

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего контроля

---

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИНК

\_\_\_\_\_ В.Н. Борилов

2016 г.

## **КОНСТРУКЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторной работы для  
студентов, обучающихся по направлениям

11.03.04 – Электроника и наноэлектроника

12.03.01 – «Приборостроение»

Издательство  
Томского политехнического университета  
Томск 2016

УДК 658.5(075.8)

ББК 32.844.1я73

Конструкционные системы радиоэлектронных средств. Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторной работы для студентов, обучающихся по направлениям 12.03.01 – Приборостроение и 11.03.04 – Электроника и наноэлектроника/ сост. А.Н. Гормаков, Л.Н. Белянин; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 32 с.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы  
к изданию методическим семинаром кафедры  
точного приборостроения ИНК

« 21 » января 2016 г.

Зав. кафедрой ТПС

Д.т.н., профессор

В.Н. Бориков

\_\_\_\_\_

Председатель учебно-методической комиссии ИНК

к.т.н., доцент, С.В. Силушкин

\_\_\_\_\_

*Рецензент*

Кандидат технических наук, доцент

*Мартемьянов В.М.*

## Содержание

1. Цель работы .....	4
2. Содержание работы.....	4
3. Оборудование, измерительные приборы и инструменты .....	4
4. Общие сведения о конструкторских системах радиоэлектронных средств (РЭС).....	4
4.1. Определение и назначение конструкционных систем РЭС.....	4
4.2. Конструкции корпусов электронной аппаратуры	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5. Описание конструкции электронных стоек комплекта КИА «Ангара» .....	7
5.1. Назначение комплекса .....	7
5.2. Состав комплекса .....	11
5.3. Конструкция электронных стоек комплекса .....	12
6. Изучение конструкции электронных блоков из состава комплекта «Ангара» .....	12
7. Требования к отчету.....	13
8. Контрольные вопросы.....	13
9. Литература .....	14

## **1. Цель работы**

Цель работы – ознакомиться с конструкционными системами РЭС и изучить конструкцию электронной стойки на примере стойки контрольно-испытательной аппаратуры (КИА) «Ангара».

## **2. Содержание работы**

- 2.1. Знакомство с конструкционными системами РЭС по настоящему пособию и рекомендованной литературе.
- 2.2. Изучение конструкции электронной стойки из состава комплекса КИА «Ангара».
- 2.3. Частичный демонтаж и изучение конструкции электронного блока.
- 2.4. Оформление отчета.

## **3. Оборудование, измерительные приборы и инструменты**

При выполнении работы используется комплекс КИА «Ангара», набор отверток, а также спецприспособление для изъятия блоков из стойки.

## **4. Общие сведения о конструкционных системах РЭС**

### **4.1. Определение и назначение конструкционных систем РЭС.**

Конструкционные системы РЭС – это совокупность базовых несущих конструкций, находящихся в определенной соподчиненности на основе единого размерного модуля и оптимальной технологии производства.

Несущая конструкция – это элемент конструкции или совокупность элементов конструкции, предназначенные для размещения радиоэлектронных средств различного функционального назначения и обеспечения их устойчивости и прочности в заданных условиях эксплуатации.

Базовая несущая конструкция – это несущая конструкция, габаритные размеры которой стандартизованы.

Предпосылкой стандартизации несущих конструкций и создания конструкционных систем РЭС являются два факта:

- Во-первых, несущая конструкция является обязательной составной частью любой РЭС;
- Во-вторых, для РЭС характерна слабая связь внутренней структуры с его внешним оформлением, что позволяет одинаковые или близкие несущие конструкции использовать при создании целого ряда РЭС.

Конструкционные системы РЭС предназначены для создания оптимальных компоновок РЭС с учетом функциональных, механических, тепловых факторов, требований эргономики и ремонтпригодности.

Конструкционные системы РЭС разрабатываются в ведущих проектно-конструкторских организациях отрасли для аппаратуры с одинаковыми требованиями к ней по условиям эксплуатации, эргономики и

ремонтпригодности. Конструкционные системы обновляются и совершенствуются по мере совершенствования элементной базы РЭС и изменении общих требований к конструкции.

Использование конструкционных систем РЭС дает большой эффект.

При разработке РЭС:

- повышается качество проектирования, поскольку проектная техническая документация на конструкционную систему, выбранную для проектируемого изделия, разрабатывается в ведущих проектно-конструкторских организациях;
- сокращаются сроки и стоимость разработки, поскольку отпадает необходимость проектирования несущих конструкций РЭС.

При производстве РЭС:

- появляется возможность организовать выпуск элементов несущих конструкций конструкционной системы на одном заводе отрасли с использованием передовой технологии и обеспечивать этими элементами другие предприятия отрасли, производящие РЭС в данной конструкционной системе.

При эксплуатации:

- облегчается ремонт аппаратуры благодаря возможности быстрой замены вышедших из строя элементов несущих конструкций.

Вместе с тем следует иметь в виду, что использование конструкционных систем, как правило, приводит к увеличению массы и габаритов электронных устройств и снижению плотности компоновки.

В нашей стране существует большое число различных конструкционных систем, например:

- система унифицированных типовых конструкций государственной системы приборов и средств автоматизации;
- базовые несущие конструкции ЕС ЭВМ и СМ ЭВМ;
- стойки аппаратуры систем передачи информации по проводным линиям связи;
- конструкционная система телевизионной студийной аппаратуры;
- конструкционная система геофизической аппаратуры;
- шкафы и корпуса блоков электронных измерительных приборов;
- блочные унифицированные конструкции на основе плат в дюймовой системе;
- конструкционная система самолетной аппаратуры;
- базовые несущие конструкции судовой аппаратуры и т.д.

Примеров международной конструкционной системы может служить стандарт КАМАК, разработанный европейским комитетом ESONE (European Standards of Nuclear Electronics). Система КАМАК (САМАС – Computer Application to Measurement and Control) – это система применения ЭВМ для

измерений и управления. В разработке стандарта КАМАК участвовало 17 институтов и лабораторий зарубежных стран. В СССР стандарт КАМАК впервые стали применяться для автоматизации ядерных исследований. Академией наук разработан ГОСТ 26.201-80.ЕССП «Система КАМАК. Крейты и сменные блоки. Требования к конструкции и интерфейсу». ГОСТ был введен в действие с 1 июля 1981 года. Стандарт распространяется на модульную стационарную аппаратуру системы КАМАК и устанавливает требования к конструкции, электрическим сигналам, питанию и логике обмена информацией, которые обеспечивают совместимость блоков с крейтом и между собой. Основные особенности системы КАМАК:

- модульный принцип построения;
- конструктивная однородность системы, обеспечиваемая использованием унифицированных конструкций, включая крейт для размещения функциональных модулей;
- магистральная структура информационных связей между функциональными блоками;
- применение принципов программного и микропрограммного управления.

Используя стандарт КАМАК, можно достаточно быстро создать микропроцессорную систему любой конфигурации. Причем, чтобы перестроить систему для выполнения какой-либо новой функции, необходимо разработать лишь одну-две платы, например, для связи с датчиком. Размеры, тип разъема, рама для крепления платы, устройства крепления платы и ее экранирования уже предусмотрены стандартом.

Стандарт КАМАК явился мощным средством ускорения внедрения микропроцессорной техники в различные отрасли науки и техники. Пик использования системы КАМАК в нашей стране пришелся на конец 80-х годов.

#### **4.2. Конструкции корпусов электронной аппаратуры и интегральных микросхем**

Несущие конструкции предназначены для размещения компонентов РЭС и обеспечения их функционирования в реальных условиях эксплуатации. Использование несущих конструкций позволяет улучшить компоновку, теплоотвод, экранирование и заземление, а также повысить надежность и технологичность составных частей и изделия в целом.

Одним из самых важных объектов стандартизации являются конструкционные системы РЭС, представляющие совокупность базовых несущих конструкций, находящихся в определенной соподчиненности на основе единого модуля и оптимальной технологии производства. Они предназначены для создания оптимальных компоновок РЭС с учетом

функциональных, механических, тепловых факторов, требований эргономики и ремонтпригодности.

Существует большое число конструкционных систем РЭС, предназначенных для различных видов аппаратуры, в том числе базовые несущие конструкции радиоэлектронной аппаратуры, система унифицированных типовых конструкций государственной системы приборов и средств автоматизации, стойки аппаратуры систем передачи информации по проводным линиям связи, конструкционная система телевизионной студийной аппаратуры, шкафы и корпуса блоков электронных измерительных приборов, блочные унифицированные конструкции на основе плат в дюймовой системе, конструкционная система самолетной аппаратуры, базовые несущие конструкции судовой аппаратуры и т. д.

Существует также ряд конструкционных систем стран. Все эти конструкционные системы появились в разных ведомствах в разное время и имели разное число и название уровней разукрупнения из числа (ряда) рис. 1:

- элемент (ЭРЭ, ИС, соединитель и т. п.) - нулевой уровень;
- плата (ячейка, корпус частичный, типовой элемент замены) – первый уровень;
- блок (кассета, каркас, кожух, корпус комплектный, панель, крейт) – второй уровень;
- шкаф (стойка, тумба, пульт, стол, блок комплексный) – третий уровень.

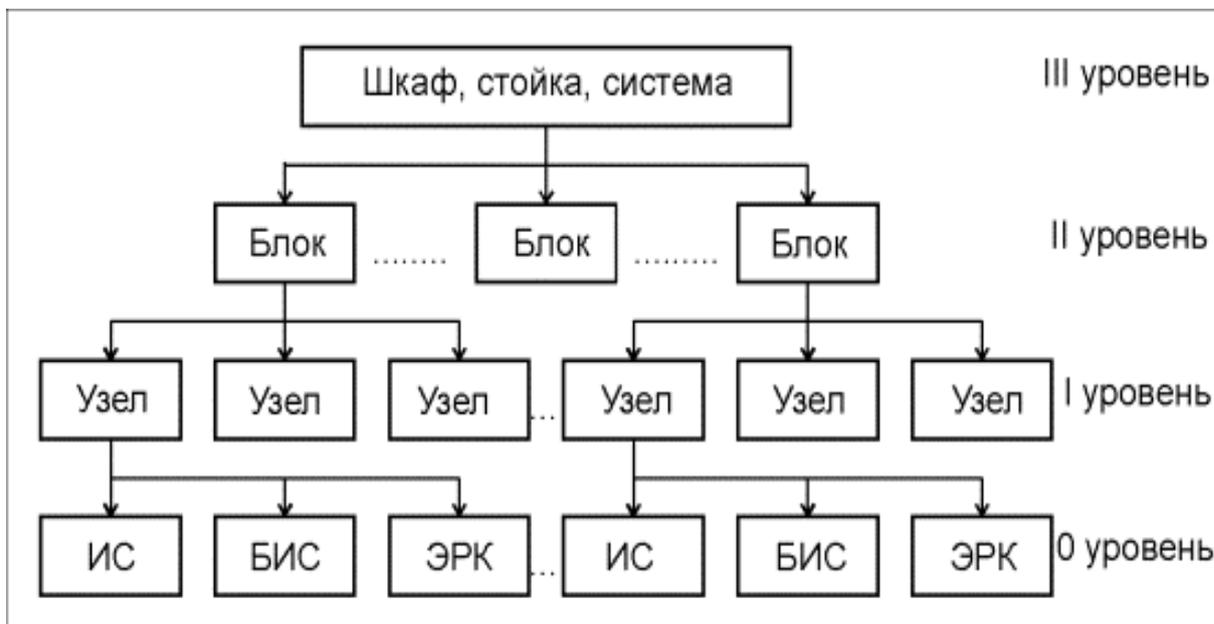


Рис. 1. Конструктивные уровни РЭС

Корпус составляет основу несущей конструкции РЭС любого уровня разукрепления – ячейки (кассеты), блока (рамы), шкафа (пульта, стойки). В

зависимости от того, к какому уровню разукрепления относится РЭС, его корпус получил название частичного (рис.2), комплектного (рис.3) или комплексного (рис. 4).

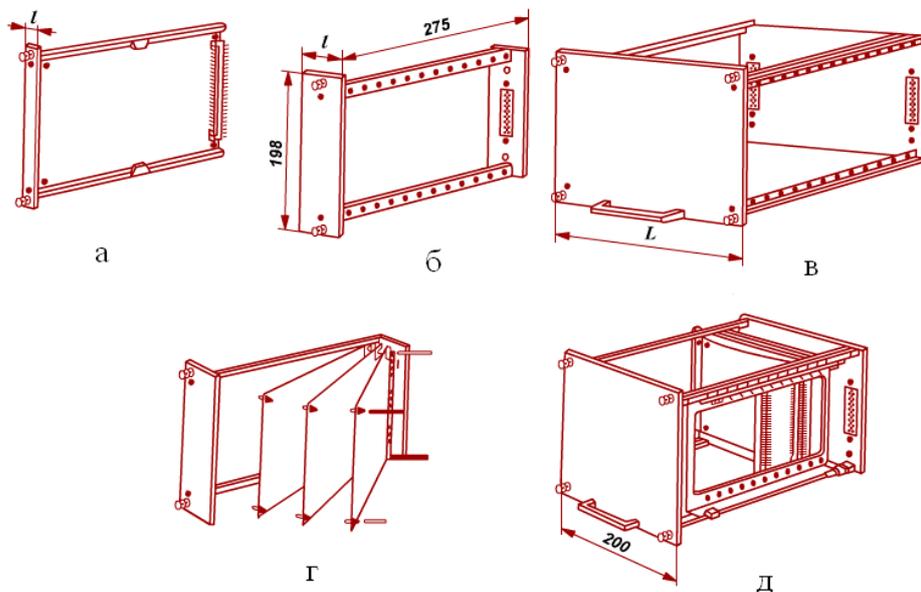


Рис. 2. Схема конструкций частичных корпусов: а – для размещения одной платы; б – для размещения двух плат, в - для крупногабаритных ЭРЭ и источников питания; г – для «книжной компоновки»; д – для «разъемной» компоновки (платы вставляются сбоку)



а



б



в



Рис. 3. Схема конструкций комплектных корпусов: а – блочный (комплектный); б – настольного комплектного блока; в – корпуса малогабаритных комплектных блоков для измерительных приборов



a



б



в  
9



Г



д



е

Рис. 4. Корпуса комплексных блоков:  
а – стол; б, в – пульты; г – стойка; д, е – шкафы

С целью ускорения проектирования конструктивных систем и снижения затрат на их производство элементы несущих конструкций выполняются на основе стандартных профилей преимущественно из алюминиевых и магниевых сплавов. Формы сечений некоторых стандартных прямоугольных профилей представлены на рис. 5

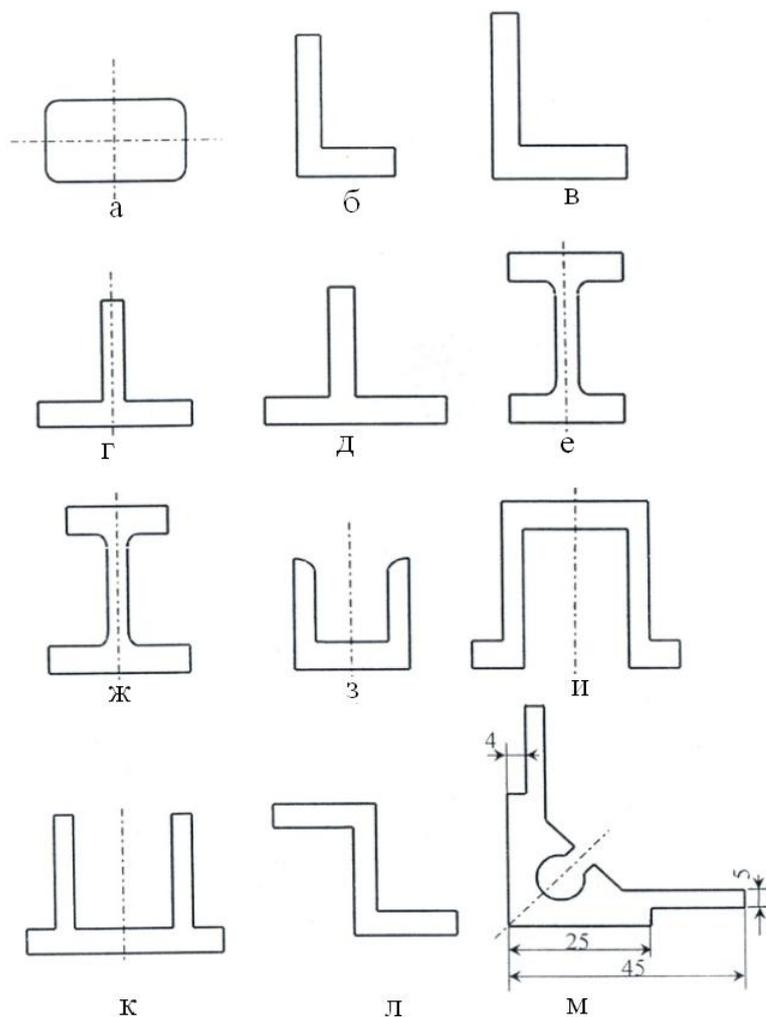


Рис. 5. Формы сечений некоторых стандартных профилей:

- а) полосообразное сечение;
- б) неравнополочное уголковое сечение;
- в) равнополочное уголковое сечение;
- г) равнополочное тавровое сечение;
- д) неравнополочное тавровое сечение;
- е) равнополочное двутавровое сечение;
- ж) неравнополочное двутавровое сечение;
- з) швеллерное сечение;
- и) отбортованное швеллерное сечение;
- к) таврошвеллерное сечение;
- л) равнополочное зетовое сечение;
- м) сечение профиля, использованного в конструкции стойки комплекса КИА «Ангара».

Стандартами, в том числе отраслевыми, предусматриваются профили более сложных сечений (рис. 6, а). На рис. 6. б показаны стандартизированные элементы крепления профилей, которые используются при сборке каркасов стоек и шкафов.

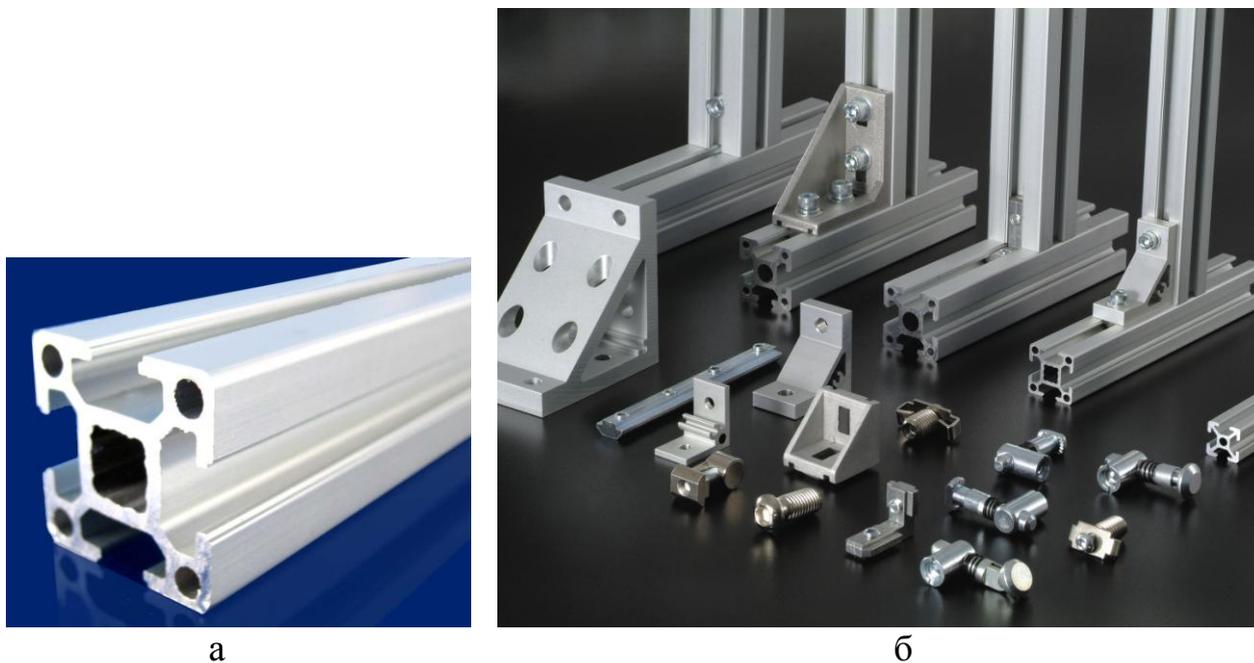


Рис. 6. Сложные формы сечения проката (а) и элементы крепления (уголки, винты, планки) профилей при сборке каркасов шкафов и стоек.

На рис. 7 в качестве примера показана конструкция электронной стойки управления технологической установкой, в которой широко использован типовой прокат, а также прессованные, литые и штампованные профили.

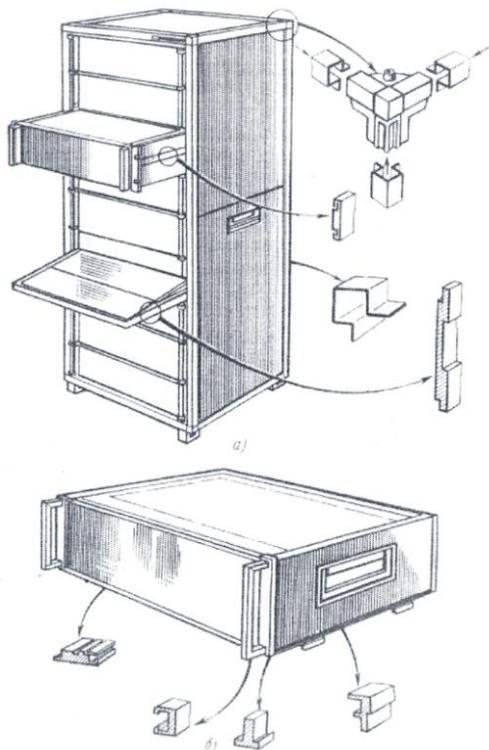


Рис. 7. Конструкция электронной стойки управления технологической установкой

Параметры конструкционных систем РЭС в значительной степени определяются типом и параметрами элементов (ИС, ЭРЭ), используемых в модулях нулевого уровня (РЭМ 0). Поэтому другим важным объектом стандартизации является конструкция корпусов ИС. Различают корпусные и бескорпусные элементы, в том числе на носителях (пленочных, керамических, полимерных). *Корпусные элементы* (рис. 8) используются в основном в негерметичных конструкциях.

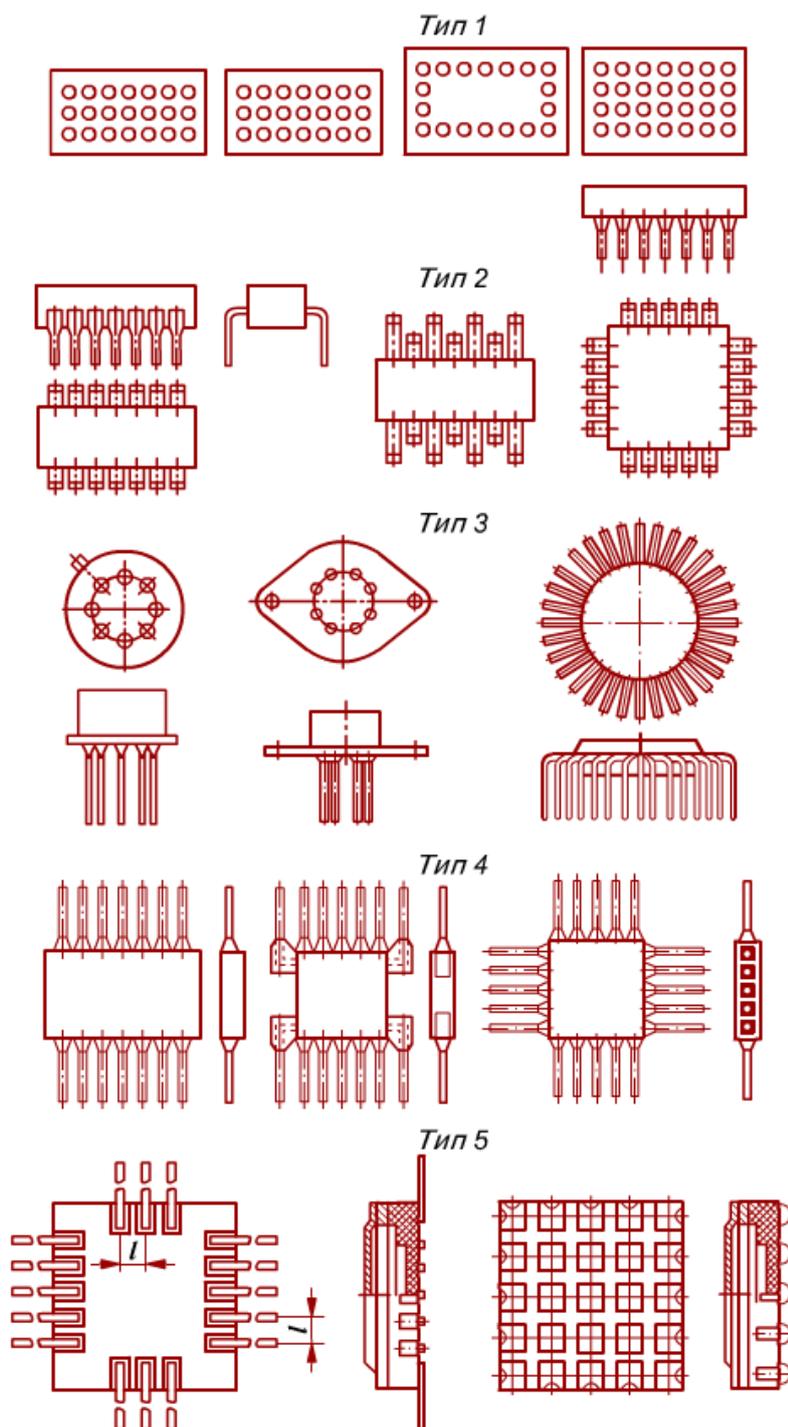


Рис. 8. Типы корпусов ИС (1 – шаг расположения выводов)

Их достоинством является защищенность элементов ИС от дестабилизирующих факторов, а к недостаткам – увеличение габаритов, массы и стоимости из-за наличия корпуса и усложнения сборки, ухудшения теплоотвода, а также электрических параметров (из-за увеличения длины выводов, их сопротивления и индуктивности, межвыводной емкости). Однако применение корпусированных ИС не исключает необходимости защиты от дестабилизирующих факторов других элементов РЭС (проводников печатных плат, электрических соединителей, электрических соединителей из объемного провода).

Используют пять типов корпусов ИС (табл. 1.2).

Таблица 1.2

*Корпуса ИС*

Тип корпуса	Форма	Расположение выводов		Шаг выводов $e$ , мм
		относительно проекции тела корпуса	относительно плоскости основания	
1	Прямоугольная	В пределах проекции тела корпуса	Перпендикулярное	2,5
2	Прямоугольная	За пределами проекции тела корпуса	Перпендикулярное	2,5; 1,25
3	Круглая	В пределах и за пределами тела корпуса по окружности	Перпендикулярное	Под углом $360^\circ / n$ ( $n$ – число выводов круглого корпуса)
4	Прямоугольная	За пределами проекции тела корпуса	Параллельное	2,25; 0,625
5	Прямоугольная	В пределах проекции тела корпуса	Без выводов	1,25

Они различаются формой, видом и расположением внешних выводов, которые бывают штырьковыми и планарными, расположенными с шагом 2,5; 1,25; 0,625 мм с двух сторон корпуса, по всем его сторонам или по всему его основанию (рис. 4.6.). Современные микросхемы (рис.9), в основном импортные, выпускаются в корпусах с очень высокой плотностью расположения выводов по периметру корпуса. Типы корпусов современны

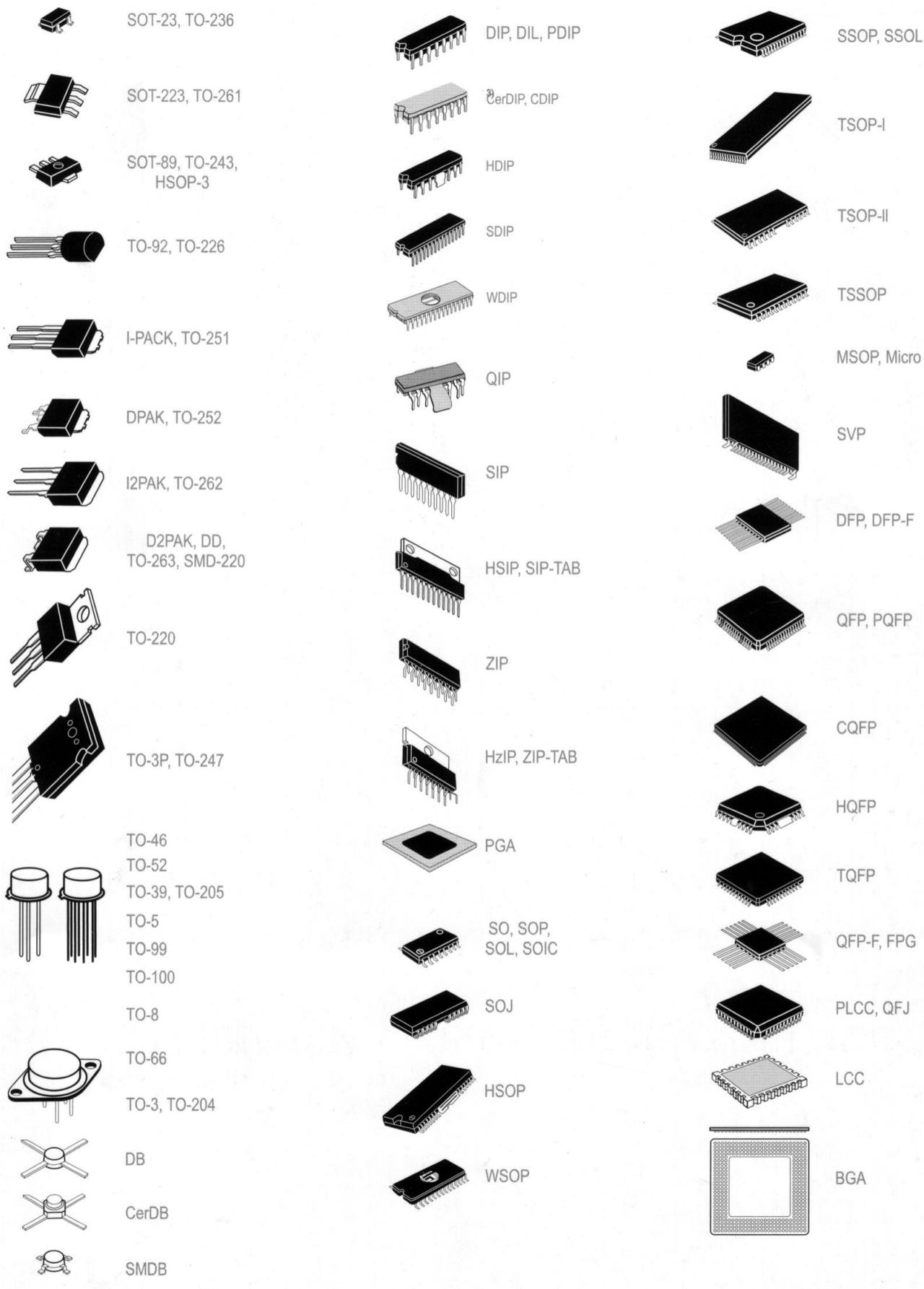


Рис. 9. Корпуса некоторых современных ЭРЭ и микросхем

## **5. Описание конструкции электронных стоек комплекса КИА «Ангара»**

### **5.1. Назначение комплекса**

Комплекс контрольно-испытательной аппаратуры «Ангара» предназначен для испытания и поверки в ручном и автоматическом режимах гироскопического прибора системы управления летательного аппарата.

Испытуемый прибор устанавливается на стенд, с помощью которого по командам с ЭВМ, размещенной в стойке, прибор поворачивается и занимает заданное угловое положение по отношению к плоскости горизонта и плоскости меридиана Земли. Информация о выходных параметрах и режимах работы отдельных элементов и узлов с прибора поступает в ЭВМ, где обрабатывается. Результаты испытаний выводятся на печать.

После установки испытуемого изделия на стенд и его подключения испытания могут проводиться в автоматическом режиме без непосредственного участия оператора с выдачей протокола испытаний.

### **5.2. Состав комплекса**

В состав комплекса входят:

- стенд наклонно – поворотный типа СНП – 168;
- пульт управления стендом;
- стойка ЛС- 283 пневмопитания и регистрирующих приборов;
- сдвоенная стойка ЛС- 282 электронной аппаратуры;
- печатающее устройство;
- ряд вспомогательных устройств.

### **5.3. Конструкция электронных стоек комплекса**

Стойка ЛС- 282 образована жестким сочленением двух одинаковых по размерам стоек. Рассмотрим конструкцию одной из них подробно.

Стойка с размерами 536×536×1840 мм выполнена в конструкционной системе, разработанной в одной из организаций – разработчике систем управления летательными аппаратами для стационарной контрольно-испытательной аппаратуры. Несущая конструкция стойки выполнена из стандартного алюминиевого профиля. Четыре вертикальные стойки из уголка (форма сечения – см. рис. 5, м), скрепленные между собой внизу и вверху горизонтальными уголками, образуют несущий каркас.

Все внутреннее пространство стойки с помощью вертикальной перегородки разделено на два отсека. Передний отсек, больший по объему, служит для размещения электронных блоков; задний отсек, меньший по объему, служит для размещения электрических разъемов (соединителей),

проводов и жгутов, осуществляющих электрические связи между блоками внутри стойки, а также блоков с внешней аппаратурой.

Блоки в стойке лежат на продольных направляющих, выполненных из стандартного алюминиевого профиля – уголка 16 мм. Последние крепятся сзади и спереди к поперечным уголкам 20 мм. Блоки задвигаются по направляющим в стойку и надежно закрепляются в ней с помощью двух штыревых направляющих сзади и четырех винтов спереди.

Отвод тепла, выделяемого в аппаратуре стойки, осуществляется за счет естественной конвекции. Для этого в конструкции стойки предусмотрены решетки. Через решетку, расположенную спереди внизу, холодный воздух поступает внутрь стойки. А через решетку, расположенную сзади вверху, нагретый воздух выходит наружу. Благодаря большой высоте стойки создается достаточная тяга без использования вентиляторов.

Электрическое соединение цепей стойки с внешней аппаратурой осуществляется с помощью группы круглых электрических разъемов, закрепленных на задней панели стойки внизу. Для удобства погрузки и выгрузки стойки с помощью крана или тельфера служат 4 рым- болта, вворачиваемые в каркас стойки сверху по углам.

## **6. Изучение конструкции электронных блоков из состава комплекса «Ангара»**

Вынуть из стойки блок, указанный преподавателем. Для этого, используя большую отвертку, отвернуть два верхних винта крепления блока. После чего начать выворачивать два нижних винта по очереди, совершая обороты каждого на 1,5- 2 оборота, с тем, чтобы выдвижение блока и расчленение электрических соединителей (разъемов) происходило без перекосов. После выхода винтов из резьбовых отверстий вытянуть блок из стойки на себя, используя при этом специальные захваты, надеваемые на втулки под нижними винтами крепления.

Разместить блок на столе. Произвести частичный демонтаж блока, заключающийся в снятии элементов кожуха – верхней крышки и, при необходимости, нижней крышки, чтобы был обеспечен визуальный доступ ко всем узлам и элементам блока.

Детально изучить конструкцию блока, ответив на следующие вопросы:

1. Что размещается внутри блока;
2. Из чего состоит корпус блока, какие несущие элементы образуют его;
3. Какой способ крепления печатных плат реализован в блоке;
4. Как расположены электронные платы в пространстве и почему;
5. Как обеспечивается электрическое соединение плат со схемой блока (подпайка проводов к контактным площадкам или лепесткам на плате, использование электрических соединителей или другое);

6. Каким образом осуществляется установка и съем электронных плат;
7. Какими проводами выполнен монтаж внутри блока (гибкими объемными проводами, сплетенными в жгут, плоскими кабелями, круглым кабелем или другое);
8. Какой способ крепления жгутов и кабелей применен в блоке (с помощью хомутов, нитками, приклеивание специальными компаундами);
9. Как осуществляется защита аппаратуры, размещаемой внутри блока, от грязи, посторонних предметов, насекомых;
10. Как осуществляется теплоотвод от ЭРЭ и ИС, в том числе от силовых транзисторов, указать путь и способ отвода тепла;
11. Как осуществляется электрическое соединение блока со схемой стойки;
12. Как обеспечивается защита блока от внешних помех;
13. Что установлено на передней и задней панелях блока;
14. Что предусмотрено в конструкции блока и стойки для предотвращения ошибочной установки в данную ячейку стойки другого блока того же типоразмера.

## **7. Требования к отчету**

Отчет должен содержать:

- цель работы;
- краткое описание конструкции электронной стойки;
- подробное описание конструкции электронного блока с приведением в отчете необходимого количества фотографий;
- ответы на контрольные вопросы.

Описание конструкции блока должно включать в себя ответы на все приведенные в разделе 6 вопросы. Стиль изложения – повествовательный.

## **8. Контрольные вопросы**

1. В чем состоит экономический эффект от разработки и внедрения конструкционных систем РЭС?
2. Сколько типоразмеров электронных блоков обнаружили вы в изучаемых стойках?
3. Какие виды проката использованы в конструкциях стойки и блока?
4. Назовите известные Вам типы корпусов микросхем.

## **Литература**

1. Гормаков А.Н., Воронина Н.А. Конструирование и технология электронных устройств. Печатные платы: учебное пособие - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2006. – 152 с.
2. Ненашев А.П. Конструирование радиоэлектронных средств: учебник для радиотехнических спец. Вузов. – М.: Высшая школа, 1990. -432с.

3. Микроэлектроника. Учеб. Пособие для вузов. В 9 кн./ Под ред. Л.А. Коледова. Кн. 8 Микроэлектронная аппаратура / Л.А. Коледов, Э.М. Ильина. – М.: Высшая школа, 1987. -128 с.
4. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат: Учебник. – ФОРУМ ИНФРА-М, 2005. – 560 с. (Высшее образование)

ГОРМАКОВ Анатолий Николаевич  
БЕЛЯНИН Лев Николаевич

## **КОНСТРУКЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Конструирование и технология приборов и установок» для студентов 4 курса, обучающихся по направлению 12.03.01 -Приборостроение и по дисциплине «Основы технологии электронной компонентной базы» для студентов направления 11.03.04 – Электроника и наноэлектроника

**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии  
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати 00.00.2013. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».  
Печать XEROX. Усл. печ. л. 9,01. Уч.-изд. л. 8,16.  
Заказ 000-13. Тираж 100 экз.

---

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
Система менеджмента качества  
Издательства Томского политехнического университета сертифицирована  
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008

---

**ИЗДАТЕЛЬСТВО**  **ТПУ**. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30  
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, [www.tpu.ru](http://www.tpu.ru)