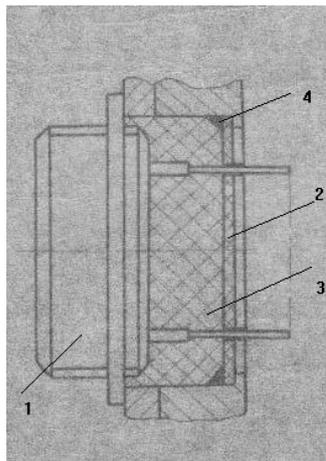


Рисунок 1.21 - Герметизация корпуса в месте расположения разъема: 1 - герметизированный разъем РПС; 2 - печатная плата; 3 - компаунд; 4 - паяный вакуум-плотный шов

В последнем случае печатная плата должна иметь со стороны установки в корпус металлизированный кант шириной 1...2мм, а сама левая стенка – гальваническое покрытие для пайки, например для алюминиевых сплавов АМц и АМг- Н.12.0-Ви9, для Д16 и В95 -Н.24.0-С.18, для стали (10,10КП,20,45,А12) –М.3.0 –Ви.3 и титана (ВТ1-0, ВТ1-1) – хим.Н.3М.3Ср.9. Сплавы Д16, В95, титан и указанные для них покрытия применяют в жестких и особо жестких условиях. Тонкие стенки корпуса и крышка имеют толщину 2...4мм, а толстая – 6...10мм. Монтаж между ФЯ и разъемами РПС осуществляется с помощью гибкой матрицы- “ремня”. Последний представляет собой лист вулканизированной бессернистой резины марки ИРП с пробитыми в нем отверстиями диаметром 1,5...2мм. В эти отверстия прошиваются жгуты из провода ГФ-100М по 16...20 штук в

отверстие. Жгут, идущий вдоль ремня, называется трассой. Часть жгута может ответвляться в поперечном направлении и через отверстия выходить на контактные штыри и контактные выходные площадки ФЯ. Ремень, имеющий ширину 70мм, способен объединить до 250 проводников. Ремень может быть плоским и с выступающими высотой 5...8мм и шагом между ними 8...12мм в зависимости от толщины ФЯ. В выступах имеются такие же отверстия, как и в плоской части ремня, с шагом 4...5мм. Ширина ремня определяется шириной ФЯ (но не более 220мм), а длина их количеством и длиной соединения с корпусом. При плоском ремне ФЯ крепятся через него в торец, а при ремне с выступами ФЯ вставляются между ними и крепятся к ним с помощью винтов и металлических прокладок (рисунок 1.22). В поддоне корпуса между бобышками могут располагаться рассредоточенные винты.

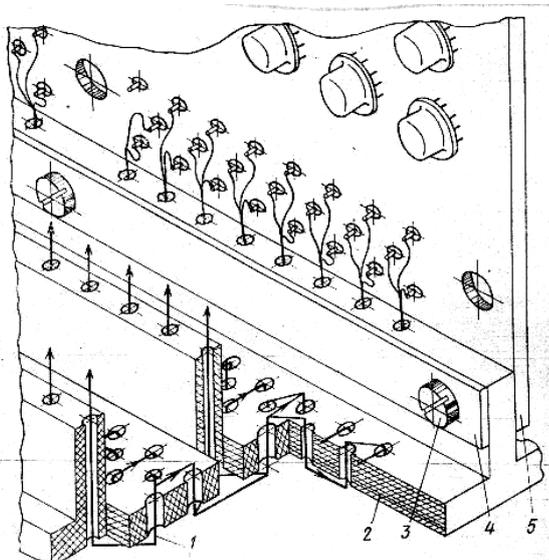


Рисунок 1.22 - Гибкая матрица- "ремень": 1 - жгут трассы;  
2 - резиновый "ремень"; 3 - винт; 4 - металлическая прокладка;  
5 - печатная плата с корпусированными ИС1

Рассмотренная книжная конструкция блока МЭА с применением ремня позволяет при вынутых стяжных винтах разворачивать ФЯ подобно листам книги и осуществлять легкий доступ к любому элементу конструкции при контроле и ремонте во включенном состоянии схемы.

В тех случаях, когда вместо гибкого ремня применяют гибкие шлейфы (рисунки 1.22, 1.23), пакет ячеек также можно разворачивать во включенном состоянии, однако при этом жесткость “переплета книги” отсутствует и необходимо прибегать к дополнительным мерам удержания ФЯ в этом положении.

При малом числе и простоте соединений ФЯ и разъемов блока монтаж осуществляется непосредственно шлейфами от ФЯ к разъемам (рисунок 1.22), а при значительном их числе и сложности используется дополнительная коммутационная печатная плата.

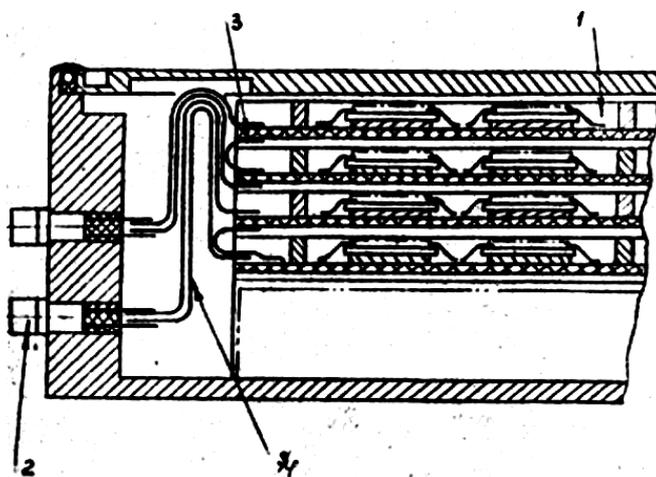


Рисунок 1.23 - Блок книжной конструкции при малом количестве ФЯ: 1 - ячейка, 2 - разъем РПС, 3 - место соединения шлейфа с контактными площадками печатной платы ФЯ, 4 - шлейф

Пример объемно-плоскостной компоновки блока МЭА IV поколения показан на рисунке 1.24. Сами ФЯ и их объединение в пакет ничем не отличаются от предыдущей конструкции. Отличие заключается лишь в том, что вместо гибкого ремня или гибких шлейфов используется жгутовой микропроволочный монтаж и колодки с выводными штырями. Крышка герметичного корпуса на рисунке условно снята.

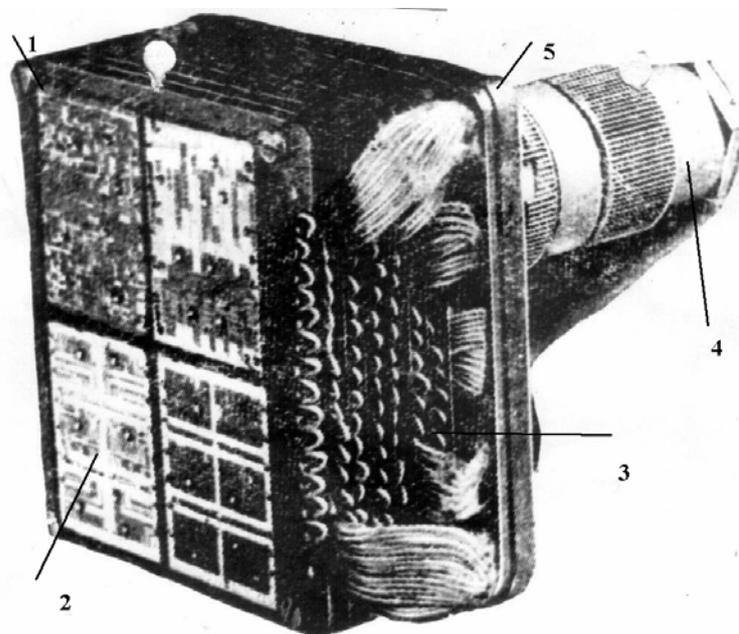


Рисунок 1.24 - Этажерочная конструкция блока цифровой МЭА IV поколения: 1 - рамка; 2 - МСБ; 3 - межъячеечная коммутация; 4 - разъем; 5 - корпус со снятой крышкой

### 1.5 Компоновочные схемы приёмосилительных ФЯ МЭА III поколения

Особенности компоновки микроэлектронных приёмосилительных ФЯ обусловлены спецификой их

назначения и работы, а именно, следующими характерными свойствами:

- функциональная сложность приемоусилительных ячеек обычно соответствует тому или иному тракту устройства, например тракту УВЧ, УПЧ или УНЧ;

- наличие определенных рабочих частот трактов вызывает необходимость экранировки ФЯ и развязки их по частоте;

- в зависимости от рабочего диапазона частот трактов в конструкциях ФЯ могут быть применены различные частотно-избирательные узлы и микросхемы (ЧИМ), имеющие разные уровни добротности, стабильности и степени планарности конструкции;

- большой динамический диапазон изменения сигнала накладывает требования его последовательного усиления и преобразования, что наиболее полно удовлетворяется компоновкой ФУ и МСБ в виде “линеек”, “цепочек” усиления и преобразования уровня сигнала;

- внедрение в приемоусилительные устройства цифровых способов обработки сигнала приводит к сочетанию в конструкциях ФЯ правил компоновки аналоговой и цифровой МЭА (ячейки ФАП).

В диапазоне частот от сотен килогерц до десятков мегагерц (тракты УПЧ) применяют конструкции ФЯ, выполненные на корпусированных универсальных усилительных ИС ШП и миниатюрных каркасных катушках индуктивности, скомпонованных в виде линеек на печатной плате (рисунок 1.25).

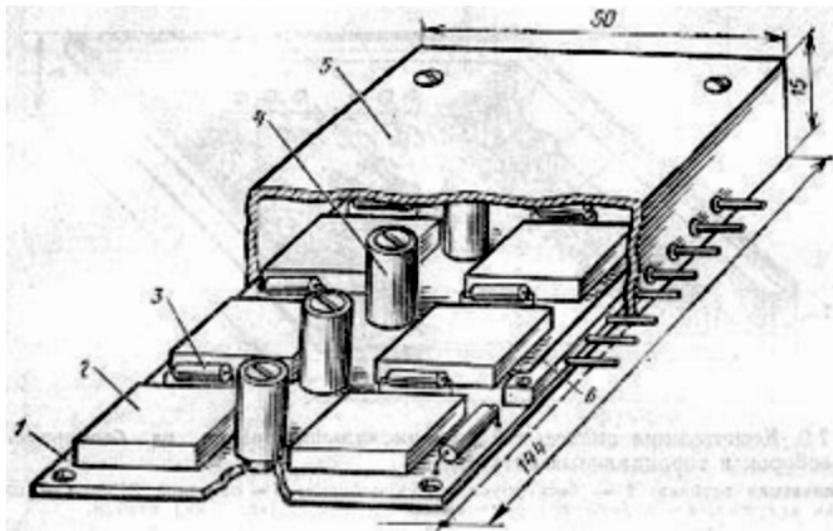


Рисунок 1.25 - Конструкция аналоговой ФЯ из корпусированных ИС и каркасных катушек: 1 - МПП; 2 - ИС; 3 - навесной ЭРЭ; 4 - каркасная катушка индуктивности с магнитным сердечником; 5 - корпус –экран; 6 - разъем ячейки

Состав: 1) 10 корпусированных ИС ШП (универсальные усилители в корпусе 151.15-4); 2) 12 навесных ЭРЭ (R,C); 3) МПП;  $L=0,5\text{мГн}$ .

На печатной плате также устанавливаются навесные малогабаритные дискретные элементы (резисторы ОМЛТ-0,125, конденсаторы КМ, К53-18 и др.), а также разъемы высокой частоты (СР-50), низкочастотные разъемы (ГРПП и др.), втулки крепления, экраны и т.п. Катушки индуктивности при добротностях не менее 50...60 имеют диаметр 4...5мм и высоту 8...10мм. Наряду с каркасными катушками индуктивности могут применяться также тороидальные с добротностью 20...30. Высота ИС ШП обычно составляет 5мм, т.е. существует разновысотность в компоновке между ИС и

катушками, что приводит к значительному коэффициенту дезинтеграции объема ФЯ.

### **Контрольные вопросы.**

1. Признаки цифровых функциональных ячеек?
2. Какими признаками отличается ФЯ IV поколения от ФЯ III поколения?
3. От какого фактора зависит конструктивное исполнение соединителя в нижней части ФЯ?
4. Какие типы корпусов ИС, устанавливаемых в ФЯ III поколения Вы знаете?
5. Какие типы корпусов ИС отвечают требованиям “поверхностного монтажа”?
6. В какой аппаратуре применяются разъемы в ФЯ в виде печатных концевых контактов?
7. Какими параметрами характеризуются разъемы ГРПМ?
8. В чем разница разъемов ГРПМ и ГРПП?
9. Варианты компоновок блоков МЭА III поколения.
10. Особенности блоков кассетной компоновки.
11. Какими признаками характеризуются ФЯ цифровой МЭА IV поколения?
12. Какие Вы знаете компоновки ФЯ с высоким тепловыделением?
13. Для чего служат рамки в ячейках?
14. С какой стороны ФЯ располагают навесные дискретные ЭРЭ? От дискретных ЭРЭ можно полностью отказаться?
15. Каким способом реализуют соединение МСБ с ПП?
16. Какой хладагент применяется в ФЯ IV поколения с П-образной пластиной?
17. Какими способами осуществляется герметизация корпуса в местах нахождения межблочных разъемов в блоках цифровой МЭА IV поколения?

18. Каким целям на крышке корпуса служит тепловая канавка?
19. Крышка и основание корпуса выполняется из алюминиевых сплавов, однако паяный шов между крышкой и основанием выполняют припоем ПОС-61. Как это возможно?
20. Как выполняется корпус высокой тепловой напряженности?
21. Каким целям служат титановые или стальные втулки в бобышках корпуса?
22. Зачем укладывается в паяный шов стальная проволока?
23. Для чего служит резиновая прокладка между крышкой и основанием корпуса? Каким требованиям она должна отвечать?
24. Каким образом крепится моноблок цифровой МЭА IV поколения на объекте?
25. Какую роль выполняет ремень-матрица в моноблоке?
26. Зачем внутрь герметичного корпуса закачивается инертный газ- азот?
27. Характерные особенности конструкций аналоговых ФЯ III и IV поколений?
28. Как выполняется частотно-избирательные узлы в приемоусилительных ячейках?
29. Почему аналоговые ФЯ используют линейную компоновку?
30. Характерные компоновочные схемы блоков аналоговой МЭА.
31. В чем заключаются потери в компоновочных показателях в блоках аналоговой МЭА по сравнению с блоками цифровой МЭА?
32. Какие Вы знаете недостатки блоков цифровой МЭА?
33. Трудности компоновки МСБ в модулях СВЧ.
34. Какие цели преследует принцип компоновки “непрерывной микросхемы” в модулях СВЧ диапазона?

35. Какие методы проверки герметичности Вы знаете?  
36. Какие методы изготовления корпусов Вы знаете?  
37. Характерные схемы соединения уголкового железа в углах каркасов шкафов и стоек.  
38. Почему вторичные источники питания (ВИП), как правило, располагают в нижней секции пультов, шкафов и стоек?

## **2 СИСТЕМЫ БАЗОВЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ**

Рассматриваемые вопросы:

1. Конструкционные системы и иерархическая соподчиненность уровней ЭС.
2. Основные виды конструкционных систем.
3. Выбор несущих конструкций и корпусирование блоков и устройств.
4. Проблемы развития БНК для современных ЭС.

### **2.1 Конструкционные системы и иерархическая соподчиненность уровней ЭС**

Конструкционная система ЭС (КС ЭС) – совокупность уровней, организованная в определенной соподчиненности на основе единого размерного модуля и единой технологии производства с учетом функциональных, механических и тепловых факторов, а также требований технической эстетики.

В качестве основополагающего стандарта, определяющего размеры стационарных, возимых и морских ЭС, выступает ГОСТ 20504-81. «Система унифицированных типовых конструкций агрегатных комплексов ГСП. Типы и основные размеры», разработанный на основе стандарта Международной электротехнической комиссии МСМЭК 297-1. Данный стандарт соответствует иерархическому построению конструкций РЭС, принятому в ГОСТ26632-85 «Уровни

разукрупнения радиоэлектронных средств по функционально-конструктивной сложности. Термины и определения».

Иерархическую соподчиненность структурных уровней ЭС можно представить рисунком 5.1. Как видно из рисунка 5.1 конструктивное построение ЭС содержит:

Нулевой структурный уровень – состоит из ЭРЭ, ИС, БИС, приобретаемых разработчиком ЭС как покупные изделия.

Первый структурный уровень - включает в себя объемные модули, микромодули и МСБ.

Второй структурный уровень – образует функциональные узлы (ФЯ), т. е конструктивно и функционально законченные сборочные единицы, состоящие из компонентов, модулей, ИС, устанавливаемых на ПП.

К третьему структурному уровню – относятся блоки, представляющие собой функционально и конструктивно законченную сборочную единицу, состоящую из деталей и ФУ, объединенных крепежом и электрическим монтажом.

Четвертый структурный уровень – представляет собой ЭС, т. е конструктивно и функционально законченное изделие, которое в отличие от изделия других уровней имеет самостоятельное эксплуатационное назначение.

ЭС состоят из блоков, объединенных стойкой, шкафом или стеллажом. Стойки и стеллажи могут объединяться в сложные электронные комплексы. Комплексы представляют из себя два и более электронных изделий, не оформленные конструктивно в единое целое, но неразрывно связанных между собой функционально. Конструкции блоков, стоек, шкафов и другие БНК разработаны и выпускаются применительно к конкретным условиям эксплуатации.

По применяемым конструкциям блоков различают семь видов аппаратуры:

- 1) стационарные ЭВМ;
- 2) аппаратура дискретной автоматики;
- 3) стационарная аппаратура (кроме ЭВМ);

- 4) аппаратура, предназначенная для размещения на носителях, имеющих колесный ход;
- 5) то же, на гусеничном ходу;
- 6) морская аппаратура;
- 7) самолетная и вертолетная аппаратура;

Внутри каждого вида проведена унификация базовых НК высших структурных уровней.

Всего в мире существует свыше двадцати различных КС, отличающихся конструкторской реализацией и обеспечивающих конструктивную и электрическую стыковку электронных модулей различного уровня, унификацию элементов несущих конструкций.

Причины множества КС:

- 1) узковедомственные интересы отраслей;
- 2) попытка увязать отечественные и зарубежные стандарты в той области.

Как в ВТ, так и РЭА наибольшее распространение, получил функциональ-но-узловой и функционально-модульный принцип построения, заключающийся в разбиении конструкции той или иной системы на конструктивно – технологические единицы, составляющие некоторую конструктивную иерархию, причем законченные функциональные устройства оформляются в виде элементов иерархии.

Конструктивная иерархия ЭС строится по принципу сложности, т.е. включения более простого, нижнего уровня в состав более сложного, высшего уровня.

Каждый уровень характеризуется следующими чертами: единым функциональным назначением изделий, соответствующих данному уровню, определенными границами развития типоразмеров изделий в пространстве, определенной номенклатурой, наличием единых способов механических и электрических связей одного уровня с изделиями других уровней, восходящий применяемостью без каких-либо доработок. Добиваются того, чтобы каждому уровню были присущи отмеченные характеристики, обозначения, четкие

граничные плоскости между уровнями по механическим, электрическим связям, выбирая единый размерный модуль, назначая основные и присоединительные размеры, а также предельные отклонения на размеры, обеспечивающие применение, принимая одинаковые размеры граничных изделий соседних уровней.

## 2.2 Основные виды конструкционных систем

*Виды КС:*

САМАС - нашла применение в научной аппаратуре, а также аппаратуре, предназначенной для систем и комплексов с изменяемой в процессе эксплуатации структурой.

САМАС содержит крейты и вставные блоки. Крейт содержит не более 25 станций для встраивания вставных блоков, расположенных с шагом 17,2 мм.

Система содержит:

1. Требования к конструкциям и размерам.
2. Требования к магистрали крейта.
3. Команды на магистрали крейта.
4. Требования и характеристики сигналов магистрали крейта и вставных блоков.
5. Требования к теоретическим характеристикам.

Из приведенных требований к КС видно, что в сравнении с БНК свойства КС намного шире.

Линии связи между блоками необходимо группировать в совокупность упорядоченных каналов - шины. По функциональному назначению шины делятся на: ввода-вывода (ВВ), доступа к ячейкам памяти (шина ЗУ); внутренней обработки данных; разводки питания и "земли" (Соответственно шины А, В, С, Д), а БНК способствуют креплению, размещению, защите от тепловых нагрузок, электромагнитных полей и т.д.

ES-902 – разработана на основе стандартов DIN и международной электротехнической комиссией (МЭК) и включает в себя два основных типоразмера печатных плат "С"

и “F” и два соответствующих им типоразмерам комплексных корпусов.

Шаг расположения частичных корпусов (ячеек) 12,5мм позволяет иметь в проеме комплексного корпуса ( $L= 426.72$  мм) 28 мест.

INTERMAS - современная, универсальная вариантная КС, обещающая требованиям высокой плотности монтажа, рационального производства и автоматизированной механической сборки и электромонтажа, применяемая как в серийном производстве, так и при индивидуальном изготовлении отдельных приборов. Более развитая структура, чем у ES-902. Общим решением для КС ES-902 и INTERMAS является единый размерный модуль - 2,54 (5,08) мм.

“НАДЕЛ-85” - система, служащая для построения электронных измерительных приборов или соответствующих им по сложности РЭС, работающих как при стационарном размещении, так и в подвижном (закрытые кузова автомобилей, закрытые помещения судов).

Состав системы “Надел-85” показан на рисунке 2.1.

Основные размеры корпусов блоков представлены в таблицах 2.1 ...2.3.

Для размещения устройств вычислительной техники используются системы несущих конструкций как на базе ГОСТ 20504-81, так и на базе ГОСТ 25122-82, ГОСТ 26.202-84 “Средства измерения и автоматизации. Панели и стойки.”, СТ СЭВ 834-77 “Приборы и средства автоматизации. Панели и стойки”, международного стандарта МЭК 48Д.

Конструкционная система МЭК 48Д включает в себя частичные каркасы (в движение, стационарные, поворотные) автономных комплектных блоков встраиваемого и приборного исполнения.

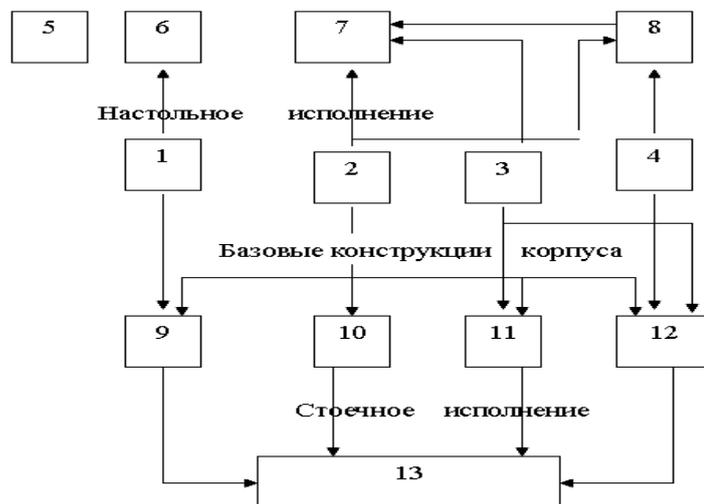


Рисунок 2.1 - Конструкционная система электронных приборов:

1 – малогабаритный агрегируемый корпус; 2 – настольно-стойный корпус; 3 – вставной блок; 4 – малогабаритный осциллографический корпус; 5 – малогабаритный неагрегируемый корпус; 6 – настольно-переносной корпус; 7 – агрегирование настольно-переносных корпусов по вертикали; 8 – варианты конструкций настольных осциллографических блоков; 9 – агрегирование по ширине; 10 – стойное исполнение базового корпуса; 11 – установка вставных блоков и осциллографа; 12 – стойный вариант конструкции с рамой; 13 – установка стойных блоков в шкаф

Таблица 2.1  
Размеры полногабаритных настольно-переносных корпусов БНК “Надел-85”

Высота Н, мм	Длина L, мм	Глубина В, мм
80	480	280
100		340

120		420
160		500
200		
240		
280		

Таблица 2.2  
Размеры малогабаритных настольно-переносных корпусов БНК “Надел-85”

Высота Н, мм	Длина L, мм	Глубина В, мм
80	120	180
100	180	260
120	240	340
160	300	420
200	360	500
240		

Таблица 2.3  
Размеры модульных вставных блоков (субблоков) для установки в базовые корпуса БНК “Надел-85”

Высота Н, мм	Длина L, мм	Глубина В, мм
		80
120	260	100
160	340	120
200	420	160
		200

### 2.3 Выбор несущих конструкций и корпусирование блоков и устройств

*Элементы несущих конструкций ЭС* предназначены для размещения и крепления компонентов электрической части изделия, передачи и распределения температурных нагрузок,

защиты от механических воздействий и др. факторов внешней среды.

Анализируя структурные уровни ЭС можно выделить соответствующие им структурные уровни базовых несущих конструкций (таблица 2.4).

Таблица 2.4

Обозначения Структурного уровня	ЭС	БНК
0	ЭРЭ, ИС, БИС (покупные изделия)	Подложка, корпус
1	Объемные модули, микромодули, МСБ	Плата
2	Функциональные узлы	Плата в сборе
3	Блок	Каркас (корпус)
4	Конструктивно и функционально законченное изделие (собственно РЭА)	Стойка, шкаф, стеллаж, рама

Кроме указанных БНК, при конструировании ЭС всех структурных уровней применяют другие элементы несущих конструкций: профили, основания, направляющие, кожухи, обшивки, основания, рамки, панели, экраны, воздухопроводы, радиаторы, элементы фиксации, элементы крепления и др.

Выбор материалов и правила конструирования печатных плат достаточно известны из литературы и частично были рассмотрены нами ранее. Остальные элементы несущих конструкций, как правило, выполняются из металлов и сплавов

и выполняют роль элементов жесткости общей конструкции. В некоторых случаях они несут силовую нагрузку и поэтому должны быть рассчитаны согласно основным формулам теории прочности и упругих деформаций.

*Металлические рамки* (рис. 4.12) предназначены для крепления микросхем в функциональной ячейке. Рамка выполняется из профилированного материала - легких алюминиевых сплавов АМц, АМг, Д16, В95, магниевого сплава МА-8 или титанового сплава ВТ1-0. Алюминиевые сплавы имеют покрытие медь-никель-олово для пайки пленок.

*Корпус блока МЭА* выполняются примерно из тех же сплавов и имеет 2 варианта конструкции. В первом варианте (рис. 4.20) корпус представляет собой коробчатое основание и крышку. Коробчатое основание, внутри которого размещаются функциональные ячейки, шлейфы, стяжные болты, децентрализованные ячейки питания, имеет четыре стенки толщиной 3-4 мм и пятую, на которой укрепляются разъемы, гермопроходники, трубка-штенгель и т.п., толщиной 6-10мм. На этой же стенке как снаружи, так и внутри могут быть запрессованы стальные или титановые резьбовые втулки (для установки блока на объекте или внутриблочного крепления). Они могут быть расположены также на донной стенке корпуса. Верхняя крышка толщиной 2 мм припаивается к основанию по шву.

Во втором варианте (рис. 4.30) верхняя крышка также припаивается к основанию паяным швом, но она имеет толщину 6-10мм, т.к. на ней располагаются разъемы, трубка-штенгель, приливы-бобышки и т.п. Вместе с ними крышка имеет высоту порядка 18-20 мм. Кожух - основание представляет собой прямоугольную коробку с толщиной стенок 2-3 мм. Для лучшего теплообмена с окружающей средой корпус часто делают ребренным с высотой ребер 6-8 мм.

*В негерметичной наземной аппаратуре корпуса* обычно выполняют штампованными из стали или дюрала толщиной 1-2,5 мм с вырубкой в стенках отверстий и жалюзей для

вентиляции. Роль утолщенной стенки в них выполняет лицевая панель с органами настройки, контроля и коммутации.

В *морской аппаратуре корпуса* выполняют, как правило, литыми (сплавы АЛ2, АЛ9, Мг5 и др.). В них предусматривают герметизацию с помощью уплотнительных прокладок, сальников из промасленного фетра и т.п.

В *стационарной аппаратуре* блоки объединяются в фермы и стойки, шкафы (рисунок 2.2), которые чаще всего выполняют из профильного материала (углового прокатной стали). Соединения уголков производят либо сварной встык, либо замком с последующей сварной. Для жесткости применяют косынки.

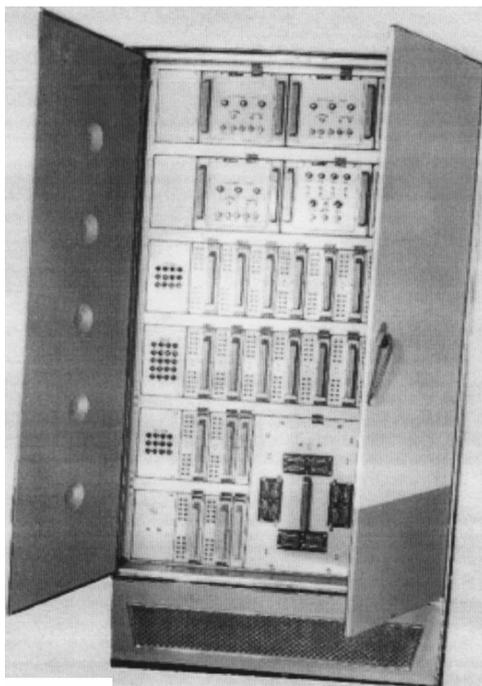


Рисунок 2.2 - Шкаф стационарный вычислительной машины "Наири"

Важным вопросом при конструировании блоков авиационной, космической, полевой, корабельной и другого назначения РЭА является *обеспечение герметичности корпуса*. Герметичность обеспечивает нормальную работу блока при пониженном давлении, осадках, повышенной радиации и др. дестабилизирующих факторах внешней среды. Выбор способа герметизации зависит от требований ТУ, предъявляемой к блокам в условиях эксплуатации.

*Степень герметичности блока* определяется величиной истечения газа из его объема за определенный отрезок времени и может быть рассчитана по формуле:

$$\delta = \frac{V \cdot p}{T},$$

где  $\delta$  - степень герметичности,  $\frac{\text{л} \cdot \text{мм} \cdot \text{рт} \cdot \text{ст}}{\text{с}}$ ;

$V$  - объем блока, литр;

$p$  - величина давления в блоке, мм рт.ст.;

$T$  - срок службы или хранения блока, с.

Для *аппаратуры ответственного назначения* с объемом свободного газа 150-200 см<sup>3</sup> при физическом объеме блоков 400-500 см<sup>3</sup> требуемая степень герметичности составляет  $5 \cdot 10^{-5} \frac{\text{л} \cdot \text{мм} \cdot \text{рт} \cdot \text{ст}}{\text{с}}$ , что обеспечивает поддержание давления внутри блока близкого к нормальному в течение 8 лет.

Для *аппаратуры менее ответственного назначения или разового применения* степень герметичности может быть порядка  $10^{-3} \frac{\text{л} \cdot \text{мм} \cdot \text{рт} \cdot \text{ст}}{\text{с}}$ .

В первом случае применяют блоки из негерметизированных ФЯ с общей герметизацией "паяным" швом. В этом случае в зазор между крышкой и корпусом-

основанием по всему периметру закладывается уплотнительный шнур-прокладка из термостойкой резины ИПР. Ширина прокладки должна быть на 0,2-0,3 мм больше ширины зазора. Это обеспечивает центрирование крышки при пайке и в то же время не пропускает образующиеся пары флюса и припоя внутрь блока. Далее на прокладку по всему периметру накладывается стальная облуженная проволока диаметром 0,8 мм, образуя промежутки в зазоре порядка 0,1-0,2 мм для заполнения припоя. Пайка проводится припоем ПОС-61 с флюсом ФСК (канифольно-спиртовой). Один из концов проволоки выводится из шва через паз в крышке. Это дает возможность вскрывать крышку при ремонте блока и вновь запаивать до 3-5 раз. После пайки через трубку-штенгель в блоке создают разрежение до  $10^{-2}$  мм рт. ст. и проверяют его на гелиопроницаемость с помощью специального прибора. Если герметичность шва обеспечена, то через трубку-штенгель блок заполняют сухим азотом до давления 1,3 атн, которое за 8 лет хранения при герметичности, указанной выше, снижается до 1 атн. После заполнения трубку-штенгель обжимают, сваривают и откусывают.

Во втором случае герметизацию блоков проводят с помощью уплотнительных резиновых прокладок, закладываемых по периметру в паз основания-крышки. Прокладка должна быть шириной не менее 2 мм и должна выступать над пазом. При этом ширина ее будет несколько меньше и стягивания их стяжными болтами резиновая прокладка равномерно заполняет все сечения паза. Торцы крышки и кожуха должны иметь чистоту стыкуемых поверхностей не хуже 6 класса. Срок службы резиновых уплотнителей составляет 2-3 года. Кроме этого, известные недостатки резины (низкая морозостойкость, старение, изменение структуры под действием агрессивных сред, солнечной и ядерной радиации) снижают эффективность этого метода.

При применении уплотнительных прокладок и стяжных винтов, а также при пайке по шву, необходимо учитывать, что с изменением высоты вследствие разности давлений внутри и снаружи корпуса на крышку блока действует сила пропорциональная площади крышки и величине, внутреннего избыточного давления.

$$F = \frac{P - P_1}{P} \cdot S_{кр},$$

где  $P$  - величина давления внутри блока, мм рт.ст;

$P_1$  - величина давления снаружи блока, мм рт.ст.;

$S_{кр}$  - площадь крышки.

Например, при подъеме на 20 км величина давления наружного воздуха составляет 30 мм рт.ст. при этом сила  $F$  определяется для площади крышки равной 150 см<sup>2</sup> как:

$$F = \frac{760 - 30}{760} \cdot 150 = 0,96 \cdot 150 = 144 \text{ кг.}$$

Эту величину необходимо учитывать при выборе числа и диаметра стягивающих винтов или марки припоя при поверочном расчете на прочность.

Герметизация разъемов типа РПГ, РПС и "Наири" осуществляется четырьмя способами: прокладками (рисунок 2.3), прокладками и заливкой компаундом (рисунок 2.4), опайкой монтажной платы разъема с корпусом с последующей заливкой (рисунок 2.5).

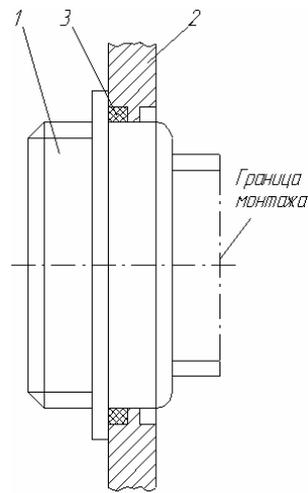


Рисунок 2.3 - Герметизация вилки соединителя РСГ с помощью уплотнительной прокладки: 1 – вилка разъёма; 2 – корпус блока; 3 – уплотнительная прокладка

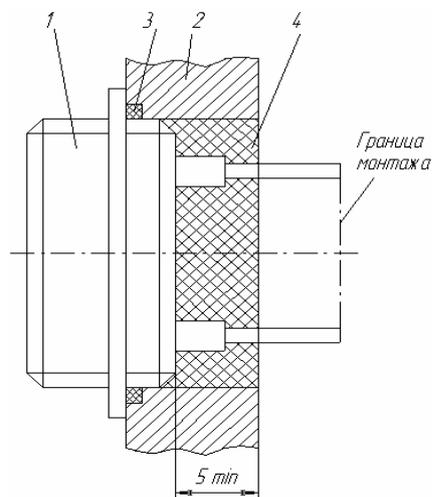


Рисунок 2.4 - Герметизация вилки разъёма РСГ с помощью уплотнительной прокладки и компаунда: 1 – вилка разъёма; 2 – корпус блока; 3 – уплотнительная прокладка; 4 – компаунд

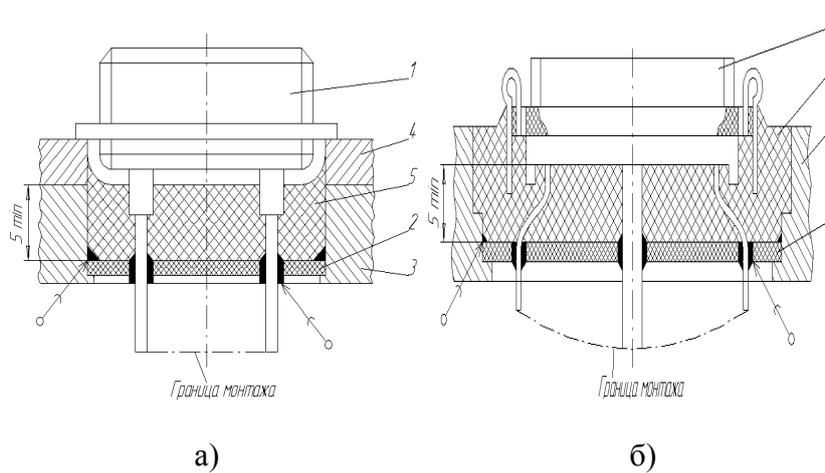


Рисунок 2.5 - Герметизация вилки разъёма РСГ (а) и РПС1 (б) опайкой платы и заливкой компаундом: 1 – вилка разъёма; 2 – монтажная плата; 3 – корпус блока; 4 – прокладка; 5 – компаунд

Прокладка выполняется из термостойкой резины прямоугольного сечения. Монтажная плата из стеклотекстолита или керамики имеет металлизированную поверхность по торцу и по периметру с двух сторон. Ширина металлизированного канта равна 1,5-2 мм. Для заливки применяют компаунды ЭЗК-7 (эпоксидный) либо "Виксинт" (кремнийорганический).

#### 2.4 Проблема развития БНК для современных ЭС

Разработка и производство перспективных БНК является важным условием повышения конкурентоспособности ЭС. Стандартизация НК, т.е. создания БНК, позволяет улучшить их качественные показатели, а также в 1,5...2 раза снизить трудоемкость их изготовления и в 1,5...3 раза сократить сроки разработки и подготовки производства изделий радиотехники. Однако в этом процессе

есть свои резервы. Один из них – представить возможность производителям ЭС приобретать конструктивную базу по каталогам – так, как сейчас приобретаются изделия электронной техники или изделия функциональной электроники.

Какие же причины не позволили достичь эффективного использования БНК у нас в отличие от передовых зарубежных стран?

1. Отсутствие опережающих отечественных стандартов, ориентированных на международные, не позволило разработать конструктивы, аналогичные по широте использования конструкций по стандарту МЭК 297 (международный).

2. Ведомственный (отраслевой) подход в создании БНК привел к чрезмерному разнообразию конструктивов и расширению размерных рядов, усложняющих унификацию.

Сказанное выше, наряду с отсутствием экономической заинтересованности, свело на нет попытки не только создания специализированных производств элементов БНК, но и кооперации даже в рамках подотраслей.

Недостаток современных соединителей и материалов затрудняет создание новых конструкций БНК. Не уделялось достаточно внимания эргономическому и художественно – конструкторскому обеспечению разработок ЭС, которое закладывается большей частью на этапе создания БНК.

Перспективы в создании новых несущих конструкций Развитие НК должно идти по пути создания системы унифицированных БНК (УБНК), соответствующих публикации 917 МЭК. Начало в этом направлении положено и очередная задача состоит в расширении номенклатуры типов БНК с целью удовлетворить спрос как можно большего числа производителей РЭС.

Ниже представлен ориентировочный перечень дальнейших разработок для создания системы УБНК.

1. БНК-1:

- блоки подвижные остальных типоразмеров;

- блоки подвижные каркасного и ящичного типа.
- 2. БНК-2:
  - блочные каркасы и корпуса остальных типоразмеров.
- 3. БНК-3:
  - шкафы одностороннего и двухстороннего доступа;
  - стойки.
- 4. Унифицированные модули охлаждения, элементы коммутации и электромонтажа.
- 5. Конструктивы для специальных условий применения:
  - для возимых РЭС;
  - для РЭС с различным климатическим исполнением;
  - для виброустойчивых РЭС.
- 6. Каталоги УБНК.

Модульный принцип разработки механических структур, заложенный в публикации 917 МЭК, открывает новые возможности для использования магистрально-модульного принципа построения ЭС и широкое применение стандартных электронных модулей (СЭМ), увеличения объемного производства последних.

Магистрально-модульный принцип (или система) – это типовой (базовый) конструктив (т.е БНК), характеризующийся строгим установлением размера ПП, типа соединителя, числа магистралей распределения их по контактам соединителя, адресации питания и ряда других характеристик. В наиболее полном виде магистрально-модульный принцип позволяет обеспечивать не только конструктивную и электрическую, но и электромагнитную, информационную и программную совместимость электронных модулей.

### **Контрольные вопросы.**

1. Основные виды конструкционных систем (КС).
2. Приведите конкретную иерархическую соподчиненность какого-либо вида аппаратуры: ЭВМ, бортычислителя.
3. Что такое БНК и УБНК?

4. Соотношения между КС и БНК.
5. Как выглядит БНК для бескорпусной микросборки?
6. Причины большого количества КС в мире.
7. Приведите эскиз каркаса стойки из уголкового стали.
8. Что такое “косынка” в каркасе?
9. Какие Вы знаете виды сварок при изготовлении несущих?
10. Приведите характеристику сварного шва на сборочном чертеже несущей.
11. Приведите обозначение паяного шва на чертеже.
12. Как обозначается на чертеже шов склейкой, сшивкой?

### **3 УНИФИКАЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЭС**

Рассматриваемые вопросы:

1. Государственная система стандартизации (ГСС).
2. Единая система конструкторской документации (ЕСКД).
3. Разновидности стандартизации.
4. Унификация ЭС.

#### **3.1 Государственная система стандартизации (ГСС)**

Оригинальная конструкция ЭС требует больших затрат времени и средств. Ускорение темпов технического прогресса, сокращение сроков морального износа конструкции потребовало сокращение времени конструирования и внедрения изделий при одновременном улучшении их качества. Одним из путей решения этой задачи является стандартизация.

Согласно определению международной организации по стандартизации (ИСО) *“стандартизация – это процесс установления деятельности в данной области на пользу и при участии всех заинтересованных сторон, в частности, для достижения всеобщей оптимальной экономики, с соблюдением*

условий и требований безопасности. Она основывается на результатах науки, техники, практического опыта. Она определяет основу не только настоящего, но и будущего развития и она должна быть неразрывна с прогрессом.” Это определение отражает всё многообразие стандартизации, характеризует стандартизацию как деятельность, направленную на упорядочение, а не только на соблюдение каких – либо правил и условностей.

Необходимость стандартизации понимали ещё в древности, когда необходимо было строить дома из кирпичей одинаковых размеров. На развитие стандартизации большое влияние оказало серийное изготовление вооружения, потребовавшее обеспечить взаимозаменяемость отдельных частей.

Первым государственным актом, положившим по существу, начало стандартизации в СССР, был подписанный В.И. Лениным декрет “О введении метрической системы мер и весов”<sup>[\*]</sup>.

В 1932 году насчитывалось 4114 общесоюзных стандартов, в 1940 году - более 6 тыс., в 1948 году - более 8 тыс. стандартов.

В 1964 – 65 годах состояние стандартизации в СССР было подвержено детальному изучению и обсуждению. В результате были четко определены задачи стандартизации:

1. Повышение роли стандартизации в улучшении качества продукции;
2. Широкое развитие унификации и агрегатирования в промышленности;
3. Значительное улучшение средств измерений;
4. Установление единых систем технической документации.

---

<sup>\*</sup>) “Основы стандартизации и контроля качества” / Под ред. В.В. Ткаченко. – М.: Издательство стандартов, 1973 г.

Постановлением правительства ставилась задача организации единой государственной системы стандартизации. Подобной системы в мировой практике не существовало. В 1967 г. такая система была создана. Суть ее изложена в стандарте №1 (ГОСТ 1.0 – 68).

*Государственная система стандартизации* – комплекс взаимосвязанных правил и положений, определяющих цели и задачи стандартизации, организацию и методику проведения работ по стандартизации во всех отраслях народного хозяйства РФ, её областей и республик, порядок планирования, разработки, оформление, согласование, утверждение, издание, обращение, внедрение стандартов всех категорий и другой нормативно – технической документации, а также контроль за их внедрением.

*Основные цели стандартизации:*

1. Ускорение технического прогресса, повышение эффективности общественного производства и производительности труда.
2. Улучшение качества продукции и обеспечение его оптимального уровня.
3. Обеспечение увязки требований к продукции с потребностями народного хозяйства.
4. Обеспечение условий для широкого развития экспорта товаров высокого качества, отвечающих требованиям мирового рынка.
5. Совершенствование организации управления народным хозяйством и установление рациональной номенклатуры выпускаемой продукции.
6. Развитие специализации в области проектирования производства продукции.
7. Рациональное использование производственных фондов и экономия материальных и трудовых ресурсов.
8. Обеспечение охраны труда.
9. Развитие международного экономического, технического и культурного сотрудничества.

Для достижения этих целей должны быть разрешены следующие задачи:

- установление требований к качеству готовой продукции;

- установление единой системы показаний качества продукции, методов и средств её испытания, контроля, а также необходимого уровня надежности;

- установление норм, требований и методов в области проектирования и производства продукции с целью обеспечения оптимального качества и исключения нерационального многообразия видов, марок и типоразмеров продукции;

- развитие модификации промышленной продукции как важнейшего условия специализации производства, комплексной механизации и автоматизации производственных процессов;

- обеспечение единства и правильности измерений в стране, совершенствование эталонов, единиц, методов и средств измерения высшей точности;

- установление единых систем документации, классификация и кодирования всей продукции;

- установление единых терминов, обозначений и величин в важнейших областях науки и техники.

Реализация ГСС была возложена на Государственный Комитет стандартов СМ СССР (Госстандарт СССР), а также на службы стандартизации в областях народного хозяйства и союзных республиках. В систему Госстандарта СССР входило (ГОСТ 1.1-68) ряд научно – исследовательских институтов и организаций, наиболее важные из которых: Всесоюзный научно – исследовательский институт по нормализации машиностроения (ВНИИНМАШ), Всесоюзный научно – исследовательский институт стандартизации (ВНИИС), Всесоюзный научно – исследовательский институт технической информации, классификации и кодирования (ВНИИКИ) с подчиненным ему Всесоюзным информационным фондом стандартов и технических условий

(ВИФС). Госстандарт СССР руководил деятельностью отраслевых и союзных организаций. В каждой отрасли имелись головные организации, занимающиеся координацией работ по направлениям в отрасли. Эта работа велась и ведётся через базовые и рядовые организации.

Основным направлением стандартизации в настоящее время является комплексная стандартизация, которой дано следующее определение: “Комплексная стандартизация – это стандартизация, при которой осуществляется целенаправленное и планомерное установление и применение системы взаимосвязанных требований как к самому объекту комплексной стандартизации в целом, так и к его основным элементам в целях обеспечения оптимального решения конкретной проблемы”.

*Целью комплексной стандартизации является превращение её из системы, фиксирующей действительность, в систему управления действительностью. Это обеспечивается опережающим характером стандартизации, охватом не только объектов, но и средств производства, межотраслевым характером ряда систем стандартизации. Опережающий характер стандартизации достигается разработкой стандартов на изделия, которые ещё не начали разрабатываться, внедряться в производство, изготавливаться серийно. При этом особое внимание обращается на организацию внедрения опережающего стандарта. Для этого одновременно с разработкой стандарта готовились следующие документы: директивный документ о внедрении; план организационно – технических мероприятий по внедрению; перечень предприятий, на которых будет внедрен стандарт.*

Контроль выполнения этих документов осуществлялся базовыми и головными организациями, а также Госстандартом СССР. На рядовых предприятиях за внедрение стандартов отвечает администрация предприятия. *Стандарт считался внедренным на предприятии, если установленные нормы, требования, правила отражены в действующей технической документации и полностью применяются в производстве и*

*если выпускаемая продукция полностью соответствует его требованиям.* Направление заводской стандартизации при переходе от опытного образца к серийному смещается от стандартизации объекта производства к стандартизации оборудования, технологической оснастки, технологического процесса.

### **3.2 Единая система конструкторской документации (ЕСКД)**

Примером крупной межотраслевой системы стандартизации является Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП), включающая в себя Единую систему конструкторской документации (ЕСКД), Единую систему технологической документации (ЕСТД) и др. (рис. 6.1).

ЕСКД – система государственных стандартов, которые устанавливают правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения технической документации, разрабатываемой и принимаемой предприятиями Советского Союза.

Применение ЕСКД при разработке того или иного вида продукции (в том числе РЭА и МЭА) обеспечивает:

- улучшение качества проектируемого изделия;
- возможность обмена техническими документами между различными предприятиями РФ без переоформления;
- стабилизацию компетентности, исключая дублирование и разработку не требуемых производству документов;
- возможность расширения унификации при конструкторской разработке проектов промышленных изделий;
- механизацию и автоматизацию обработки технических документов и содержащейся в ней информации;

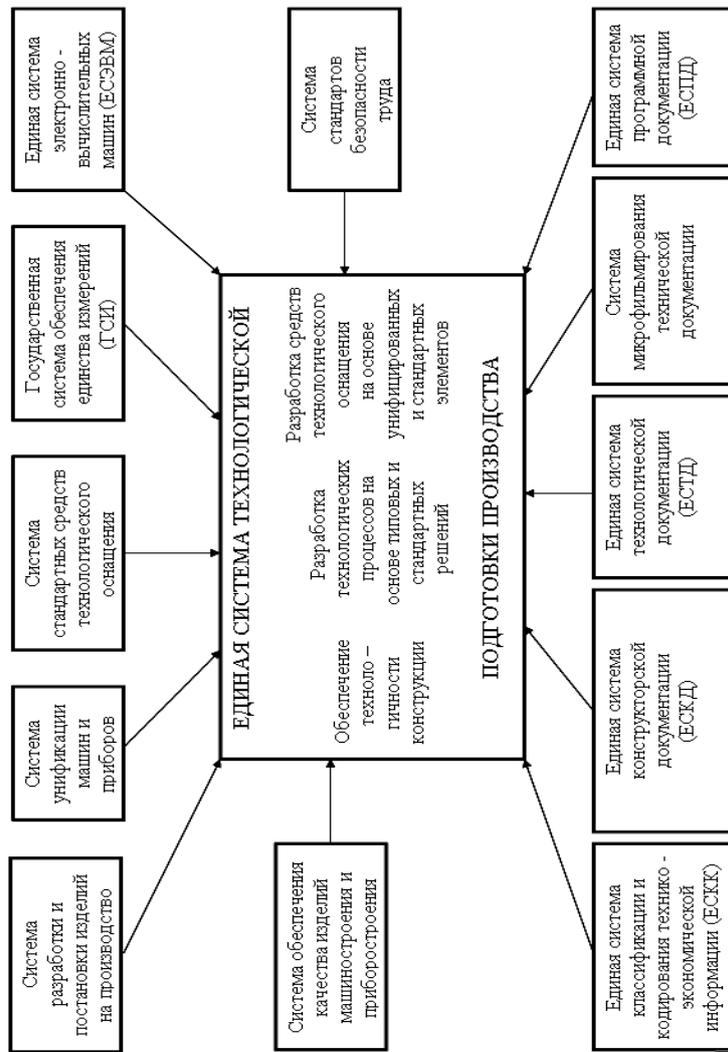


Рис.6.1. Состав эффективных систем стандартов, используемых в Единой системе технологической подготовки производства.

Рисунок 3.1 - Единую систему технологической документации

- упрощение форм конструкторских документов и графических изображений, снижающих трудоемкость проектно – конструкторских разработок промышленных изделий;

- улучшение условий технической подготовки производства;
- улучшение условий эксплуатации промышленных изделий;
- возможность обмена техническими документами между государствами – членами СНГ.

В настоящее время ЕСКД насчитывает в своем составе уже более 140 стандартов, которые разделены на 10 классификационных групп (таблица 3.1).

Таблица 3.1

Шифр группы	Содержание стандартов	Номер стандарта
0	Общие положения.	2.001...2.099
1	Основные положения.	2.101...2.199
2	Классификация и обозначение в конструкторских документах.	2.201...2.299
3	Общие правила выполнения чертежей.	2.301...2.399
4	Правила выполнения чертежей машиностроения и приборостроения.	2.401...2.499
5	Правила обращения конструкторских документов (учёт, хранение дублирование, изменение).	2.501...2.599
6	Правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации.	2.601...2.699
7	Правила выполнения схем и основные графические обозначения, исполнения в схемах.	2.701...2.799
8	Правила выполнения документов строительных и судостроения.	2.801...2.899
9	Прочие стандарты (разные правила оформления КД).	2.901...2.999

Обозначение стандартов ЕСКД строится по классификационному признаку. Номер стандарта составляется из цифры 2, присвоенной классу стандартов ЕСКД; одной цифры (после точки), обозначающей классификационную группу стандартов (таблица 3.1.); двузначной цифры, определяющей порядковый номер стандарта в данной группе; двузначной цифры (после тире), указывающей год регистрации стандарта.

*Пример обозначения* - стандарта ЕСКД “Правила внесения изменений”: ГОСТ 2. 503 – 68, ГОСТ – категория нормативно – технической документации (государственный стандарт); 2 – класс (стандарты ЕСКД); 5 – классификационная группа стандартов; 03 – порядковый номер стандарта в группе; 68 – год регистрации стандарта.

Виды изделий при выполнении КД определяются ГОСТ 2.101 – 68: детали, сборочные единицы, комплексы, комплекты.

Виды конструкторских документов определяются стандартом ГОСТ 2. 102 – 68. Все документы делятся по оформлению на графические и текстовые, по стадии разработки – проектные (технические предложения, эскизный проект, технический проект) и рабочие (рабочая документация), по способу выполнения и характеру использования – оригиналы, подлинники, дубликаты, копии.

Разработка конструкторской документации выполняется в несколько стадий, что позволяет отработать решения и исключить ошибки. Содержание и число стадий устанавливается стандартом ГОСТ 2.103 – 68. Комплектность конструкторской документации зависит от стадии разработки. В комплект входят графические и текстовые документы, правила оформления которых регламентируются стандартом ЕСКД. К текстовым документам относятся: спецификации, ведомости, ПЗ, РР, патентный формуляр. К графическим – чертежи деталей, СБ, чертеж общего вида, габаритный чертеж, монтажный чертеж, схемы.

Стандарты ЕСКД регламентируют не только правила выпуска конструкторской документации, но также правила её изменения, хранения, обращения, состав, содержание и оформление эксплуатации и ремонта КД.

Таким образом, круг вопросов охватываемых стандартами ЕСКД, чрезвычайно широк и направлен на обеспечение сжатых сроков разработки и внедрения при высоком качестве вновь проектируемых изделий.

Стандарты не являются чем – то неизменным, они непрерывно пересматриваются. При этом устаревшие стандарты аннулируются, вместо них вводятся новые; некоторые стандарты изменяются частично. Все изменения отражаются в специальных периодических изданиях Госстандарта, к которым относятся:

- указатель ГОСТ (ежегодник);
- указатель отраслевых и республиканских стандартов (ежегодник);
- информационный указатель ГОСТ РФ (ежемесячник);
- информационный указатель отраслевых и республиканских стандартов (выходит 2 раза в месяц);
- информационный указатель технических условий (ежемесячник).

В указателях содержатся номера и названия стандартов, действующих в текущем году. Все изменения отражаются в информационных указателях.

### **3.3 Разновидности стандартизации**

Современные методы конструирования РЭА невозможны без высокого уровня схемной и конструкторской унификации, регулярной и функциональной взаимозаменяемости. Базой взаимозаменяемости является стандартизация, основные цели которой установлены в ГОСТ 1.0 – 68 “Государственная система стандартизации. Основные положения”.

Разновидностями стандартизации являются: ограничения (симплификация), типизация, агрегатирование, унификация.

Ограничения повышают степень унификации, уменьшают номенклатуру используемых материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий и тем самым повышают эффективность производства.

Типизация получила широкое распространение в промышленности, как для стандартизации типовых изделий общего назначения, так и для стандартизации типовых технологических процессов и испытаний.

Агрегатирование - является дальнейшим развитием метода унификации и состоит в том, что выделяются и конструктивно оформляются общие узлы, пригодные для использования в различных изделиях и устройствах в виде функционально самостоятельных узлов, производство которых может быть специализировано и централизовано.

В нашей стране агрегатирование нашло широкое применение не только в машиностроении, но и в радиопромышленности, где используется базовый метод конструирования ЭС. *Унифицированные модули, микромодули, ИС, ФУ и блоки, применяемые при базовом методе, образуют унифицированные функциональные устройства (УФУ).*

### **3.4 Унификация ЭС**

*Унификация* есть форма типизации конструкции, при которой размеры и параметры избранных типов, полученных путем деления или умножения на целые числа размеров и параметров одного исходного, базового.

Унификация подразумевает создание типовых (модульных) конструкций, размеры сторон которых могут изменяться по метрическому или ритмическому соотношениям, прилагаяемым ко всем или только некоторым габаритным размерам.

При метрических соотношениях значение  $n$  – го размера  $a_n = a_0 + nm$ , при ритмических соотношениях  $a_n = a_0 k_m^n$ , где  $a_0$  - начальное значение размера (ширины, высоты, глубины),  $n$  - целое или дробное число, лежащее в основе размерно-параметрического ряда,  $m$  - величина приращения при метрическом соотношении,  $k_m$  - коэффициент прогрессии ритмического соотношения, обычно  $k_m = \sqrt[n]{10}$ .

Так, например, для унифицированных корпусов самолётных РЭС при постоянстве высоты блоков, равной 194 мм и четырёх значений длины 250, 319, 420 и 497 мм размеры возможной ширины блоков вычисляется по формуле  $B_n = B_1 n + (n - 1)\Delta$ , где  $B_1 = 57$  мм - единственная ширина блока,  $\Delta$  - зазор между соседними блоками. Откуда ряд этого размера получается равным: 57; 90,5; 124; 157 мм и т.д.

### Контрольные вопросы.

1. Дайте определение “стандартизации”.
2. Цели и задачи стандартизации.
3. Дайте характеристику Государственной системе стандартизации.
4. Какова цель комплексной стандартизации?
5. Назначение ЕСКД.
6. Какие группы стандартов ЕСКД вы знаете?
7. Назовите разновидности стандартизации.
8. Что такое типизация?
9. Что значит типовой технологический процесс изготовления изделия?
10. Дайте определение понятию агрегатирование.
11. Какие области в конструировании охватывает ограничение?
12. Каким образом унификация связана с технологичностью ЭС?

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной учебной программе в сжатой форме изложены основы конструирования и технология проектирования радиоэлектронных средств, которые используются в настоящее время и, скорее всего, не утратят своего значения в ближайшем будущем. В то же время есть проблемы, которые для своего решения требуют дальнейшего развития методов проектирования МЭА. Важнейшей из них является дальнейшая миниатюризация электромонтажа. Эта проблема возникла в связи с переводом значительной части электронных средств на цифровые методы обработки информации, что требует большого числа электромонтажных связей между различными электронными устройствами. Одним из возможных путей её решения является использование волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). Другой проблемой миниатюризации электромонтажа является уменьшение габаритов разъёмных соединений, особенно для линий связи СВЧ диапазона. В некоторых случаях эту проблему можно решить обеспечением контакта непосредственным соприкосновением электромонтажных линий или за счёт эластичных контактов. Следующая проблема – дальнейшая миниатюризация герметизирующих оболочек. Её сложность – в необходимости обеспечения ремонтпригодности вакуум-плотной конструкции.

В МЭА остро стоит вопрос о дальнейшем совершенствовании теплоотводящих конструкций. Решение этой проблемы возможно только при комплексном учёте схемотехнических, технологических и эксплуатационных факторов, разработке миниатюрных СОТР.

И, наконец, ещё одной проблемой является дальнейшее развитие автоматизированных методов конструирования до уровня, когда с помощью ЭВМ было бы возможно производить синтез оптимальной конструкции на соответствие исходным требованиям. Это требует больших работ по обеспечению материальной базы: создания более мощного

ЭВМ, широкого набора периферийных устройств, математического обеспечения, включающего в себя каталоги стандартных решений и математические модели конструкций, подготовки соответствующих специалистов; дальнейшей разработки теории выбора оптимального решения; создания машинных банков данных, которые сейчас приводятся только в справочниках.

Перечисленные проблемы, конечно, не исчерпывают всех задач, стоящих перед конструкторами МЭА, но они показывают, что возможности в области конструирования МЭА ещё далеко не исчерпаны.

## Список литературы

1. Болгов, А.Т. Основы проектирования радиоэлектронных средств [Текст]: учеб. пособие. - Воронеж: ВГТУ, 2006. - 228 с.
2. Болгов, А.Т. Автоматизированное проектирование и оформление конструкторской документации электронных средств [Текст] : учеб. пособие. Ч.1 / - Воронеж: ВГТУ, 2003. – 144 с.
3. Болгов, А.Т. Автоматизированное проектирование и оформление конструкторской документации электронных средств [Текст] : учеб. пособие. Ч.2 / А.Т Болгов. - Воронеж : ВГТУ, 2004. – 87 с.
4. Конструирование радиоэлектронных средств [Текст] / В.Ф. Борисов, О.П. Лаврёнов, А.С. Назаров, А.Н. Чекмарёв; Под редакцией А.С Назарова. - М.: Издательство МАИ, 1996. - 380 с.
5. Ненашев, А.П. Конструирование радиоэлектронных средств [Текст]. - М.: Высшая школа, 1990. – 432 с.
6. Чернышов, А.А. Основы проектирования и надёжности электронных вычислительных средств [Текст]. М.: Радио и связь, 1995. – 550 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Методические рекомендации по самостоятельному изучению дисциплины	5
1 Современные и перспективные конструкции электронных средств	22
2 Системы базовых несущих конструкций	54
3 Унификация конструкций ЭС	71
Список литературы	86

Учебное издание

Башкиров Алексей Викторович  
Чирков Олег Николаевич

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ  
КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ  
«ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ПРИБОРОВ И СИСТЕМ»

В авторской редакции

Подписано к изданию 15.04.2015

Объем данных 5,7 Мб

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический  
университет»  
394026 Воронеж, Московский просп., 14