

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Приборостроение и биомедицинская инженерия»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ»

Ростов-на-Дону

ДГТУ

2018

УДК 616-7

Составители: Мороз К.А., Морозов В.М., Сербин Д.А.

Методические указания для выполнения практических и лабораторных работ по дисциплине «БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ» – Ростов-на-Дону : Донской гос. техн. ун-т, 2018. – 26 с.

Рассматриваются методики расчета блоков медицинской аппаратуры и биотехнических систем.

УДК 616-7

Методические указания содержат методику выполнения лабораторных работ, списки контрольных вопросов, а также списки рекомендуемых литературных источников.

Предназначены для студентов направления 12.03.04 Биотехнические системы и технологии.

УДК 616-7

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Донского государственного технического университета

Научный редактор к-т тех. наук, профессор А.В. Литвин

Ответственный за выпуск зав. кафедрой «Приборостроение и биомедицинская инженерия» к-т техн. наук, профессор Цыбрий И.К.

---

В печать \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . 20 \_\_\_\_ г.  
Формат 60×84/16. Объем \_\_\_\_ усл. п. л.  
Тираж \_\_\_\_ экз. Заказ № \_\_\_\_.

---

Издательский центр ДГТУ  
Адрес университета и полиграфического предприятия:  
344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

© Донской государственный  
технический университет, 2018

## Лабораторная работа №1 «Элементы компоновки модуля второго уровня (блока)»

**Цель работы:** практическое изучение конструктивных элементов, входящих в состав несущих конструкций второго уровня (НК 2), способов взаимной ориентации и компоновки ячеек в блоке, элементов заземления, экранирования, коммутации, охлаждения и защиты от внешних воздействий.

### Краткие сведения из теории

Уровни разукрупнения моделей РЭА, с учетом их конструктивной сложности, подразделяют на модули третьего, второго, первого и нулевого уровней.

Модули нулевого уровня представляют собой микросборки и микросхемы (корпусированные или бескорпусные).

Модули первого уровня, на общем несущем основании которых компонуют ИС и МБС, навесные ЭРЭ, элементы коммутации и контроля. В качестве несущих оснований функциональных ячеек чаще всего применяются печатные платы, металлические рамки и листы.

Модуль второго уровня компоуется путем сборки ячеек в блоки.

Блоки имеют три конструктивные разновидности: книжную, разъемную и кассетную (верную).

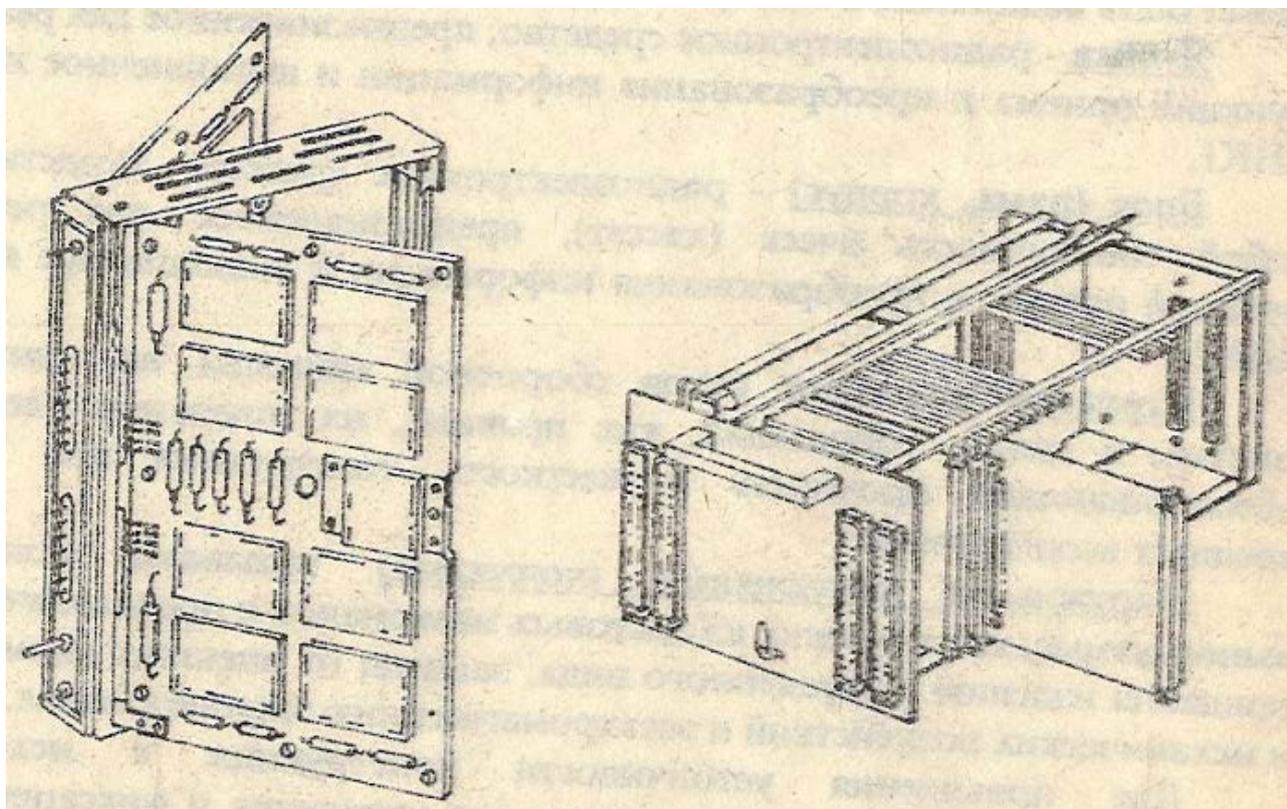


Рисунок 1. Блок книжной конструкции Рисунок 2. Блок разъемной конструкции

*Достоинствами* книжной компоновки (блоков рисунок 1) является высокая компактность, легкий доступ к ИС и МБС при ремонте возможность проверки и отладки блока во включенном состоянии.

*Недостатком* этого варианта является затрудненный демонтаж ячеек, что увеличивает время ремонта блока. Книжная конструкция чаще всего применяется для бортовых устройств с высокой надежностью, где требования уменьшения масс и габаритов является первостепенными.

*Достоинства* разъемной компоновки блока (рисунок 2) – легкоъемность ячеек, а следовательно, высокие ремонтоспособность и эксплуатационное обслуживание. *Недостатками* разъемной конструкции является некоторые потери массы и объема, обусловленные наличием самих разъемов. Несмотря на это, разъемная конструкция блока нашла широкое применение в различной электронной аппаратуре.

Модели третьего уровня – многоблочные конструкции, в которых блоки komponуются в общем несущем основании (шкаф, стойка или пульт).

Базовая несущая конструкция (БНК) – несущая конструкция, предназначенная для размещения составных частей аппаратуры, габариты которой стандартизованы.

БНК первого уровня (БНК1) – конструкция, предназначенная для размещения модулей нулевого уровня, изделий электронной техники и электротехнических изделий и входящая в БНК более высокого уровня. БНК1 может быть выполнена в виде корпуса ячеек или кассеты.

БНК второго уровня (БНК2) – конструкция, предназначена для размещения радиоэлектронных средств, выполненных на основе БНК1. Она может быть выполнена в виде корпуса блока и др.

Ячейка – радиоэлектронное средство, предназначенное для реализации функций приема и преобразования информации и выполненное на основе БНК1.

Блок (рама, корпус) – радиоэлектронное средство, предоставляющее собой совокупность ячеек (кассет), предназначенное для реализации функций приема и преобразования информации и выполненное на основе БНК1.

Каркасом называют остов сборочной единицы или электронной системы в целом, собранный, как правило, из отдельных элементов и обеспечивающий прочность и жесткость конструкции при заданных внешних воздействиях.

Наружными оболочками (кожухами) называют конструкции, выполняемые, как правило, из листовых материалов и предназначенные для придания изделию законченного вида, защита от внешних климатических и механических воздействий и электромагнитного экранирования.

Для повышения устойчивости конструкции к механическим воздействиям в БНК применяют элементы крепления и фиксации (планки, уголки, рамки, штыри-ловители, скобы, стяжные винты). Для безрамочных ячеек разъемной конструкции основным элементом крепления является планка, которая устанавливается на печатную плату с противоположной стороны установки электрического соединителя.

Крепление печатных плат ячеек каркасной конструкции осуществляется с помощью винтов, заклепок или разьбовых втулок. Печатные платы в ячейках прикрепляют по углам не менее, чем в четырех точках.

*Конструкции унифицированных ячеек.* Радиоэлектронные модули первого уровня, построенные на основе унифицированных базовых несущих конструкция первого уровня, называют унифицированными ячейками (ЯУ). В систему унифицированных ячеек входят: бескаркасные и со сборными каркасом (рисунок 3.4).

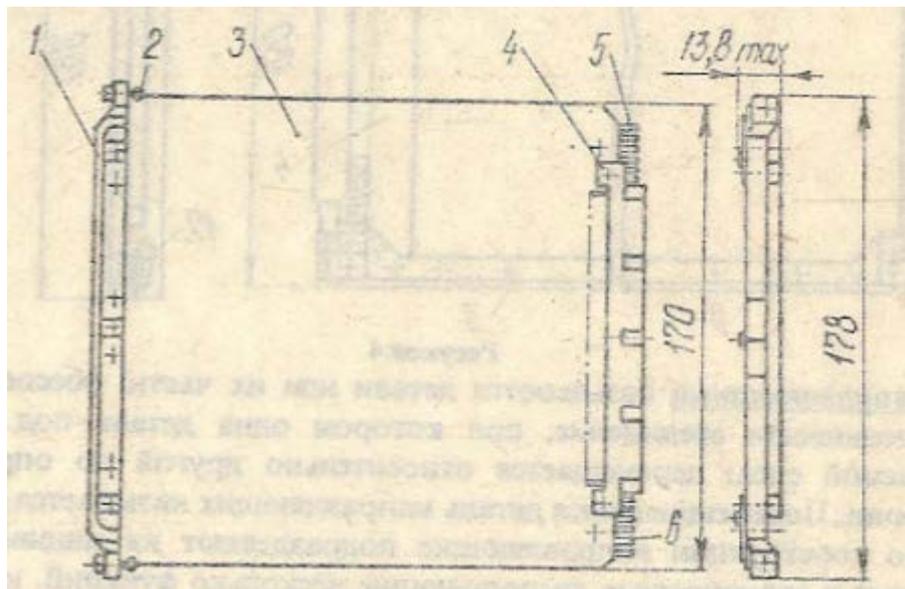


Рисунок 3

Радиоэлектронный модуль типа ЯУ1 (рисунок 3) является бескаркасной конструкцией с двусторонней или многослойной платой 3 в качестве несущей конструкции, на которую установлены: панель 1, розетка соединителя 4, элементы кодирования 5<sup>5</sup> и 6. Передняя панель выполнена из термопластика и снабжена невыпадающими винтами 2. Кодировочные элементы предотвращают ошибочную установку ячеек в блоке не по адресу (возможно получение 36 адресов выкусыванием зубцов гребенки). Четыре типоминерала ЯУ1 имеют длины ПП 75, 110, 150 и 200мм.

Унифицированная ячейка со сборным каркасом типа ЯУ2 (рисунок 4) имеет размеры ПП 170×280 мм. Каркас состоит из передней панели 1, траверсы 2 и двух двух перфорированных направляющих 3. Передняя панель и траверса выполнены из алюминиевого сплава, а направляющие • из тонколистовой нержавеющей стали. К траверсе крепятся направляющие, электрический соединитель 5 и кодовые втулки 11. Конструкция каркаса позволяет

устанавливать к основной 4 дополнительную 9 ПП. Переднюю панель закрывает лицевая планка 6, на которую нанесены информационные надписи и могут быть размещены элементы индикации. На ней же установлены невыпадающий винт 7 и винт-домкрат 8, кодовые планки "В" 10 и "Н" 12.

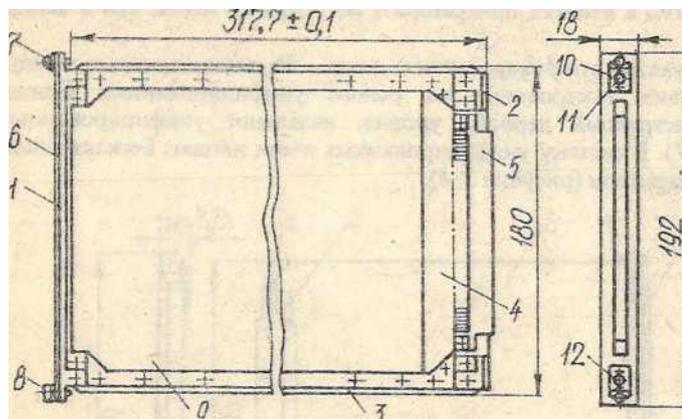


Рисунок 4

Направляющими называются детали или их части, обеспечивающие такое подвижное соединение, при котором одна деталь под действием прилагаемой силы перемещается относительно другой по определенной траектории. Перемещающаяся деталь направляющих называется ползуном.

По конструкции направляющие подразделяют на индивидуальные, групповые и совмещенные, выполняющие несколько функций, например, с ответной частью разъема.

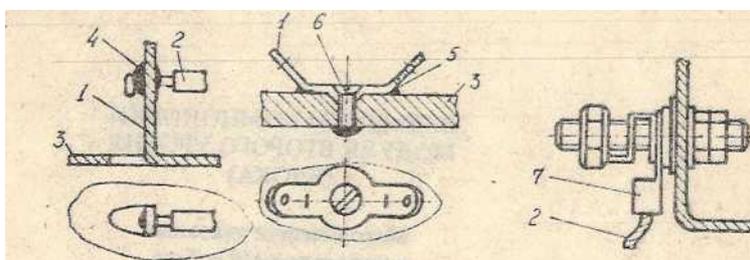
*Электромагнитная экранирование.* Характерными элементами, требующими электромагнитного экранирования являются катушки индуктивности, колебательные контуры, фильтры. Материал экрана (медь, латунь, алюминий) и его толщину выбирают в зависимости от необходимой эффективности экранирования и частоты электромагнитного поля. Технология изготовления экранов малых и средних размеров - холодная вытяжка, при средних и больших размерах применяют сварные и паяные экраны. Заземление электромагнитного экрана не обязательно.

*Магнитоэстатическое экранирование.* Элементы, требующие магнитоэстатического экранирования: трансформаторы звуковой частоты,

дроссели и трансформаторы вторичных источников питания. Материал экрана - ферромагнетики. Конструкция экрана должна обеспечивать наименьшее магнитное сопротивление. При необходимости обеспечить высокую эффективность экранирования применяют кратное экранирование, при котором экраны располагают один внутри другого.

*Электростатическое экранирование.* Применяется для экранирования электрических полей (развязки электрических цепей). Выбор конструкции экрана определяется особенностями экранируемого объекта. Материал экрана должен быть проводником. Заземление обязательно и выполняется короткими широкими плоскими шинами с малой индуктивностью.

*Заземление.* На рисунке 5 приведены конструкции элементов заземления. В заземляющих устройствах используют контактные заземления двух типов: неразборные и разборные (рисунок 5. в). Неразборное заземление может быть выполнено точечной сваркой, пайкой (рисунок 5, а), самонарезающим винтом (рисунок 5, б); Заклепочное соединение не рекомендуется из-за возможного окисления.



1 - лепесток; 2 - заземляющий провод (шина); 3 - шасси (корпус); 4 - пайка;

5 - компаунд; 6 –самонарезающий винт; 7 – зажим

Рисунок 5. Элементы заземления

*Элементы коммутации.* В печатных узлах и блоках электрические соединения выполняют с помощью разъемов, соединительных гагатов, переходных контактов, плоских кабелей и монтажных проводков,

Соединительные платы (колодки) и монтажные стойки используются как промежуточные переходные элементы для электрического соединения узлов и

ячеек с коммутационной печатной платой или для соединения узлов коммутационной печатной платы с объемным монтажом. Плоские кабели применяют преимущественно в блоках книжной конструкции.

### **Порядок выполнения работы**

Изучите путем внешнего осмотра и частичной разборки конструкцию электронного блока и выполните сборочный эскиз блока и эскизы следующих конструктивных элементов:

- кожуха, направляющих для ячеек, элементов крепления и внутриблочной коммутации;
- ячейки, элементов ее крепления и коммутации;
- элементов заземления;
- элементов экранирования;
- элементов системы охлаждения;
- элементов защиты от внешних воздействий.

Каждый эскиз сопроводите кратким текстом описания технических решений, принятых в изучаемом блоке.

## **Лабораторная работа №2**

### **«Анализ технологичности конструкции электронного блока»**

**Цель работы:** ознакомиться с показателями технологичности и методикой конструктивно-технологической обработки изделий РЭА.

#### **Технологичность. Основные понятия и определения. Методика расчета**

Под технологичностью конструкции в соответствии с ГОСТ 14.205-83 понимается совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособляемость к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ.

Оценка технологичности конструкции изделия может быть качественной и количественной.

Качественная оценка характеризует технологичность конструкции обобщенно и основывается на так называемых инженерно-визуальных методах, реализуемых через опыт высококвалифицированных специалистов. При этом, как правило, оцениваются компоновочные решения сборочных единиц, взаимозаменяемость, элементная база, контролепригодность, доступность, вид подготовки, установки и монтажа электрорадиоэлементов (ЭРЭ), способы защиты от внешних воздействий и т.п. Качественная оценка выполняется на всех стадиях проектирования и предшествует количественной.

Количественная оценка технологичности конструкции выражается показателем, численное значение которого характеризует степень удовлетворения требований к технологичности конструкции.

Комплексный показатель технологичности  $K_n$  определяется через показатели  $K_i$ . При этом наиболее распространенными методами являются:

- определение среднеарифметического  $K_{ср} = \sum K_i / n$ ,

где  $K_i$  - численное значение  $i$ -го частного показателя технологичности:

$n$  - количество учитываемых показателей;

- определение средневзвешенного показателя  $K_n = \sum K_i \varphi_i / \sum \varphi_i$ ,

где  $\varphi_i$  - численное значение коэффициента весомости  $i$ -го показателя технологичности на трудоемкость изготовления.

В таблице приведены базовые показатели технологичности, на основе которых производится количественная оценка технологичности изделия.

### Базовые показатели технологичности

№ П/П	Показатель технологичности	Обозначение	$\Phi_1$
<u>Электронные блоки</u>			
1	Коэффициент использования микросхем и микросборок в блоке	$K_{испса}$	1,000
2	Коэффициент автоматизации и механизации монтажа изделия	$K_{ам}$	1,000
3	Коэффициент механизации подготовки ЭРЭ	$K_{мпэрэ}$	0,750
4	Коэффициент механизации контроля и настройки	$K_{мкн}$	0,500
5	Коэффициент механизации контроля и настройки	$K_{повэрэ}$	0,310
6	Коэффициент повторяемости ЭРЭ	$K_{пэрэ}$	0,187
7	Коэффициент прогрессивности формообразования деталей	$K_{ф}$	0,110
<u>Радиотехнический блок</u>			
1	Коэффициент механизации подготовки ЭРЭ к монтажу	$K_{мпэрэ}$	1,000
2	Коэффициент автоматизации и механизации монтажа изделия	$K_{ам}$	1,000
3	Коэффициент сложности сборки	$K_{с.сб}$	0,750
4	Коэффициент механизации контроля и настройки	$K_{мкн}$	0,500
5	Коэффициент прогрессивности формообразования деталей	$K_{ф}$	0,310
6	Коэффициент повторяемости ЭРЭ	$K_{повэрэ}$	0,187
7	Коэффициент сложности обработки	$K_{со}$	0,110

### Частотные показатели технологичности

Коэффициент применяемости ЭРЭ

$$K_{\text{прэр}}=1-N_{\text{торэрэ}}/N_{\text{тэрэ}},$$

где  $N_{\text{торэрэ}}$  - число типоразмеров оригинальных ЭРЭ в изделии (т.е. разрабатываемых и изготавливаемых впервые);

$N_{\text{тэрэ}}$  - общее число типоразмеров ЭРЭ в изделии.

#### Коэффициент повторяемости ЭРЭ

$$K_{\text{повэрэ}}=1-N_{\text{тэрэ}}/N_{\text{эрэ}},$$

где  $N_{\text{тэрэ}}$  - общее число ЭРЭ.

#### Коэффициент использования микросхем и микросборок в блоке

$$K_{\text{испсх}}=N_{\text{сх}}/(N_{\text{сх}}+N_{\text{эрэ}}),$$

где  $N_{\text{сх}}$  - общее число микросхем и микросборок в изделии.

#### Коэффициент сложности сборки

$$K_{\text{с.сб}}=1-N_{\text{тсп}}/N_{\text{ту}},$$

где  $N_{\text{тсп}}$  - число типоразмеров узлов, требующих регулировки в составе изделия с применением специальных устройств, либо пригонки или совместной обработки с последующей разборкой и повторной сборкой;

$N_{\text{ту}}$  - общее число типоразмеров узлов.

#### Коэффициент механизации подготовки ЭРЭ к монтажу

$$K_{\text{мпэрэ}}=N_{\text{мпэрэ}}/N_{\text{эрэ}},$$

где  $N_{\text{мпэрэ}}$  - число ЭРЭ, подготовка которых к монтажу может осуществляться механизированным или автоматизированным способом, или не требующие специальной подготовки к монтажу (реле, разъемы, патроны и т.п.).

#### Коэффициент автоматизации и механизации монтажа изделия

$$K_{\text{ам}}=N_{\text{ам}}/N_{\text{м}},$$

где  $N_{\text{ам}}$  - число монтажных соединений, которые могут осуществляться автоматизированным или механизированным способом;

$N_{\text{м}}$  - общее число монтажных соединений.

#### Коэффициент механизации контроля и настройки

$$K_{ам} = N_{мкн} / N_{кн},$$

где  $N_{мкн}$  - число операций контроля и настройки, которые можно осуществить механизированным или автоматизированным способом, а также не требующие средств механизации;

$N_{кн}$  - общее число операций контроля и настройки.

### Коэффициент прогрессивности формообразования деталей

$$K_{ф} = N_{пр} / N_{о},$$

где  $N_{пр}$  - число деталей, полученных прогрессивным методом формообразования (методом штамповки, прессования, по технологии порошковой металлургии, литья по выплавляемым моделям и в кокиль, путем нанайки, сварки, склеивания, из профилированного материала и др.);

$N_{о}$  - общее число деталей (без нормализованного крепежа).

### Коэффициент сложности обработки

$$K_{сo} = 1 - N_{стр} / N_{о},$$

где  $N_{стр}$  - число деталей, включая заимствованные и стандартные требующие обработки снятием стружки.

## **Порядок выполнения работы**

3.1 Составить схему расчленения предложенного преподавателем изделия на составные части, исходя из оптимальной последовательности технологических операций.

Пример схемы расчленения представлен на рисунке 1.

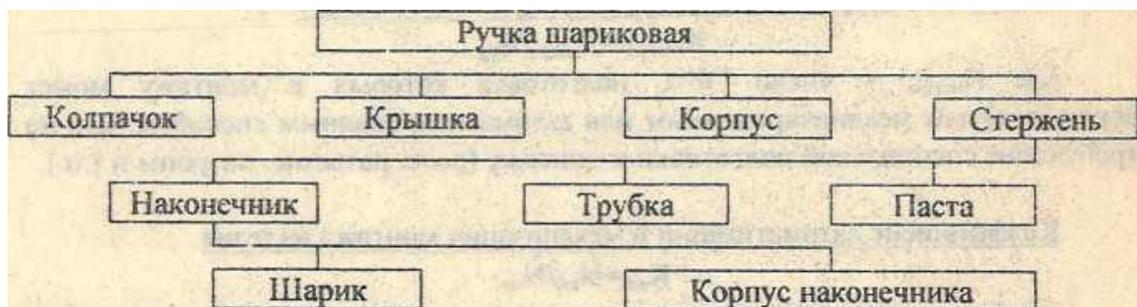


Схема расчленения шариковой ручки

3.2. Провести качественную оценку технологичности предложенного оборудования по следующим разделам:

- несущие конструкции;
- сборка узлов, блоков, общая сборка;
- печатные платы;
- электромонтаж;
- химические покрытия, лакокраска, герметизация и влагозащита;
- контроль и регулировка.

3.3. Провести количественную оценку технологичности.

3.4. Результаты проведенной экспертизы оформить в виде пояснительной записки с указанием наименования изделия и его функционального назначения.

## **Лабораторная работа №3**

### **«Разработка конструкторской документации жгутов проводов и кабелей»**

**Цель работы:** получить практические навыки выполнения конструкторской документации жгутов проводов и кабелей.

#### **Правила выполнения сборочных чертежей жгутов проводов (кабелей)**

2.1 Электрическим жгутом называют изделие, состоящее из двух и более изолированных проводников, скрепляемых в пучок сплетением, связыванием (ниткой, лентой или каким-либо другим способом). В общем случае, жгут кроме самих проводников, скрепленных между собой, может иметь защитную оболочку, например, в виде обмотки лентой, экранирующую оплетку, электрические соединители, наконечники и (или) другие контактные элементы того же назначения.

Жгуты могут быть плоскими и объемными, простыми - без ответвлений проводников или с небольшим числом ответвлений и сложными - с ответвлениями от основного ствола групп проводников и отдельных проводников.

2.2. Правила выполнения чертежей жгутов, кабелей и проводов устанавливает ГОСТ 2.414-75. На этих чертежах: отдельные проводники изображают упрощенно или условно; наносят все размеры, необходимые для изготовления (допускается без выносных и размерных линий при условном изображении жгута); жгут изображают развернутым в плоскости чертежа (можно в аксонометрии); обозначение всех проводников проставляют около обоих концов согласно чертежу для электромонтажа или электрической схеме соединений.

Указания о присоединении проводников к соединительным устройствам могут быть приведены на чертеже, в таблице присоединений, либо в технических требованиях, либо в схематичном изображении на чертеже.

#### 2.3. Упрощенный сборочный чертеж кабеля (жгута) по

ОСТ 4.000.034-87 должен содержать упрощенное изображение кабеля (жгута); схематическое изображение соединений или таблицу соединений

проводов; изображение видов, сечений, элементов заделок (при необходимости); технические требования к конструкции, испытаниям и контролю жгута и кабельного изделия в соответствии с ГОСТ 23585-79 - ГОСТ 23594-79,

ОСТ 4Г0.010.016 и технологическими инструкциями; технические требования к разделке и монтажу кабелей в соединительные устройства в соответствии с ТУ на соединительные устройства; другие указания, уточняющие конструкцию жгута и кабельного изделия.

На упрощенном сборочном чертеже должны быть нанесены:

2.3.1 Составные части жгутов и кабельных изделий в соответствии с упрощенным графическим изображением.

2.3.2 Все размеры жгута и кабельных изделий, необходимые для изготовления изделий с указанием допустимых отклонений.

2.3.3 Маркировочные надписи соединительных устройств на их упрощенном графическом изображении или возле них.

2.3.4 Маркировочные бирки, с помощью которых производится маркировка жгутов и кабельных изделий, ответвлений жгута. Способ установки маркировочных бирок выбирается в зависимости от конструкции бирки и материала по ОСТ 4Г 0.010.016.

2.3.5 Запасные провода жгута с маркировочной биркой.

2.3.6 Расположение переходных контактов с надписью на бирке порядкового номера контакта и предупреждение о недопустимости изгиба жгута и кабельных изделий в месте расположения переходных стоек.

2.3.7 Номера позиций составных частей жгутов и кабельных изделий.

2.4 Направление ответвлений и расположение составных частей жгутов и кабельных изделий должны соответствовать фактическому их положению в собранном изделии.

Участки жгута и кабеля, имеющие дополнительную тепловую или механическую защиту, допускается обозначать буквами 'А, Б...' вместо графического изображения защиты, а в технических требованиях чертежа производится запись по примеру. "На участке "А" жгут (кабель) обжать в два

слоя лентой стеклянной, поз...” или “На участке “Б” жгут (кабель) заключить в экранирующую плетенку, поз...”.

Спецификацию составляют согласно ГОСТ 2.108-68.

### **Порядок выполнения работы**

3.1 Получить от преподавателя задание на выполнение сборочного чертежа жгута (кабеля).

3.2 Выполнить необходимые расчеты (длина жгута, диаметр жгута, расход материалов и т.д.) и занести их в отчет.

3.3 Выполнить упрощенный сборочный чертеж жгута (кабеля).

## **ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

### **П1.1 Монтаж электрической радиоэлектронной аппаратуры и приборов**

#### **Перечень стандартов.**

ГОСТ В 23584-79	Общие технические требования.
ГОСТ 23585-7	Технические требования к разделке и соединению экранов проводов.
ГОСТ 23586-79	Технические требования к жгутам и их креплению.
ГОСТ 23587-79	Технические требования к разделке монтажных проводов и креплению жил.
ГОСТ 23592-79	Технические требования к навесным электрорадиоэлементам.
ГОСТ 23594-79	Маркировка.

### **П1.2 Примеры записей в технических требованиях**

П1.2.1 *Технические требования к электромонтажу - по ГОСТ В 23584-79. Пять ПОС 61 ГОСТ 21930-76.*

П1.2.2 *Технические требования к разделке проводов и креплению жил - по ГОСТ23587-79, вариант 1.1.*

ГП.2.3 *Технические требования к конструкциям разделки и соединения экранов проводов - по ГОСТ 23585-79, вариант 3.1.*

П1.2.4 *Технические требования к жгуту - по ГОСТ23586-79. вариант 3.2. П*

1.2.5 *Технические требования к креплёною жгута -по ГОСТ 23586-79.*

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Удельные нормы расхода ниток для вязки жгутов из проводов сечением 0,35 мм<sup>2</sup> и более

Диаметр жгута, мм	Шаг вязки, мм	Расход на один погонный метр жгута, м
До 10	От 15 до 20	От 5 до 6
От 10 до 30	От 20 до 30	От 4 до 11
От 30 до 50	От 30 до 40	От 6 до 12

Удельные нормы даны для вязки жгута двойной ниткой по варианту 2.2  
ГОСТ 23586 - 79.  
Результаты расчета округлять до целого числа метров.

### Удельные нормы расхода ниток для вязки жгутов из проводов сечением менее 035 мм<sup>2</sup>

Диаметр жгута, мм	Шаг вязки, мм	Расход на один погонный метр жгута, м
До 5	От 5 до 10	От 2,5 до 4.0
От 5 до 8	От 10 до 12	От 2,3 до 3,5
От 8 до 10	От 12 до 18	От 2,4 до 3,6
От 10 до 15	От 15 до 20	От 3,0 до 4.4
От 15 до 20	От 15 до 20	От 3,3 до 5,0

Удельные нормы даны для вязки Ж1 ута двойной ниткой по варианту 2.1  
ГОСТ 23586 - 79.

Результаты расчета округлять до целого числа метров.

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Нормы расхода пленки ПМЛ ТУ22-3708-76

ПЗ. 1 Расход в зависимости от диаметра кабельного изделия Расчет производится по фактическому значению диаметра с учетом верхнего предельного отклонения на длину кабельного изделия.

ПЗ.2 Расход на заделку в соединители типа 2РМ из расчета на один соединитель:

по черт. 72,73,74 ОСТ 4Г0.010.016 - 50 мм;

по черт. 99 ОСТ 4Г0.010.016 - 25 мм.

ПЗ.3 Расход на заделку заземляющего провода по черт. 55 и заделку под бандаж по черт. 59 ОСТ 4Г0.010.016 - 25 мм.

Суммарное расчетное значение расхода округлять до десятых долей метра.

### ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Удельные нормы расхода электроизоляционных лент для защиты жгута обматыванием по варианту 3.2 ГОСТ 23586-79 с перекрытием 50%

Таблица П4

Диаметр жгута, мм	<sup>1</sup> Ширина ленты, мм	Расход ленты на один погонный метр жгута, м
10	10	6,28
	15	4,19
	20	3,14
20	10	12,60
	15	8,46
	20	6,30
30	15	12,60
	20	9,40
	30	6,30
40	15	16,70
	20	12,60
	30	8,40

50	15	20,80
	20	15,70
	30	10,50

Для диаметров жгутов, не приведенных в таблице, определять по формуле:

$$q = \pi * D * K * L/b,$$

где: q - удельные нормы расхода лент, м;

D-диаметр жгута, мм;

b - ширина ленты, мм;

L - длина обматываемого участка, мм;

K - коэффициент пропорциональности, определяемый по формуле:

$$K = 100/ П,$$

где П—перекрытие ленты, %.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

### П5.1 Длины единичных проводов при заделке в соединители типа 2РМ по ОСТ 4Г0.010.016

При длине кабеля (жгута) до 5000 мм длина провода увеличивается на 50 мм.

При длине кабеля (жгута) более 5000 мм длина провода увеличивается на 100 мм.

Длина провода для разделки в одном соединителе - 50 мм.

Длина провода, спаиваемого в свободный (резервный) контакт соединителя - на 100 мм.

Длина заземляющего провода (при наличии в жгуте экранированных проводов): при трех экранах - 100 мм; при количестве экранов более трех - 150 мм.

### П5-2 Расчет длины витой пары проводников

Производится аналогично расчету длины единичного провода. Общее количество Затраченного в витой паре провода определяется по формуле:

$$L = 2,3 * l,$$

где: 2,3 — коэффициент, учитывающий количество проводов и их свивку,  
l-длина единичного провода.

### П5.3 Расчет диаметра наборного кабеля (жгута)

Диаметр жгута D в мм, следует определять по формуле:

$$D = (1,2 / 1,3) * C_{cp} * n^{1/2},$$

где: n - число проводов, шт;

$C_{cp}$  - среднее арифметическое значения диаметра провода мм.;

1,2 \* 1,3 - коэффициент заполнения.

Примечание: при расчете диаметра наборного кабеля (жгута) витая пара проводов учитывается как один провод, диаметр которого равен удвоенному диаметру единичного провода витой пары.

**Лабораторная работа №4**  
**«Разработка элементов конструкторской документации изделий с электрическими обмотками»**

**Цель работы:** изучение конструкций различных изделий с электрическим\* обмотками» освоение инженерного расчета силового трансформатора и порядка разработки основных элементов конструкторской документации на такие изделия.

**Порядок выполнения работы**

2.1 Изучив путем внешнего осмотра, и частичной разборки конструкцию трансформатора» дросселя, катушки индуктивности колебательного контура, электромагнита, электромагнитного реле и пр.

2.2 Выполнить эскизы, представляющие основные элементы конструкции: магнитопровод с обмотками, электрическая изоляция, электрические выводы обмоток, несущие конструкции и элементы крепления.

2.3 Выполнить расчет силового трансформатора и эскизы его конструкции: каркаса катушки; катушки на каркасе с обмотками и изоляцией; обоймы магнитопровода; сборочный эскиз трансформатора.

Таблица 1 . Исходные данные для индивидуальных заданий

Частота питающей сети, Гц	Тип магнитно-провода	Напряжения и токи вторичных обмоток			
50	Ш	5 В /1 А	24 В /1,2 А	6,3 В /0,5 А	20 В /5 А
400	ШЛ	24 В/0,8 А	30 В/0,2 А	12 В/1,5 А	9 В/0,2 А
50	ШЛ	5 В/0,2 А	2,5 В/1 А	15 В/0,5 А	24 В/1,2 А
400	Ш	30 В/0,5 А	150 В/0,2 А	15 В/0,1 А	9 В/0,3 А
50	ШЛ	27 В/0.6 А	12 В/1,2 А	6,3 В/0.4 А	9 В/0.15 А

400	Ш	5 В/0.15 А	9 В/0,25 А	150 В/0,3 А	12 В/1 А
-----	---	------------	------------	-------------	----------

Напряжение питающей сети для всех трансформаторов равно 220 В.

### Формуляр расчета силового трансформатора

#### 3.1. Исходные данные

Напряжение питающей септ, В	$U_{11}$
Частота питающей сети, Гц	$f$
Напряжение вторичных обмоток, В	$U_{21}; U_{22}; \dots U_{2n}$
Токи вторичных обмоток, А	$I_{21}; I_{22}; \dots I_{2n}$

#### 3.2 Величины, подлежащие определению

Типоразмер магнитопровода	
Количество витков каждой обмотки	$\omega_{11}; \omega_{21}; \omega_{22}; \dots \omega_{2n}$
Диаметр проводов каждой обмотки, мм	$d_{11}; d_{21}; d_{22}; \dots d_{2n}$

#### 3.3 Расчет

Мощность каждой вторичной обмотки, ВА  $P_{21} = U_{21} I_{21}; P_{22} = U_{22} I_{22}; \dots P_{2n} = U_{2n} I_{2n};$

Суммарная мощность всех вторичных обмоток, ВА  $P_{2\Sigma} = \sum P_{2i}$

КПД трансформатора,  $\eta_{тр}$

Индукция, (Гс) и <sup>2</sup> В

Плотность тока в обмотках, (А/мм<sup>2</sup>) при значении  $P_{2\Sigma}$  (ВА) равно:  $\Delta$

$P_{2\Sigma}$ , ВА	$\eta_{тр}$	В $10^3$ , Гс	$\Delta$ А/мм <sup>2</sup>
До 10	0,65	6	4,0
св. 10 до 30	0,75	7	4,0
св. 30 до 50	0,80	8	3,5
св. 50 до 100	0,87	9	3,0
св. 100	0,90	11	2,5

Мощность трансформатора, ВА

$$P_{\text{тр}} = P_{2\Sigma} / \eta_{\text{тр}}$$

Активная площадь сечения, см<sup>2</sup>

$$S_c = 700[(5 P_{\text{тр}})/(fB\Delta)]^{1/2}$$

Коэффициент заполнения сечения сталью в зависимости от толщины пластин,  $\delta$ , мм:

$\delta$ , мм	0,5	0,35	0,20	0,10
k	0,92	0,86	0,75	0,65

Конструктивная площадь сечения магнитопровода, см<sup>2</sup>  $S'_c = S_c/k$

Выбрать типоразмер магнитопровода с учетом  $S'_c$  из табл.2 или 3 и его размеры с выполнением условия:

$$y_1/y \leq 2,0,$$

где  $y_1$  – ширина окна;  $y$  – толщина пакета сердечника.

Число витков на вольт для первичной обмотки, вит/В

$$N_1 = 2.2 \cdot 10^7 / (fBS_c)$$

Число витков первичной обмотки

$$\omega_{11} = U_{11} \cdot N_1$$

Число витков каждой из вторичных обмоток

$$\omega_{2i} = U_{2i} \cdot N_1 \cdot k_{2i}$$

$$k_{2i} = 1.05 \text{ при } I_{2i} \leq 0.6\text{A}; k_{2i} = 1.1 \text{ при } I_{2i} > 0.6\text{A}$$

Ток в первичной обмотке, А

$$I_{11} = 1,1 P_{\text{тр}} / U_{11}$$

Расчетные диаметры проводов каждой из обмоток, мм

$$d_i = 1.13 (I_i / \Delta)^{1/2}$$

Выбрать из таблицы 4 провода для каждой обмотки в зависимости от расчетных значений  $d_i$  по ближайшему большему значению диаметра

Толщина изоляции:

- междуслоевой,  $\Delta'_i$ , мм

Диаметр провода, мм	$\Delta'_i$
До 0,15	0,02; конденсаторная бумага КОИ-1
св. 0,15 до 0,50	0,05; телефонная бумага КТН
св. 0,50 до 0,80	0,09; пропиточная бумага ЭИП-50
св. 0,80 до 1,20	0,12; пропиточная бумага ЭИП-63Б

- междуобмоточный,  $\Delta_i$ , мм

0,3; два слоя бумаги К-12

0,72; два слоя бумаги К-12 и один

- наружной,  $\Delta_n$ , мм

слой батистовой лакоткани с половинным перекрытием

- материал каркаса,  $\Delta_{карк}$ , мм

0,5...2,0

- среднее значение воздушного зазора

между каркасом и магнитопроводом,

0,5

$\Delta_{зазор}$ , мм

$h_D = h - 2\Delta_{карк} - \Delta_{зазор}$ ,

Осевая длина обмотки, мм

$h$ -высота окна магнитопровода

Коэффициент укладки  $k_y$

$k_y$

и коэффициент выпуска в зависимости

$k_{вых}$

от диаметра провода в изоляции

$d_{изол}$

Диаметр провода в изоляции $d_{изол}$ , мм	$k_y$	$k_{вых}$
До 0,12	1,15	1,05
0,13 до 0,19	1,10	1,08
0,20 до 0,30	1,07	1,10
0,31 до 0,83	1,05	1,12
0,86 до 1,00	1,10	1,15

св. 1,00

1,15

1,15

Число витков в одном слое каждой обмотки

$$\omega_{ci} = h_D / (k_y d_{\text{изол}})$$

Число слоев каждой обмотки

$$n_i = \omega_i / \omega_{ci}$$

Радиальный размер обмотки, мм

$$\Delta_{ip} = n_i d_{\text{изол}} k_{\text{вых}} + (n_i - 1) \Delta'_i$$

Радиальный размер катушки, мм

$$\Delta_k = \Delta_{\text{карк}} + \sum_{i=1}^m \Delta_{ip} + \sum_{i=1}^{m-1} \Delta_i + \Delta_H + \Delta_{\text{зазор}},$$

$M$  – общее количество обмоток на катушке

Проверка возможности размещения катушки в окне магнитопровода

$$b - \Delta_k \geq 0,5 \text{ мм},$$

$b$  – ширина окна магнитопровода

Если условие выполняется – расчет окончен, если нет – выбрать магнитопровод с большими размерами и провести повторный расчет.

Таблица 2. Основные размеры штампованных пластин для броневых магнитопроводов

Типоразмеры пластины	Размеры, мм				
	b	h	L	H	$\delta$
Ш7	6,5	20	30	30	0,1
Ш8	8	20	32	28	
Ш9	9	22,5	36	31,5	
Ш10	10	25	40	35	
Ш12	12	30	48	42	0,2
Ш14	9	25	50	43	
Ш16	16	40	64	56	
Ш18	9	27	54	45	
Ш20	20	50	80	70	0,35
Ш22	14	39	78	67	

Ш26	17	47	94	81	0,5
Ш30	19	53	106	91	
Ш35	22	61,5	123	105,5	
Ш40	26	72	144	124	

Таблица 3. Основные размеры ленточных броневых магнитопроводов

Типоразмер	Активная площадь сечения, см <sup>2</sup>	Размеры, мм				
		b	h	L	H	δ
ШЛ 8×8	0,56	8	20	32	28	0,1
ШЛ 8×16	1,16					
ШЛ 10×10	0,87	10	25	40	35	
ШЛ 10×20	1,74					
ШЛ 12×12,5	1,30	12	30	48	42	0,2
ШЛ 12×25	2,63					
ШЛ 16×16	2,24	16	40	64	56	
ШЛ 16×32	4,50					
ШЛ 20×20	3,5	20	50	80	70	0,35
ШЛ 20×40	7,1					
ШЛ 25×25	5,5	25	62,5	100	87,5	
ШЛ 25×50	11,0 <sup>2</sup>					
ШЛ 32×32	9,1	32	80	128	112	
ШЛ 32×64	18,1					

Таблица 4. Диаметры провода марки ПЭВ-1 по меди и с изоляцией

*Размеры в миллиметрах*

по меди	с изол.						
0,05	0,070	0,25	0,29	0,53	0,58	1,12	1,20
0,07	0,095	0,31	0,35	0,59	0,64	1,20	1,28
0,10	0,125	0,35	0,39	0,69	0,74	1,40	1,48

0,14	0,165	0,41	0,45	0,80	0,86	1,56	1,64
0,18	0,210	0,44	0,48	0,90	0,96	1,68	1,76
0,20	0,230	0,49	0,53	1,00	1,08	1,74	1,82