



Кафедра конструирования
и производства радиоаппаратуры

А.А. Чернышев

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Методические указания
к практическим, лабораторным занятиям
и самостоятельной работе

ТОМСК 2012

Чернышев А.А.

Основы проектирования электронных средств: методические указания к практическим, лабораторным занятиям и самостоятельной работе – Томск: Томский гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2012. – 71 с.: ил.

Представлены указания по содержанию и методике проведения всех видов аудиторных занятий и самостоятельной работы студентов по дисциплине «Основы проектирования электронных средств» специальности 210201 – «Проектирование и технология радиоэлектронных средств». Даны примеры индивидуальных заданий и требования к оформлению отчетов, приведен словарь специальных терминов. С целью формирования навыков использования нормативных документов при выполнении учебных заданий к указаниям приложены выдержки из соответствующих государственных стандартов.

Указания могут быть использованы при изучении вопросов конструкторского проектирования электронной аппаратуры студентами всех специальностей радиотехнического профиля.

© Чернышев А.А., 2012

© Кафедра КИПР Томского гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение.....	4
2. Указания по практическим занятиям.....	5
Тема 1. Составление частного технического задания на разработку блока РЭС	5
Тема 2. Компонование РЭС и унификация конструкций.....	7
Тема 3. Проектирование лицевой панели управления РЭС.....	14
Тема 4. Проектирование электромонтажа РЭС.....	15
3. Указания по лабораторным занятиям.....	17
Работа 1. Обеспечение теплового и влажностного режима РЭС.....	17
Работа 2. Проектирование системы амортизации РЭС.....	18
4. Указания по самостоятельной внеаудиторной работе.....	19
5. Список рекомендуемых источников.....	20
6. Термины и определения.....	21
Приложение А. Пример индивидуального задания ИЗ1.....	27
Приложение Б. Пример оформления технического задания.....	31
Приложение В. Пример индивидуального задания ИЗ2.....	36
Приложение Г. Пример оформления титульного листа отчета о выполнении индивидуального задания.....	37
Приложение Д. Примеры выполнения фрагментов ИЗ2.....	38
Приложение Е. Нормальные линейные размеры. Ряды предпочтительных чисел.....	42
Приложение Ж. Ряды номиналов электрорадиоэлементов.....	44
Приложение И. Пример задания на контрольную работу по теме «Компонование РЭС и унификация конструкций».....	45
Приложение К. Пример индивидуального задания ИЗ3.....	47
Приложение Л. Пример выполнения отчета по ИЗ3.....	49
Приложение М. Пример индивидуального задания и бланки конструкторских документов для отчета по ИЗ4.....	50
Приложение Н. Пример индивидуального задания ИЗ5.....	54
Приложение О. Пример индивидуального задания ИЗ6.....	55
Приложение П. Выдержки из стандарта ГОСТ 2.413 (только для учебных целей).....	56
Приложение Р. Выдержки из стандарта ГОСТ 2.702 (только для учебных целей).....	66

1. Введение

Практические, лабораторные занятия и внеаудиторная самостоятельная работа студентов по специальности «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» выстроены в развитие лекционного материала и направлены на формирование практических инженерных компетенций будущего конструктора РЭС. В перспективе наш выпускник должен обладать:

- способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;

- способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

- готовностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;

- способностью владеть элементами начертательной геометрии и инженерной графики, применять современные программные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации;

- готовностью осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов и модулей электронных средств;

- готовностью выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и модулей электронных средств в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования;

- способностью разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы;

- готовностью осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.

Формирование и развитие соответствующих компетенций достигается самостоятельным выполнением каждым студентом комплекса индивидуальных расчетных и проектных заданий (ИЗ1-ИЗ6). Задания выполняются при консультативной помощи преподавателя с последующей инженерной оценкой степени компетентности и выставлением рейтингового балла. Оценка степени терминологической компетентности проводится путем устных контрольных опросов (УКО).

2. Указания по практическим занятиям

Тема 1. Составление частного технического задания на разработку блока РЭС

По теме 1 предусмотрено одно занятие в аудитории (2 ч).

Цель занятия: развитие умения составлять формулировки технических текстовых документов согласно установленным правилам и рекомендациям.

В начале занятия преподаватель напоминает правила построения технического задания (ТЗ), рассмотренные на лекции.

Если ТЗ составляется на часть изделия или на часть процесса проектирования (например, только на разработку конструкции по готовой электрической схеме), говорят о *частном техническом задании* (ЧТЗ). При составлении ТЗ на сложную человеко-машинную систему военного назначения говорят о разработке *тактико-технического задания* (ТТЗ).

Обычно любое ТЗ включает следующие разделы:

- 1) наименование и область применения;
- 2) основание для разработки;
- 3) цель и назначение разработки;
- 4) источники разработки;
- 5) технические и тактико-технические требования;
- 6) экономические требования;
- 7) стадии и этапы разработки;
- 8) контроль и приемка работы;
- 9) приложения (схемы и др.).

При разработке ТЗ следует уделять особое внимание четкому формулированию разделов *1* и *3*.

Раздел *1* - «**Наименование и область применения**» целесообразно формулировать следующим образом:

<Наименование изделия> <обозначение изделия> применяется в <указывается, в какой области или в составе какого изделия более высокого уровня>.

Примеры:

1 Наименование и область применения

Преобразователь измерительный АБВГ.441101.012 применяется в составе комплекса авиационной аппаратуры 2К12.

1 Наименование и область применения

Извещатель охранный ВГАБ.442203.006 применяется в автомобильной технике.

Раздел 3 - «Цель и назначение разработки» должен включать следующие формулировки:

Разработка имеет целью создание ... <указывается: изделия..., или только схемы (какой), или конструкции (какой) >.

Объект разработки должен обладать ... <указываются частные цели разработки, т.е. направления улучшения или преимущества, которые должен иметь объект разработки в сравнении с аналогичными изделиями>.

Изделие предназначено для ... <формирования..., обеспечения..., преобразования...>.

Пример:

...

3 Цель и назначение разработки

3.1 Разработка имеет целью создание конструкции измерительного преобразователя в виде вставного блока на основе системы несущих конструкций УТК-2 ГОСТ РВ 17002-2010.

В сравнении с аналогами изделие должно обладать улучшенными показателями надежности.

3.2 Изделие предназначено для преобразования медленно меняющегося напряжения, поступающего от внешнего датчика температуры, в последовательность коротких импульсов с частотой следования, пропорциональной измеряемой температуре.

После установочных пояснений каждому студенту выдается индивидуальное задание (ИЗ1) по форме, представленной в **приложении А**.

Студентам предлагается составить ЧТЗ (разделы 1 – 5) на разработку конструкции блока согласно ИЗ1.

Отчет в виде рукописного текста ЧТЗ должен быть оформлен на листах бумаги формата А4. Поля сверху, снизу, слева, справа – 20 мм.

Пример оформленного ЧТЗ представлен в **приложении Б**. Синим цветом показаны возможная правка, произведенная руководителем.

В конце занятия студенты сдают отчеты на проверку. Оценивание проводится по 5-балльной системе с последующим пересчетом в рейтинговые баллы согласно рабочей программе дисциплины. Результаты проверки доводятся до студентов на следующем практическом занятии.

План занятия:

- пояснения преподавателя - 15 мин;
- самостоятельная работа студентов по ИЗ1 - 65 мин;
- прием отчетов - 10 мин.

Тема 2. Компонование РЭС и унификация конструкций

По теме 2 предусмотрено 3 занятия в аудитории (2 ч + 2 ч + 2 ч контрольная работа).

Цель занятий: формирование навыков компоновочных работ, понимания принципов стандартизации конструкций на основе размерно-параметрических рядов; проверка степени усвоения материала.

В начале **первой части занятия** (2 ч) преподаватель выясняет, в какой степени студенты ознакомились с теорией по материалам лекций.

Процесс разработки конструкции РЭС* включает:

- **составление/уточнение ТЗ** (ЧТЗ на конструирование). Здесь рождается творческий замысел, задумываются варианты *прообраза* изделия;
- **функциональный анализ электрической принципиальной схемы** будущего изделия. Формируются требования к расположению органов управления, проводится выбор (ЭРЭ), соответствующих заданным условиям/режимам эксплуатации;
- **формирование функциональных узлов (ФУ)**. Здесь решается, какие части большой схемы будут выполняться на отдельных конструктивах, выбирается конструктивная основа (печатный узел, микроэлектронный узел или объемная конструкция) и геометрия ФУ;

Помните: разные ФУ проектируют разные специалисты!

- **размещение ФУ**. Определяется очередность размещения ФУ на основе связности (положительных и отрицательных *компоновочных взаимодействий*), составляются варианты *полного пространственного кортежа*;
- **компонование РЭС**. Производится сравнение и выбор наилучшего кортежа и прообраза; размещение в пространстве несущей конструкции, ФУ, соединителей с учетом доступа к ним при изготовлении и эксплуатации. Формируется несколько вариантов *образа изделия*, для лучших вариантов разрабатываются варианты компоновки. Компоновка оформляется теоретическим чертежом (ТЧ) или чертежом общего вида (ВО);
- **завершение разработки конструкции** – выбор наилучшего варианта компоновки, оформление конструкторских документов (КД) для сборки и межузлового электромонтажа (что крепится, к чему крепится, чем крепится/соединяется). Проводится технологический контроль документов (можно ли по ним изготовить изделие?), согласование и утверждение КД.

* Разработано на основе методики доц. Г.М. Богданова (г. Новгород).

Рассматривая вопросы размещения ФУ, следует обратить внимание, что они должны размещаться вокруг *ядра компоновки*. Рядом с ядром размещается наиболее связанный с ним ФУ, к этой паре присоединяется ФУ, наиболее связанный с ними, и т.д. Под *ядром* понимают ФУ, в котором происходит главный процесс функционирования изделия (например, видикон в телекамере).

Компоновочное взаимодействие (КВ) – воображаемое взаимодействие между ФУ, отражающее необходимость сблизить или разнести их при компоновании.

Связи имеют разную весомость (значимость). Примерная система оценок КВ (весомости связей):

- | | |
|---|----------------|
| - простой провод | + 10 баллов; |
| - провод входной цепи | + 20 баллов; |
| - коаксиальный кабель | + 30 баллов; |
| - паразитная связь (электромагнитная, тепловая и др.) | минус 3 балла. |

Примеры расчета КВ:

Пример 1

Устройства А1 и А7 связаны между собой двумя проводами (длина не существенна) и коаксиальным кабелем. А1 – тепловыделяющее устройство, параметры А7 существенно меняются в зависимости от температуры (имеет место паразитная тепловая связь). Определить их КВ.

Расчет: $KB(A1, A7) = 2 \cdot 10 + 1 \cdot 30 + 1 \cdot (-3) = 47 \text{ б.}$

Пример 2

В корпусе установлено объединение ФУ А1УА7 (читается как «А1 и А7», здесь «У» - знак объединения, заимствованный из математической теории множеств).

$KB(A1, A3) = 25 \text{ б.}$, $KB(A1, A8) = 0$, $KB(A7, A8) = 57 \text{ б.}$, $KB(A3, A7) = 20 \text{ б.}$ Какой ФУ (А3 или А8) должен быть размещен рядом с уже установленной парой?

Расчет:

$$KB(A1 \cup A7, A3) = KB(A1, A3) + KB(A7, A3) = 25 + 20 = 45 \text{ б.}$$

$$KB(A1 \cup A7, \underline{A8}) = KB(A1, A8) + KB(A7, A8) = 0 + 57 = \underline{57} \text{ б.}$$

Ответ: рядом с парой (А1УА7) должен быть размещен узел А8, обладающий бóльшим КВ с ней. Получили объединение А1УА7УА8.

Пример 3

В кортеж из 8 ФУ установлено объединение, полученное в примере 2: $A1 \cup A7 \cup A8$. Все остальные ненулевые парные КВ следующие:

$$KB(A1, A3) = 25 \text{ б.},$$

$$KB(A1, A2) = 17 \text{ б.},$$

$$KB(A1, A4) = 17 \text{ б.},$$

$$KB(A3, A5) = 14 \text{ б.},$$

$$KB(A3, A6) = 11 \text{ б.},$$

$$KB(A7, A8) = 57 \text{ б.},$$

$$KB(A3, A7) = 20 \text{ б.}$$

Какой ФУ должен быть размещен рядом с уже установленным объединением?

Решение

Необходимо рассчитать КВ всех оставшихся ФУ с имеющимся тройным объединением:

$$KB(A1 \cup A7 \cup A8, A2) = KB(A1, A2) + KB(A7, A2) + KB(A8, A2) = 17 + 0 + 0 = 17 \text{ б.}$$

$$KB(A1 \cup A7 \cup A8, \underline{A3}) = KB(A1, A3) + KB(A7, A3) + KB(A8, A3) = 25 + 20 + 0 = \underline{45} \text{ б.}$$

$$KB(A1 \cup A7 \cup A8, A4) = KB(A1, A4) + KB(A7, A4) + KB(A8, A4) = 17 + 20 + 0 = 37 \text{ б.}$$

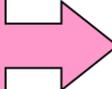
$$KB(A1 \cup A7 \cup A8, A5) = KB(A1, A5) + KB(A7, A5) + KB(A8, A5) = 0 + 0 + 0 = 0 \text{ б.}$$

$$KB(A1 \cup A7 \cup A8, A6) = KB(A1, A6) + KB(A7, A6) + KB(A8, A6) = 0 + 0 + 0 = 0 \text{ б.}$$

Ответ: рядом с тройкой $(A1 \cup A7 \cup A8)$ должен быть размещен узел $A3$, обладающий наибольшим КВ с ней. Получили объединение $A1 \cup A7 \cup A8 \cup A3$.

Последующие объединения и полную очередность вовлечения ФУ в размещение получают аналогично.

Во всех расчетах (см. примеры 1-3) фигурируют парные КВ, поэтому для удобства расчетов составляется матрица парных КВ:

Строка ядра 

	A3	A1	A2	A4
A3		57	0	40
A1			17	60
A2				-6
A4				

Ядро независимо от номера (обозначения) ФУ **обязательно** должно быть в первой строке матрицы парных КВ!

КВ ФУ с ядром рекомендуется записывать в матрицу (первая строка) с коэффициентом 1,5.

Рассмотрев приведенные выше примеры, преподаватель предлагает для закрепления решить следующую *задачу*. Для решения задачи к доске могут приглашаться один или последовательно несколько студентов.

Задача

Вычислительная система состоит из четырех блоков: A1 – блок питания, A2 – процессор, A3 и A4 – одинаковые блоки выборки-хранения. Дана таблица соединений. Известно, что при близком расположении блок процессора может вызвать сбои в работе блоков выборки-хранения из-за паразитных наводок. Система должна быть выполнена в виде горизонтального полиблока.

Определить оптимальный порядок размещения блоков в полиблоке по критерию максимума относительной взвешенной связности.

Таблица соединений

<i>Откуда идет</i>	<i>Куда идет</i>	<i>Число и вид соединений</i>
<i>= A1</i>	<i>= A2</i>	<i>2КК, 2П</i>
<i>= A1</i>	<i>= A3</i>	<i>3П</i>
<i>= A2</i>	<i>= A4</i>	<i>1КК, 2П</i>
<i>= A3</i>	<i>= A4</i>	<i>4П</i>
<i>КК – коаксиальный кабель, П – одиночный провод, ПС – паразитная связь</i>		

В конце первого занятия (2 ч) преподаватель выдает студентам индивидуальные задания (ИЗ2). Пример ИЗ2 приведен в *приложении В*, пример оформления титульного листа дан в *приложении Г*.

К следующему двухчасовому занятию предлагается изобразить два существенно различающихся варианта *полного пространственного кортежа*.

План первой части занятия (2 ч):

- опрос и пояснения преподавателя - 30 мин;
- рассмотрение примеров - 30 мин;
- решение задачи - 20 мин;
- выдача ИЗ2 - 10 мин.

В начале **второй части занятия** (2 ч) преподаватель проверяет варианты полного пространственного кортежа, подготовленные студентами при самостоятельной подготовке.

Преподаватель напоминает, что на основе полного пространственного кортежа формируется прообраз конструкции, т.е. мысленное представление о форме и соотношениях габаритных размеров будущего изделия.

Варианты прообраз – это отклик сознания конструктора на полный пространственный кортеж (рисунок 1).

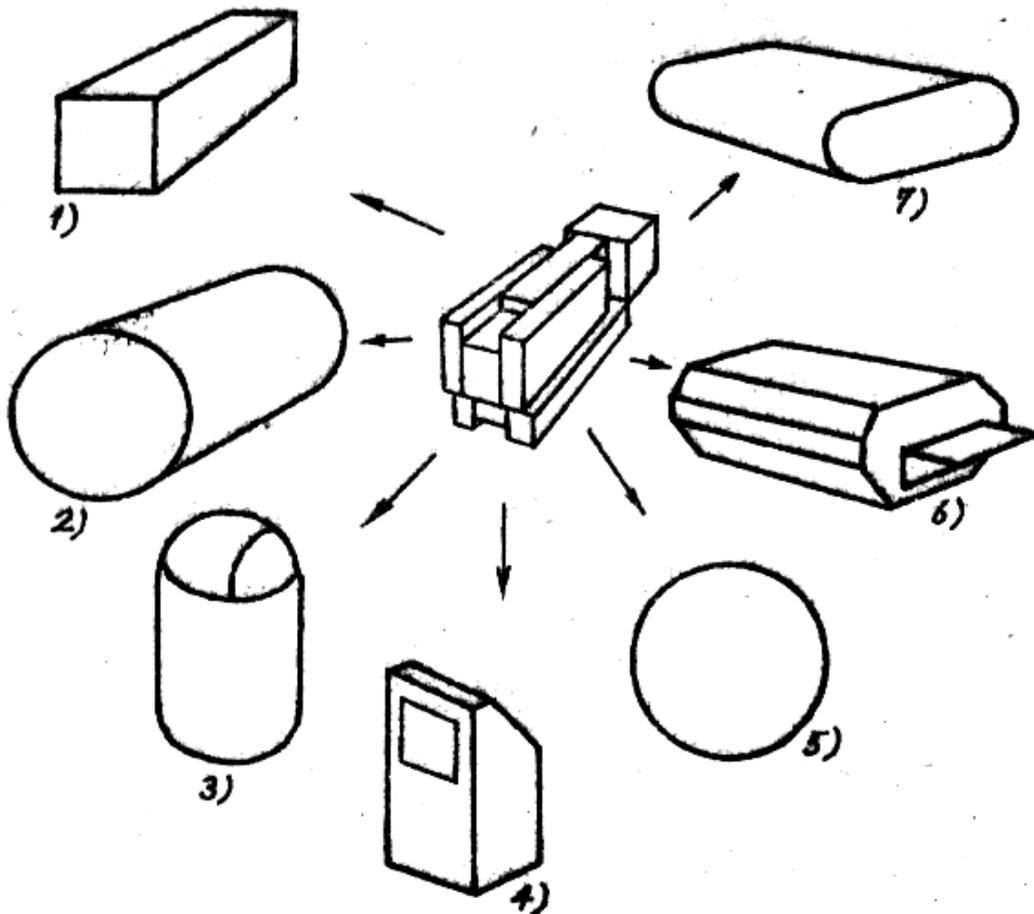
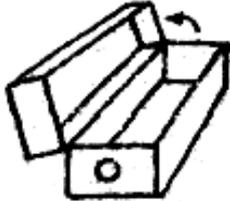
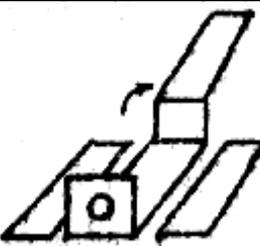


Рисунок 1 – Полный пространственный кортеж и прообразы

Образы изделия формируются на основе полного пространственного кортежа и *сборочных признаков* (таблица 1). При разработке *компоновки* образ изделия дополняется *несущей конструкцией* (НК).

Рассмотренные приемы компонования должны быть использованы при завершении работы по ИЗ2. Примеры выполнения фрагментов ИЗ2 даны в *приложении Д*.

Таблица 1 – Применение сборочных признаков для формирования образов изделия

Номер образа	Характеристика сборочного признака			Вид образа
	Фрагмент прообраза	Вид перемещения фрагмента	База/направление перемещения фрагмента	
1	Верхняя половина параллелепипеда	Поворот	Относительно линии разреза, параллельной наибольшему ребру	
2	Левая, правая боковые грани	Поворот	Относительно нижних наибольших ребер	
3	Левая, правая боковые грани	Отбрасывание	-	
	Верхняя грань	Поворот	Относительно заднего верхнего ребра	
4	Левая, правая боковые грани	Отбрасывание	-	
	Верхняя грань	Поворот	Относительно переднего верхнего ребра	
...

Далее преподаватель обращает внимание, что при выборе геометрических размеров изделия следует пользоваться рядами предпочтительных чисел – R5, R10, R20 и др. Размерные ряды строятся обычно на основе геометрической прогрессии (*приложение Е*). Аналогичным образом строятся ряды номиналов электрорадиоэлементов E6, E12, E24 и т.д. (*приложение Ж*).

Если это возможно, конструктор стремится применять выпускаемые серийно покупные корпуса и прочие комплектные НК (конструктивы).

Унифицированные ряды НК строятся на основе *метрического* (арифметическая прогрессия) или *ритмического* (геометрическая прогрессия) соотношений:

$$a_n = a_1 + (n - 1)t; \quad (1)$$

$$a_n = a_1 \cdot K_p^{(n-1)}, \quad (2)$$

где a_n – значение n -го члена размерного ряда;
 a_1 – начальное значение размера данного ряда;
 t – величина приращения (модуль) метрического ряда;
 K_p – знаменатель прогрессии ритмического ряда.

Обычно K_p определяется (см. *приложение E*) по формуле

$$K_p = 10^{1/p}. \quad (3)$$

В отечественной практике часто устанавливается $a_1 = t = 20$ мм.

Если из построенного полного размерного ряда по инженерным соображениям исключаются отдельные члены, ряд называют *усеченным*.

Преподаватель предлагает решить следующие *задачи* по размерно-параметрическим рядам в РЭС.

Задача 1

Дан ряд размеров несущей конструкции РЭС:

20, 40, 80, 120, 160 мм.

По какому соотношению – метрическому или ритмическому – построен данный ряд? Каковы начальный размер, модуль или знаменатель ряда? Является ряд полным или усеченным?

Задача 2

Построить ряд размеров несущей конструкции РЭС из 5 членов по метрическому соотношению. Ряд полный, начальный размер 50,8 мм, модуль 25,4 мм.

Задача 3

Найти второй член ряда R5 для интервала [100, 1000) мм.

Задача 4

Интервал сопротивлений резисторов [10, 100) Ом перекрывается 6-ю членами параметрического ряда. Найти 2-й член и знаменатель ряда.

В конце второй части занятия преподаватель напоминает, что на следующем практическом занятии состоится контрольная работа по теме «Компонование РЭС и унификация конструкций»; пример индивидуального задания на контрольную работу дан в *приложении И*.

Перед началом следующего занятия следует сдать отчет по ИЗ2.

План второй части занятия (2 ч):

- опрос, проверка работы студентов по ИЗ2 - 20 мин;
- консультации по вопросам ИЗ2 - 10 мин;
- пояснения преподавателя по размерным рядам - 15 мин;
- решение задач по размерным рядам - 30 мин;
- пояснения преподавателя по подготовке к контрольной работе и сдаче ИЗ2 - 15 мин.

На **третьей части занятия** (2 ч) проводится контрольная работа по теме «Компонование РЭС и унификация конструкций».

В начале занятия преподаватель предлагает сдать подготовленные отчеты по ИЗ2, затем выдает задания на контрольную работу. Контрольная работа оформляется на листе формата А4.

План третьей части занятия (2 ч):

- прием отчетов по ИЗ2 - 10 мин;
- выдача заданий на контрольную работу - 5 мин;
- выполнение студентами контрольной работы - 60 мин;
- прием контрольных работ - 15 мин.

Тема 3. Проектирование лицевой панели управления РЭС

По теме 3 предусмотрено 2 занятия в аудитории (2 ч + 2 ч).

Цель занятий: формирование навыков дизайна составных частей РЭС, находящихся в контакте с человеком-оператором.

В начале **первой части занятия** преподаватель выдает студентам индивидуальные задания ИЗ3 на проектирование лицевой панели управления (ЛПУ). Форма ИЗ3 приведена в *приложении К*.

Задание выполняется в соответствии с методическими указаниями [4].

На первом занятии (2 ч) должна быть проведена эргономическая проработка ЛПУ на основе заданного алгоритма работы оператора. На чертеже ЛПУ, выполненном в черно-белом изображении в масштабе 1:1, должны быть показаны:

- сплошными стрелками – движение рук (руки) оператора;

- пунктиром – перемещение точки взгляда оператора в процессе работы.

Целесообразно представить выполненный вариант эргономической проработки на просмотр преподавателю, чтобы своевременно выявить возможные грубые ошибки.

План первой части занятия (2 ч):

- опрос и пояснения преподавателя - 30 мин;
- выдача вариантов ИЗЗ с учетом пожеланий студентов - 15 мин;
- самостоятельная работа студентов на занятии при консультативной помощи преподавателя - 45 мин.

На **втором занятии** (2 ч) необходимо выполнить художественно-конструкторскую проработку ЛПУ, с окончательным выбором пропорций, цветового решения, вида органов управления, индикации, коммутации. Может потребоваться домашняя доработка начатого чертежа.

Пример выполненного отчета по ИЗЗ дан в *приложении Л*.

План второй части занятия (2 ч):

- опрос, проверка выполненной части работы и пояснения преподавателя - 20 мин;
- самостоятельная работа студентов на занятии при консультативной помощи преподавателя - 70 мин.

Тема 4. Проектирование электромонтажа РЭС

По теме 4 предусмотрено 2 занятия в аудитории (2 ч + 2 ч).

Цель занятий: формирование навыков разработки конструкторских документов (КД) для сборки и электромонтажа РЭС.

К занятиям необходимо подготовиться, изучив соответствующие лекции и стандарты, в частности, ГОСТ 2.702, ГОСТ 2.413 (для удобства выполнения учебных заданий выдержки приведены в *приложениях П, Р*). С оформлением схем и другой документации для сборки и электромонтажа РЭС можно познакомиться в справочнике [3].

Для работы на занятии рекомендуется заранее распечатать бланки выполняемых КД (*приложении М*).

В начале **первой части занятия** (2 ч) преподаватель выдает студентам индивидуальные задания ИЗ4 на проектирование электромонтажа РЭС. Форма ИЗ4 приведена в *приложении М* вместе с необходимыми бланками КД.

Преподаватель поясняет, что в инженерной практике проектирования электромонтажа разрабатывается, как правило, только один из КД:

- схема электрическая соединений (Э4);
- электромонтажный чертеж (МЭ) с дополнительными разделами спецификации;
- таблица соединений (ТБ).

По ИЗ4 разрабатываются все перечисленные документы. При учебной разработке каждого КД следует полагать, что другие КД из приведенного перечня отсутствуют.

На первой части занятия (2 ч) должна быть разработана и оформлена согласно ГОСТ 2.702 схема Э4 и начата разработка МЭ. Может потребоваться домашняя доработка.

План первой части занятия (2 ч):

- | | |
|--|---------|
| - опрос и пояснения преподавателя - | 20 мин; |
| - выдача вариантов ИЗ4 - | 10 мин; |
| - самостоятельная работа студентов на занятии при консультативной помощи преподавателя - | 60 мин. |

На **второй части занятия** (2 ч) должны быть полностью оформлены МЭ и дополнительные разделы спецификации, а также выполнена таблица соединений ТБ. Может потребоваться домашняя доработка.

План второй части занятия (2 ч):

- | | |
|--|---------|
| - опрос, проверка выполненной части работы и пояснения преподавателя - | 20 мин; |
| - самостоятельная работа студентов на занятии при консультативной помощи преподавателя - | 60 мин; |
| - прием отчетов по ИЗ4 - | 10 мин. |

3. Указания по лабораторным занятиям

Работа 1. Обеспечение теплового и влажностного режима РЭС

По работе 1 предусмотрено 2 занятия в аудитории (4 ч + 4 ч).

Цель занятий: формирование навыков применения тепловых моделей РЭС типа блока и выполнения сложных многоэтапных расчетов по типовым методикам.

Работа выполняется на основании ИЗ5 согласно методическим указаниям [5-7]. Форма ИЗ5 представлена в *приложении Н*.

Отчет выполняется на листах формата А4 с титульным листом согласно *приложению Г*.

На **первой части занятия** (4 ч) должен быть выполнен согласно ИЗ5 расчет теплового режима блока РЭС методом последовательных приближений. Может потребоваться домашняя доработка.

План первой части занятия (4 ч):

- | | |
|--|----------|
| - опрос и пояснения преподавателя - | 30 мин; |
| - выдача вариантов ИЗ5 - | 10 мин; |
| - самостоятельная работа студентов на занятии по ИЗ при консультативной помощи преподавателя - | 120 мин. |
| - проверка выполненных расчетов преподавателем - | 20 мин. |

На **второй части занятия** (4 ч) должен быть выполнены остальные расчеты, предусмотренные ИЗ5, и завершено оформление отчета. Допускается (после предварительной проверки преподавателем) домашняя доработка.

План второй части занятия (4 ч):

- | | |
|--|----------|
| - опрос, проверка выполненной части работы и пояснения преподавателя - | 30 мин; |
| - самостоятельная работа студентов на занятии по ИЗ при консультативной помощи преподавателя - | 130 мин. |
| - проверка выполненных расчетов и прием отчетов преподавателем - | 20 мин. |

Работа 2. Проектирование системы амортизации РЭС

По работе 1 предусмотрено 2 занятия в аудитории (4 ч + 4 ч).

Цель занятий: формирование подхода к обеспечению защиты РЭС от вибраций и ударов, практическое освоение выбора типовых амортизаторов; закрепление навыков выполнения сложных многоэтапных расчетов по типовым методикам.

Работа выполняется на основании ИЗ6 согласно методическим указаниям [8]. Форма ИЗ6 представлена в *приложении О*.

Отчет выполняется на листах формата А4 с титульным листом согласно *приложению Г*.

На **первой части занятия** (4 ч) должен быть выполнен согласно ИЗ6 расчет центра тяжести блока и статический расчет системы амортизации, произведен предварительный выбор типовых амортизаторов РЭС.

План первой части занятия (4 ч):

- | | |
|--|----------|
| - опрос и пояснения преподавателя - | 30 мин; |
| - выдача вариантов ИЗ6 - | 10 мин; |
| - самостоятельная работа студентов на занятии по ИЗ при консультативной помощи преподавателя - | 120 мин. |
| - проверка выполненных расчетов преподавателем - | 20 мин. |

На **второй части занятия** (4 ч) должен быть выполнен окончательный выбор амортизаторов, проведен поверочный расчет спроектированной системы амортизации на вибрационные и ударные воздействия. Допускается (после предварительной проверки преподавателем) домашняя доработка.

План второй части занятия (4 ч):

- | | |
|--|----------|
| - опрос, проверка выполненной части работы и пояснения преподавателя - | 30 мин; |
| - самостоятельная работа студентов на занятии по ИЗ при консультативной помощи преподавателя - | 130 мин. |
| - проверка выполненных расчетов и прием отчетов преподавателем - | 20 мин. |

4. Указания по самостоятельной внеаудиторной работе

4.1 Самостоятельная работа по дисциплине включает в себя следующие элементы:

- проработка лекционного материала и подготовка к тестовому контролю на лекциях (ТК);
- усвоение специальной терминологии и подготовка к устным контрольным опросам (УКО);
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к контрольной работе;
- выполнение и оформление индивидуальных занятий (ИЗ1–ИЗ4) по тематике практических занятий;
- подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов по индивидуальным заданиям (ИЗ5, ИЗ6);
- подготовка к экзамену.

4.2 Эффективная самостоятельная работа предполагает внимательную и активную работу студента на лекциях и групповых занятиях, аккуратное ведение и детальное изучение конспекта, изучение и усвоение специальной терминологии.

4.4 Для самостоятельной внеаудиторной работы при углубленной проработке теоретического материала рекомендуется основное учебное пособие [1] и дополнительная литература [2, 3].

4.5 Усвоение специальной терминологии требует заучить наизусть стандартные и общепринятые определения, приведенные в разделе 6 настоящих методических указаний. При проведении устных контрольных опросов (УКО1–УКО6) студенты по очереди проговаривают определения соответствующих терминов («громкий опрос»). Какими либо пособиями или техническими средствами пользоваться запрещается. Последовательность опроса известна и зафиксирована в опросной карточке, выдаваемой всем студентам перед началом опроса. За каждый ответ преподаватель объявляет оценку, которая фиксируется в оценочном листке. В конце опроса каждому студенту выставляется рейтинговый балл по данному УКО в целом.

УКО проводятся, как правило, на практических и лабораторных занятиях во время, предусмотренное планом занятия для опроса студентов (см. разделы 2, 3).

4.6 Для подготовке к практическим занятиям и лабораторным работам, а также при выполнении конкретных индивидуальных заданий рекомендуется использовать справочник [3], методические пособия и указания [4-8].

5. Список рекомендуемых источников

1. Основы проектирования электронных средств: Учебное пособие / Козлов В. Г., Кобрин Ю. П., Чернышев А. А. – Томск: ТУСУР, 2012. – 149 с. – [Электронный ресурс] <http://edu.tusur.ru/training/publications/2783> .
2. Ненашев А.П. Конструирование радиоэлектронных средств: Учебник для вузов – М.: Высшая школа, 1990. – 431 с.: ил, табл. - Экземпляры всего: 24, в т.ч. анл (7), аул (13), счз1 (2), счз5 (2).
3. Разработка и оформление конструкторской документации РЭА: Справочник / Э. Т. Романычева, Э. Т. Иванова, А. С. Куликов и др.; под ред. Э. Т. Романычевой. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 1989. - 448 с.: ил. - Экземпляры всего: 21, в т.ч. анл (6), аул (10), счз1 (2), счз5 (1).
4. Художественно – конструкторская разработка лицевой панели радиоэлектронного устройства: Методическое пособие по выполнению практического занятия / Кондаков А. К. – Томск: ТУСУР, 2009. – 19 с. <http://edu.tusur.ru/training/publications/1175> .
5. Расчёт теплового режима блока РЭС: Методическое пособие для выполнения практического занятия / Кондаков А. К. – Томск: ТУСУР, 2012. – 8 с. – [Электронный ресурс] <http://edu.tusur.ru/training/publications/1044> .
6. Материалы для расчетов тепловых режимов РЭС в групповом проектном обучении: Учебно-методическое пособие / Чернышев А. А. – Томск: ТУСУР, 2010. – 31 с. – [Электронный ресурс] <http://edu.tusur.ru/training/publications/2808> .
7. Расчет толщины влагозащитных покрытий деталей РЭС: Методическое пособие для выполнения практического занятия / Кондаков А. К. – Томск: ТУСУР, 2012. – 11 с. – [Электронный ресурс] <http://edu.tusur.ru/training/publications/1040> .
8. Выбор и расчет системы амортизации блока РЭС: Методическое пособие для выполнения практического занятия / Кондаков А. К. – Томск: ТУСУР, 2012. – 11 с. – [Электронный ресурс] <http://edu.tusur.ru/training/publications/1045> .

6. Термины и определения

Приведенные ниже термины и определения сгруппированы по темам, выносимым на устные контрольные опросы (УКО) по терминологии.

Устный контрольный опрос № 1 (УКО1)

- 1 **Проектирование** <общее определение> – процесс, кладущий начало искусственным изменениям в среде, окружающей человека.
- 2 **Проект** – уникальный процесс, состоящий из совокупности скоординированной и управляемой деятельности с начальной и конечной датами, предпринятый для достижения цели, соответствующей конкретным требованиям, включающим ограничения сроков, стоимости и ресурсов.
- 3 **Радиоэлектронное средство (РЭС)** – изделие и его составные части, в основу функционирования которых положены принципы радиотехники и электроники.
- 4 **Конструкция РЭС** – пригодная для повторения в производстве композиция соединенных элементов, обладающая в условиях внешних воздействий заданными электромагнитными и другими свойствами.
- 5 **Совместимость РЭС** – приспособленность конструкции РЭС к объекту установки и человеку-оператору.
- 6 **Надежность** – свойство сохранять во времени в заданных пределах значение всех параметров в определенных условиях.
- 7 **Безотказность** – свойство непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени – наработки.
- 8 **Долговечность** – свойство сохранять работоспособность с установленными заранее перерывами для технического обслуживания и ремонтов.
- 9 **Сохраняемость** – свойство сохранять работоспособность после хранения или транспортирования в регламентированных условиях.
- 10 **Ремонтопригодность** – приспособленность конструкции к предупреждению, обнаружению и устранению повреждений.
- 11 **Технологичность** – приспособленность конструкции к производству и эксплуатации с требуемым качеством в заданном объеме.
- 12 **Патентность** – свойство технических разработок находиться под охраной международного авторского права, если они обладают новизной, полезностью и юридически соответственно оформлены.

Устный контрольный опрос № 2 (УКО2)

Интеллектуальные качества инженера:

- 1 **Эрудиция** - исходный объем знаний, интеллектуальный потенциал.
- 2 **Память** - накопление полученной информации, ассоциирование прошлых наблюдений.
- 3 **Наблюдательность** - умение выделить главное на фоне второстепенных подробностей.
- 4 **Увлеченность** - умение радоваться удачам, переносить неудачи и преодолевать трудности.
- 5 **Воображение** - способность представить себе еще не существующий образ.
- 6 **Ясность изложения мысли** - умение формулировать умозаключения понятно для других.
- 7 **Здравый смысл (фронеzis)** - способность оценивать без предвзятости, жертвовать чем-то ради достойной цели, понимать иные точки зрения.
- 8 **Интуиция** - неосознанная обработка информации из предшествующего накопленного опыта с целью достижения многокритериальной оптимизации, происходящая на подсознательном уровне.

Компонование изделия:

- 9 **Прообраз** - мысленное представление о форме и соотношениях габаритных размеров будущего изделия.
- 10 **Образ** - конкретный вид схематического изображения изделия, содержащий сведения о доступе к функциональным узлам и элементам.
- 11 **Компоновка** - промежуточное конструктивное решение, определяющее пространственное положение функциональных узлов и несущих конструкций, а также характер их соединений (разъемные или неразъемные).
- 12 **Компонование** - процесс поиска компоновки изделия.
- 13 **Ядро компоновки** - функциональный узел, в котором протекает главный процесс функционирования изделия.
- 14 **Компоновочное взаимодействие** - воображаемое взаимодействие между функциональными узлами, учитывающее необходимость сблизить или разнести их при компоновании.
- 15 **Кортеж** - упорядоченная совокупность чего-либо.
- 16 **Полный пространственный кортеж** - упорядоченная в пространстве совокупность всех функциональных узлов изделия, которая является основой для компонования.

Устный контрольный опрос № 3 (УКОЗ)

Методология проектирования:

- 1 **Методология** – учение о логической организации, методах и средствах деятельности.
- 2 **Система** – совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов.
- 3 **Системный подход** – направление методологии, ориентирующее на выявление и одновременный учет многообразных связей целостного объекта и его элементов.

Комплектность конструкторских документов:

- 4 **Основной конструкторский документ изделия:** для детали – чертеж детали, для сборочной единицы, комплекса или комплекта – спецификация.
- 5 **Основной комплект конструкторских документов** – совокупность конструкторских документов, относящихся к изделию в целом.
- 6 **Полный комплект конструкторских документов** – объединяет основной комплект конструкторских документов изделия и совокупность основных комплектов конструкторских документов на все его составные части.

Стадии разработки:

- 7 **Техническое предложение** – обоснование возможности создания и предложение вариантов конструкции изделия.
- 8 **Эскизный проект** – совокупность конструкторских документов, содержащих *принципиальные* технические решения, дающие *общее* представление о будущем изделии.
- 9 **Технический проект** – совокупность конструкторских документов, содержащих *окончательные* технические решения, дающие *полное* представление о будущем изделии, а также данные для разработки рабочей документации.

Контроль качества проекта:

- 10 **Анализ** – установление пригодности рассматриваемого объекта для достижения запланированных целей.
- 11 **Верификация** – подтверждение на основе объективных свидетельств того, что установленные требования были выполнены.
- 12 **Валидация** – подтверждение на основе объективных свидетельств того, что требования, предназначенные для конкретного использования, выполнены.

Части конструкции РЭС:

- 13 **Несущая конструкция (конструктив)** – элемент конструкции или совокупность элементов конструкции, предназначенные для размещения технических средств и обеспечения их устойчивости и прочности в заданных условиях эксплуатации.
- 14 **Базовая (типовая) несущая конструкция** – несущая конструкция, габаритные размеры которой стандартизованы.

Устный контрольный опрос № 4 (УКО4)

- 1 Время сенсомоторной реакции** – время выполнения определенного движения в ответ на внезапно появляющийся сигнал с максимальной возможной для человека скоростью.
- 2 Композиция** – построение целостного произведения, элементы которого находятся во взаимосвязи и гармоническом единстве

Требования технической эстетики:

- 3 Выразительность** – способность изделия (композиции) внешним видом наглядно отображать качество.
- 4 Оригинальность** – совокупность своеобразных элементов формы и их отношений, дающих возможность отличить данное изделие от ряда подобных по назначению.
- 5 Гармоничность** – согласованность формы изделия с элементами формы и с объектом установки (средой).
- 6 Стилиевое единство** – соответствие признаков формы изделия исторически сложившимся социально-экономическим и идейно-эстетическим принципам.
- 7 Современность стиля** – согласованность между общим стилем изделия и уровнем развития стиля мира материальной культуры.

Средства композиции:

- 8 Масштабность** – зрительно-пространственное соответствие размеров изделия размерам тела человека и окружающим предметам.
- 9 Пропорциональность** – соразмерность частей формы между собой и с целым.
- 10 Ритм** – выделение и связь элементов формы путем их повторения, чередования, нарастания, убывания.
- 11 Контраст** – значительное различие элементов композиции по форме, размерам, цвету.
- 12 Нюанс** – незначительное различие.
- 13 Симметрия** – правильное расположение элементов композиции относительно центра или оси.
- 14 Асимметрия** – отсутствие симметрии.
- 15 Цветовое решение** – сочетание цветов окраски изделия, обеспечивающее требуемое эмоциональное воздействие и безопасность пользователя.

Устный контрольный опрос № 5 (УКО5)

1 Печатная плата; ПП: Изделие, состоящее из системы проводящих рисунков, расположенных в объеме и на поверхности основания, предназначенное для электрического соединения и механического крепления устанавливаемых на нем навесных ЭРЭ.

Примечание — К ЭРЭ (ЭРИ, ЭКБ) относятся изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические изделия.

2 Основание печатной платы: Элемент конструкции печатной платы, на поверхности или в объеме которого расположена система проводящих рисунков.

3 Проводящий рисунок печатной платы: Рисунок печатной платы, образованный проводниковым материалом на основании или в объеме.

Примечание — Проводящий рисунок состоит из печатных проводников, контактных площадок, экранов, металлизированных отверстий, теплоотводящих и других печатных компонентов.

4 Односторонняя печатная плата; ОПП: Печатная плата, на одной стороне основания которой выполнен проводящий рисунок.

5 Двусторонняя печатная плата; ДПП: Печатная плата, на обеих сторонах основания которой выполнены проводящие рисунки.

6 Многослойная печатная плата; МПП: Печатная плата, состоящая из чередующихся проводящих и непроводящих рисунков, соединенных в соответствии с электрической схемой печатного узла.

7 Гибкий печатный кабель, ГПК: Гибкая печатная плата, проводящий рисунок которой состоит из печатных проводников, предназначенная для электрического соединения печатных узлов.

8 Печатный проводник: Одна полоска в проводящем рисунке печатной платы.

9 Контактная площадка печатной платы: Часть проводящего рисунка печатной платы, используемая для электрического подсоединения устанавливаемых навесных ЭРЭ.

10 Металлизированное отверстие печатной платы: Отверстие в печатной плате с проводниковым материалом на его стенке.

11 Монтажное отверстие печатной платы: Отверстие, предназначенное для электрического подсоединения к проводящему рисунку ПП выводов навесных ЭРЭ.

12 Маркировка печатной платы: Совокупность знаков и символов на печатной плате.

Примечание — К символам относятся буквы, цифры и т. д.

13 Печатный узел: Печатная плата с подсоединенными к ней электрическими, механическими элементами и другими печатными платами.

14 Паяльная защитная маска печатной платы: Термостойкое покрытие, наносимое избирательно для защиты отдельных участков печатной платы в процессе пайки.

Устный контрольный опрос № 6 (УКО6)

- 1 Электрическое соединение** – часть конструкции, предназначенная для обеспечения электрически неразрывных связей.
- 2 Электромонтаж** – технологический процесс выполнения электрических соединений.
- 3 Контакт** – место непосредственного соприкосновения конструктивно разнородных участков электрической цепи.
- 4 Тепловой режим РЭС** – пространственно-временное распределение температуры в РЭС, соответствующее пространственно-временному распределению тепловыделения.
- 5 Нормальный тепловой режим элемента РЭС** – режим, при котором температура элемента лежит в пределах, допустимых по его ТУ, и обеспечена работа элемента с требуемой надежностью.
- 6 Нормальный тепловой режим РЭС** – режим, при котором обеспечен нормальный тепловой режим всех без исключения элементов РЭС.
- 7 Стационарный тепловой режим** – режим, при котором характеризующее его температурное поле не изменяется во времени.
- 8 Вибропрочность** – отсутствие разрушений и соударений конструкции под действием вибрации.
- 9 Виброустойчивость** – нормальное функционирование РЭС в условиях помех и шумов, вызванных вибрацией.
- 10 Жесткость (упругость) конструктива** – отношение приложенной силы к вызванной ею деформации (т.е. к величине растяжения-сжатия, изгиба, сдвига или кручения).
- 11 Прочность** – величина механической нагрузки, которую конструктив выдерживает без остаточной деформации или без разрушения.
- 12 Силовая характеристика амортизатора** – зависимость реакции амортизатора от величины его статического прогиба (деформации).
- 13 Равночастотность амортизатора** – постоянство частоты собственных колебаний в некотором диапазоне статических нагрузок.
- 14 Силовая ударная характеристика амортизатора** – зависимость силовой реакции амортизатора от его деформации при ударе относительно точки номинального статического нагружения.
- 15 Характеристика ударной энергоемкости амортизатора** – зависимость потенциальной энергии, накапливаемой амортизатором, от его деформации при ударе относительно точки номинального статического нагружения.

Индивидуальное задание № 1

Составление частного технического задания
на разработку блока РЭС

Блок управления газоанализатором

Изделие должно быть выполнено в виде частичного (вставного) блока в составе комплекса возимой аппаратуры для контроля параметров окружающей среды в системе МЧС и городских коммунальных служб.

Блок представляет собой часть системы, описанной в статье – источнике разработки.

Предполагается размещение блока в стойке С-2 изделия "Вишня" ТУ50-6-80, типовая конструкция – блок БЧ-7.

На передней панели блока требуется разместить встроенный пульт управления газоанализатором, а также разъем для подключения выносного пульта. На панели должна быть индикация подачи на блок электропитания от автомобильного аккумулятора 24 В и напряжений, формируемых для питания лазера и фотоприемников.

При разработке требуется обеспечить меньшую массу и объем изделия по сравнению с аналогичной аппаратурой.

Копия источника разработки прилагается.

ЛАЗЕРНЫЙ ГАЗОАНАЛИЗАТОР ДЛЯ ПОИСКА УТЕЧЕК ГАЗА ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

© 1999 г. И. А. Бубличенко, Б. Е. Мохноножкин

*Московский государственный инженерно-физический институт (технический университет)
Россия, 115409, Москва, Каширское ш., 31*

Описан высокочувствительный быстродействующий абсорбционный газоанализатор углеводородов на основе He-Ne-лазера (диапазон измерений 3-1000 ppm, относительная погрешность измерений в диапазоне 3-10 ppm — <20%, в диапазоне 10-1000 ppm — <10%, время установления показаний <2 с, габариты 600 × 240 × 135 мм, масса 13 кг). Полученные характеристики достигнуты в результате применения двухканальной оптической схемы с двухзеркальной многоходовой кюветой, двухканального синхронного детектирования и цифровой обработки сигналов. Прибор может применяться при поиске утечек газа из подземных газопроводов, а также в экологических исследованиях атмосферы и грунтов, в нефтегазовой геологоразведке.

Для безопасной эксплуатации газотранспортных систем необходимо патрулирование газопровода с целью своевременного обнаружения утечек газа. В городских условиях о герметичности газовой сети судят по концентрации газа, накапливающегося в подземных инженерных сооружениях (подвалах, колодцах, коллекторах). Немало колодцев расположено на проезжей части дорог и улиц, вдоль которых обычно и прокладываются распределительные газопроводы. В этих случаях незаменимы автомобильные лабораторий-искатели, способные вести непрерывный контроль на ходу.

Последнее обстоятельство налагает особые требования к автомобильному газоанализатору: отсутствие помех в режиме транспортировки, экспрессность и производительность применяемой газоаналитической аппаратуры для возможности контроля магистралей большой протяженности. Чувствительность по газу должна быть на уровне долей естественного фона метана ($\sim 10^{-5}$ % об. = 0.1 ppm), поскольку отбор проб на ходу сопровождается многократным разбавлением атмосферным воздухом. Кроме того, необходима высокая селективность анализа, так как состав почвенных газов, являющихся буферной средой при обследовании подземных сооружений, сильно варьируется по кислороду (от 1 до 20% об.) и углекислому газу (от 0.03 до 30% об.), что искажает показания таких детекторов, как плазменно-ионизационные или полупроводниковые...

Цель нашей работы — создание компактного и недорогого лазерного абсорбционного газоанализатора углеводородов (ЛГАУ), пригодного для непрерывных измерений фоновых концентраций метана как автономно, так и в составе автолаборатории или на борту самолета или вертолета.

В основу прибора положены прямой абсорбционный метод детектирования углеводородов, двухканальная оптическая схема с двухзеркальной многоходовой кюветой (м.х.к.), двухканальное синхронное детектирование и цифровая обработка сигнала...

Оптическая часть ЛГАУ (см. рис. 1) идентична оптической части аналоговой версии прибора [5] и содержит источник излучения 1 — лазер, излучающий на длине волны 3.3922 мкм, три сферических зеркала 2, 5, 6, м.х.к. 3 и два фотоприемника 7, 8...

Промодулированное излучение лазера 1 направляется зеркалом 2 в м.х.к. 3 сквозь входное окно 4. Вышедший из нее измерительный пучок направляется зеркалом 5 на измерительный фотоприемник 7. Опорный пучок направляется зеркалом 6 на опорный фотоприемник 8, минуя м.х.к. По обоим оптическим каналам на фотоприемниках формируются изображения одного и того же сечения исходного лазерного пучка с равными увеличениями. Измерительный фотоприемник оптически сопряжен с задней главной плоскостью м.х.к., а опорный — с плоскостью, удаленной от лазера как передняя главная плоскость м.х.к. Увеличение подобрано из условия отсутствия апертурных ограничений на приемной площадке фотоприемника для светового пятна максимального размера.

Лазер изготовлен на основе серийного лазера ЛГИ-201 с возбуждением поперечным высокочастотным полем (завод «Кентавр», Ровно, Украина)...

Модуляция мощности лазера со скважностью 2 на частоте 40 Гц осуществляется путем модуляции напряжения питания от 15 до 27 В. Для усреднения флуктуации мощности генерации лазера, связанных с изменением длины резонатора, применен пассивный модуляционный метод стабилизации, заключающийся в быстрой (по сравнению с постоянной интегрирования прибора) модуляции оптической длины резонатора [8]. Для этого узел выходного зеркала доработан: выходное зеркало закреплено через пьезопакет ПП-4, на который с усилителя сигнала модуляции подается переменное напряжение треугольной формы с амплитудой ~ 200 В на частоте 83 Гц, что

обеспечивает модуляцию длины резонатора с амплитудой ~ 0.85 мкм.

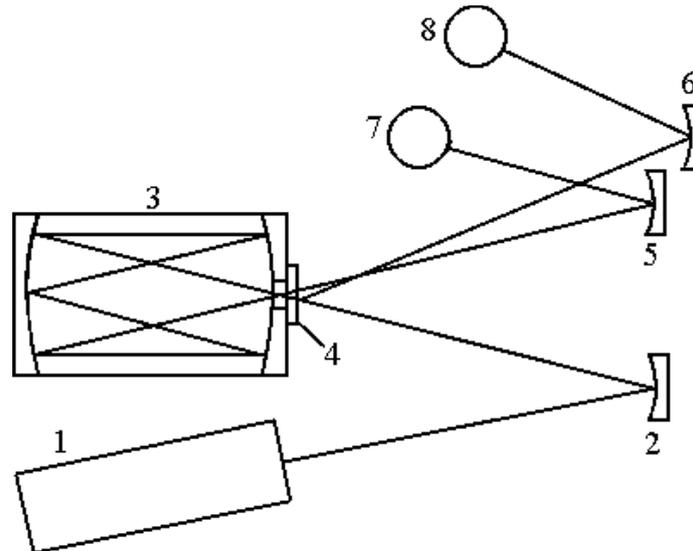


Рис. 1. Схема оптической части ЛГАУ. 7 - лазер, 2, 5, 6 — сферические зеркала, 3 — м.х.к., 4 — входное окно, 7,8 — измерительный и опорный фотоприемники.

Структурная схема электронной части ЛГАУ приведена на рис. 2.

Источники вторичного питания ИВП формируют необходимый набор напряжений для работы схемы. Модулятор-стабилизатор мощности лазера МСМ служит для получения модулированного излучения и, как и усилитель сигнала модуляции УСМ, управляется контроллером.

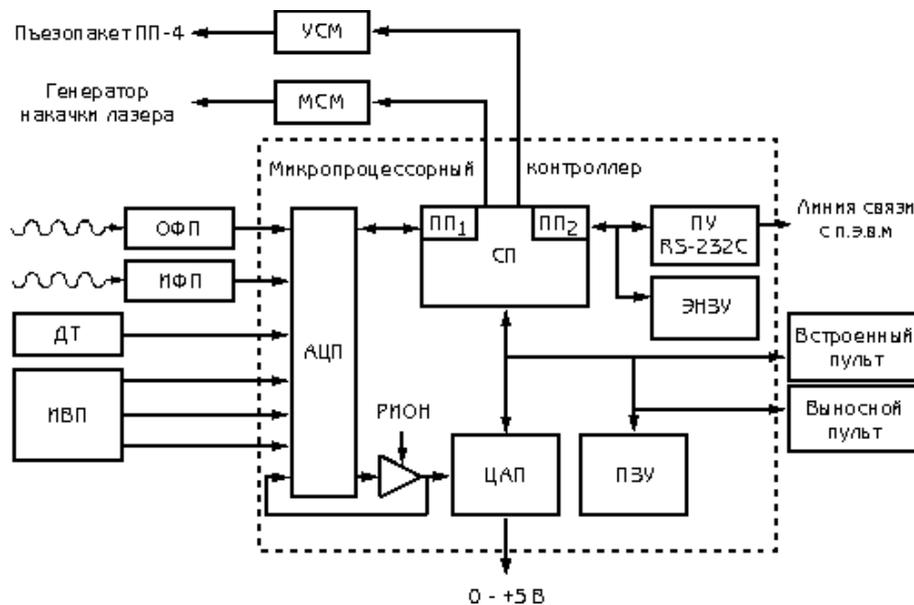


Рис. 2. Структурная схема электронной части ЛГАУ. ИВП — источники вторичного питания, УСМ — усилитель сигнала модуляции, МСМ — модулятор-стабилизатор мощности лазера, ОФП, ИФП - опорный и измерительный фотоприемники, ДТ — датчик температуры, СП - сигнальный процессор, ПП1, ПП2 — последовательные порты, АЦП — аналого-цифровой преобразователь, ЦАП — цифро-аналоговый преобразователь, ЭНЗУ- энергонезависимое запоминающее устройство, ПУ — преобразователь уровней, ПЗУ — постоянное запоминающее устройство, РИОН — регулируемый источник опорного напряжения.

Микропроцессорный контроллер содержит 16-разрядный сигнальный процессор ADSP-2101 (СП) фирмы Analog Devices с тактовой частотой 16 МГц, 8-канальный 12-разрядный аналого-цифровой преобразователь AD7890 (АЦП), 12-разрядный цифроаналоговый преобразователь KP572ПА2 (ЦАП), энергонезависимую память 93С56 (ЭНЗУ), преобразователь уровней RS-232C типа AD202 (ПУ) и интерфейсную логику с встроенным

и выносным пультами (на рис. 2 не показана). При подаче напряжения питания или нажатии кнопки аппаратного сброса сигнальный процессор контроллера загружает программу из внешнего постоянного запоминающего устройства ПЗУ 27C128...

С помощью ЦАП реализован стандартный аналоговый выход 0-5 В на внешний комплекс сбора данных. Концентрация определяется на основе закона Бугера-Бера из соотношения сигналов двух каналов детектирования, Постоянная времени интегрирования 0.5 с.

Управление газоанализатором осуществляется при помощи шести кнопок встроенного пульта на передней панели. Текущее состояние прибора, значения концентрации, измеренные усредненные напряжения на входах АЦП, настройки синхронного детектора, а также параметры фотометрической схемы и уставки предупредительной и аварийной сигнализации отображаются на дисплее встроенного пульта...

Предусмотрено пять режимов работы: запуск; измерение, индикация и передача вычисленных значений текущей концентрации, температуры, напряжений питания, а также измеренных напряжений по всем входам АЦП; коррекция показаний; коррекция нуля сигналов; просмотр и коррекция параметров. Передача данных по последовательному каналу осуществляется по окончании цикла измерений. В пакет данных общим размером 210 байт входят 30 параметров и констант, скорость передачи 38400 бод, цикл передачи 0.5 с, длительность передачи ~0.1 с.

Выносной пульт ЛГАУ, использующийся при работе в составе автолаборатории, имеет индикатор, показывающий значение текущей концентрации, световую и звуковую сигнализации превышения концентрацией заданных уровней и единственную кнопку коррекции нуля.

Прибор может применяться автономно, или в составе авто- или авиалабораторий экологического контроля для оперативного обследования трасс магистральных и городских газопроводов с целью обнаружения утечек газа, а также в задачах поиска нефтегазовых месторождений. Питание может осуществляться от сети постоянного тока номинальным напряжением 24 или 27 В (автомобильного аккумулятора напряжением 24 В или бортовой авиационной сети напряжением 27 В). Рабочий Диапазон температур от -10 до +40°C. Показания не зависят от положения газоанализатора в пространстве.

Метрологические характеристики нормированы для метана: диапазон измерений 3-1000 ppm, относительная погрешность измерений в диапазоне 3-10 ppm — <20%, а в диапазоне 10-1000 ppm — <10%, время установления показаний <2 с, время прогрева <2. мин, потребляемая мощность <40 Вт, габариты 600 × 240 × 135 мм, масса ~13 кг. Прибор метрологически аттестован.

Опытные работы по поиску утечек газа проводились совместно с городскими газовыми службами Рязани и Санкт-Петербурга. Прибор размещался в автофургоне «УАЗ-452» и питался от аккумулятора 24 В. В Санкт-Петербурге ЛГАУ использовался в автолаборатории «Искатель» одновременно со штатным серийным газоанализатором с общей системой пробоотбора.

Испытаниями было установлено, что газоанализатор ЛГАУ устойчив к тряске и вибрациям, не реагирует на перепады температуры, влажности и атмосферного давления, а по сравнению с газоанализаторами ЛГА и 323 ЛА 03 (разработки УкрНИИАП) обладает более высокой стабильностью и воспроизводимостью показаний, на порядок более низким дрейфом нуля (в том числе после длительных перерывов в работе), втрое меньшей массой и вчетверо меньшим объемом.

Разработка прибора частично финансировалась по программе министерства общего и профессионального образования РФ «Конверсия и высокие технологии. 1997-2000 гг.» и имела поддержку грантом 1995 г. по фундаментальным исследованиям в области приборостроения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. McManus J. B., Keabian P. L., Kolb C. E., // Appl. Optics. 1989. V. 28. № 23. P. 5016.
2. Anderson S. M., Zahniser M. S. // Proc. of Soc. of Photo-Optical Instrumentation Engineers. 1991. V. 1433. P. 167.
3. Dang-Nhu M., Pine A. S., Robiette A. G. // J. of Molecular Spectroscopy. 1979. V, 77. № 1. P. 57.
4. Попов А. И., Садчихин А. В. // Журн. прикл. спектроскопии. 1991. Т. 55. № 3. С. 426.
5. Бубличенко И. А. // Приборы и системы управления. 1998. № 9. С. 81.
6. Бубличенко И. А. // Оптика и спектроскопия. 1990. Т. 68. № 5. С. 1126,
7. McManus J. B., Keabian P. L. // Appl. Optics. 1990. V. 29. № 7. P. 898.
8. Козубовский В. Р., Эрдеви Н. М., Булыга А. А., Попадинец Ю.Ю. // Приборы и системы управления. 1983. № 12. С. 24.
9. Herriott D. R., Kogelnik H., Kompfner R. // Appl, Optics. 1964.V.3.№ 4.P. 523.

Приложение Б

Пример оформления технического задания

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего профессионального образования
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры (КИПР)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой КИПР
профессор

В.Н.Татаринов
02.12.2022

ЧАСТНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ
на разработку конструкции изделия
«Регулятор усиления ФЭУ»
РКФ КП 468122.013

Разработчик
Студент группы 23Э-7
 А.Б.Петров
23.11.2022

С замечаниями (см. по тексту)

Руководитель
Доцент кафедры КИПР
Б.Иванов Б.Г.Иванов
30.11.2022

1 Наименование и область применения

1.1 Регулятор усиления ФЭУ РКФ КП 468122.013 применяется в составе комплекса возимой радиоэлектронной аппаратуры для исследования оптики атмосферы.

2 Основание для разработки

2.1 Задание на курсовое проектирование по курсу «Информационные технологии проектирования РЭС», ТУСУР, кафедра КИПР, 15.11.2022.

3 Цель и назначение разработки

3.1 Цель разработки - создание конструкции регулятора усиления ФЭУ на основе несущей конструкции второго уровня (корпус блока) с подробной проработкой печатного узла.

3.2 Разработка должна быть выполнена с применением САПР Solid Works и Altium Designer.

3.3 Изделие предназначено для формирования напряжений, обеспечивающих стабилизацию спектральной чувствительности ФЭУ в широкой области спектра на основе сигнала с фотодатчика опорного излучения.

4 Источники разработки

4.1 Мезрин М. Ю. Автоматический регулятор усиления фотоумножителя для исследования относительной спектральной плотности излучения // ПТЭ. – 2007. – № 1 – С.158-161.

5 Технические требования

5.1 Состав изделия и требования к конструктивному устройству

5.1.1 Электрическая схема изделия задана Заказчиком (приложение).

5.1.2 Регулятор усиления ФЭУ должен быть выполнен в виде отдельного блока (прибора) в покупном пластмассовом корпусе минимального объема с габаритной глубиной не свыше 80 мм.

5.1.3 Основание корпуса блока должно иметь «лапки» для крепления прибора на вертикальной стенке приборной кабины автофургона.

5.1.4 Корпус должен закрываться крышкой с герметизирующей эластичной прокладкой.

5.1.5 На боковой грани корпуса, обращенной вниз при монтаже изделия на объекте, должны быть предусмотрены разъемы типа 2РМ для электрического соединения прибора с системой электропитания и прочей аппаратурой комплекса.

5.1.6 Масса прибора должна быть определена в процессе разработки.
Масса изделия подлежит согласованию с Заказчиком не позднее трех недель с даты принятия настоящего ТЗ к исполнению.

5.1.7 Печатный узел (ПУ) должен быть выполнен на жесткой двусторонней печатной плате (ПП).

5.1.8 Площадь ПП должна быть минимально возможной при заданной электрической схеме. Класс точности проводящего рисунка – 2 по ГОСТ 23752-79.

5.2 Показатели назначения

5.2.1 Входное напряжение регулятора усиления ФЭУ (выходное напряжение фотодатчика опорного излучения) – медленно меняющееся постоянное напряжение в диапазоне от минус 1 В до +1 В.

5.2.2 Выходное напряжение прибора (потенциал анода управляемого ФЭУ) – медленно меняющееся постоянное напряжение в диапазоне от +10 В до +20 В.

5.2.3 Напряжения питания прибора : +30 В, минус 30 В, +15 В, минус 15 В.

5.3 Требования к надежности

5.3.1 Срок службы изделия – 10000 ч.

5.3.2 Время непрерывной работы – 100 ч.

5.3.3 Значения вероятности безотказной работы прибора в течение срока службы и времени непрерывной работы по 5.3.1, 5.3.2 должны быть определены в процессе разработки *и подлежат согласованию с Заказчиком не позднее двух недель с даты принятия настоящего ТЗ к исполнению.*

5.4 Требование к технологичности

5.4.1 Общая трудоёмкость изделия должна быть минимальной и уточняется в процессе разработки и изготовления макетов.

5.4.2 ПУ должен быть разработан с применением технологии автоматизированного проектирования на базе САПР Altium Designer. В ходе проектирования ПУ должны быть проработаны следующие вопросы технологичности конструкции:

а) выбор вариантов установки электрорадиоэлементов (ЭРЭ) с определением габаритных и установочных размеров по ГОСТ 29137-91;

б) определение необходимых диаметров монтажных и переходных отверстий исходя из условий качественной пайки; минимизация количества типоразмеров отверстий ПП;

в) выбор формы и размеров контактных площадок исходя из варианта монтажа выводов (планарный или в отверстие) с учетом необходимой площади для получения качественной пайки;

г) определение расстояния между элементами проводящего рисунка исходя из технологических ограничений (класса точности), электрической прочности и допустимых паразитных емкостей;

д) формирование пользовательской библиотеки ЭРЭ проекта;

е) настройка программ САПР Altium Designer, автоматизированное формирование конструкторских и технологических документов;

ж) выбор припоя, защитных покрытий и маркировки ПП, и ПУ, корректировка конструкторских документов;

з) верификация и технологическая оценка качества разработки ПУ.

5.5 Требования к уровню унификации и стандартизации

5.5.1 В изделии должны быть максимально использованы покупные составные части, стандартные или унифицированные конструктивные решения. Разработка и применение оригинальных деталей подлежит согласованию с Заказчиком.

5.5.2 Показатели стандартизации и унификации (коэффициент применяемости и коэффициент повторяемости по составным частям изделия) должны быть определены в процессе разработки.

5.6 Требования безопасности

5.6.1 Конструкция блока должна соответствовать общим требованиям безопасности по ГОСТ 12.2.007.0-75.

5.7 Эстетические и эргономические требования

Компоновка органов управления контроля и настройки, конструкции лицевой панели должна соответствовать современным требованиям эргономики и технической эстетики.

5.8 Требования к составным частям и материалам изделия

5.8.1 Полупроводниковые приборы и ЭРЭ, используемые в изделии, не должны иметь запрета на применение в новых разработках. *Допускается использование импортной элементной базы.*

5.9 Условия эксплуатации и хранения

5.9.1 Блок регулировки усиления ФЭУ должен устойчиво работать при следующих внешних воздействиях для возимой аппаратуры по ГОСТ 16962-71:

а) по вибрационным нагрузкам – степень жесткости IV (диапазон частот 1-80 Гц, максимальное ускорение 5g);

б) по ударным нагрузкам:

1) многократным - степень жесткости I (ускорение не более 15g, длительность удара 2-15 мс)

2) одиночным – степень жесткости I (ускорение не более 4g, длительность удара 40-60 мс);

в) по линейным (центробежным) нагрузкам - степень жесткости I (ускорение не более 10g);

г) по температуре воздуха при эксплуатации, верхнее значение – степень жесткости V (60°C); нижнее значение – степень жесткости VII (минус 45°C);

д) по температуре воздуха при транспортировке и хранении, верхнее значение – степень жесткости I (50°C); нижнее значение – степень жесткости I (минус 50°C);

е) по воздействию пониженного атмосферного давления воздуха – степень жесткости I (70 кПа);

ж) по воздействию повышенного атмосферного давления воздуха – степень жесткости I (140 кПа);

з) по воздействию влаги - степень жесткости III (98% при 25 °C)

5.9.2 Требования к маркировке, упаковке, транспортированию и хранению изделия устанавливаются на последующих стадиях разработки.

6 Экономические показатели

6.1 Предполагаемая программа выпуска изделия – 300 штук в год.

6.2 Себестоимость изделия должна быть минимально возможной и подлежит обоснованию в процессе разработки.

7 Стадии и этапы разработки

7.1 Стадия разработки – технический проект.

7.2 Содержание, сроки и отчетность по этапам проекта приведены в таблице 7.1. Вид и содержание расчетов, подтверждающих обоснованность принятых конструкторских решений, определяет руководитель проекта.

Таблица 7.1 – График выполнения проекта

Содержание этапов работы	Срок выполнения (неделя семестра)	Отчетность
1 Конструкторский анализ, доработка и оформление схемы электрической принципиальной с перечнем элементов.	2	Доработанная схема изделия
2 Оформление раздела пояснительной записки «Конструкторский анализ электрической схемы изделия и требований ТЗ».	3	Черновик раздела
3 Оформление раздела пояснительной записки «Описание и обоснование конструкции изделия».	4	Черновик раздела
4 Проектирование изделия в среде Solid Works.	5	Файл сборки
5 Оформление конструкторских документов (КД) на изделие в сборе	6	Спецификация и сборочный чертеж

Содержание этапов работы	Срок выполнения (неделя семестра)	Отчетность
6 Проектирование межзвлового электромонтажа с оформлением КД.	7	КД для сборки и электромонтажа по выбранному варианту ГОСТ 2.413
7 Разработка конструкции печатного узла изделия в среде Altium Designer.	8	Файлы размещения и трассировки
8 Оформление полного комплекта КД на печатный узел. Выполнение первого расчета.	10	Спецификация ПУ, сборочный чертеж ПУ, чертеж ПП, черновик расчета
9 Оформление чертежа детали с надписями и знаками. Выполнение второго расчета.	11	Чертеж детали, черновик расчета
10 Оформление чертежа второй детали. Выполнение третьего расчета.	12	Чертеж детали, черновик расчета
11 Корректировка КД и представление проекта на проверку.	14	Полностью готовый проект

8 Порядок контроля и приемки работы

8.1 Срок сдачи полностью укомплектованного и оформленного проекта – **15.05.2022**.

8.2 На экспертизу и последующую защиту проекта представляется пояснительная записка с полным комплектом конструкторских документов на прибор и его ПУ.

8.3 Материалы проекта проверяются на соответствие настоящему ТЗ, ОС ТУСУР 6.1, стандартам ЕСКД (в частности, ГОСТ 2.106, ГОСТ 2.109, ГОСТ 2.413, ГОСТ 2.417, ГОСТ 2.702, ГОСТ 23751-79, ГОСТ 23752-79, ГОСТ 29137-91).

8.4 Приемка (оценка) проекта проводится с учетом качества разработанных конструкторских документов *и степени сформированности практических навыков работы с системами Solid Works и Altium Designer. В процессе защиты проекта разработчик должен продемонстрировать свое умение выполнять требуемые манипуляции с ЭВМ по соответствующим этапам разработки.*

9 Приложения

9.1 Схема электрическая принципиальная с описанием изделия.

Задание принял к исполнению:

Студент группы 239-7

Петров

А.Б.Петров

Дата:

04.12.2022

Приложение В

Пример индивидуального задания ИЗ2

О с н о в ы п р о е к т и р о в а н и я э л е к т р о н н ы х с р е д с т в

Вариант **222**

Индивидуальное задание № 2

Компонование блока/прибора РЭС

1. ЗАДАНИЕ

Выполнить компонование моноблока РЭС.

Задание рассчитано на 4 часа работы в аудитории при консультативной помощи преподавателя и 4 часа самостоятельной внеаудиторной работы.

2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

2.1. Наименование и область применения изделия: блок индикации, предназначенный для оснащения рабочего места инженера-исследователя в лаборатории.

2.2. В состав изделия входят функциональные узлы (ФУ):

A1 - ФУ электрOLUMИнесцентного индикатора;

A2...A7 - ФУ обработки и управления;

A8 - ФУ источника вторичного электропитания (ИВЭ).

Габаритные размеры даны в таблице:

ФУ	Размеры, мм	ФУ	Размеры, мм
A1	160×100×50	A5	100×100×20
A2	100×100×20	A6	140×100×30
A3	100× 80×30	A7	100×100×20
A4	120×100×30	A8	120×100×80

Примечание – В каждом варианте ИЗ-2 сочетание размеров ФУ уникально.

Информационное поле индикатора A1 - по большей грани ФУ.

Все ФУ снабжены разъемами, размещенными вдоль большей стороны узла.

Межузловые соединения выполнить жгутами проводов.

Тепловыделяющие узлы: A3, A4, A8.

Узлы, работа которых может нарушиться при нагреве: A2, A5.

Существенных паразитных связей между ФУ при макетировании не выявлено.

2.3. В результате анализа функциональных и паразитных связей получена очередность вовлечения ФУ в размещение:

A1U A3U A4U A6U A7U A2U A5U A8

3. СОДЕРЖАНИЕ И РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.1. Построить два варианта полного пространственного кортежа ФУ изделия. Рекомендуется масштаб 1:5, изображение в трех плоскостных проекциях. Использование САПР и аксонометрии не рекомендуется.

3.2. Выбрать и изобразить не менее двух прообразов конструкции соответственно вариантам полного пространственного кортежа.

3.3. По каждому прообразу дать изображения не менее двух образов.

3.4. Из нескольких образов по п.3.3 выбрать один. Дать эскиз компоновки несущей конструкции. При разработке несущей конструкции следует предусмотреть места для размещения ответных частей разъемов и прокладки жгутов межузловых соединений.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

4.1. Чертежи двух вариантов полного пространственного кортежа.

4.2. Эскизы двух прообразов конструкции (прообраз 1, прообраз 2).

4.3. Изображения в масштабе четырех образов (образ 1.1, образ 1.2, образ 2.1, образ 2.2).

4.4. Эскиз компоновки несущей конструкции изделия по выбранному образу.

Отчет рекомендуется выполнять на листах бумаги формата А4.

При защите уметь дать устные пояснения по выполненным этапам компонования.

Приложение Г

Пример оформления титульного листа отчета
о выполнении индивидуального заданияТУСУР
Кафедра КИПР

Тема ИЗ

Компонование РЭС

Номер ИЗ

Отчет
о выполнении индивидуального задания № 2
по дисциплине «Основы проектирования
электронных средств»Выполнил
Студент гр. 239-7
М.Петров М.Н.Петров
20.02.2022Дата
сдачи на
проверкуПроверил
Доцент кафедры КИПР
_____ А.Б.Иванов

Приложение Д
Примеры выполнения фрагментов И32

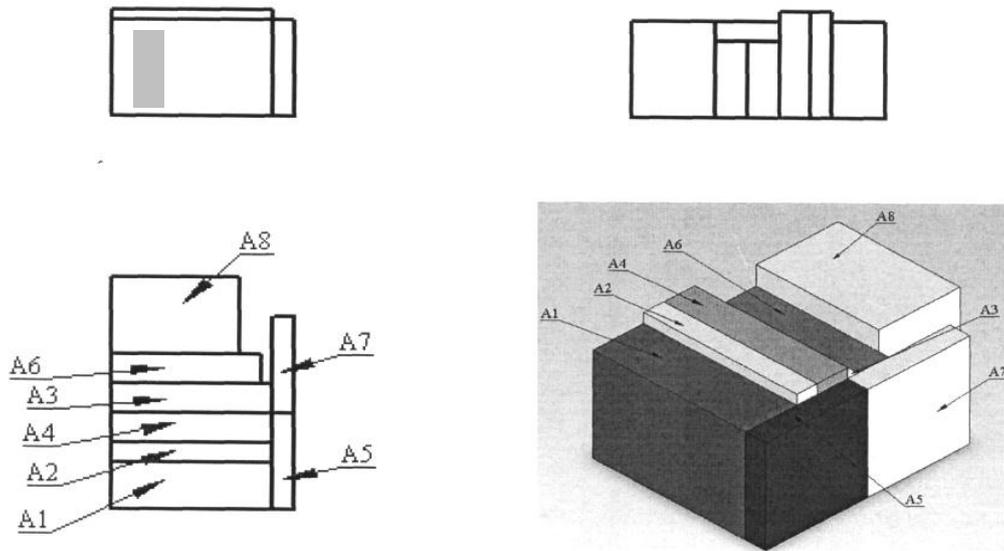


Рисунок Д.1 – Первый вариант полного пространственного кортежа

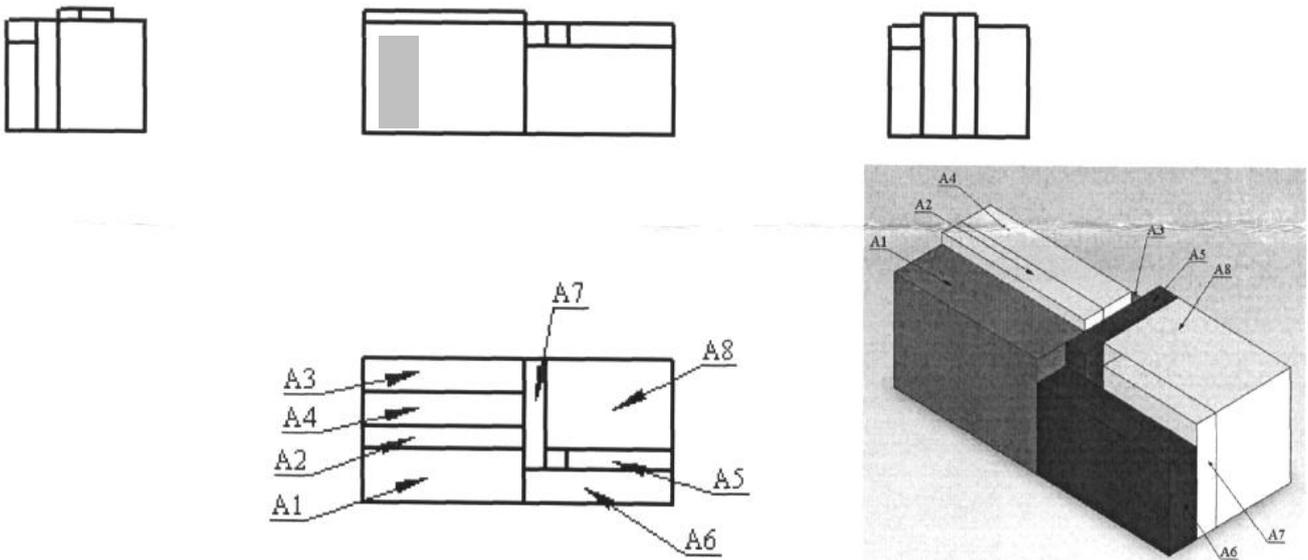
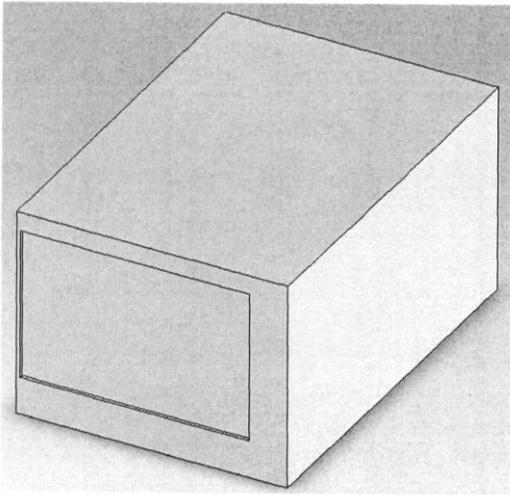
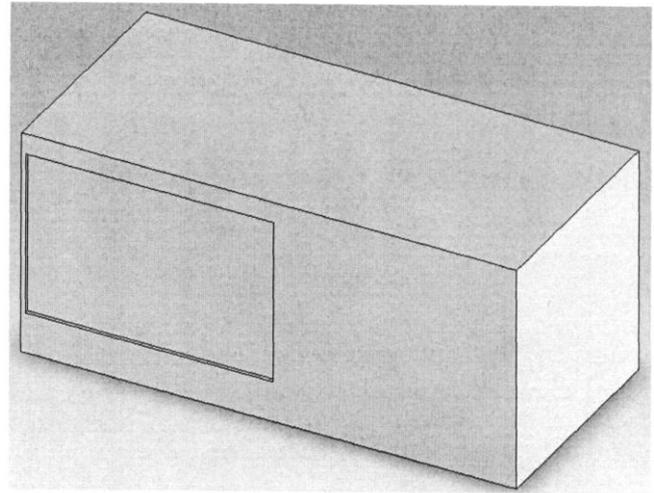


Рисунок Д.2 – Второй вариант полного пространственного кортежа

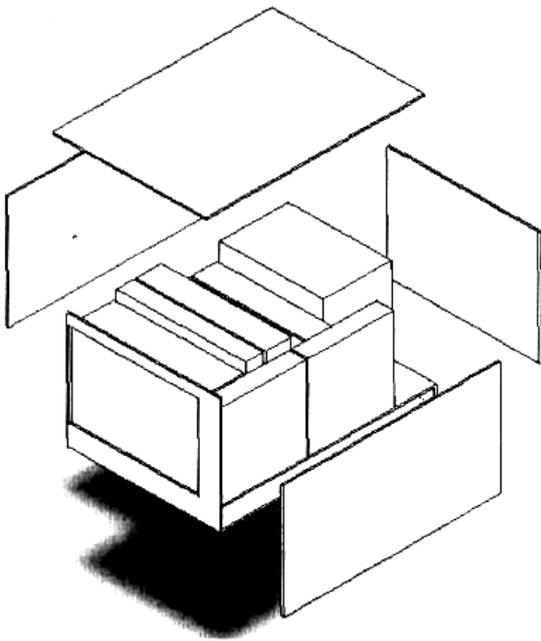


Пробраз 1

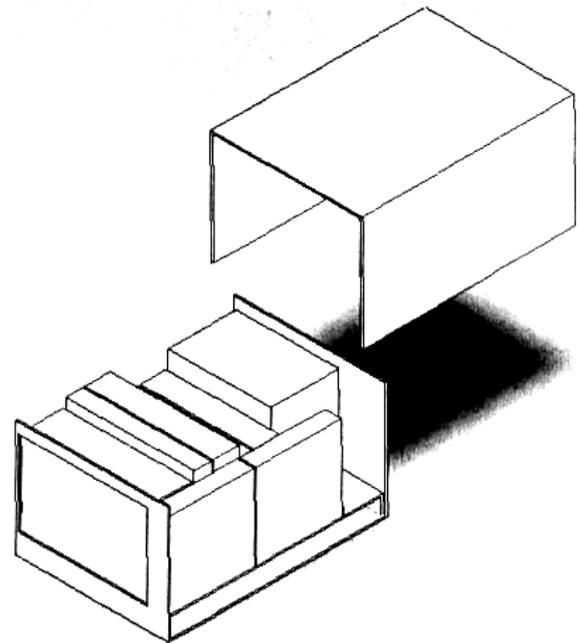


Пробраз 2

Рисунок Д.3 – Варианты прообразов изделия

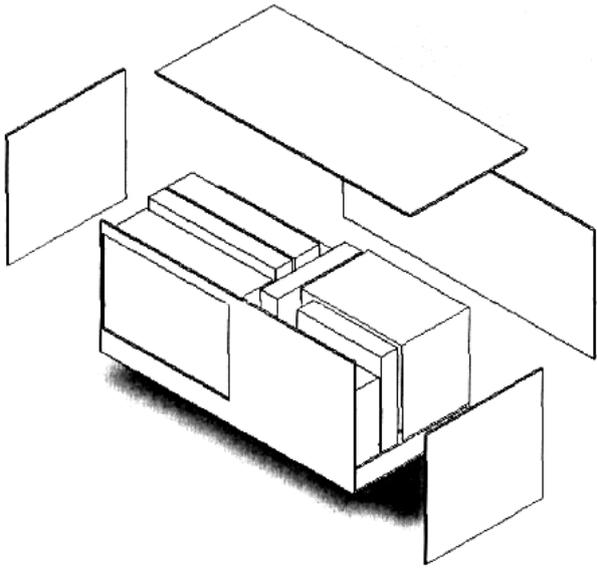


Образ 1.1

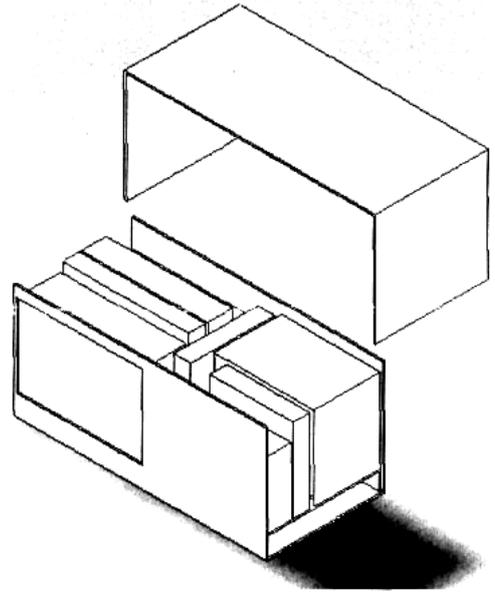


Образ 1.2

Рисунок Д.4 – Варианты образов изделия для пробрза 1



Образ 2.1



Образ 2.2

Рисунок Д.5 – Варианты образов изделия для прообраза 2

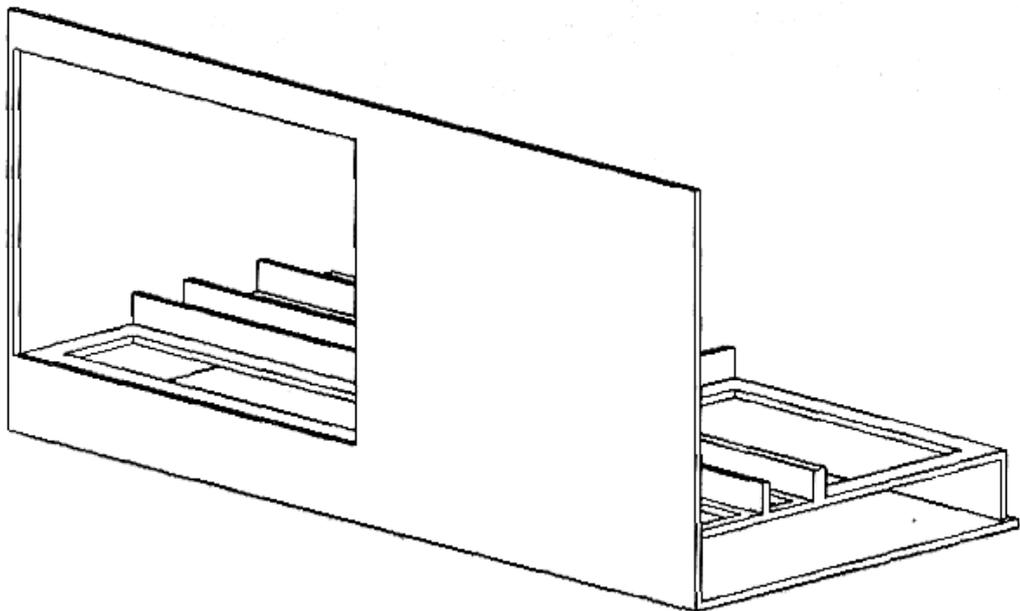


Рисунок Д.6 – Вариант несущей конструкции для образа 2.2

Приложение Е

Нормальные линейные размеры. Ряды предпочтительных чисел

В стандартизации применяют ряды чисел, члены которых являются членами арифметической или геометрической прогрессий.

За основу построения рядов предпочтительных чисел взяты геометрические прогрессии со знаменателями, которые представлены в таблице Е.1.

Таблица Е.1

Обозначение ряда	Знаменатель прогрессии	Количество членов прогрессии
R5	$\sqrt[5]{10} = 1,6$	5
R10	$\sqrt[10]{10} = 1,25$	10
R20	$\sqrt[20]{10} = 1,12$	20
R40	$\sqrt[40]{10} = 1,059$	40
R80	$\sqrt[80]{10} = 1,029$	80

Показатель ряда одновременно есть и степень корня из 10. Показатель ряда указывает количество членов в ряду.

Члены рядов геометрической прогрессии округляют с относительной разностью в пределах от +1,26% до минус 1,01% и принимают в качестве членов рядов предпочтительных чисел.

В таблице Е.2 приведены предпочтительные числа от 1 до 10. Следует помнить, что основные ряды перекрывают интервал [1, 10).

Для получения чисел, больших 10, необходимо произвести умножение приведенных в таблице чисел на величины, кратные десяти. Для чисел менее 1 необходимо умножать на величины, кратные 0,1.

При выборе размеров ряд R5 предпочитать ряду R10, ряд R10 предпочитать ряду R20, ряд R20 – ряду R40.

Таблица Е.2 - Основные ряды линейных размеров

R5	R10	R20	R40	
1,00	1,00	1,00	1,00	
			1,06	
		1,12	1,12	
			1,18	
	1,25	1,25	1,25	1,25
				1,32
		1,40	1,40	1,40
				1,50
1,60	1,60	1,60	1,60	
			1,70	
		1,80	1,80	
			1,90	
	2,00	2,00	2,00	2,00
				2,12
		2,24	2,24	2,24
				2,36
2,50	2,50	2,50	2,50	
			2,65	
		2,80	2,80	
			3,00	
	3,15	3,15	3,15	3,15
				3,35
		3,55	3,55	3,55
				3,75
4,00	4,00	4,00	4,00	
			4,25	
		4,50	4,50	
			4,75	
	5,00	5,00	5,00	5,00
				5,30
		5,60	5,60	5,60
				6,00
6,30	6,30	6,30	6,30	
			6,70	
		7,10	7,10	
			7,50	
	8,00	8,00	8,00	8,00
				8,50
		9,00	9,00	9,00
				9,50

Приложение Ж

Ряды номиналов электрорадиоэлементов

Номиналы промышленно выпускаемых электрорадиоэлементов (ЭРЭ) – сопротивление резисторов, ёмкость конденсаторов, индуктивность небольших катушек индуктивности – не являются произвольными. Существуют специальные ряды номиналов, представляющие собой множества значений от 1 до 10.

Номинал ЭРЭ определённого ряда является значением из соответствующего множества, умноженным на соответствующий десятичный множитель (10 в целой степени). Например: резистор из ряда $E12$ может иметь один из следующих номиналов (сопротивлений):

- 1,2 Ом
- 12 Ом
- 120 Ом
- ...
- 1,2 МОм
- 12 МОм

Название ряда указывает общее число элементов в нём, т. е. ряд $E24$ содержит 24 числа в интервале $[1, 10)$, $E12$ — 12 чисел (рисунок Ж.1) и т. д.

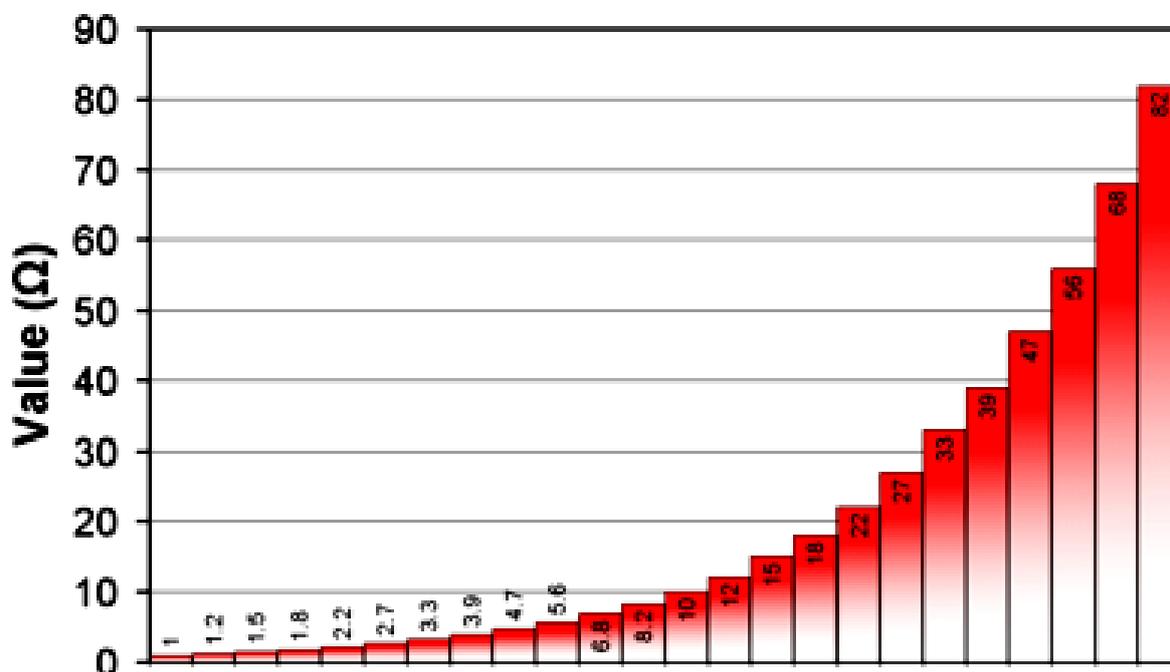


Рисунок Ж.1 – Графическое представление двух десятичных интервалов ряда номиналов резисторов $E12$

Каждый ряд соответствует определённому допуску в номиналах деталей. Так, детали из ряда $E6$ имеют допустимое отклонение от номинала $\pm 20\%$, из ряда $E12$ — $\pm 10\%$, из ряда $E24$ — $\pm 5\%$. Собственно, ряды устроены таким

образом, что следующее значение отличается от предыдущего чуть меньше, чем на двойной допуск.

Указание на схемах номиналов элементов, не принадлежащих никакому ряду без особого технического обоснования, считается неграмотностью. Поэтому хорошие радиоинженеры помнят ряд E24 наизусть (таблица Ж.1).

Ряд E24 приблизительно представляет собой геометрическую прогрессию со знаменателем $10^{1/24}$. Другими словами, в логарифмическом масштабе элементы этого ряда делят отрезок от 1 до 10 на 24 равные части. Видно, что ряд E12 получается вычёркиванием из ряда E24 каждого второго номинала, аналогично, E6 получается вычёркиванием из E12 каждого второго номинала.

Таблица Ж.1 – Номинальные ряды E6, E12, E24

E6	E12	E24
1,0	1,0	1,0
		1,1
	1,2	1,2
		1,3
1,5	1,5	1,5
		1,6
	1,8	1,8
		2,0
2,2	2,2	2,2
		2,4
	2,7	2,7
		3,0
3,3	3,3	3,3
		3,6
	3,9	3,9
		4,3
4,7	4,7	4,7
		5,1
	5,6	5,6
		6,2
6,8	6,8	6,8
		7,5
	8,2	8,2
		9,1

Приложение И

Пример задания на контрольную работу
по теме «Компонование РЭС и унификация конструкций»

О с н о в ы п р о е к т и р о в а н и я э л е к т р о н н ы х с р е д с т в

Контрольная работа

Вариант **22**

1 Рейтинг 3:

Имеется ряд размеров типовой конструкции: 100, 120, 160, 200 мм. По какому соотношению – метрическому или ритмическому – построен этот ряд? Каков модуль или знаменатель ряда?

2 Рейтинг 3:

ЭВМ состоит из 5 блоков: А1 – блок процессора; А2, А3, А4 – одинаковые блоки выборки-хранения; А5 – блок питания.

Таблица межблочных соединений

Откуда идет	Куда поступает	Кол. и вид связей
=А1	=А2	4П, 2КК
=А1	=А3	2КК
=А1	=А4	2КК
=А1	=А5	4П
=А2	=А3	2П
=А2	=А4	4П
=А2	=А5	4П
=А3	=А4	2П
=А3	=А5	4П
=А4	=А5	4П

П – одиночный провод; КК – коаксиальный кабель.

Блоки А1 и А4 следует максимально удалить от А5 из-за опасности наводок.

Определить ядро компоновки и построить матрицу парных компоновочных взаимодействий.

3 Рейтинг 4:

ЭВМ, описанная в задаче 2, выполнена в виде горизонтального полиблока. Определить и изобразить оптимальный порядок расположения блоков на основании полиблока по критерию максимума относительной взвешенной связности.

Приложение К

Пример индивидуального задания ИЗЗ

О с н о в ы п р о е к т и р о в а н и я э л е к т р о н н ы х с р е д с т вВариант **333****Индивидуальное задание № 3**

Проектирование лицевой панели управления РЭС

Цель работы устройства управления	Устройство индикации информации			Органы управления				Подсоед., вспом. и прочие элементы	
	Поз. обознач.	Тип индикатора	Информация	Поз. обоз.	Общее название	Кол. положений.	Обозначение фиксированных положений.	Поз. обоз.	Тип, название
Разбраковка ВЧ – транзисторов малой мощности	N1	Сигнальная лампочка	Сеть	S1 S2	Сеть Тип проводимости	2 2	Вкл-Выкл 'n-p-n' – 'p-n-p'	X1	Колдка для подключения транзисторов
	P2	Стрелочный измерительный прибор	Кэфф. передачи	S3	Род работы	2	Калибровка – измерение	X2,3 X4	“Осцил” “Земля”
	P3	Стрелочный микроамперметр	Контроль Iэ	S4	Установка Iэ грубо	3	Iэ п	F5	Предохранитель
	P4	Стрелочный микроамперметр	Контроль Uк	S5	Установка Uк грубо	3	Uк п		
	P5	Шкала “окошко”	Частота	SE6	Ток эмиттера	-	Плавно		
				SE7	Напряжение коллектора	-	Плавно		
				SE8	Калибровка	-	Плавно		
				SE9	Установка частоты	-	Плавно		

Алгоритм (последовательность операций) работы оператора с панелью управления

OS1 («ВКЛ») → *KN1* → *FS4* (крайнее левое → *FS5* (крайнее левое положен. → *FS5* (крайнее левое положен.)
 → *PSE9* → *KP5* → *OS3 («КАЛИБР»)* → *PSE8* → *KP2* (на конечное деление)
 → *OS2* → *ГХ1* → *FS5* → *PSE7* → *KP4* (соответственно ТУ) →
 → *FS4* → *PSE6* → *KP3* (соответственно ТУ) → *OS3 («ИЗМЕР»)*
 → *IP2* → *ГХ2, 3* → ЭВ

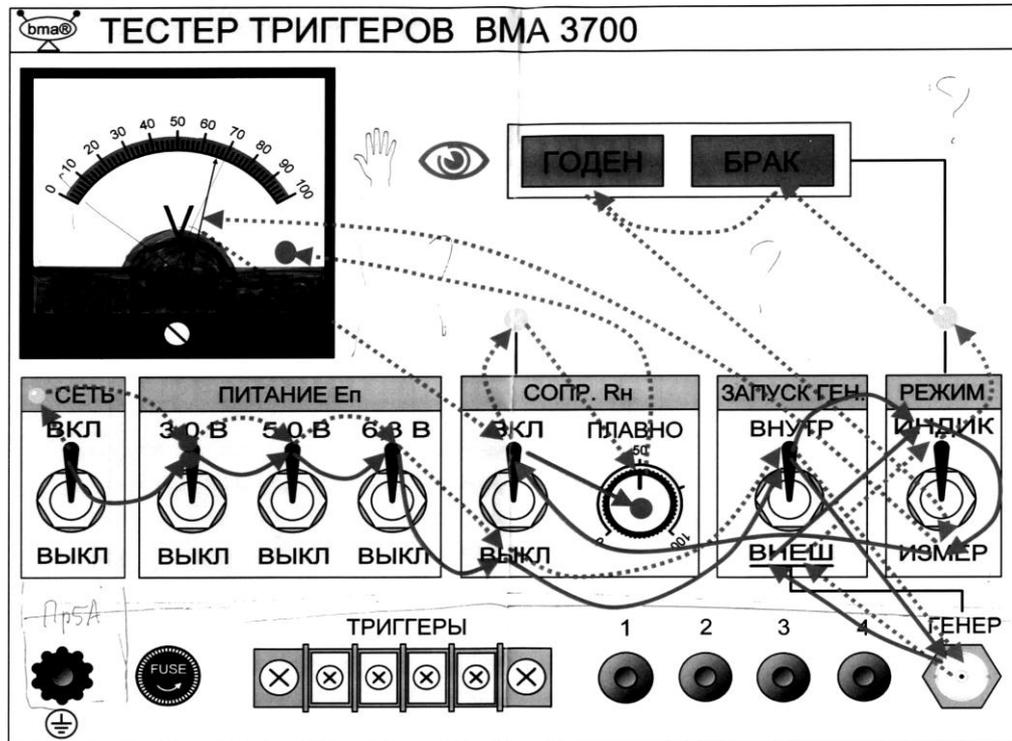
Кодирование типовых операций (аббревиатура)

Наименование манипуляции (или обзора)	Буквенный код операции	Примеры записи в алгоритме	Примечание
Оперирование с 2-х позиционным тумблером (кнопкой, клавишей и т. п.)	О	OS1 («ВКЛ»)	Может быть указано конкретное положение тумблера
Фиксация многопозиционного (галетного, пакетного) переключателя в определенном положении	Ф	ФС2 («КАЛИБР»)	Может быть указано конкретное положение переключателя
Плавная регулировка (настройка, балансировка) органом управления	П	ПSE6 ФСЕ6 (КРАЙНЕЕ ЛЕВОЕ ПОЛОЖЕНИЕ)	
Визуальный контроль действий по индикатору	К	КН1, т. е. контроль по загоранию лампочки КРЗ, т. е. контроль за движением стрелки прибора	Могут быть указаны конкретные показания приборов, индикаторов
Наблюдение сигнала на экране ЭЛТ	Э	ЭV	
Измерение параметра, (снятие показаний индикатора)	И	ИР5 ИНЗ («Р1»)	Может быть указана измеряемая величина
Подсоединение прибора (устройства, кабеля, проводов) к клеммам или гнездам	Г	ГХЗ,	Может быть указано конкретно подсоединяемое устройство

Примечание: Латинские буквы — обозначение устройства в электрических схемах по ЕСКД ГОСТ 2.710—75,
русские буквы — обозначение типовых действий оператора с панелью управления.

Приложение Л

Пример выполнения отчета по ИЗЗ



Внимание! Изображения лицевой панели (эргономика, эстетика) выполняются в масштабе 1:1 на отдельных листах формата А4.

Подписывать работы следует на **оборотной** стороне листа.

Приложение М

Пример индивидуального задания и бланки конструкторских документов для отчета по ИЗ4

О с н о в ы п р о е к т и р о в а н и я э л е к т р о н н ы х с р е д с т вВариант **444****Индивидуальное задание № 4**

Проектирование электромонтажа РЭС

1 Исходные данные

Блок, смонтированный на плоском шасси (см. бланк-заготовку электромонтажного чертежа), состоит из трех устройств.

На вертикальной стенке блока установлена вилка разъема X1, 6 контактов которой жгутом 1 соединяются с одноименными контактами устройства A2.

Между контактом 1 устройства A1 и контактом 4 устройства A2 включен резистор R1 C2-33-0,5-24 кОм $\pm 5\%$, между контактом 2 устройства A1 и контактом 10 устройства A2 – резистор R2 C2-33-1,0-240 Ом $\pm 5\%$.

Контакт 3 устройства A1 проводом 1 желтого цвета соединен с контактом 6 устройства A2, контакт 4 устройства A1 проводом красного цвета соединен с контактом 8 устройства A2. Провод МГШВ - 0,12 мм².

Разъем X3 устройства A1 соединен радиочастотным кабелем 1 с разъемом X1 устройства A3, разъем X2 устройства A2 – кабелем 2 с разъемом X2 устройства A3.

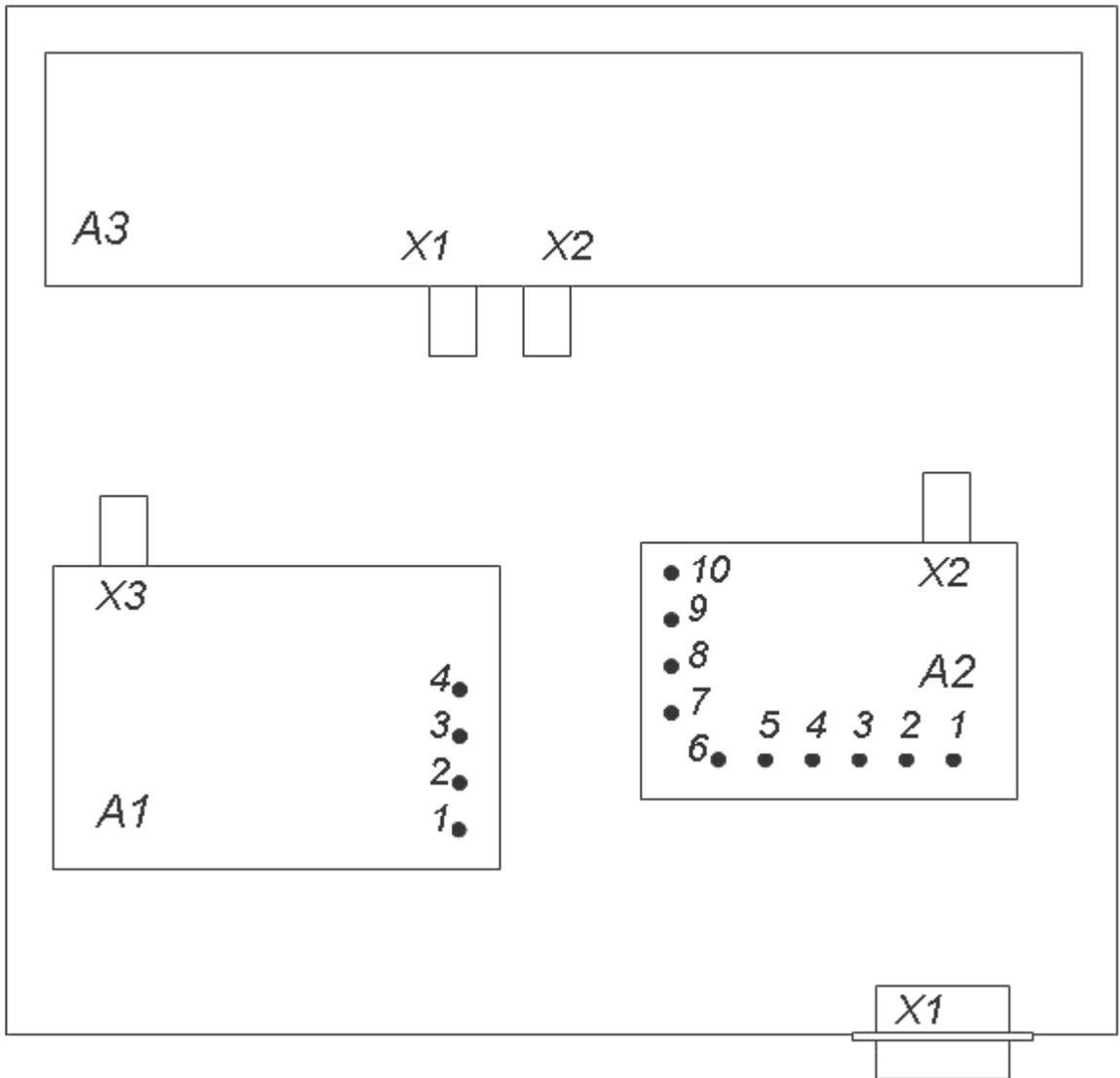
Жгуты и кабели должны быть прикреплены к шасси металлическими одноместными скобами с изоляционными прокладками посредством винтов М3 с шайбами, для крепления проводов использовать клей-мастику.

2 Задание:

2.1 Составить схему электрическую соединений блока.

2.2 Выполнить электромонтажный чертеж блока и дополнительные разделы спецификации.

2.3 Составить таблицу соединений блока.



					РКФ. XXXXXX. ... МЭ				
						<i>Лит.</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>	
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Блок ... Электромонтажный чертеж			1:1	
<i>Разраб</i>								<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>									
<i>Т. контр</i>									
<i>Н. контр</i>					ТУСУР РКФ каф. КИПР гр. ...				
<i>Утв.</i>									

Приложение Н

Пример индивидуального задания И35

О с н о в ы п р о е к т и р о в а н и я э л е к т р о н н ы х с р е д с т вВариант **555****Индивидуальное задание № 5**

Обеспечение теплового и влажностного режима РЭС

1. ЗАДАНИЕ

Выполнить анализ теплового режима блока РЭС в разных конструктивных вариантах. Выбрать материал и толщину слоя влагозащитного покрытия микросборки, входящей в состав блока.

Задание рассчитано на 8 ч работы в аудитории при консультативной помощи преподавателя и 2-4 часа самостоятельной внеаудиторной работы.

2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

2.1. Габариты блока:

- длина $L_1 = 0,24$ м;
- ширина $L_2 = 0,18$ м;
- высота $L_3 = 0,20$ м.

2.2. Отношение высоты нагретой зоны к высоте блока $h_3/L_3 = 0,5$.

2.3. Отношение площади перфорационных отверстий к площади основания корпуса $\Pi = S/2L_1L_2 = 0,3$.

2.4. Степень черноты поверхностей корпуса **0,9**.2.5. Мощность рассеиваемая блоком **60** Вт.

2.6. Элемент микросборки, наиболее чувствительный к воздействию влаги – **конденсатор керамический**.

2.7. Долговечность – **2000** ч.

2.8. Условия эксплуатации:

- температура среды **30** °С;
- относительная влажность **75** %;
- давление **80** кПа.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ И ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

3.1. Рассчитать температуру корпуса блока методом последовательных приближений.

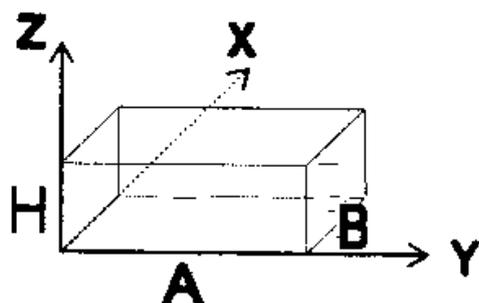
3.2. Рассчитать температуру корпуса блока, температуру воздуха в блоке и температуру нагретой зоны согласно исходным данным, но без перфорационных отверстий (считая корпус блока герметичным) коэффициентным методом.

3.3. Рассчитать температуру корпуса блока, температуру воздуха в блоке и температуру нагретой зоны для блока с перфорациями коэффициентным методом.

3.4. Сравнить результаты, полученные в расчетах по пп. 3.1, 3.2 и 3.3.

3.5. Выбрать материал и рассчитать толщину слоя влагозащитного покрытия микросборки, входящей в состав блока.

Примечание – Численные значения исходных данных, выделенные курсивом – различные в разных вариантах И35.

О с н о в ы п р о е к т и р о в а н и я э л е к т р о н н ы х с р е д с т вВариант **666****Индивидуальное задание № 6****Проектирование системы амортизации РЭС**

Требуется обеспечить устойчивость блока РЭС к механическим воздействиям.

Блок имеет форму параллелепипеда с размерами: $B=300$ мм; $H=150$ мм; $A=200$ мм.

В состав блока входят функциональные узлы (ФУ), имеющие массу:

$M_1 = 2$ кг;

$M_2 = 2$ кг;

$M_3 = 1$ кг;

$M_4 = 1$ кг.

Оси координат	Координаты расположения центров тяжести ФУ, мм			
	M_1	M_2	M_3	M_4
X	80	200	200	90
Y	60	70	120	150
Z	80	70	50	80

Условия эксплуатации:

- ускорения при вибрации в диапазоне частот 50...2000 Гц не более 10 g;
- ускорения при ударных нагрузках не более 18 g при длительности ударного импульса 6 мс, форма ударного импульса синусоидальная;
- линейное ускорение не более 10 g;
- пониженная температура не ниже минус 55°C;
- повышенная температура не выше +55°C;
- пониженное атмосферное давление не ниже 5,46 кПа;
- относительная влажность при температуре 35°C не выше 98%.

Допустимые параметры механических воздействий для наиболее критичных электрорадиоэлементов:

- вибрационное ускорение не более 5 g;
- ударные ускорения не более 12 g;
- линейные ускорения не более 50g.

Примечание – Численные значения исходных данных и условий эксплуатации могут быть различными в разных вариантах И36.

Приложение П
Выдержки из стандарта ГОСТ 2.413
(только для учебных целей)

УДК 744.43:621.3.049:006.354

Группа Т52

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Единая система конструкторской документации

**ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ КОНСТРУКТОРСКОЙ
ДОКУМЕНТАЦИИ ИЗДЕЛИЙ, ИЗГОТОВЛЯЕМЫХ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МОНТАЖА**

**ГОСТ
2.413—72***

Unified system for design documentation.
Rules for making design documentation of products
manufactured with the use of electric mounting

**Взамен
ГОСТ 2.413—68**

Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 11 мая 1972 г. № 957 срок введения установлен

с 01.07.73

Настоящий стандарт устанавливает правила выполнения сборочных чертежей и спецификаций в конструкторской документации изделий всех отраслей промышленности, изготавливаемых с применением электрического монтажа.

Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 4074—83.
(Измененная редакция, Изм. № 1).

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Конструкторская документация изделия, изготавливаемого с применением электрического монтажа**, должна быть выполнена в соответствии с требованиями стандартов Единой системы конструкторской документации и настоящего стандарта.

1.2. Конструкторскую документацию изделия с электромонтажом выполняют в одном из четырех вариантов:

А — для изготовления изделия, механическую сборку и электромонтаж которого целесообразно производить по одному и тому же чертежу, выпускают сборочный чертеж в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109—73 и настоящего стандарта и спецификацию в соответствии с требованиями ГОСТ 2.106—96 и настоящего стандарта;

Б — для изготовления изделия, механическую сборку и электромонтаж которого производить по одному и тому же чертежу нецелесообразно, из состава изделия с электромонтажом выделяют в виде самостоятельной сборочной единицы изделие механической сборки или совокупность составных частей, устанавливаемых при электромонтаже.

На изделие механической сборки выпускают сборочный чертеж в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109—73 и спецификацию в соответствии с требованиями ГОСТ 2.106—96.

На изделие с электромонтажом выпускают сборочный чертеж в соответствии с требованиями настоящего стандарта и спецификацию в соответствии с требованиями ГОСТ 2.106—96 и настоящего стандарта. На сборочном чертеже изделия с электромонтажом составные части, устанавливаемые при электромонтаже, не изображают, если они выделены в самостоятельную сборочную единицу.

** В тексте стандарта «электрический монтаж» и «изделие, изготавливаемое с применением электрического монтажа», именуются сокращенно соответственно «электромонтаж» и «изделие с электромонтажом».

С. 2 ГОСТ 2.413—72

На сборочную единицу, представляющую собой совокупность составных частей, устанавливаемых при электромонтаже, выпускают спецификацию в соответствии с требованиями ГОСТ 2.106—96 и настоящего стандарта; в таких случаях допускается сборочный чертеж не выпускать;

В — для изготовления изделия, механическую сборку и электромонтаж которого производить по одному и тому же чертежу нецелесообразно и чертеж для электромонтажа выполнять как сборочный нерационально, выпускают:

для механической сборки — сборочный чертеж в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109—73 и спецификацию в соответствии с требованиями ГОСТ 2.106-96;

для электромонтажа — электромонтажный чертеж в соответствии с требованиями настоящего стандарта; электромонтажному чертежу присваивают обозначение монтируемого изделия (с кодом МЭ). Составные части, устанавливаемые по электромонтажному чертежу, вносят в спецификацию монтируемого изделия в дополнительных разделах;

Г — для изготовления изделия, механическую сборку и электромонтаж которого производить по одному и тому же чертежу нецелесообразно и выпуск чертежа для электромонтажа затруднителен или нерационален, выпускают сборочный чертеж для механической сборки в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109—73; в технических требованиях чертежа приводят ссылку на документ, которым следует руководствоваться при электромонтаже;

на электрическую схему соединений или принципиальную — при выполнении документации изделия индивидуального производства или опытного образца;

на таблицу соединений — при выполнении документации изделия серийного производства, в котором при электромонтаже устанавливают только соединительные проводники, прокладка и крепежные которых определены конструкцией изделия.

Составные части, устанавливаемые при электромонтаже, вносят в спецификацию монтируемого изделия в дополнительных разделах.

2. ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОНТАЖА

2.1. Чертеж для электромонтажа рекомендуется выполнять в том же масштабе, что и чертеж для механической сборки.

2.2. При выполнении чертежа допускается применять аксонометрические проекции по ГОСТ 2.317—69.

2.3. На чертеже для электромонтажа, выполняемом по варианту Б или В, изображают:

составные части, устанавливаемые при электромонтаже, и места присоединения проводников — сплошными основными линиями;

составные части, устанавливаемые до электромонтажа («обстановку»), — упрощенно и сплошными тонкими линиями. «Обстановку» изображают непрозрачной.

На электромонтажном чертеже (по варианту В) изображают «обстановку», необходимую только для определения мест установки и присоединения составных частей, устанавливаемых при электромонтаже.

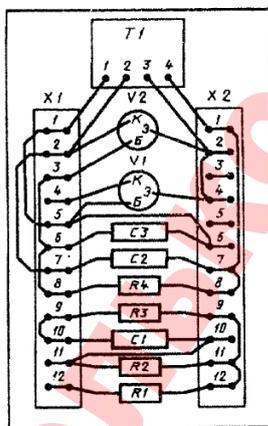
На изображении составной части, являющейся предметом «обстановки» (или около него, или на полке линии-выноски, проведенной от этого изображения), наносят обозначение и (или) наименование составной части.

2.4. Если составная часть является элементом электрической принципиальной схемы изделия, то на ее изображении или около него (предпочтительно над ним или справа) наносят позиционное обозначение, присвоенное этому элементу в схеме (черт. 1).

Элементам, не указанным в электрической принципиальной схеме или схеме соединений, но участвующим в электрических соединениях (например, переходным стойкам, лепесткам заземления и т. п.), для указания адресов присоединения проводников присваивают очередные позиционные обозначения после элементов того же функционального назначения, изображенных на схеме.

Допускается присваивать таким элементам обозначения, состоящие из прописной буквы Е и порядкового номера.

(Измененная редакция, Изм. № 1).



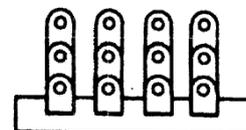
Черт. 1

2.5. Если составная часть, являющаяся элементом электрической принципиальной схемы изделия, должна быть подобрана при его регулировании, то на чертеже позиционное обозначение этого элемента наносят со знаком* (например, R16*), а в технических требованиях чертежа помещают указание по типу: «* Подбирают при регулировании».

2.6. Допускается смещать изображения составных частей. При этом от смещенного изображения проводят линию-выноску, на полке которой наносят надпись «Смещено», или указывают в технических требованиях чертежа: «Изображения ... (приводят наименования или обозначения изделий) смещены».

2.7. Допускается условно изменять (укорачивать, удлинять и т. п.) очертания составных частей, если их изображения закрывают друг друга (черт. 2). При этом искажения очертаний составных частей и линий, изображающих проводники, не должны нарушать ясность чертежа.

2.8. Если составные части изделия расположены на стенках, находящихся в разных плоскостях, то при выполнении чертежа по варианту Б или В допускается изображать стенки развернутыми в плоскости чертежа; при этом на чертеже у соответствующего места изображения помещают надпись: «Стенка развернута».

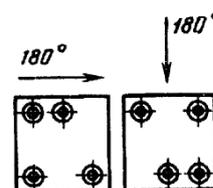


Черт. 2

2.9. При выполнении чертежа по варианту Б или В для показа невидимых мест присоединения проводников к составным частям допускается эти составные части изображать повернутыми. Около таких изображений наносят надписи, определяющие направление и угол поворота относительно истинного положения составной части (черт. 3).

2.10. Проводник (провод, кабель, жгут, шину) изображают в соответствии с требованиями ГОСТ 2.414—75.

2.11. При условном изображении проводников допускается слияние линий, изображающих одиночные провода, идущие рядом, в одну линию, а также слияние линии, изображающей группу одиночных проводов с другими линиями, изображающими одиночные провода и группы проводов.



Черт. 3

Не допускается слияние линий, изображающих жгут или кабель и входящие в его состав проводники, с линиями, изображающими другие жгуты и кабели и их проводники.

2.12. При условном изображении проводников их изгибы в местах слияния и разветвления линий, изображающих одиночные провода, группы проводов, провода жгутов, жилы кабелей, жгуты и кабели, изображают прямыми линиями под углом приблизительно 45° (черт. 4а).

Допускается изображать места слияния и разветвления жгутов, а также изгибы проводников (кроме мест слияния и разветвления) и проволочных выводов резисторов, конденсаторов и т. д. прямыми линиями под углом приблизительно 90° (черт. 4б).



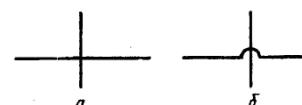
Черт. 4

2.13. Пересечение проводников, электрически несоединенных между собой, следует изображать прямыми линиями под углом приблизительно 90° (черт. 5а).

Если необходимо отразить взаимное расположение двух перекрещивающихся проводников, изображенных условно, то линию, изображающую проводник, прокладываемый сверху, изгибают в месте пересечения так, как показано на черт. 5б.

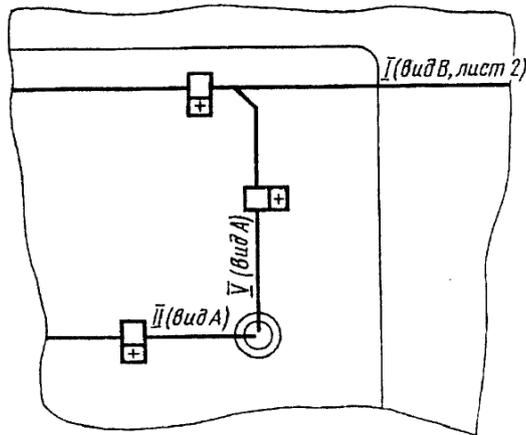
2.12, 2.13. (Измененная редакция, Изм. № 1).

2.14. Линию, изображающую проводник и переходящую с одного вида (или листа) на другой, обрывают (предпочтительно за пределами очертаний изделия); около места обрыва указывают обозначение, присвоенное линии, и обозначение вида (или обозначение вида и номер листа), на котором показано продолжение линии (черт. 6).



Черт. 5

С. 4 ГОСТ 2.413—72



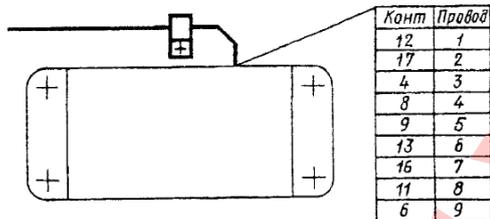
Черт. 6



Черт. 7

Линию, изображающую два и более проводника, у мест обрыва обозначают одним порядковым номером римскими цифрами или указывают у мест обрыва линии обозначения всех проводников, изображаемых этой линией.

2.15. Линии, изображающие проводники, присоединяемые к многоконтактному изделию, допускается не доводить до изображений контактов и заканчивать у линии показывающей внешние очертания изделия. Указания о присоединении проводников к контактам приводят в этом случае одним из следующих способов:



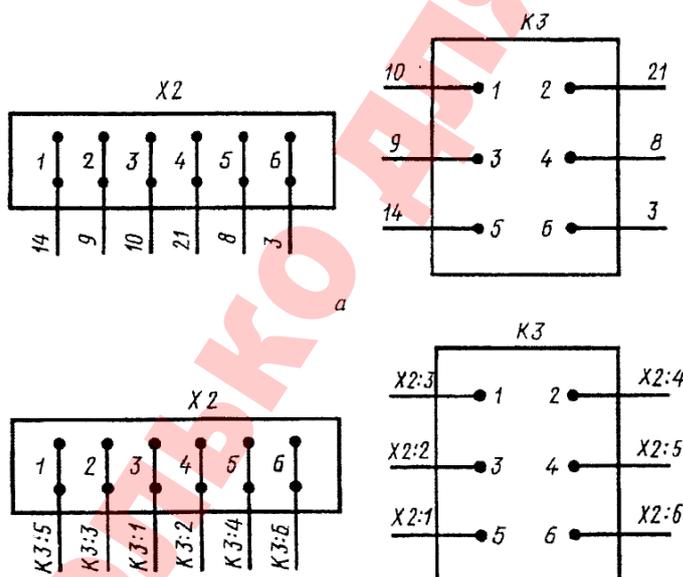
Черт. 8

а) у контактов показывают концы линий, изображающих присоединенные проводники, и указывают обозначения проводников (черт. 7).

б) у изображения многоконтактного изделия помещают таблицу с номерами контактов и обозначениями проводников (черт. 8).

Допускается, при недостатке места около изображения, помещать таблицу на свободном месте поля чертежа или на последующих листах; при этом над таблицей наносят позиционное обозначение многоконтактного изделия.

2.16. На чертеже для электромонтажа изделия индивидуального производства или опытного образца допускается изображать проводник с обрывами вблизи от мест присоединения. У места обрыва наносят номер проводника (черт. 9, а), а в таблице соединений приводят адреса его присоединений. При отсутствии таблицы соединений у места обрыва проставляют только обратный адрес присоединения (черт. 9, б).



Черт. 9

При выполнении чертежа для электромонтажа изделия серийного производства этими правилами пользуются только при изображении проводника, прокладка и крепление которого определены конструкцией монтируемого изделия.

2.17. Если контакты изделия, к которому должны быть присоединены проводники, не имеют обозначений (маркировки), то на чертеже им присваивают обозначения и поясняют их, при необходимости, схемой соединения контактов по примеру, указанному на черт. 10.

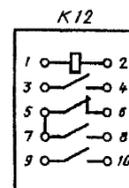
2.16, 2.17. (Измененная редакция, Изм. № 1).

2.18. Электрическое соединение, осуществляемое пайкой или сваркой, изображают точкой диаметром от $1,5s$ до $3s$, где s — толщина сплошной основной линии, принятая на чертеже.

2.19. Допускается не наносить на чертеже номера позиций, под которыми записаны в спецификации:

устанавливаемые при электромонтаже составные части, являющиеся элементами электрической принципиальной схемы изделия и внесенные в его спецификацию в разделах «Стандартные изделия» и «Прочие изделия»;

провода и кабели, внесенные в спецификацию в разделе «Материалы».



Черт. 10

3. ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ СПЕЦИФИКАЦИИ ИЗДЕЛИЯ С ЭЛЕКТРОМОНТАЖОМ

3.1. При записи в спецификацию составной части, являющейся элементом электрической принципиальной схемы изделия, в графе «Примечание» указывают позиционное обозначение, присвоенное этому элементу в схеме.

Если в специфицируемое изделие входит несколько составных частей, являющихся различными элементами схемы (например, резистор МЛТ-0,5—100 Ом $\pm 5\%$ ТУ 11—85 ОЖО.467.180 является сопротивлениями R3, R4, R9 и R12, то в графе «Примечание» в соответствующей строке перечисляют в возрастающем порядке позиционные обозначения элементов. При этом позиционные обозначения элементов с последовательными порядковыми номерами указывают по типу: «R8 ... R12».

Допускается, по согласованию с отраслевой организацией по стандартизации не перечислять в графе «Примечание» позиционные обозначения элементов, представляемых одной составной частью, если это затрудняет выполнение спецификации и на изображении нанесен номер позиции этой составной части.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

3.2. Дополнительными разделами спецификации изделия с электромонтажом в общем случае являются:

- «Сборочные единицы»;
- «Детали»;
- «Стандартные изделия»;
- «Прочие изделия»;
- «Материалы».

3.3. Дополнительные разделы размещают в спецификации, начиная с нового (отдельного) листа, под общим заголовком:

«Устанавливают по XXXX.XXXXXX.XXXМЭ» — при выполнении документации по варианту В;

«Устанавливают по XXXX.XXXXXX.XXXТБ» — при выполнении документации по варианту Г на изделие серийного производства;

«Устанавливают при электромонтаже» — при выполнении документации по варианту Г на изделие индивидуального производства или опытный образец.

Всем составным частям (в том числе и материалам), внесенным в спецификацию в дополнительных разделах, присваивают номера позиций. Нумерация позиций должна быть сквозной в пределах всей спецификации. Если одна и та же составная часть внесена как в основную часть спецификации, так и в один из дополнительных разделов, то в обоих случаях в графе «Примечание» приводят ссылку: «См. поз. ... ». Перед дополнительными разделами должен быть оставлен резерв номеров позиций.

С. 6 ГОСТ 2.413—72

Номер листа, на котором начинаются дополнительные разделы, указывают записью «См. лист ...» в графе «Примечание» в строке, в которой записан документ, используемый при электромонтаже, т. е. соответствующая схема, электромонтажный чертеж или таблица соединений.

3.4. При выполнении конструкторской документации по любому из вариантов, установленных настоящим стандартом, запись в спецификацию составных частей, являющихся элементами электрической принципиальной схемы и примененных по стандартам или техническим условиям, производят в соответствии с требованиями ГОСТ 2.106—96 с учетом следующих дополнений и изменений:

а) их записывают в начале соответствующего раздела группами в порядке расположения буквенных позиционных обозначений, приведенных в ГОСТ 2.710—81 (приложение 1);

б) внутри группы составные части записывают в порядке возрастания основных параметров.

3.5. Если при электромонтаже должны быть установлены в изделии только проводники, вносимые в спецификацию как материал, то спецификацию самостоятельной сборочной единицы для электромонтажа не выпускают и дополнительные разделы в спецификацию монтируемого изделия не включают, а материалы (провода и кабели) вносят в раздел «Материалы» спецификации монтируемого изделия и в графе «Примечание» указывают: «Устанавливают при электромонтаже».

3.6. Если при регулировании изделия с электромонтажом должен быть осуществлен подбор какой-либо составной части, являющейся элементом электрической принципиальной схемы, то все изделия, участвующие в подборе, вносят в спецификацию изделия, на которое выпущена принципиальная схема после изделий того же функционального назначения (например, резисторы после резисторов) и перечисляют в порядке возрастания основных параметров. В графе «Примечание» при этом указывают позиционные обозначения элементов, для подбора которых применяется данное изделие. Графу «Поз.» не заполняют, графу «Кол.» заполняют по указаниям отраслевой организации по стандартизации.

4. ОБОЗНАЧЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ

4.1. На чертеже для электромонтажа все проводники (одиночные провода, жгуты, жилы кабелей, провода жгутов) должны иметь обозначения, присвоенные им в электрической схеме соединений.

Если на изделие схема соединений не выпущена, проводнику на чертеже присваивают обозначение, состоящее из цифрового обозначения соответствующей цепи в электрической принципиальной схеме, знака дефис и порядкового номера проводника в пределах цепи, например: 2-1, 2-2.

При отсутствии обозначений в схемах проводники обозначают на чертеже одним из следующих способов:

а) нумеруют арабскими цифрами:

одиночные провода и жилы кабелей, записанных в спецификацию как материал, — в пределах чертежа;

жилы кабелей, оформленных самостоятельными чертежами, — в пределах кабеля;

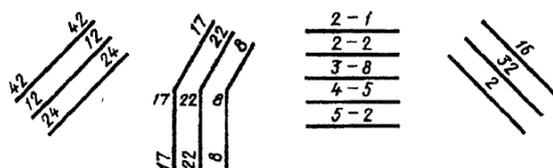
провода жгутов — в пределах жгута;

б) нумеруют арабскими цифрами цепи в пределах чертежа и проводники — в пределах цепи; обозначение проводника составляют из номера цепи, знака дефис и номера проводника в пределах цепи.

4.2. Допускается не присваивать обозначения переключкам и одиночным проводам, изображения которых отчетливо просматриваются на чертеже. При этом номер позиции, под которым записан материал в спецификации, и длину проводника (при необходимости) указывают в технических требованиях чертежа.

4.3. Обозначение проводника наносят так, как показано на черт. 11, около обоих концов изображения проводника. Допускается проставлять обозначение проводника у других участков его изображения, например, у разных участков изображения длинного провода, у мест разветвления линий, изображающих жгуты, кабели и группы проводов.

Обозначение короткого проводника, изображение которого отчетливо просматривается на чертеже, допускается проставлять один раз — посередине изображения.



Черт. 11

(Измененная редакция, Изм. № 1).

5. ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ТАБЛИЦЫ СОЕДИНЕНИЙ

5.1. Таблицу соединений разрабатывают в случаях, когда на чертеже не указаны адреса присоединения проводников или затруднено отыскание мест присоединения концов проводника.

Таблицу соединений приводят на чертеже для электромонтажа и размещают на первом листе или выполняют последующими листами.

5.2. При выполнении документации по варианту Г на изделие серийного производства таблицу соединений выпускают в виде самостоятельного документа, которому присваивают обозначение монтируемого изделия, код по ГОСТ 2.102—68 и наименование «Таблица соединений».

Таблица соединений может быть выпущена в виде самостоятельного документа при выполнении документации по варианту Г на изделие индивидуального производства или на опытный образец.

5.3. Таблицу соединений рекомендуется выполнять по форме:

Проводник	Поз.	Откуда идет	Куда поступает	Длина	Примечание

Примечание. Размеры граф таблицы стандартом не регламентируются.

5.4. Допускается выполнять таблицу соединений по другим формам, устанавливаемым отраслевыми стандартами. В форму, приведенную в настоящем стандарте, допускается включать другие графы, если их содержание не является повторением данных, имеющихся в других конструкторских документах (спецификации, чертежах и т. д.). Допускается также, по согласованию с отраслевой организацией по стандартизации, приводить в таблице соединений данные проводов и кабелей (марку, сечение, цвет).

5.5. В таблице соединений проводники перечисляют по возрастанию номеров в следующем порядке:

- провода жгутов;
- жилы кабелей, оформленных самостоятельными чертежами;
- жилы кабелей, записанных в спецификации как материал;
- одиночные провода.

Каждый кабель, оформленный самостоятельным чертежом, и жгут записывают в таблицу отдельно в порядке возрастания номеров позиций по спецификации, а жилы кабеля и провода жгута записывают каждый в отдельной строке после заголовка по типу: «Кабель ... (наименование или обозначение)» или «Жгут ... (наименование или обозначение)».

5.6. В графе «Проводник» указывают номер проводника (одиночного провода, жилы кабеля, провода жгута).

С. 8 ГОСТ 2.413—72

5.7. В графе «Поз.» указывают:

для одиночного провода, не оформленного самостоятельным чертежом, и для жилы кабеля, записанного в спецификации как материал, — номер позиции, под которым материал провода или кабеля записан в спецификации;

для одиночного провода или кабеля, оформленного самостоятельным чертежом, или жгута — номер позиции, под которым данное изделие (провод, кабель, жгут) записано в спецификации.

В строках таблицы соединений, в которых указаны жилы кабелей, оформленных самостоятельными чертежами, и провода жгутов, графу «Поз.» не заполняют.

5.8. В графах «Откуда идет» и «Куда поступает» приводят адреса присоединения проводников в виде дроби, в числителе которой указывают позиционное обозначение элемента, а в знаменателе — номер контакта, например: X3:2, K1:4, X7:6.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

5.9. Графу «Длина» заполняют по указаниям отраслевой организации по стандартизации. Длину жилы кабеля, оформленного самостоятельным чертежом, и провода жгута в таблице не указывают.

5.10. В таблице соединений, выпускаемой в виде самостоятельного документа, допускается приводить требования к выполнению электромонтажа, которые помещают под заголовком «Технические требования» на первом листе или выполняют первыми листами. В этом случае таблицу с адресами присоединений помещают под заголовком «Соединение» и на последующих листах его не повторяют.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ РАЗДЕЛОВ СПЕЦИФИКАЦИИ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Устанавливают</u>		
				по <u>XXXX.XXXXXX.XXXМЭ</u>		
				<u>Сборочные единицы</u>		
A4		96	XXXX.XXXXXX.XXX	Жгут 1 (и т. д.)	1	
				<u>Детали</u>		
A4		105	XXXX.XXXXXX.XXX	Скоба (и т. д.)	4	
				<u>Стандартные изделия</u>		

С. 10 ГОСТ 2.413—72

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ТАБЛИЦЫ СОЕДИНЕНИЙ

Проводник	Поз.	Откуда идет	Куда поступает	Длина, см	Примечание
		Жгуты			
	16	Жгут 1			
1		X2 : 11a	C7 : +		
2		X2 : 13c	H1 : 4		
		(и т. д.)			
		Кабели			
	19	Кабель 1			
1		G1	K3 : 2		
2		G2	K4 : 2		
		(и т. д.)			
	44	Кабель 2		85	
1		X3 : 3a	G5		
		(и т. д.)			
		Провода			
1	75	H5 : 3	T12 : 4	45	
2	76	C9	H3 : 2	64	
		(и т. д.)			

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. (Измененная редакция, Изм. № 1).

Приложение Р
Выдержки из стандарта ГОСТ 2.702
(только для учебных целей)

ГОСТ 2.702—2011

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Единая система конструкторской документации

ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

Unified system of design documentation. Rules for presentation of electric schemes

Дата введения — 2012—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на электрические схемы изделий всех отраслей промышленности, а также электрические схемы энергетических сооружений и устанавливает правила их выполнения.

На основе настоящего стандарта допускается, при необходимости, разрабатывать стандарты на выполнение электрических схем изделий конкретных видов техники с учетом их специфики.

5.4 Правила выполнения схем соединений

5.4.1 На схеме соединений следует изображать все устройства и элементы, входящие в состав изделия, их входные и выходные элементы (соединители, платы, зажимы и т. д.), а также соединения между этими устройствами и элементами.

5.4.2 Устройства и элементы на схеме изображают:

- устройства — в виде прямоугольников или упрощенных внешних очертаний;
- элементы — в виде УГО, прямоугольников или упрощенных внешних очертаний.

При изображении элементов в виде прямоугольников или упрощенных внешних очертаний допускается внутри их помещать УГО элементов.

Входные и выходные элементы изображают в виде УГО.

Допускается входные и выходные элементы изображать по правилам, установленным в 5.3.25, 5.3.26 и 5.3.29.

5.4.3 Расположение графических обозначений устройств и элементов на схеме должно примерно соответствовать действительному размещению элементов и устройств в изделии.

Расположение изображений входных и выходных элементов или выводов внутри графических обозначений и устройств или элементов должно примерно соответствовать их действительному размещению в устройстве или элементе.

Допускается на схеме не отражать расположение устройств и элементов в изделии, если схему выполняют на нескольких листах или размещение устройств и элементов на месте эксплуатации неизвестно.

5.4.4 Элементы, используемые в изделии частично, допускается изображать на схеме не полностью, ограничиваясь изображением только используемых частей.

5.4.5 На схеме около графических обозначений устройств и элементов указывают позиционные обозначения, присвоенные им на принципиальной схеме.

Около или внутри графического обозначения устройства допускается указывать его наименование, тип и (или) обозначение документа, на основании которого устройство применено.

5.4.6 На схеме следует указывать обозначения выводов (контактов) элементов (устройств), нанесенные на изделие или установленные в их документации.

Если в конструкции устройства или элемента и в его документации обозначения входных и выходных элементов (выводов) не указаны, то допускается условно присваивать им обозначения на схеме, повторяя их в дальнейшем в соответствующих конструкторских документах.

При условном присвоении обозначений входным и выходным элементам (выводам) на поле схемы помещают соответствующее пояснение.

При изображении на схеме нескольких одинаковых устройств обозначения выводов допускается указывать на одном из них (например, цоколевку электровакуумных приборов).

5.4.7 Устройства и элементы с одинаковыми внешними подключениями допускается изображать на схеме с указанием подключения только для одного устройства или элемента.

5.4.8 Устройства, имеющие самостоятельные схемы подключения, допускается изображать на схеме изделия без показа присоединения проводов и жил кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) к входным и выходным элементам.

5.4.9 При изображении на схеме соединителей допускается применять УГО, не показывающие отдельные контакты (ГОСТ 2.755).

В этом случае около изображения соединителя, на поле схемы или на последующих листах схемы помещают таблицы с указанием подключения контактов (см. рисунок 15).

При размещении таблиц на поле схемы или на последующих листах им присваивают позиционные обозначения соединителей, в дополнение к которым они составлены.

Допускается в таблицу вводить дополнительные графы (например, данные провода).

Если жгут (кабель — многожильный провод, электрический шнур, группа проводов) соединяет одноименные контакты соединителей, то допускается таблицу помещать около одного конца изображения жгута (кабеля — многожильного провода, электрического шнура, группы проводов).

Если сведения о подключении контактов приведены в таблице соединений, то таблицы с указанием подключения контактов на схеме допускается не помещать.

5.4.10 На схеме изделия внутри прямоугольников или упрощенных внешних очертаний, изображающих устройства, допускается изображать их структурные, функциональные или принципиальные схемы.

5.4.11 При отсутствии принципиальной схемы изделия на схеме соединений присваивают позиционные обозначения устройствам, а также элементам, не вошедшим в принципиальные схемы составных частей изделия, по правилам, установленным в 5.3.7—5.3.11, и записывают их в перечень элементов.

5.4.12 На схеме соединений изделия допускается показывать внешние подключения изделия по правилам, установленным в 5.5.8, 5.5.9.

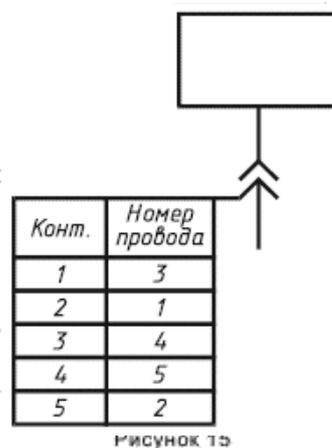
5.4.13 Провода, группы проводов, жгуты и кабели (многожильные провода, электрические шнуры) должны быть показаны на схеме отдельными линиями. Толщина линий, изображающих провода, жгуты и кабели (многожильные провода, электрические шнуры) на схемах, должна быть от 0,4 до 1 мм.

Для упрощения начертания схемы допускается свивать отдельные провода или кабели (многожильные провода, электрические шнуры), идущие на схеме в одном направлении, в общую линию.

При подходе к контактам каждый провод и жилу кабеля (многожильного провода, электрического шнура) изображают отдельной линией.

Допускается линии, изображающие провода, группы проводов, жгуты и кабели (многожильные провода, электрические шнуры), не проводить или обрывать их около мест присоединения, если их изображение затрудняет чтение схемы.

В этих случаях на схеме около мест присоединения (см. рисунок 16) или в таблице на свободном поле схемы (см. рисунок 17) помещают сведения в объеме, достаточном для обеспечения однозначного соединения.



ГОСТ 2.702—2011

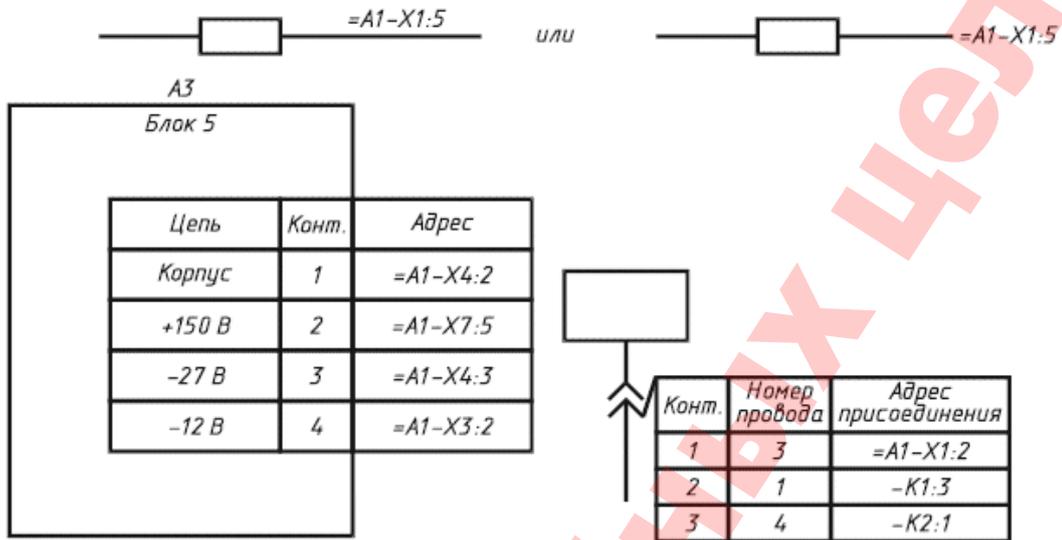


Рисунок 16

Рисунок 17

5.4.14 На схеме изделия, в состав которого входят многоконтактные элементы, линии, изображающие жгуты (кабели — многожильные провода, электрические шнуры, группы проводов), допускается доводить только до контура графического обозначения элемента, не показывая присоединения к контактам.

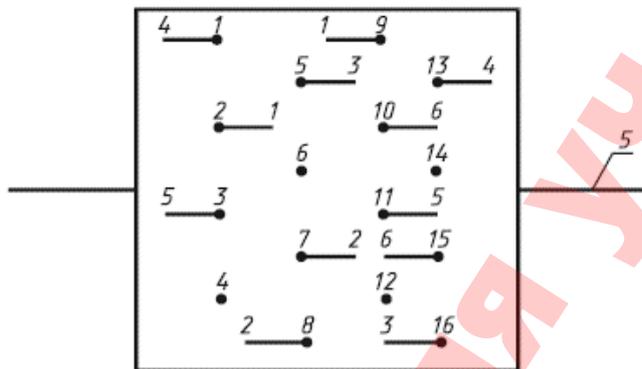


Рисунок 18

Указания о присоединении проводов или жил кабеля (многожильного провода, электрического шнура) к контактам приводят в этом случае одним из следующих способов:

- у контактов показывают концы линий, изображающих провода или жилы кабеля (многожильного провода, электрического шнура), и указывают их обозначения. Концы линий направляют в сторону соответствующего жгута, кабеля (многожильного провода, электрического шнура), группы проводов (см. рисунок 18);

- у изображения многоконтактного элемента помещают таблицу с указанием подключения контактов.

Таблицу соединяют линией-выноской с соответствующим жгутом, кабелем (многожильным проводом, электрическим шнуром), группой проводов (см. рисунок 19).

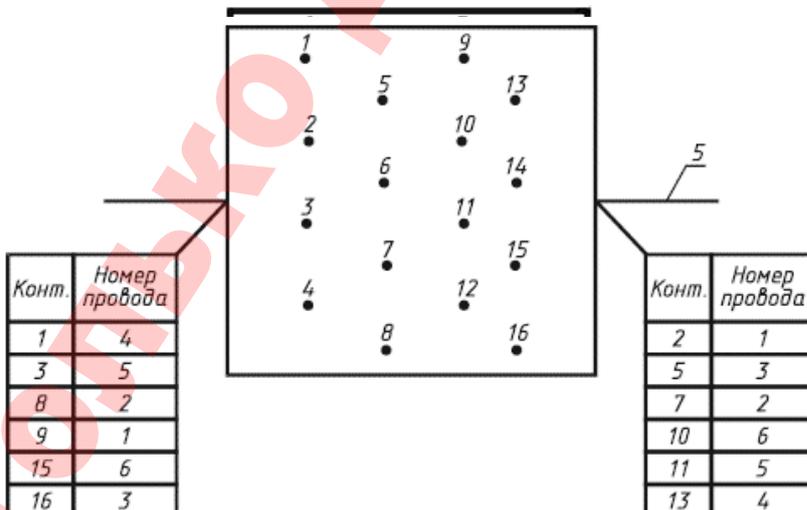


Рисунок 19

5.4.15 Вводные элементы, через которые проходят провода (группа проводов, жгуты, кабели — многожильные провода, электрические шнуры), изображают в виде УГО, установленных в стандартах ЕСКД.

Проходные изоляторы, гермовводы, сальники, контакты и держатели, запаянные в печатную плату, изображают в виде УГО, приведенных на рисунке 20.



Рисунок 20

5.4.16 На схеме следует указывать обозначения вводных элементов, нанесенные на изделие.

Если обозначения вводных элементов не указаны в конструкции изделия, то допускается условно присваивать им обозначения на схеме соединений, повторяя их в соответствующей конструкторской документации. При этом на поле схемы помещают необходимые пояснения.

5.4.17 Одножильные провода, жгуты, кабели (многожильные провода, электрические шнуры) должны быть обозначены порядковыми номерами в пределах изделия.

Провода, жгуты, кабели (многожильные провода, электрические шнуры) следует нумеровать отдельно. При этом провода, входящие в жгут, нумеруют в пределах жгута, а жилы кабеля (многожильного провода, электрического шнура) — в пределах кабеля (многожильного провода, электрического шнура).

Примечания

1 Допускается сквозная нумерация всех проводов и жил кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) в пределах изделия.

2 Допускается сквозная нумерация отдельных проводов, жгутов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) в пределах изделия. При этом провода, входящие в жгут, нумеруют в пределах жгута, а жилы кабеля (многожильного провода, электрического шнура) — в пределах кабеля (многожильного провода, электрического шнура).

3 Допускается не обозначать жгуты, кабели (многожильные провода, электрические шнуры) и отдельные провода, если изделие, на которое составляют схему, войдет в комплекс и обозначения жгутам, кабелям (многожильным проводам, электрическим шнурам) и проводам будут присвоены в пределах всего комплекса.

4 Допускается присваивать обозначения группам проводов.

5.4.18 Если на принципиальной схеме электрическим цепям присвоены обозначения в соответствии с ГОСТ 2.709, то всем одножильным проводам, жилам кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) и проводам жгутов присваивают те же обозначения. При этом жгуты и кабели (многожильные провода, электрические шнуры) обозначают в соответствии с требованиями 5.4.17.

5.4.19 На схеме при помощи буквенного (буквенно-цифрового) обозначения допускается определять функциональную принадлежность провода, жгута или кабеля (многожильного провода, электрического шнура) к определенному комплексу, помещению или функциональной цепи.

Буквенное (буквенно-цифровое) обозначение проставляют перед обозначением каждого провода, жгута, кабеля (многожильного провода, электрического шнура), отделяя его знаком дефиса. В этом случае буквенное (буквенно-цифровое) обозначение входит в состав обозначения каждого провода, жгута и кабеля (многожильного провода, электрического шнура).

Дефис в обозначении допускается не проставлять, если это не внесет неясность в чтение схемы.

Если все провода, жгуты, кабели (многожильные провода, электрические шнуры), изображенные на схеме, принадлежат к одному комплексу, помещению или функциональной цепи, то буквенное (буквенно-цифровое) обозначение не проставляют, а на поле схемы помещают соответствующее пояснение.

5.4.20 Номера проводов и жил кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) на схеме проставляют, как правило, около обоих концов изображений.

ГОСТ 2.702—2011

Номера кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) проставляют в окружностях, помещенных в разрывах изображений кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) вблизи от мест разветвления жил.

Номера жгутов проставляют на полках линий-выносок около мест разветвления проводов.

Номера групп проводов проставляют около линий-выносок.

Примечания

1 При обозначении кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) в соответствии с требованиями 5.4.19, а также при большом количестве кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров), идущих на схеме в одном направлении, допускается номера кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) проставлять в разрыве линии без окружности.

2 При изображении на схеме проводов, жгутов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) большой длины номера проставляют через промежутки, определяемые удобством пользования схемой.

5.4.21 На схеме следует указывать:

- для одножильных проводов — марку, сечение и, при необходимости, расцветку;
- для кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров), записываемых в спецификацию как материал, — марку, количество и сечение жил и, при необходимости, количество занятых жил. Количество занятых жил указывают в прямоугольнике, помещаемом справа от обозначения данного кабеля (многожильного провода, электрического шнура);
- для жгутов, кабелей и проводов, изготавливаемых отдельно, — обозначение основного конструкторского документа.

На схеме приводят характеристики входных и выходных цепей устройств и элементов или другие исходные данные, необходимые для выбора конкретных проводов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров), если при разработке схемы комплекса данные о проводах и кабелях (многожильных проводах, электрических шнурах) не могут быть определены.

Характеристики входных и выходных цепей рекомендуется указывать в виде таблиц (см. 5.3.25), помещаемых взамен условных графических обозначений входных и выходных элементов.

5.4.22 Данные (марку, сечение и др.) о проводах и кабелях (многожильных проводах, электрических шнурах) указывают около линий, изображающих провода и кабели (многожильные провода, электрические шнуры).

В этом случае допускается обозначения проводам и кабелям (многожильным проводам, электрическим шнурам) не присваивать.

При указании данных о проводах и кабелях (многожильных проводах, электрических шнурах) в виде условных обозначений эти обозначения расшифровывают на поле схемы.

Одинаковые марку, сечение и другие данные о всех или большинстве проводов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) допускается указывать на поле схемы.

5.4.23 Если на схеме не указаны места присоединений (например, не показаны отдельные контакты в изображении соединителей) или затруднено отыскание мест присоединения проводов и жил кабеля (многожильного провода, электрического шнура), то данные о проводах, жгутах и кабелях (многожильных проводов, электрических шнуров) и адреса их соединений сводят в таблицу, именуемую «Таблицей соединений». Таблицу соединений следует помещать на первом листе схемы или выполнять в виде самостоятельного документа.

Таблицу соединений, помещаемую на первом листе схемы, располагают, как правило, над основной надписью. Расстояние между таблицей и основной надписью должно быть не менее 12 мм.

Продолжение таблицы соединений помещают слева от основной надписи, повторяя головку таблицы.

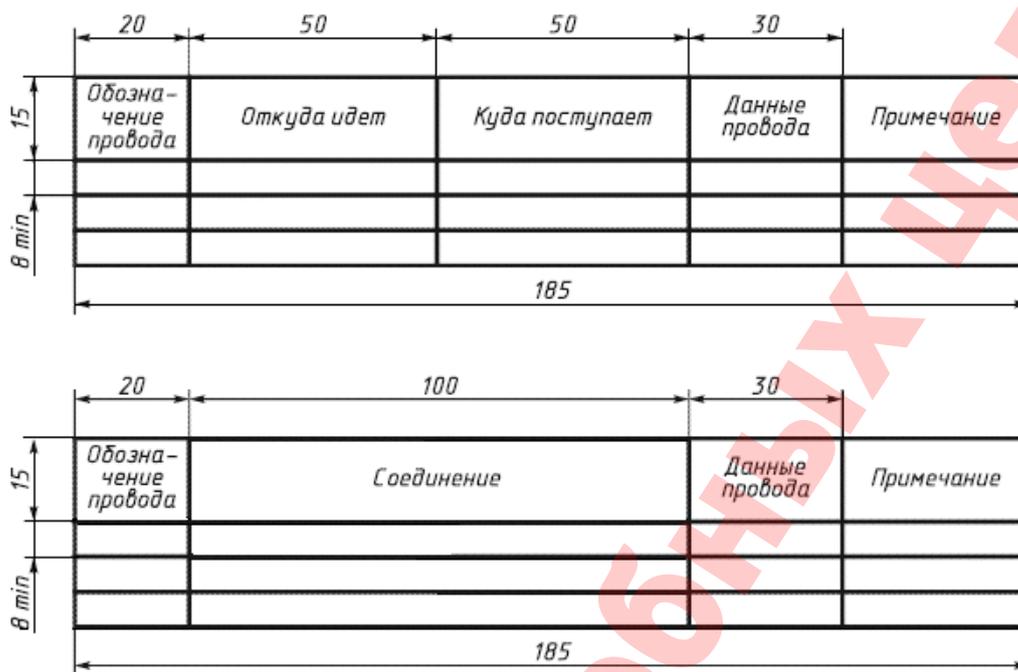
Таблицу соединений в виде самостоятельного документа выполняют на формате А4. Основную надпись и дополнительные графы к ней выполняют по ГОСТ 2.104 (формы 2 и 2а).

5.4.24 Форму таблицы соединений выбирает разработчик схемы в зависимости от сведений, которые необходимо поместить на схеме (см. рисунок 21).

В графах таблиц указывают следующие данные:

в графе «Обозначение провода» — обозначение одножильного провода, жилы кабеля (многожильного провода, электрического шнура) или провода жгута;

в графах «Откуда идет», «Куда поступает» — условные буквенно-цифровые обозначения соединяемых элементов или устройств;



в графе «Соединения» — условные буквенно-цифровые обозначения соединяемых элементов или устройств, разделяя их запятой;

в графе «Данные провода»:

- для одножильного провода — марку, сечение и, при необходимости, расцветку в соответствии с документом, на основании которого его применяют;

- для кабеля (многожильного провода, электрического шнура), записываемого в спецификацию как материал, — марку, сечение и количество жил в соответствии с документом, на основании которого применяют кабель (многожильный провод, электрический шнур);

в графе «Примечание» — дополнительные уточняющие данные.

Примечания

1 Размеры граф — рекомендуемые.

2 Допускается графы делить на подграфы.

5.4.25 При заполнении таблицы соединений следует придерживаться следующего порядка:

- при выполнении соединений отдельными проводами в таблицу записывают провода в порядке возрастания номеров, присвоенных им;

- при выполнении соединений проводами жгутов или жилами кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) перед записью проводов каждого жгута или жил каждого кабеля (многожильного провода, электрического шнура) помещают заголовок, например: «Жгут 1» или «Жгут АБВГ.XXXXXX.032»; «Кабель 3» или «Кабель АБВГ.XXXXXX.042»; «Провод 5». Провода жгута или жилы кабеля (многожильного провода, электрического шнура) записывают в порядке возрастания номеров, присвоенных проводам или жилам;

- при выполнении соединений отдельными проводами, жгутами проводов и кабелями (многожильные провода, электрические шнуры) в таблицу соединений вначале записывают отдельные провода (без заголовка), а затем (с соответствующими заголовками) жгуты проводов и кабели (многожильные провода, электрические шнуры).

Если на отдельные провода должны быть надеты изоляционные трубки, экранирующие оплетки и т. д., то в графе «Примечание» помещают соответствующие указания. Допускается эти указания помещать на поле схемы.

Примечание — При применении схемы соединений только для электромонтажа допускается другой порядок записи, если он установлен в отраслевых стандартах.

5.4.26 На схеме соединений около обоих концов линий, изображающих отдельные провода, провода жгутов и жилы кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) допускается указывать

ГОСТ 2.702—2011

адрес соединений. В этом случае таблицу соединений не составляют. Обозначения проводов допускается не присваивать.

5.4.27 На поле схемы над основной надписью допускается помещать необходимые технические указания, например:

- требования о недопустимости совместной прокладки некоторых проводов, жгутов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров);

- минимально допустимые расстояния между проводами, жгутами и кабелями (многожильными проводами, электрическими шнурами); данные о специфичности прокладки и защиты проводов, жгутов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) и т. д.

Только для учебных целей