



**В.Ю. Волощенко, В.Г. Ли,  
В.В. Гривцов, И.Б. Аббасов**

**ОСНОВНОЙ КОМПЛЕКТ КД НА ВОЛНОВОДНУЮ  
ЛИНИЮ ТРАКТА СВЧ**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
“Южный федеральный университет”  
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

**В.Ю. Волощенко, В.Г. Ли,  
В.В. Гривцов, И.Б. Аббасов**

**ОСНОВНОЙ КОМПЛЕКТ КД НА ВОЛНОВОДНУЮ  
ЛИНИЮ ТРАКТА СВЧ**

*Учебное пособие  
для инженерных направлений подготовки  
бакалавров и специалистов*

Таганрог  
Издательство Южного федерального университета  
2015

УДК 515:621(075.8)

*Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Южного федерального университета  
(протокол №3 от 23 ноября 2015 г.)*

**Рецензенты:**

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры антенн  
и передающих устройств ИРТСУ ЮФУ  
*В. Г. Кошкидько;*

кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой общей физики  
и технологии Таганрогского института им. А.П. Чехова  
(филиала) ФГБОУ ВО «РГЭУ»  
*С.Н. Кихтенко.*

Волощенко В.Ю., Ли В.Г., Гривцов В.В., Аббасов И.Б. Основной комплект КД на волноводную линию тракта СВЧ: учебное пособие – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2015. - 51 с.  
ISBN 978-5-9275-1810-4

Пособие предназначено для освоения темы курса ИГ «Конструкторская документация на изделия приборостроения» на примере разработки полного комплекта КД на волноводную линию передачи энергии (тракт) сверхвысоких частот. Приводится необходимый теоретический, справочный и методический материал, обеспечивающий соблюдение требований стандартов ЕСКД к оформлению конструкторской документации.

Предназначено для отдельных инженерных направлений подготовки специалистов и бакалавров очной и заочной форм обучения.

Табл. 7., Ил. 21, Библиогр.: 14 назв.

ISBN 978-5-9275-1810-4

© ЮФУ, 2015  
© Волощенко В.Ю., 2015  
© Ли В.Г., 2015  
© Гривцов В.В., 2015  
© Аббасов И.Б., 2015

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. Основные сведения из ЕСКД по оформлению КД в приборостроении .....	5
1.1. Виды изделий в приборостроении .....	5
1.2. Виды и комплектность КД (ГОСТ 2.102-2013) .....	6
1.3. Правила оформления чертежей (ГОСТ 2.109-73) .....	8
1.4. Нанесение размеров. Справочные и неконтролируемые размеры .....	10
1.5. Надписи и обозначения на чертежах .....	15
1.6. Обозначение материалов в КД изделий приборостроения .....	17
1.7. Виды соединений. Изображение и обозначение на чертежах неразъемных соединений .....	19
1.8. Правила оформления спецификации (ГОСТ 2.106-96) .....	21
1.9. Правила оформления сборочных чертежей (ГОСТ 2.109-73) .....	24
1.10. Простановка позиционных номеров составных частей изделия .....	28
2. Краткие сведения о волноводных линиях тракта СВЧ .....	29
3. Общие сведения о паяных соединениях .....	31
4. Варианты заданий. Состав работы .....	33
5. Порядок выполнения работы .....	41
6. Типовой расчет с элементами конструирования тракта СВЧ .....	42
7. Пример расчета для варианта «П» .....	43
8. Вопросы для самоконтроля .....	46
Приложение .....	47
Библиографический список .....	51

## ВВЕДЕНИЕ

В системе инженерного образования инженерно-графические дисциплины имеют большое значение, так как способствуют развитию пространственного мышления, прививают навыки моделирования и конструирования изделий, самостоятельной, в том числе творческой работы. В соответствии с учебными планами технических специальностей студент должен в процессе обучения получить знания и навыки работы по выполнению различных видов конструкторской документации.

Инженерная графика дает студенту умение и необходимые навыки выполнения и чтения конструкторской документации, понимание как конструкции, так и сведения о способах применения изображаемого изделия.

Данное пособие содержит подробные сведения из области СВЧ - приборостроения, методические указания, варианты индивидуальных заданий, а также необходимую справочную информацию по государственным стандартам единой системы конструкторской документации (ГОСТ ЕСКД). Более полные сведения по правилам оформления конструкторской документации содержатся в учебной и методической литературе, список которых прилагается в конце пособия. Однако необходимо отметить, что для успешного освоения курса студент в обязательном порядке должен также *самостоятельно работать с учебниками и справочной литературой.*

Целью данной графической работы является освоение темы «Конструкторская документация на изделия приборостроения» на примере разработки конструкторской документации для волноводной линии передачи энергии СВЧ (сборочная единица *Волновод*). В результате выполнения работы студент приобретает профессиональные навыки и компетенции за счет изучения и освоения:

- правил изображения и обозначения неразъемных соединений способом пайки (ГОСТ 2.313-82 «Условные изображения и обозначения неразъемных соединений» и ГОСТ 17349-79 «Пайка. Классификация способов»);

- правил оформления (ГОСТ 2.109-73 «ЕСКД. Основные требования к чертежам») сборочного чертежа изделия, совмещенного со спецификацией, включая:

- заполнения спецификации согласно ГОСТ 2.106- 96 «Текстовые документы»;

- запись технических требований в соответствии с ГОСТ 2.114-95 «Технические условия».

Варианты индивидуальных заданий определяются двумя последними цифрами номера зачетной книжки студента.

Данная графическая работа является завершающей, профессионально ориентированной в курсе Инженерной графики для соответствующих направлений подготовки специалистов и бакалавров и предусматривает, в основном, самостоятельное выполнение.

# 1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ЕСКД ПО ОФОРМЛЕНИЮ КД В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

## 1.1. Виды изделий в приборостроении

Единая система конструкторской документации (ЕСКД) – это комплекс государственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные единые нормы и правила по разработке, оформлению и обращению конструкторской документации (КД), разрабатываемой организациями и предприятиями страны, на всех стадиях жизненного цикла изделия (при проектировании, изготовлении, эксплуатации, ремонте и др.). ЕСКД позволяет обеспечить расширение унификации при конструкторской разработке проектов промышленных изделий, упрощение форм документов и сокращение их номенклатуры, а также графических изображений, механизированное и автоматизированное создание документации и, самое главное, готовность промышленности к организации производства любого изделия на любом предприятии, в наиболее короткие сроки.

В соответствии стандартам ЕСКД различают следующие виды изделий (рис. 1).

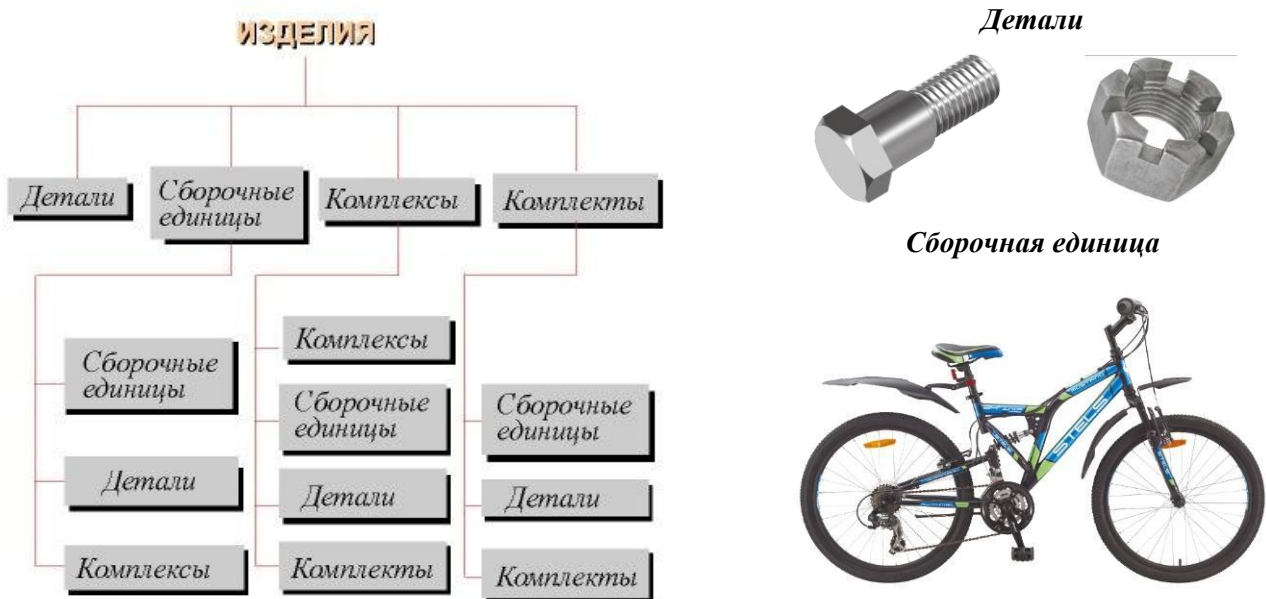


Рис. 1. Виды изделий. Классификация

*Деталь* – изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марки материала, без применения сборочных операций (например, штампованный корпус микросхемы, клемма разъема и т.д.). Детали подразделяются на оригинальные, но содержащие стандартизированные элементы, стандартные и стандартизированные.

*Сборочная единица* – изделие, составные части которого подлежат

соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сочленением, клепкой, пайкой, опрессовкой, развальцовыванием, склеиванием, сшиванием и т. п.), например, сварной корпус радиоэлектронного прибора, резиновый валик магнитофона с металлической осью и т. д.

*Комплекс* – несколько изделий, не соединенных сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций (например, радиолокационная станция).

*Комплект* – набор деталей или сборочных единиц, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера.

## **1.2. Виды и комплектность КД (ГОСТ 2.102-2013)**

К *конструкторским документам* относят графические и текстовые документы, которые в отдельности или в совокупности определяют устройство изделия и содержат все необходимые данные для его изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта.

ГОСТ 2.102-2013 в зависимости от содержания устанавливает 31 вид конструкторских документов, в том числе: чертеж детали, чертеж общего вида, сборочный чертеж, спецификация и др.

Конструкторские документы в зависимости от стадии разработки подразделяются на проектные и рабочие.

К *проектным* относят документы технического предложения, эскизного проекта и технического проекта (в том числе и чертеж общего вида).

К *рабочей* документации относят: чертеж детали, сборочный чертеж, спецификацию и т.д.

Конструкторские документы в зависимости от способа их выполнения и характера использования подразделяют на:

– *оригиналы* – документы, выполненные на любом материале и предназначенные для изготовления по ним подлинников, например, чертежи на чертежной бумаге;

– *подлинники* – документы, оформленные установленными подписями и выполненные на любом материале, позволяющем многократное воспроизведение с них копий, например, чертежи на кальке. В качестве подлинника может быть использован и оригинал, содержащий подписи лиц, ответственных за выпуск документа;

– *дубликаты* – копии подлинников, выполненные на любом материале, позволяющем снятие с них копий (например, на кальке);

– *копии* – документы, выполненные способом, обеспечивающим их идентичность с подлинником и предназначенные для непосредственного

использования в производстве, изготовлении, эксплуатации и ремонте изделия, например, фотокопии, ксерокопии и т.п.

Если документы предназначены для разового использования, то допускается выполнять их в виде *эскизных документов*.

ГОСТ 2.103-2013 устанавливает следующие стадии разработки конструкторской документации: *техническое задание, техническое предложение, эскизный проект, технический проект и рабочая документация*.

Основанием для разработки рабочей документации служит утвержденный технический проект.

При разработке технического проекта выполняют работы, позволяющие получить полное представление о конструкции изделия, оценить его соответствие требованиям технического задания, степень сложности изготовления, удобство эксплуатации и т.п. (см. ГОСТ 2.120-2013 Технический проект).

Документам технического предложения присваивается литера "П"; эскизного проекта – литера "Э"; технического проекта – литера "Т".

Конструкторским документам для индивидуального производства, предназначенным для разового изготовления изделия, присваивают литеру "И". Конструкторским документам опытного образца присваивают литеру "О1". При последующих (повторных) изготовлении опытного образца, а также соответствующей корректировке конструкторских документов им присваивают литеры "О2", "О3" и т.д. Конструкторским документам установочных серий изделия присваивают литеру "А", а установившегося серийного или массового производства – литеру "Б".

**П р и м е ч а н и я:** 1. Учебным чертежам рекомендуется присваивать литеру "У" – учебный. 2 Литера указывается в графе 4 основной надписи.

*Графический конструкторский документ* содержит графическую информацию о техническом предмете. К графическим документам относят: чертежи, схемы и графики. *Текстовые конструкторские документы* содержат информацию на естественном или формализованном языке. Текстовые документы подразделяют на документы, содержащие в основном сплошной текст (технические условия, технические описания, расчеты, пояснительные записки, паспорта, инструкции и т.п.) и документы содержащие текст в виде определенным образом упорядоченной информации (спецификации, ведомости, таблицы и т.д.). В учебном процессе по ИГ-дисциплинам рассматриваются следующие виды КД.

*Чертеж детали* – это КД, содержащий изображения детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля.

*Сборочный чертеж* – это КД, содержащий изображения сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и

контроля. Код документа – *СБ*.

*Чертеж общего вида* – это КД, поясняющий конструкцию изделия, взаимодействие его основных частей и принцип работы изделия. Как правило, он составляется при разработке эскизного и технического проектов. Код документа – *ВО*.

*Чертеж схемы* – это КД, содержащий информацию в виде условных изображений или обозначений составных частей изделия и связи между ними. Код для обозначения схемы выбирают по ГОСТ 2.701-2008.

*Спецификация* – это КД, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта. Спецификация является основным конструкторским документом для комплексов, сборочных единиц, комплектов и определяет их состав. Согласно ГОСТ 2.106-96 ее выполняют на листах формата *A4*.

При определении *комплектности КД* на изделия следует различать:

- *основной конструкторский документ*;
- *основной комплект конструкторских документов*;
- *полный комплект конструкторских документов*.

Основной конструкторский документ изделия в отдельности или в совокупности с другими записанными в нем конструкторскими документами полностью и однозначно определяют данное изделие и его состав.

*Чертеж детали – основной конструкторский документ детали.*

*Спецификация – основной конструкторский документ на сборочные единицы, комплексы, комплекты.*

*Основной комплект КД* изделия объединяет конструкторские документы, относящиеся ко всему изделию (составленные на всё данное изделие в целом), например, спецификация и сборочный чертеж, принципиальная электрическая схема, технические условия, эксплуатационные документы. Конструкторские документы составных частей в основной комплект документов не входят.

*Полный комплект КД* изделия образуют (в общем случае) следующие документы:

- основной комплект КД на данное изделие;
- основные комплекты КД на все составные части данного изделия, применяемые по своим основным конструкторским документам.

### **1.3. Общие правила оформления чертежей (ГОСТ 2.109-73)**

Все данные, которые содержит чертеж, имеют свои строго определенные места; их надо знать не только для того, чтобы быстро ориентироваться в чертеже, но и для того, чтобы суметь грамотно составить (скомпоновать) чертеж.

Помимо графической части (изображения, размеры) чертеж может содержать текстовую часть (надписи, таблицы, условные знаки и т.п.). Под компоновкой чертежа понимают взаимное расположение на поле чертежа всех данных (графических, текстовых), приведенных на чертеже.

На поле чертежа, ограниченном рамкой, помимо изображений с нанесенными на них размерами также располагаются:

- основная надпись;
- технические требования (непосредственно над основной надписью);
- различные условные знаки;
- таблица параметров, характеризующих изображенное изделие (например, на чертежах пружин, зубчатых колес и т.п.).

Основная надпись формы 1 наносится в правом нижнем углу поля чертежа, имеет габариты 185×55 мм. Структура основной надписи, размеры и назначение ее граф, а также правила заполнения приведены в Приложении.

Изображения, приведенные на чертеже, должны давать полное представление о форме изделия. Расположение изображений на чертеже должно обеспечивать экономное использование поля чертежа и быть удобным для чтения. Поле чертежа должно быть заполнено полезной информацией не менее чем на 50 %.

*Чертеж детали* – это КД, содержащий в совокупности с техническими условиями все необходимые данные для изготовления, ремонта и контроля детали. Эти данные излагаются на чертеже в виде изображений, условных знаков и текстовых записей на поле чертежа. Изображения (виды, разрезы, сечения, выносные элементы) должны определять с исчерпывающей полнотой геометрическую форму детали, при этом количество изображений должно быть минимальным.

Задаются размеры всех элементов детали (параметры формы), их взаимного положения (параметры положения), габаритные и справочные размеры (ГОСТ 2.307-2011). Помимо этого чертеж детали может содержать различные технические требования в виде текстовой информации.

На каждом чертеже всегда помещают основную надпись и дополнительные графы к ней в соответствии с требованиями ГОСТ 2.104-2006. При выполнении чертежа на нескольких листах на всех листах одного чертежа указывают одно и то же обозначение.

В основной надписи чертежа наименование изделия должно быть кратким и соответствовать принятой терминологии. Наименование изделия записывают в именительном падеже единственного числа. При этом в наименовании, если оно состоит из нескольких слов, на первое место помещают имя существительное.

Рабочая документация на сборочную единицу содержит спецификацию и сборочный чертеж. Согласно ГОСТ 2.102-2013 в нее могут входить и другие чертежи, схемы и текстовые документы.

*Сборочный чертеж* предназначен для осуществления сборки изделия. На сборочном чертеже должны быть изображены все составные части, соединяемые по данному чертежу, размеры и другие данные, необходимые для сборки и контроля изделия. Составные части изделия должны быть обозначены *позиционными номерами*. Поскольку сборочный чертеж предназначен только для сборки изделия ГОСТ 2.109-73 рекомендует, как правило, выполнять его с упрощениями.

#### **1.4. Нанесение размеров. Справочные и неконтролируемые размеры**

Имеющиеся на чертеже изображения: виды, разрезы, сечения, комбинированные изображения выявляют объемные формы изделия, размерные числа – определяют их величину.

Размеры на чертеже наносят с их предельными отклонениями (предельные отклонения на учебных чертежах не наносят). Размеры надо наносить так, чтобы обеспечить наименьшую трудоемкость их измерения и чтобы не требовалось производить математические подсчеты при изготовлении и контроле изделия.

Нанесение размеров на чертеже должно учитывать технологию изготовления детали, т.е. последовательность операций обработки заготовки изделия при его изготовлении и механическое оборудование, на котором оно будет изготавливаться. Неудачное нанесение размеров приводит к выполнению лишних операций, излишней точности изготовления и повышению себестоимости изготовления изделия.

Как правило, размер отсчитывают от поверхностей, которые обрабатываются раньше до поверхностей, обрабатываемых позже.

Все размеры деталей делят на две группы: сопрягаемые и свободные (несопрягаемые).

К *сопрягаемым* относят размеры рабочих поверхностей деталей, а к *свободным* – размеры вспомогательных поверхностей деталей. К сопрягаемым размерам предъявляют более высокие требования, чем к свободным.

В практике применяют три основных способа нанесения размеров: цепочкой, координатный и комбинированный.

При нанесении *цепочкой* размеры указывают последовательно (рис. 2,а). При этом цепочка размеров не должна быть замкнутой. Один из размеров не указывают. Этот размер определяется общим размером *A* детали.

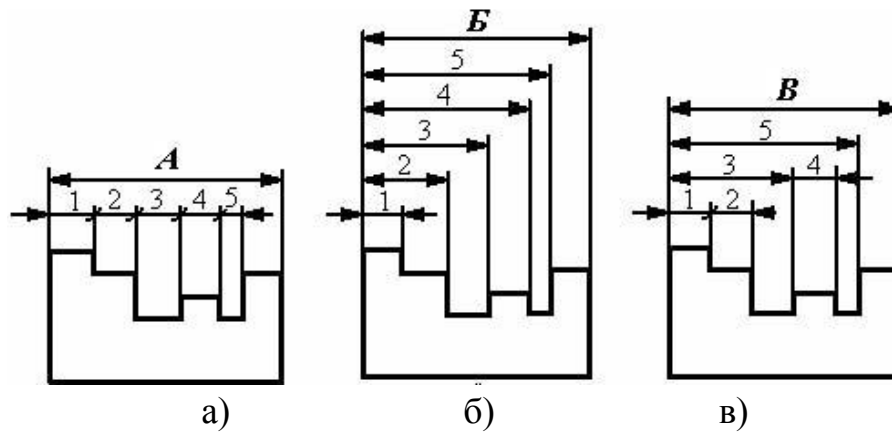


Рис. 2. Способы нанесения размеров

**П р и м е ч а н и я:** 1. Как отмечалось выше, габаритные размеры изделия должны быть указаны обязательно. 2. Если возникает необходимость указания всех размеров, то один из них обозначают как справочный.

Основные недостатки способа простановки размеров цепочкой:

- суммирование ошибок, появляющихся в процессе изготовления изделия;
- введение более жестких допусков, особенно при контроле суммарных размеров.

Способ нанесения размеров цепочкой в основном применяется тогда, когда требуется точно выдержать размеры элементов детали, а не суммарный размер детали.

При *координатном способе* (рис. 2, б) все размеры наносят от выбранной базы. Этот способ нанесения размеров применяют в тех случаях, когда необходимо обеспечить высокую точность расстояний элементов детали от каких-либо ее поверхностей (например, отверстий печатной платы от ее кромок), а также при большом числе размеров, наносимых от общей базы.

*Комбинированный способ* (рис. 2, в) нанесения размеров является сочетанием способа нанесения размеров цепочкой и координатного способа и находит самое широкое применение в практике. Этот способ позволяет размеры, требующие высокой точности выполнения, отделить от других размеров.

*Базой* называют поверхности (обычно плоскости), линии и точки изделия (или их сочетания), относительно которых определяется положение других элементов детали или других деталей сборочной единицы, сопрягаемых с данной.

Различают конструкторские, технологические, измерительные, сборочные и вспомогательные базы.

*Конструкторские базы* – базы, по отношению к которым ориентируются другие детали сборочной единицы.

*Технологические базы* – базы, определяющие положение детали при ее обработке.

*Измерительная (главная) база* – база, от которой производится отсчет размеров при изготовлении и контроле готового изделия.

**П р и м е ч а н и е.** Ось вращения детали является скрытой измерительной базой.

*Сборочная база* – база, по отношению к которой ориентируются детали изделия в процессе сборки.

*Вспомогательная база* – база, от которой отсчитываются размеры второстепенных элементов детали, например ширина кольцевой проточки в конце резьбы. Вспомогательная база должна быть связана размерами с измерительной базой.

В качестве размерных баз выбирают более точно обработанные поверхности, т.е. рабочие поверхности. Как правило, поверхности измерительных баз должны обрабатываться в первую очередь.

При большом числе размеров, наносимых от общей базы базовой линии), допускается наносить линейные и угловые размеры, как показано на рис. 3а, и 3б. При этом на базовой линии ставят отметку "О", размерные стрелки ставят в одном направлении и размерные числа наносят в направлении выносных линий их концов.

При большом числе однотипных элементов изделия, неравномерно расположенных на поверхности (рис. 3,в), допускается координатный способ нанесения их размеров с указанием размерных чисел в свободной таблице.

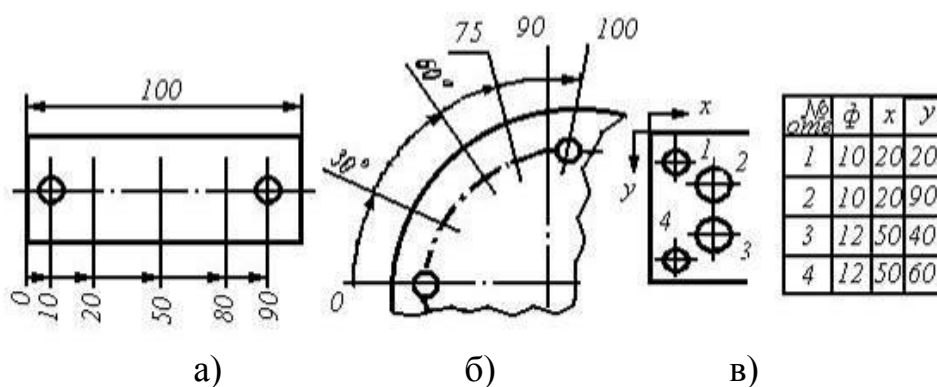


Рис. 3. Размеры для одинаковых элементов

При нанесении размеров, определяющих расстояния между одинаковыми и равномерно расположенными элементами детали (например, отверстиями на рис. 4), рекомендуется вместо нанесения размерных цепей указывать размер между двумя соседними элементами и размер между крайними элементами в виде произведения числа промежутков между элементами на размер одного промежутка.

Рис. 1.3

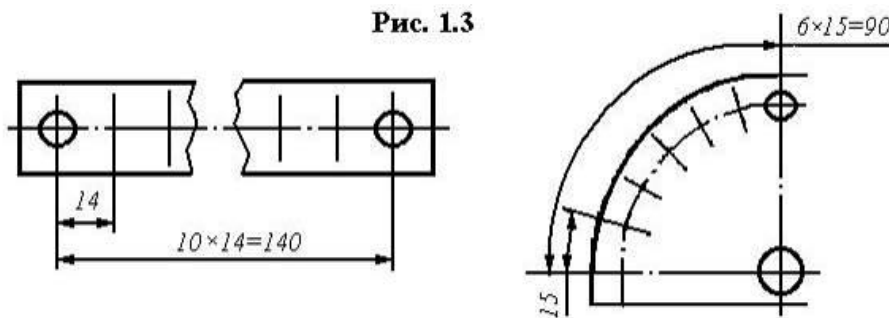


Рис. 4. Размеры для равномерно расположенных одинаковых элементов

Одинаковые элементы (например, отверстия), расположенные в разных частях детали, рассматриваются как один элемент, если между ними нет промежутка (рис. 5, а) или если эти элементы соединены тонкими сплошными линиями (рис. 5, б). Если эти условия отсутствуют, то указывают число элементов (рис. 5, в).

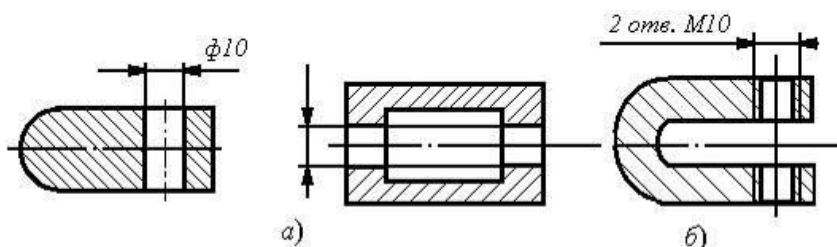


Рис. 5. Размеры для одинаковых соосных отверстий

Если одинаковые элементы детали (например, отверстия) расположены на разных поверхностях и показаны на разных изображениях, то число этих элементов записывается отдельно для каждой поверхности (рис. 6, а).

Допускается повторять размеры одинаковых элементов изделия, лежащих на одной поверхности, только в том случае, когда они значительно удалены друг от друга и не связаны между собой размерами (рис. 6, б).

Рис. 1.5

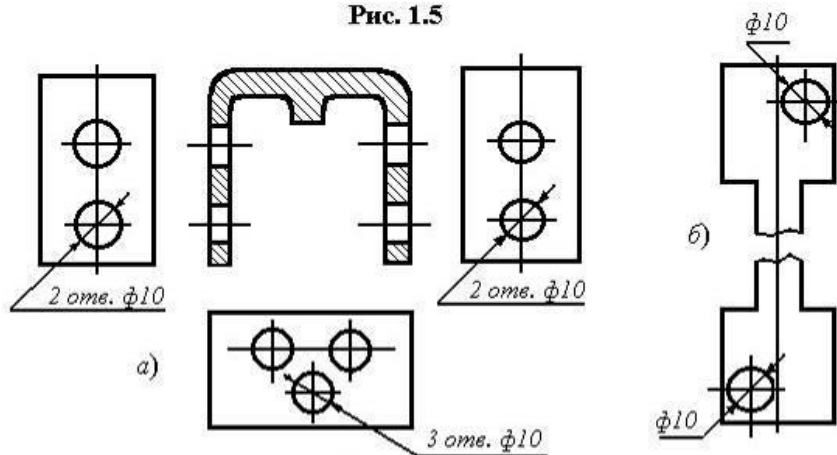


Рис. 6. Размеры для одинаковых отверстий

При изображении детали в одной проекции размер ее толщины или длины наносят по рис. 7. Если отсутствует изображение отверстия в разрезе (сечении) вдоль его оси, то размеры отверстия проставляют, как указано в табл. 1.

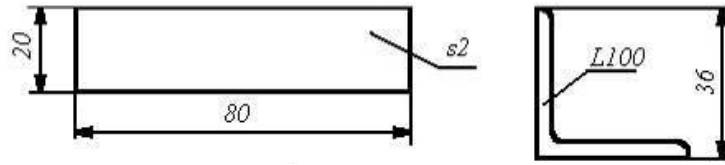


Рис. 7. Размеры толщины и длины деталей

Таблица 1

Простановка размеров отверстий

В разрезе	На виде (при отсутствии разреза)	В разрезе	На виде (при отсутствии разреза)

Размеры на деталях, изготовляемых из листового материала путем штамповки, наносят с учетом формы инструмента.

Для дуг окружностей, ограничивающих очертание плоских деталей из листового материала, наносят размеры радиусов этих дуг, а не диаметров окружностей (учитывая возможности измерительной инструмента).

У деталей, изготовляемых изгибанием, необходимо указывать внутренний радиус изгиба, так как он определяет форму гибочного штампа или приспособления. Кроме того, наружный радиус готовой детали может иметь отклонения от заданного размера из-за неравномерной деформации материала.

При указании размеров деталей, полученных изгибанием труб, стержней, полос и т.п., необходимо указывать размеры, связывающие все геометрические

элементы, получаемые гибкой.

У деталей с резьбой длина резьбы включает ширину заходной фаски и проточки, выполняемой в конце резьбы. При этом ширину фаски и проточки указывают отдельно.

На чертежах изделий, кроме размеров, необходимых для их изготовления (включая габаритные), в ряде случаев проставляют установочные, присоединительные и справочные размеры.

*Установочными и присоединительными* размерами называются размеры, определяющие величины элементов, по которым данное изделие устанавливают на месте монтажа или присоединяют к другому изделию.

Размеры, не выполняемые по данному чертежу и указываемые для большего удобства пользования им, называют *справочными*. На чертежах справочные размеры отмечают знаком «\*», а в технических требованиях записывают один из следующих вариантов:

- \* Размер для справки.
- \* Размеры для справки.
- Все размеры справочные.

К *справочным* размерам относят:

- а) один из размеров замкнутой размерной цепи (рис. 8, а, б);
- б) размеры, перенесенные с чертежей изделий-заготовок (рис. 8, в);

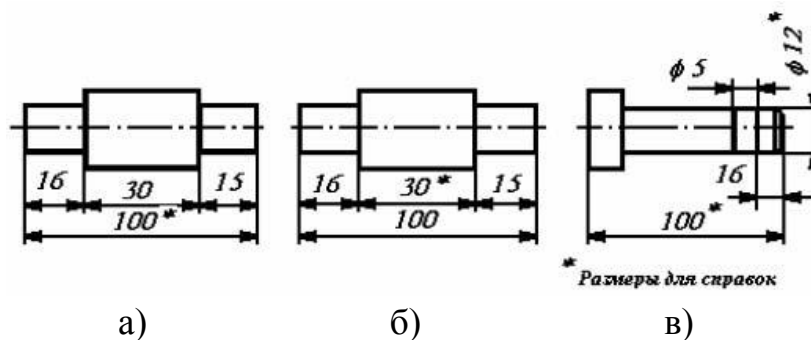


Рис. 8. Размеры для справок

в) размеры на сборочном чертеже, определяющие предельные положения движущихся элементов изделия, например тумблера, рычага и т.п.;

г) размеры на сборочном чертеже, перенесенные с чертежей деталей и используемые в качестве установочных и присоединительных;

д) габаритные размеры на сборочном чертеже, перенесенные с чертежей деталей или являющиеся суммой размеров нескольких деталей.

### 1.5. Надписи и обозначения на чертежах

Кроме изображения изделия с размерами, предельными отклонениями и шероховатостью поверхности чертеж может содержать (см. ГОСТ 2.316-2008):

а) текстовую часть, состоящую из технических требований, характеристик и т.п.;

б) надписи с обозначением изображений, а также относящиеся к отдельным элементам изделия;

в) таблицы с размерами и другими параметрами, техническими требованиями, условными обозначениями и т.д.;

г) надписи, установленные в других стандартах.

При нанесении *линий-выносок* (для надписей у изображений) необходимо выполнять следующие требования:

– если эта линия отводится от линии видимого или невидимого контура, то ее необходимо заканчивать стрелкой (рис. 9);

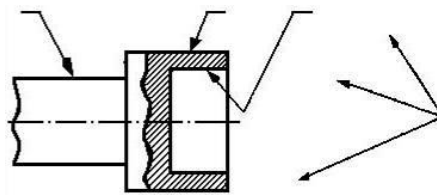


Рис. 9. Линии-выноски

– если эта линия пересекает контур изображения и не отводится от какой-либо линии, то ее заканчивают точкой (см. рис. 9);

– на конце линии-выноски, отводимой от всех других линий, не должно быть ни стрелки, ни точки;

– линии-выноски не должны пересекаться между собой;

– линии-выноски, проходящие по заштрихованному полю, не должны быть параллельны линиям штриховки;

– линии-выноски не должны пересекать, но возможности, размерные линии и элементы изображения, к которым не относится помещенная на полке надпись.

Допускается проводить линии-выноски с одним изломом, а также проводить от одной полки несколько линий-выносок (см. рис. 9).

*Надписи*, относящиеся непосредственно к изображению, могут содержать не более двух строк, располагаемых над полкой линии-выноски или под ней.

Для обозначения на чертеже видов, разрезов, сечений и поверхностей изделия применяют прописные буквы русского алфавита, за исключением букв *Й, О, Х, Ъ, Ы, Ц*.

Буквенные обозначения в алфавитном порядке (без пропусков и повторения, независимо от количества листов чертежа) присваивают сначала видам, разрезам, сечениям, а затем – поверхностям.

Размер шрифта буквенных обозначений должен *на один-два номера больше*, чем размер шрифта, принятого для размерных чисел на том же

чертеже.

Масштаб изображения на чертеже, отличающийся от указанного в основной надписи, указывают в скобках рядом с надписью, относящейся к изображению.

*Технические требования* включают в чертеж в тех случаях, когда содержащиеся в них данные, указания и разъяснения невозможно или нецелесообразно выразить графическими или условными обозначениями.

Надписи, таблицы и т.п., как правило, располагают параллельно основной надписи чертежа.

Технические требования на чертеже излагают, группируя вместе однородные и близкие по своему характеру требования, и располагают над основной надписью чертежа.

Пункты технических требований должны иметь сквозную нумерацию, каждый из них записывается с новой строки. Заголовок "Технические требования" не пишут.

### **1.6. Обозначение материалов в КД изделий приборостроения**

В приборостроении для изготовления деталей применяется большое количество различных видов материалов: металлы, их сплавы, а также неметаллические материалы – полимеры (пластмассы), резина, древесина и др.

От правильного выбора материалов для составных частей изделия зависят его качество, надежность, работоспособность и стоимость.

Назначая материалы, конструктор должен учитывать условия, в которых будет работать изделие: климат, рабочее давление, наличие агрессивных сред, а также стремиться к минимальной материалоемкости изделия.

Химический состав и физико-механические свойства материалов, области их применения и условные обозначения устанавливают стандарты.

На чертежах деталей должно быть указано обозначение материала, из которого изготавливается деталь. Обозначение материала устанавливается стандартом или техническими условиями, по которым выпускается данный материал.

Обозначение материала помещается в основной надписи чертежа и в общем случае должно содержать наименование материала, марку и номер стандарта или технических условий, например: *Сталь 45 ГОСТ 1050-88*.

Если в условное обозначение материала входит сокращенное наименование данного материала «Ст», «СЧ», «КЧ», «Бр» и другие, то полные наименования «Сталь», «Серый чугун», «Ковкий чугун», «Бронза» и другие на чертеже не указывают, например: *СтЗ ГОСТ 380-88*.

От правильного выбора материала изделия зависит их качество, надежность, стоимость и эксплуатационная привлекательность. Выбор

материала для конкретных деталей зависит от ряда условий:

- характера силовых нагрузок;
- технологичности обработки материала;
- коррозирующих воздействий на них агрессивных сред;
- надежной электробезопасности;
- климатических условий их работы;
- дизайна, стоимости и т.п.

При выборе материалов для изготовления деталей следует различать указания просто о *материале*, или *сортаментном материале* определенного профиля, размеров и качественной характеристики. Как правило, в числителе осуществляется запись о сортаменте, а в знаменателе – сведения о материале вообще.

Согласно стандартам ЕСКД сведения о материалах могут вноситься:

- в *основную надпись* (рис. 10) на чертежах деталей;

Рис. 10. Запись сортамента материала в основной надписи чертежа детали

- в *спецификацию* в графу «*Наименование*» раздела «*Детали*», если на деталь чертеж не выпускается (рис. 11);

- в *спецификацию* в графу «*Наименование*» раздела «*Материалы*». Чертеж на *заполнитель* (облицовку), которым заливают армирующую деталь, не выпускают и обозначение ему не присваивают (резина, пластмасса, и т.п.). В спецификацию сборочной единицы заполнитель записывают как материал с указанием в графе «*Количества*» его массы (рис. 3).

В раздел спецификации «*Материалы*» вносятся все материалы, непосредственно входящие в специфицированное изделие, но не входящие ни в какую сборочную единицу изделия в целом. В раздел «*Материалы*» не записываются материалы, необходимое количество которых нельзя определить по размерам элементов изделия (например, припой, клеи, лаки и т.п.). Указание о применении таких материалов дают в технических требованиях (на поле соответствующего чертежа).

Рис. 11. Запись материала в спецификацию армированного изделия

Материалы в разделе записываются в следующем порядке:

- металлы черные;
- металлы магнитоэлектрические и ферромагнитные;
- металлы цветные, благородные и редкие;
- кабели, провода, шнуры;
- пластмассы, прессматериалы и т. д.

В пределах каждого вида материалы записываются в алфавитном порядке наименований, а в пределах каждого наименования – по возрастанию размеров и других технических параметров.

### **1.7. Виды соединений. Изображение и обозначение на чертежах неразъемных соединений**

Соединения деталей в изделиях могут быть разъемными и неразъемными. *Разъемными* называются соединения, которые разбираются без нарушения целостности деталей и средств соединения. Эти соединения подразделяются на два вида: неподвижные и подвижные.

К *неподвижным разъемным* соединениям относятся те, в которых относительное перемещение деталей исключается (болтовое и шпилечное соединения, соединения при помощи винтов, фитингов и др.)

*Подвижные соединения* допускают относительное перемещение деталей в каком-либо одном направлении (шпоночные и шлицевые соединения, винтовые сочленения, предназначенные для передачи усилия и движения, и др.

В промышленности применяются следующие виды *неразъемных соединений*: заклепочные; развальцовкой, сваркой, клеевые и паяные соединения и т.п.

Неразъемные соединения деталей путем сварки широко распространены в технике. *Сварка* – процесс получения неразъемного соединения посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве, или пластическом деформировании, или совместном действии того и другого. При изготовлении корпусов приборов находит применение один из видов сварки – контактная сварка: шовная, точечная. Широкое применение нашел также такой вид сварки, как *адгезия*.

В приборостроении наибольшее распространение получили такие виды неразъемных соединений, как клеевые, паяные, армирование.

*Пайка* – образование неразъемного соединения с межатомными связями путем нагрева соединяемых материалов ниже температуры их плавления, их смачивания припоем, затекания припоя в зазор и последующей его кристаллизации.

ГОСТ 17325-79 «Пайка и лужение» устанавливает применяемые в производстве термины и определения основных понятий в области пайки и лужения металлов и неметаллических материалов.

*Припой* – материал для пайки и лужения с температурой плавления ниже температуры плавления паяемых материалов.

*Паяемый материал* – основной материал заготовок или изделий, соединяемых пайкой или подвергаемых лужению.

*Паяльный флюс* – вспомогательный материал, применяемый для удаления окислов с поверхности паяемого материала и припоя и предотвращения их образования.

*Лужение* – образование на поверхности материала металлического слоя путем плавления припоя, смачивания припоем поверхности и последующей его кристаллизации.

ГОСТ 2.313-82 устанавливает для паяных швов следующие правила:

- *изображение швов* на видах и в разрезах основной линией толщиной  $2s$ ;
- *обозначение швов* условным знаком (половиной окружности диаметром  $3 \dots 5$  мм), который наносят на линии-выноске сплошной основной линией  $s$ . Линия-выноска имеет или двухстороннюю стрелку, или точку на одном конце (рис. 12).

Рис. 12. Условное обозначение паяного шва на виде и на разрезе

Швы, которые выполнены по замкнутой линии, в обозначении дополняются окружностью диаметром 3-5 мм на свободном конце линии-выноски, а в случае ограниченного участка паяного шва – часть окружности, равной примерно  $\frac{1}{4}$  дуги окружности.

Наиболее широкое применение во всех отраслях промышленности имеют оловянно-свинцовые припои.

В качестве мягких припоев для герметизации полупроводниковых изделий и лужения выводов в основном применяют оловянно-свинцовые сплавы с добавками других металлов. Таким наиболее распространенным припоем является ПОС-61 (61 % олова и 39 % свинца). Этот припой обеспечивает высокую герметичность шва, его хорошую растекаемость при узком температурном интервале затвердевания.

Пайка твердыми припоями обеспечивает получение вакуумно-плотных соединений высокой механической прочности, выдерживающих значительный нагрев и характеризующихся достаточно большими значениями электро- и теплопроводности. В качестве твердых припоев применяют медь, серебро и медно-серебряные сплавы (припои марок ПСр).

Обозначение припоя приводят в технических требованиях чертежа по следующему типу:

- припой в виде проволоки диаметром 0,5 мм, марки ПОС-61

*Припой Пр 0,5 ПОС 61 ГОСТ 21930-76;*

- припой в виде проволоки диаметром 0,5 мм, марки ПСр-50

*Припой ПСр-50 0,5 ГОСТ 19746-74.*

### **1.8. Правила оформления спецификации (ГОСТ 2.106-96)**

*Спецификация* является основным конструкторским документом на такие виды специфицируемых изделий как сборочные единицы, комплексы и комплекты. Этот текстовый конструкторский документ *определяет состав* этих изделий. Спецификация оформляется на листах формата А4 (рис. 135).

Спецификация содержит перечень всех составных частей, входящих в данное специфицируемое изделие, а также конструкторские документы, относящиеся к нему и его неспецифицируемым составным частям. Форму и порядок заполнения спецификации устанавливает ГОСТ 2.106–96.

Основная надпись первого листа спецификации (форма 2) имеет габариты 185×40 мм, а на последующих листах (форма 2а) – габариты 185×15 мм. Структура основной надписи, размеры и назначение ее граф, а также правила заполнения приведены в Приложении.

В общем случае спецификация состоит из разделов, располагаемых в следующей стандартизованной последовательности: «Документация»;

«Комплексы»; «Сборочные единицы»; «Детали»; «Стандартные изделия»; «Прочие изделия»; «Материалы»; «Комплекты». Наличие или отсутствие тех или иных разделов определяется, как правило, составом изделия.

Рис. 13. Форма спецификации с основной надписью по форме 2 (первый лист)

Наименование каждого раздела (в случае его наличия) указывают в графе «Наименование» и подчеркивают тонкой линией. Ниже каждого заголовка и после раздела рекомендуется оставлять свободные строки для возможных дополнительных записей. Высота строк – не менее 8 мм.

Спецификацию выполняют на отдельных листах с особыми формами основных надписей для первого и последующих листов (см. Приложение).

Графы спецификации заполняют в следующем порядке.

1. *Документация* – обозначение сборочного чертежа специфицируемого изделия (в графе наименование – *Сборочный чертеж*) и другие документы, например схема деления изделия на составные части (структурная).

Затем с указанием позиций и количеств записывают:

2. *Сборочные единицы* – обозначения и наименования входящих сборочных единиц в последовательности возрастания обозначений.

3. *Детали* – обозначения и наименования деталей, не вошедших в сборочные единицы, в порядке возрастания обозначений. В учебных КД допускается производить запись деталей в алфавитном порядке первых букв их наименования.

4. *Стандартные изделия* – изделия, изготовленные и примененные по различным стандартам. В пределах каждой категории стандартов запись

производится по группам изделий, объединяемых по функциональному назначению (подшипники качения, крепежные изделия и т.п.), в пределах каждой группы – в алфавитном порядке наименований (например, болты, винты, гайки, шпильки, шплинты), в пределах каждого наименования – в порядке возрастания обозначений стандартов, а в пределах каждого обозначения – в порядке возрастания основных параметров или размеров, например диаметра, длины.

5. *Прочие изделия*, например, примененные по техническим условиям (ТУ), – по алфавиту и возрастанию параметров.

6. *Материалы* – материалы, непосредственно входящие в состав специфицируемого изделия (т. е. не входящие в состав сборочных единиц изделия). Записывают их в такой последовательности: металлы черные; металлы магнитоэлектрические и ферромагнитные; металлы цветные, благородные и редкие; кабели, провода и шнуры; пластмассы и прессматериалы; бумажные и текстильные материалы; резиновые и кожевенные материалы; минеральные, керамические и стеклянные; лаки, краски; прочие материалы. В пределах каждого вида материалы записывают в алфавитном порядке наименований, а в пределах каждого наименования – по возрастанию размеров или других технических параметров. Указывают количество, массу, длину провода и т.п.

Если обозначение стандартного изделия или материала не вписывается в одну строку, то занимают две (или более) строки; в этом случае порядковый номер по спецификации (позицию) записывают в одну строку с началом записи, а количество – в одну строку с окончанием наименования.

В графе «*Формат*» указывают форматы документов, обозначения которых записаны в графе «*Обозначение*». Если документ выполнен на нескольких листах, то в графе проставляют «звездочку» (\*), а в графе «*Примечание*» перечисляют все форматы в порядке их увеличения (если они различны).

В графе «*Зона*» указывают обозначение зоны, в которой находится номер позиции составной части изделия (если поле сборочного чертежа разбито на зоны).

В графе «*Позиция*» указывают порядковый номер составных частей изделия в последовательности записи их в спецификации. Для раздела «*Документация*» графа не заполняется.

В графе «*Обозначение*» в разделе «*Документация*» указывают обозначение записываемых документов, в разделах «*Сборочные единицы*» и «*Детали*» – обозначения основных КД (для сборочных единиц – это спецификации, для деталей – чертежи). В разделах «*Стандартные изделия*» и «*Материалы*» графы «*Формат*» и «*Обозначение*» не заполняются.

В графе «*Наименование*» в разделе «*Документация*» указывают только

наименования документов (*Сборочный чертеж, Монтажный чертеж, Схема деления структурная, Технические условия* и т.п.), в разделах «Сборочные единицы» и «Детали» – наименования сборочных единиц и деталей в соответствии с основными надписями на их спецификациях и чертежах. Для деталей, на которые чертежи не выполняются (в графе «Формат» указано – БЧ (без чертежа)), в этой графе помимо наименования указывают также размеры, необходимые для их изготовления, и материалы.

В разделах «Стандартные изделия» и «Материалы» записывают наименования и обозначения в соответствии со стандартами на них. Допускается применять записи (с подчеркнутыми заголовками) типа

Гайки ГОСТ 5915-70

*M12-6H.05*

*2M12×1,25-6H.12.40X.016*

*M14-6H.04.016*

и т.д.

Наименования сборочных единиц и деталей записывают в именительном падеже единственного числа независимо от их количества. При этом они должны быть по возможности краткими, желательно – односложными. Если наименование состоит из нескольких слов, то на первом месте пишут имя существительное, например «Гайка накидная» (а не «Накидная гайка»).

В графе «Количество» указывают количество деталей на данное изделие; в разделе «Материалы» – общее количество материала также на одно изделие с указанием единиц измерения (последнее в случае недостатка места в графе «Количество» можно также указывать и в графе «Примечание»). В разделе «Документация» графу не заполняют.

Допускается совмещать спецификацию со сборочным чертежом при условии, что он выполнен на формате А4, а для изделий вспомогательного и единичного производства совмещение допускается на листах любого формата. При этом спецификацию располагают ниже изображения изделия, заполняя ее в указанном выше порядке, но с тем отличием, что в разделе «Документация» данный сборочный чертеж не записывается. Если данный чертеж является единственным документом, то раздел «Документация» не записывается, а в обозначении документа не записывается код СБ.

### **1.9. Правила оформления сборочных чертежей (ГОСТ 2.109-73)**

Количество изображений на сборочных чертежах должно быть минимальным, но достаточным для рациональной организации производства (сборки и контроля) изделий. При необходимости на сборочных чертежах

приводят данные о работе изделия и о взаимодействии его частей.

Сборочный чертеж должен содержать:

а) изображения (изображение) сборочной единицы, дающие представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и обеспечивающее возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы. Допускается на сборочных чертежах помещать дополнительные схематические изображения соединения и расположения составных частей изделия;

б) размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу. Допускается указывать в качестве справочных размеры деталей, определяющие характер сопряжения;

в) указания о характере сопряжения и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается не заданными предельными отклонениями размеров, а подбором, пригонкой и т. п., а также указания о выполнении неразъемных соединений (сварных, паяных и др.);

г) номера позиций составных частей, входящих в изделие;

д) габаритные размеры изделия;

е) установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры;

ж) техническую характеристику изделия (при необходимости);

з) координаты центра масс (при необходимости).

При указании установочных и присоединительных размеров должны быть нанесены:

- координаты расположения, размеры с предельными отклонениями элементов, служащих для соединения с сопрягаемыми изделиями;

- другие параметры, например, для зубчатых колес, служащих элементами внешней связи, модуль, количество и направление зубьев.

На сборочном чертеже наносят минимальное количество размеров: габаритные, установочные и присоединительные к смежным устройствам. В числе технических требований, указываемых на чертеже, должно быть написано: Все размеры для справок или размеры для справок со звездочкой при наличии размеров, необходимых для изготовления и контроля сборочной единицы в целом (на чертеже эти размеры тоже помечают звездочкой).

При разработке и оформлении сборочных чертежей надо учитывать некоторые особенности:

- контуры смежных деталей чертят одной линией, если зазоры между ними

менее 1 мм на чертеже. Но в некоторых случаях рекомендуется показывать зазор независимо от его величины;

- если в сборочную единицу входят широко распространенные составные части, допускается не чертить их полностью, а показывать только контурное очертание. Иногда при большом количестве одинаковых составных частей подробно чертят одну, остальные показывают контуром;

- если детали могут перемещаться, их крайние положения показывают штрихпунктирной линией с двумя точками, проставляя координирующие размеры;

- практикуется изображение половины симметричной проекции;

- если крышка закрывает устройство, например на виде сверху, то вид или половину вида чертят без крышки с надписью: *Крышка поз.3 условно снята*;

- применяются упрощения:

- фаски можно не показывать на сборочном чертеже там, где они не имеют принципиального значения, например у крепежных деталей и отверстий для них;

- пружина может быть изображена лишь сечениями витков, без линий, находящихся за плоскостью разреза. ГОСТ 2.109–73 допускает еще ряд упрощений для сборочных чертежей, которые следует применять по мере понимания существа предмета;

- для всех составных частей изделия должны быть указаны их позиционные обозначения в соответствии со спецификацией.

Сборочные чертежи следует выполнять, как правило, с упрощениями, соответствующими требованиям стандартов ЕСКД и настоящего стандарта. На сборочных чертежах допускается не показывать:

а) фаски, округления, проточки, углубления, выступы, накатки, насечки, оплетки и другие мелкие элементы;

б) зазоры между стержнем и отверстием;

в) крышки, щиты, кожухи, перегородки и т. п., если необходимо показать закрытые ими составные части изделия. При этом над изображением делают соответствующую надпись, например: *«Крышка поз.3 не показана»*;

г) видимые составные части изделий или их элементы, расположенные за сеткой, а также частично закрытые впереди расположенными составными частями;

д) надписи на табличках, фирменных планках, шкалах и других подобных деталях, изображая только их контур.

Изделия из прозрачного материала изображают как непрозрачные.

Допускается на сборочных чертежах составные части изделий и их элементы, расположенные за прозрачными предметами, изображать как

видимые, например: шкалы, стрелки приборов, внутреннее устройство ламп и т. п.

На разрезах сборочных чертежей изображают нерассеченными составные части, на которые оформлены самостоятельные сборочные чертежи.

На сборочных чертежах, включающих изображения нескольких одинаковых составных частей (колес, опорных катков и т. п.), допускается выполнять полное изображение одной составной части, а изображения остальных частей – упрощенно, в виде внешних очертаний.

Сварное, паяное, клееное и тому подобное изделие из однородного материала в сборе с другими изделиями в разрезах и сечениях штрихуют в одну сторону, изображая границы между деталями изделия сплошными основными линиями. Допускается не показывать границы между деталями, т. е. изображать конструкцию как монолитное тело.

Выполнение сборочного чертежа изделия рекомендуется осуществлять в следующей последовательности:

1. Ознакомиться с устройством, работой и порядком сборки сборочной единицы.

2. Прочитать рабочие чертежи всех деталей, входящих в сборочную единицу, т.е. мысленно представить форму и размеры каждой из них, ее место в сборочной единице, взаимодействие с другими деталями.

3. Выбрать необходимое число изображений с таким расчетом, чтобы на сборочном чертеже была полностью раскрыта конструкция изделия и взаимодействие ее составных частей. Общее количество всех изображений сборочной единицы на сборочном чертеже должно быть всегда наименьшим, а в совокупности со спецификацией – достаточным для выполнения всех необходимых сборочных операций, совместной обработки (пригонки, регулирования составных частей) и контроля.

4. Главное изображение сборочной единицы должно давать наибольшее представление о расположении и взаимосвязи ее составных частей, соединяемых по данному сборочному чертежу.

5. Установить масштаб чертежа, формат листа, нанести рамку на поле чертежа и основную надпись.

6. Произвести компоновку изображений, для этого вычислить габаритные размеры изделия и вычертить прямоугольники со сторонами, равными соответствующим габаритным размерам изделия.

7. Вычертить контур основной детали (как правило – корпусной). Наметить необходимые разрезы, сечения, дополнительные изображения. Вычерчивание рекомендуется вести одновременно на всех принятых основных изображениях.

8. Вычертить остальные детали по размерам, взятым с рабочих чертежей

деталей, в той последовательности, в которой собирают изделие.

9. Тщательно проверить выполненный чертеж, обвести его и заштриховать сечения.

10. Нанести габаритные, установочные и присоединительные размеры.

11. Нанести линии-выноски для номеров позиций. Проставить номера позиций всех составных частей изделия согласно спецификации.

12. Заполнить основную надпись.

### 1.10. Простановка позиционных номеров составных частей изделия

На сборочном чертеже все составные части сборочной единицы нумеруют в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации этой сборочной единицы. Номера позиций наносят на полках линий-выносок, проводимых от изображений составных частей.

Номера позиций указывают на тех изображениях, на которых соответствующие составные части проецируются как видимые, как правило, на основных видах и заменяющих их разрезах.

Номер позиций располагают *параллельно основной надписи* чертежа, вне контура изображения и *группируют в колонку или строчку* по возможности на одной линии.

Номер позиций наносят на чертеже, как правило, один раз. Допускается повторно указывать номера позиций одинаковых составных частей.

Размер шрифта номеров позиций должен быть *на один-два номера больше*, чем размер шрифта, принятого для размерных чисел на том же чертеже.

Допускается делать общую линию-выноску с вертикальным расположением номеров позиций (рис. 14):

а) для группы крепежных деталей, относящихся к одному и тому же месту крепления;

б) для группы деталей с отчетливо выраженной взаимосвязью, исключаяющей различное понимание, при невозможности подвести линию-выноску к каждой составной части;

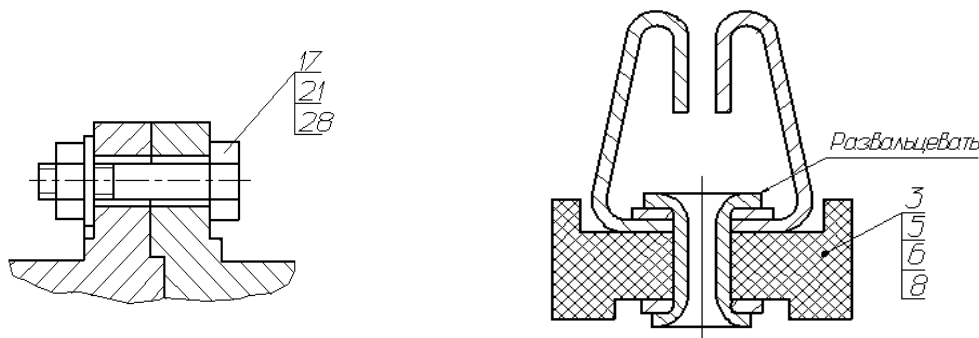


Рис. 14. Примеры группы крепежных деталей на сборочном чертеже

Когда для изготовления по сборочному чертежу детали несложной

конфигурации (без выпуска на нее самостоятельного чертежа) устанавливается определенный сортовой материал, то соответствующие размеры детали приводят в спецификации.

Над изображением детали наносят надпись, содержащую номер позиции и масштаб изображения, если он отличается от масштаба, указанного в основной надписи чертежа.

## 2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ВОЛНОВОДНЫХ ЛИНИЯХ ТРАКТА СВЧ

При создании радиоаппаратуры возникает задача передачи электромагнитной энергии от генератора к нагрузке. Для этой цели используются линии передачи различных типов: волноводы, коаксиальные, полосковые линии и др. Из конструктивных соображений в линию передачи вводятся различные элементы, которые в совокупности образуют СВЧ-тракт. Современный СВЧ-тракт – это система из отрезков линий передачи, разъемов, соединяющих отдельные элементы и отрезки линий, а также различного рода сложных устройств, таких как делители энергии, ответвители, мосты, гибкие секции, вращающиеся соединения, вентили, переключатели и т.д., которые могут работать либо в режимах только приема или передачи, либо в совмещенном режиме приема-передачи.

СВЧ-тракты широко применяются в области связи, радиоастрономии, радиолокации, навигации, измерительной техники и т.д. в диапазонах:

- дециметровый ( $\lambda=100\div 10$  см,  $f=300\div 3000$  МГц);
- сантиметровый ( $\lambda=10\div 1$  см,  $f=3000\div 30000$  МГц);
- миллиметровый ( $\lambda=1\div 0,1$  см,  $f=30000\div 300000$  МГц).

Например, СВЧ-тракты радиолокационных станций (РЛС) различного целевого назначения сложны по схеме и конструкции, включают в себя много функциональных элементов, имеют блоки встроенного контроля, цепи резервирования и т.д., должны обладать большой пропускной мощностью в широком диапазоне рабочих частот.

В СВЧ-тракт входит сборочная единица – *Волновод*, которая состоит из полой металлической детали *Труба волновода* (рис. 15, поз. 2) с внутренним проводящим покрытием и металлической детали *Фланец* (рис.15, поз.1).

Деталь *Труба волновода* с прямоугольным поперечным сечением применяется для создания СВЧ узлов широкого назначения в диапазоне волн от единиц миллиметров до десятков сантиметров, причем геометрические размеры ее поперечного сечения должны удовлетворять следующим условиям  $\lambda/2 < a < \lambda$ ;  $b < \lambda$ , где  $a$  и  $b$  – внутренние размеры поперечного сечения (ширина и высота) канала соответственно,  $\lambda$  – длина электромагнитной волны в диэлектрике, заполняющем волновод.



*Труба волновода* для соответствующих рабочих диапазонов длин волн  $\Delta\lambda_p$ , в частности, для сантиметрового диапазона применяют 14 типоразмеров (ЦМТУ 4843-57. Трубы тянутые прямоугольного сечения для волноводов), начиная от  $9 \times 4,5$  мм ( $\Delta\lambda = 0,99 \div 1,44$  см) до  $90 \times 45$  мм ( $\Delta\lambda = 9,9 \div 14,4$  см). Деталь *Труба волновода* с круглым поперечным сечением применяются в участках СВЧ-тракта, при прохождении которых можно осуществлять заданный поворот плоскости поляризации электромагнитной волны. В зависимости от конструктивных требований и назначения детали *Труба волновода* бывает прямолинейной, изогнутой, скрученной, может иметь переменное по длине сечение и т.д.

В любом тракте возникает необходимость соединения отдельных СВЧ узлов друг с другом. Для этой цели используются сборочные единицы *Волновод* с фланцевым соединениями двух типов – контактными и дроссельными. В данной графической работе рассматривается простая по конструкции контактная деталь *Фланец* – металлическая пластина с симметричным прямоугольным или круглым отверстием под деталь *Труба волновода*, по внешнему периметру которой равномерно распределены отверстия под соединительно-установочные болты. В деталь *Фланец* с помощью пайки, например, припоем *ПОС 61М ГОСТ 1499-70*, укреплена одна оконечность детали *Труба волновода*, а во вторую – установлена деталь *Заглушка* (см. рис. 7, поз. 3), которая имеет форму и размеры, соответствующие внутренним размерам и форме детали *Труба волновода*.

Контактные детали *Фланец* двух сборочных единиц *Волновод* могут быть скреплены соединительно-установочными болтами необходимого диаметра, причем между пластинами для надежного электрического контакта устанавливают контактную прокладку из бериллиевой бронзы *БРБ2Т ГОСТ 1789-60* (толщина 0,12-0,25 мм – в зависимости от поперечного сечения детали *Труба волновода*) с гальваническим покрытием серебром. Для герметизации контактного фланцевого соединения на практике используются резиновые прокладки (в учебных целях в данной работе не рассматриваются). Конструкция частотно независима, электрогерметична, но требует высокой точности изготовления и обладает низкой надежностью при многократных переборках СВЧ-тракта. Для волноводов больших сечений (начиная с  $72 \times 34$  мм) контактное фланцевое соединение становится единственно приемлемым, так как имеет рациональные габаритные размеры и массу.

### 3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ

Пайка – процесс соединения металлических частей сборочной единицы при помощи металлов и сплавов, называемых припоями. Пайка основана на действии сил сцепления между мельчайшими частицами основного металла и

припоя. Пайка состоит из следующих этапов:

- подготовка частей сборочной единицы и очистка;
- покрытие подготовленных поверхностей флюсом;
- подогрев места пайки до рабочей температуры;
- ввод припоя и его плавление;
- охлаждение места пайки и застывание припоя;
- обработка места пайки.

Очистка деталей перед пайкой заключается в снятии заусенцев, промывке и химическом обезжиривании. В процессе пайки необходимо поддерживать определенную рабочую температуру. В зависимости от рабочей температуры припои подразделяют на две основные группы: мягкие и твердые.

Преимущества пайки: герметичность шва, хороший электрический контакт соединяемых деталей, отсутствие плавления и значительного нагрева металла детали. Благоприятные условия для интенсивного смачивания и растекания припоя при пайке создаются при помощи флюсов, которые растворяют и удаляют окислы с поверхности основного металла, защищают основной металл от окисления.

В приборостроении для пайки мягкими припоями применяют определенные группы флюсов, например, *ЛТИ-1*, *ЛТИ-115*, *ЛТИ-120* (составы: этанол – 70 %, 70 %, 63 %; канифоль – 25 %, 22 %, 20 %; анилин соляно-кислый – 3 %, 2 %, 7 %; триэтаноламин – 2 %, 6 %, 10 %; температура пайки – 130°C, 115°C, 120°C, пайка большинства металлов и сплавов – сталь, нержавеющая сталь, медь и сплавы; удаление остатков не обязательно).

Флюсы можно применять в виде порошка, пасты или раствора в воде или спирте.

Качество паяного соединения в значительной степени зависит от припоя, к которому предъявляются следующие требования:

- температура плавления припоя должна быть ниже температуры плавления соединяемых деталей;
- припой должен обладать хорошей жидкотекучестью, смачиваемостью материалов, подвергающихся соединению, за счет чего растекаться по ним и затекать в зазоры соединения;
- припой должен образовывать с соединяемыми материалами сплав, обеспечивающий прочность спая;
- коррозионная стойкость припоя, шва и паяемого материала должна быть одинаковой;
- припой не должен снижать прочность и пластичность соединяемых деталей.

Классификация припоев установлена ГОСТ 19248-90 «Припои. Классификация и обозначения». Промышленность выпускает оловянно-свинцовые припои, получившие наибольшее распространение во всех отраслях

промышленности и приборостроения, применяемые для лужения и пайки деталей.

В графической работе предполагается использование мягкого припоя *ПОС 61М*, свойства и состав которого следующие: олово – 61 %, медь – 2 %, свинец – 37 %; температура пайки 192<sup>0</sup>С; пайка сверхтонких швов и зазоров в радиоэлектронной аппаратуре (менее 0,2 мм).

Конструктивными элементами паяного шва являются:

- капиллярный участок шва и галтель (галтели).

Основными параметрами конструктивных элементов паяного шва являются:

- толщина капиллярного участка – *a* мм, расстояние между поверхностями соединенных деталей, это расстояние эквивалентно величине паяльного зазора;

- ширина капиллярного участка – *b* мм, протяженность капиллярного участка шва в сечении, характеризующем тип паяного соединения, в соединениях внахлестку и телескопическом ширина шва равна величине нахлестки;

- длина капиллярного участка – *c* мм, протяженность паяного шва вдоль его оси, перпендикулярной плоскости характерного сечения.

#### 4. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ, СОСТАВ РАБОТЫ

Исходные данные для выполнения заданий сведены в табл.1. Номер выполняемого варианта определяется суммой двух последних цифр номера студенческого билета.

Графическая работа включает следующие документы, входящие в полный комплект конструкторской документации на изделие:

- сборочный чертеж сборочной единицы *Волновод*, совмещенный со спецификацией, содержащий два изображения (ф. А4) (см. рис.15);

- чертеж детали *Труба волновода* (ф. А4) (рис.16);

- чертеж детали *Фланец* (ф. А4) (рис. 17);

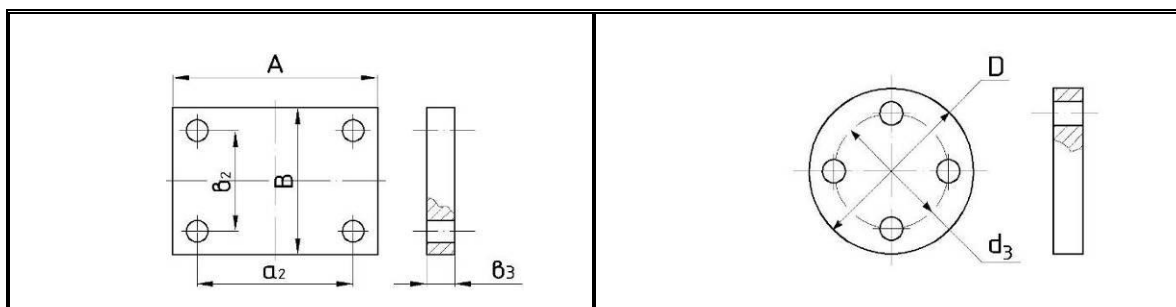
- чертеж детали *Заглушка* (ф. А4) (рис. 18).

Чертежи содержат изображения деталей, выполненные в соответствии с ГОСТ 2.313-82. ЕСКД. Условные изображения и обозначения неразъемных соединений; ГОСТ 17349-79. Пайка. Классификация способов; ГОСТ 2.109-73. ЕСКД. Основные требования к чертежам; ГОСТ 2.106-96. ЕСКД. Текстовые документы. Совмещенная со сборочным чертежом спецификация и обозначения на чертежах выполняются чертежным шрифтом 5 и 7 в соответствии с ГОСТ 2.304-81. ЕСКД. Шрифты чертежные.

## Индивидуальные варианты задания

Вариант	Варианты формы деталей		Рабочая частота $V$ , ГГц	Материал деталей <i>Труба волновода</i> и <i>Фланец</i> (табл. 4)	Диаметр отверстия под болт $T$ , мм	Сопряжение деталей <i>Фланец</i> и <i>Труба волновода</i> (табл. 5)
	<i>Труба волновода</i> (табл. 2)	<i>Фланец</i> (табл. 3)				
«П»	1	1	3	10	17	9
01	2	2	3,25	9	17	8
02	3	3	3,50	8	17	1
03	4	4	3,75	7	17	2
04	5	5	4,00	6	17	7
05	6	6	4,25	5	17	10
06	7	1	4,50	4	17	9
07	8	2	4,75	3	16	10
08	9	3	5,00	2	16	3
09	1	4	5,25	1	16	4
10	2	5	5,50	1	16	7
11	3	6	5,75	2	16	8
12	4	1	6,00	3	16	7
13	5	2	6,25	4	16	4
14	6	3	6,50	5	15	3
15	7	4	6,75	6	15	10
16	8	5	7,00	7	15	9
17	9	6	7,25	8	15	10
18	1	1	7,50	9	15	9
00	4	4	7,75	7	15	2

Таблица 3

Варианты конструкции детали *Фланец*

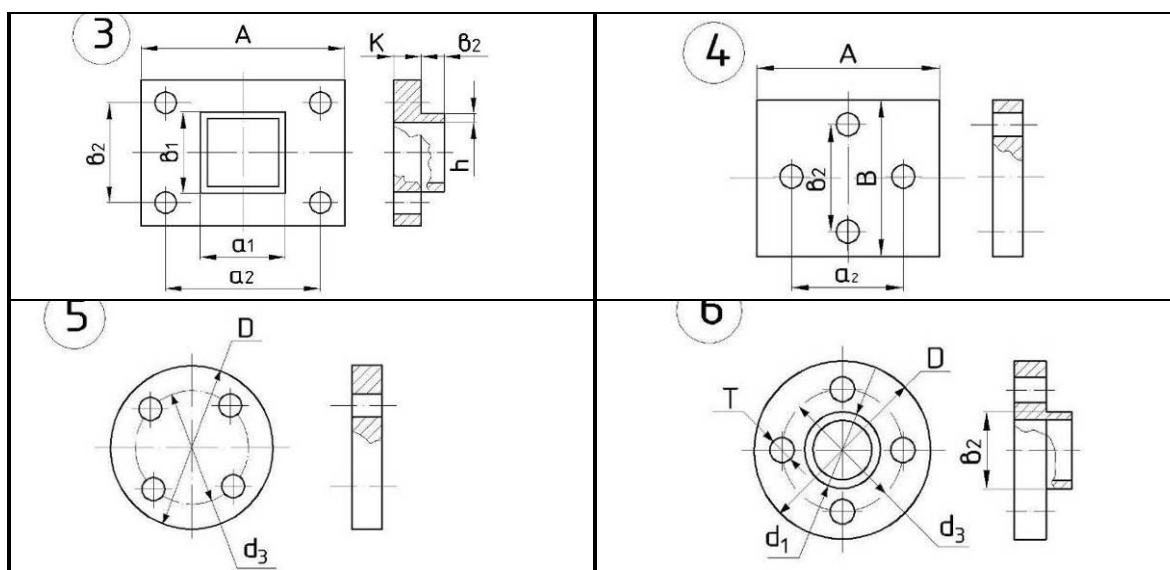
Варианты конструкции детали *Фланец*

Таблица 4

## Варианты форм детали «Труба волновода»

Вариант	Форма детали
0	
1	
2	
3	
4	

Таблица 4 (окончание)

## Варианты форм детали «Труба волновода»

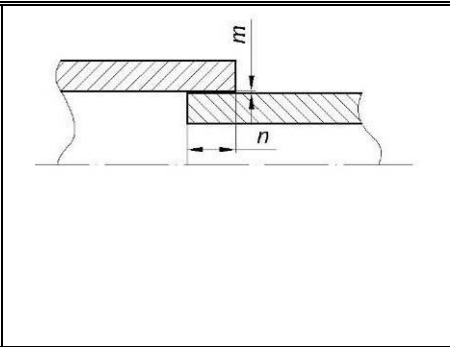
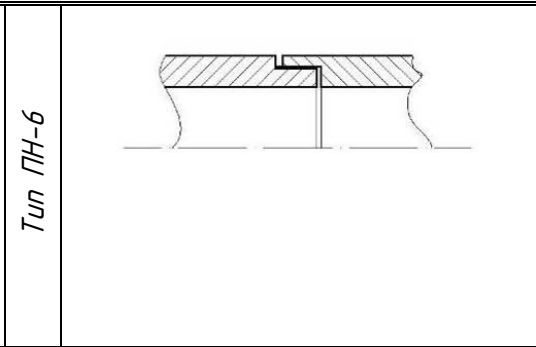
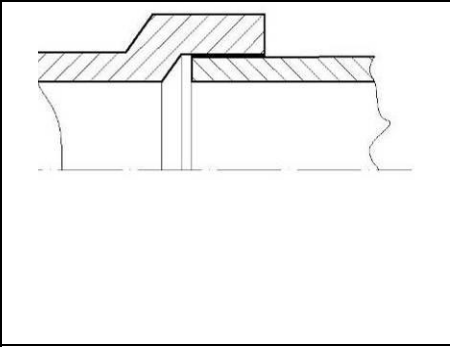
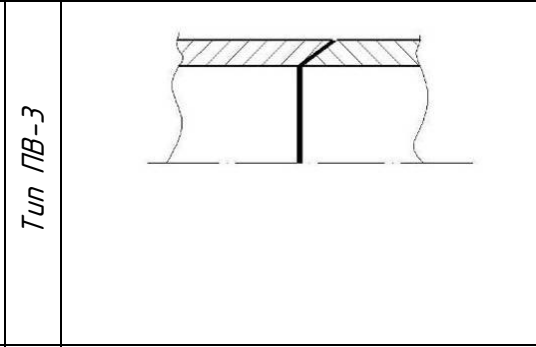
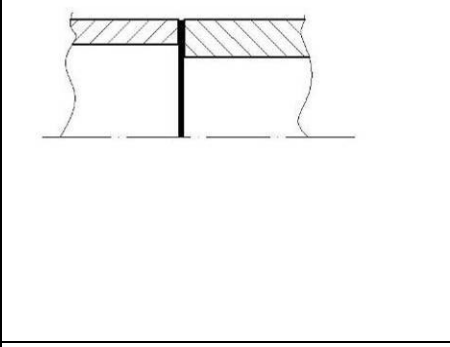
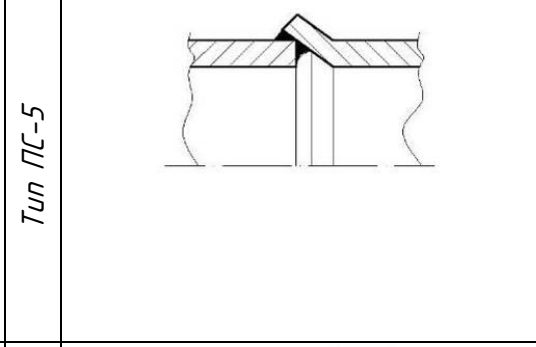
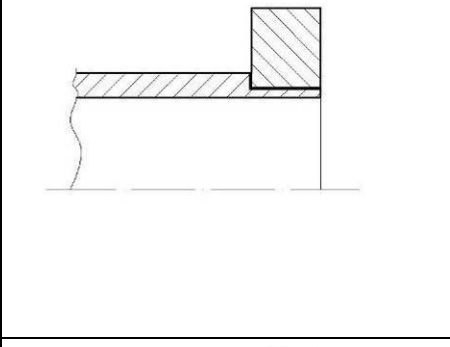
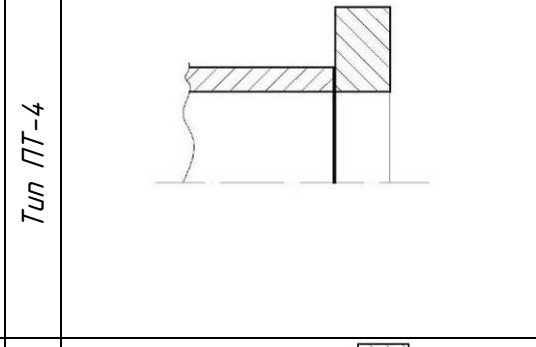
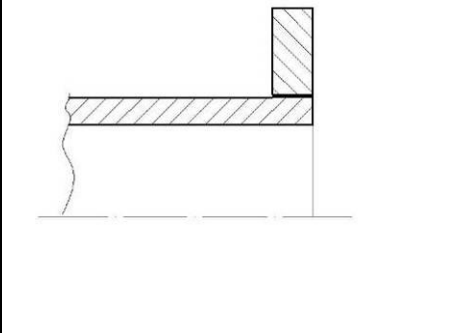
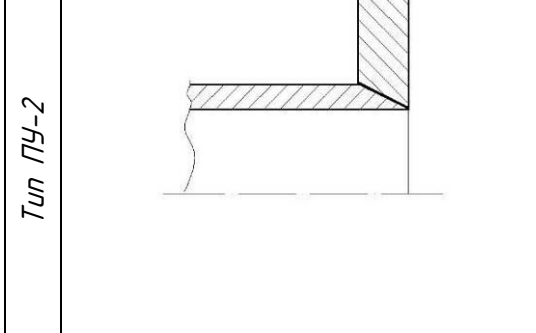
Вариант	Форма детали	
5		
6		
7		
8		
9		

Таблица 5

## Материалы деталей: Труба волновода, Фланец, Заглушка

№	Наименование материала	Стандарт	Обозначение	$\omega$ – глубина проникновения тока СВЧ, мм
1	Медь	ГОСТ 859-2014	МОк	$1,1 \times 10^{-3}$
2	Алюминий	ГОСТ 4784-97	АДО	$1,41 \times 10^{-3}$
3	Латунь 96 %	ГОСТ 15527-2004	Л 96	$4,07 \times 10^{-3}$
4	Латунь 90 %	ГОСТ 15527-2004	Л 90	$2,52 \times 10^{-3}$
5	Латунь 80 %	ГОСТ 15527-2004	Л 80	$1,88 \times 10^{-3}$
6	Латунь 70 %	ГОСТ 15527-2004	Л 70	$1,65 \times 10^{-3}$
7	Латунь 60 %	ГОСТ 15527-2004	Л 60	$1,51 \times 10^{-3}$
8	Сталь (мягкая)	ГОСТ 380-2005	Ст1кп-Ст3кп, Ст5пс	$2,03 \times 10^{-3}$
9	Бронза	ГОСТ 5017-2006	Бр ОЦС 4-4-4	$6,01 \times 10^{-3}$
10	Латунь+ алюминий	ГОСТ 17711-93	ЛА 77-2	$3,0 \times 10^{-3}$

Варианты соединений деталей *Волновода*

Вариант 1 <i>Тип ПН-4</i>		Вариант 2 <i>Тип ПН-6</i>	
Вариант 3 <i>Тип ПН-5</i>		Вариант 4 <i>Тип ПВ-3</i>	
Вариант 5 <i>Тип ПВ-2</i>		Вариант 6 <i>Тип ПС-5</i>	
Вариант 7 <i>Тип ПТ-2</i>		Вариант 8 <i>Тип ПТ-4</i>	
Вариант 9 <i>Тип ПТ-1</i>		Вариант 10 <i>Тип ПУ-2</i>	

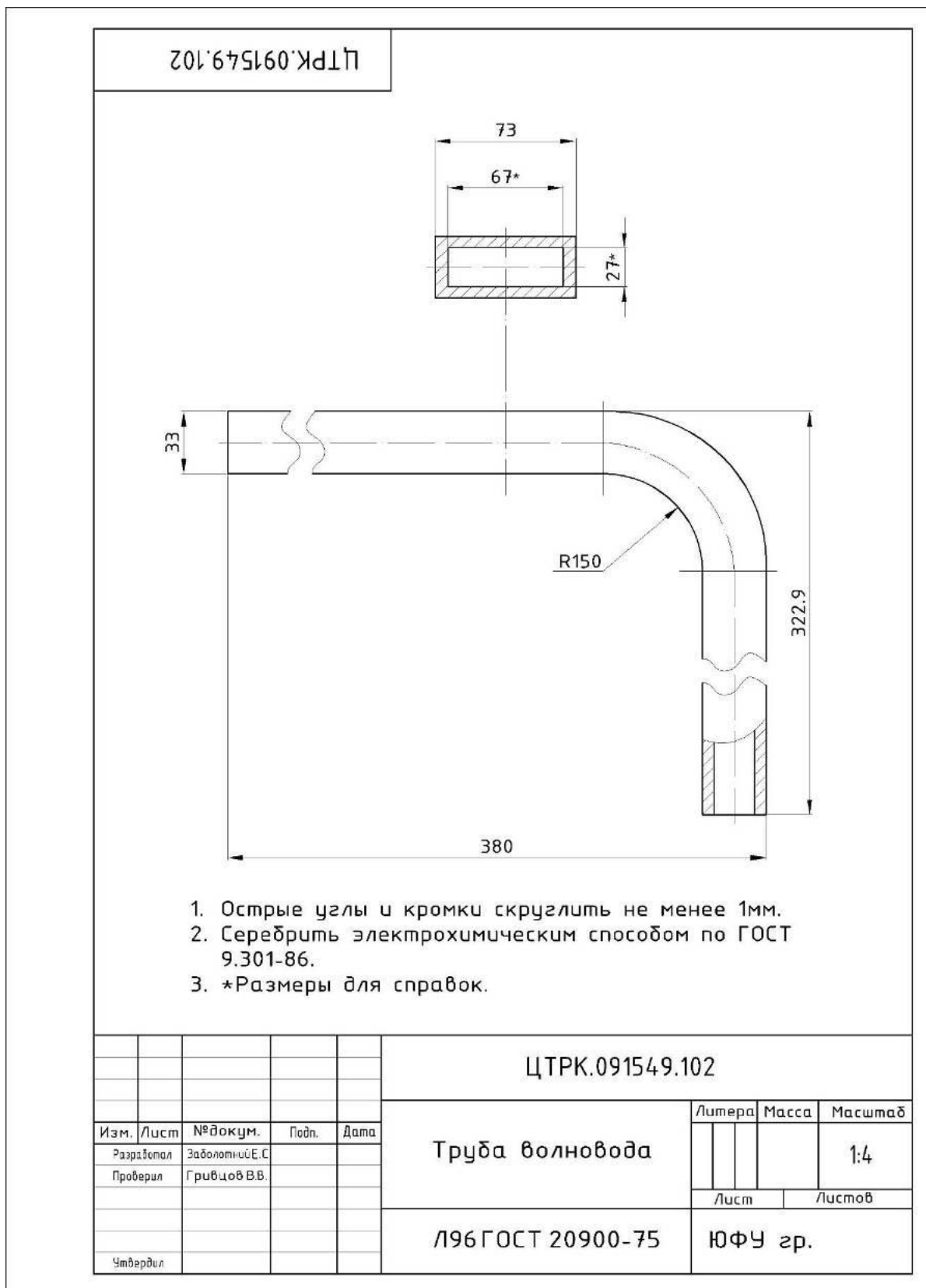


Рис. 16. Пример чертежа детали «Труба волновода» (ф. А4)

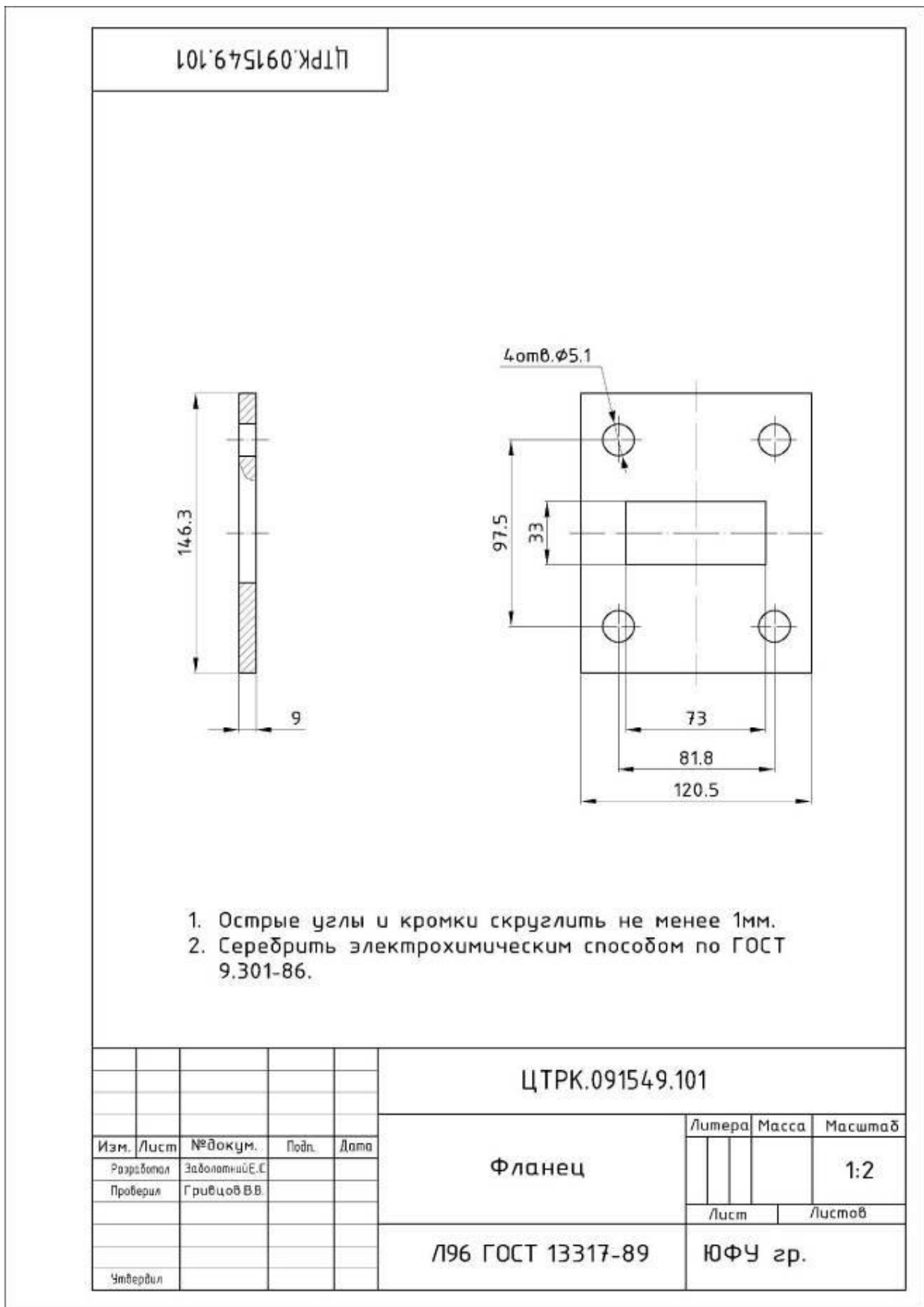


Рис. 17. Пример чертежа детали «Фланец» (ф. А4)

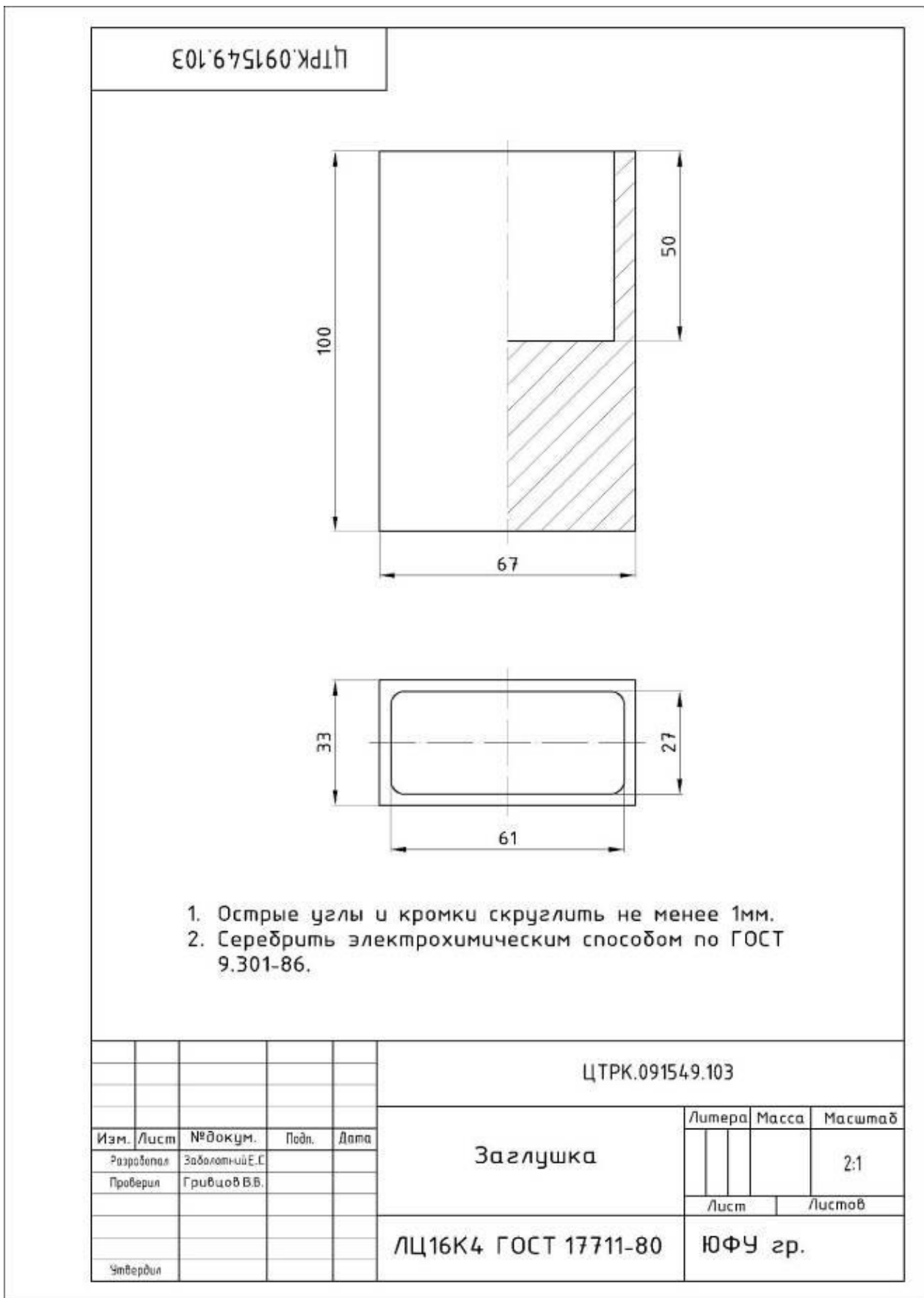


Рис. 18. Пример чертежа детали «Заглушка» (ф. А4)

## 5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Выполнение сборочного чертежа рекомендуется осуществлять в следующей последовательности:

- 1) определение наименования, назначения и принципа работы изделия;
- 2) уяснение материалов, из которых изготовлены детали изделия, способов их изготовления и соединения в изделии;
- 4) выбор главного изображения и его ориентации на поле чертежа;
- 5) определение необходимости, числа и содержания других изображений чертежа (видов, разрезов, сечений), необходимых для выявления конструкции изделия;
- 6) определение линий чертежа, которые целесообразно принять за базовые для отсчета размеров изображений чертежа;
- 7) схематичное размещение изображений на черновике чертежа;
- 8) определение масштаба чертежа и его отдельных изображений;
- 9) определения поля чертежа, которое будет занято изображениями, с учетом мест для простановки размеров, а также для выполнения надписей, технических условий и требований и т.п.

После окончания подготовительной работы следует выполнять чертеж, придерживаясь следующего порядка действий:

- 1) наметить на поле листа (в виде габаритных прямоугольников) места расположения изображений чертежа, учитывая проекционные связи, места для нанесения размеров и надписей, а также равномерное заполнение поля чертежа;
- 2) провести базовые и осевые линии изображений, начиная с главного;
- 3) приступить к последовательному вычерчиванию в тонких линиях требуемых изображений, начиная с главного и выполняя вначале изображение основных, а затем вспомогательных частей и отдельных элементов (фасок, проточек и т.п.);
- 4) выполнить необходимые разрезы и сечения;
- 5) нанести выносные и размерные линии, затем условные знаки диаметра, радиуса, уклона, конусности и т.п.;
- 6) определить отмеченные размеры и проставить размерные числа;
- 7) выполнить требуемые надписи и обозначения;
- 8) выполнить штриховку на разрезах и сечениях;
- 9) удалить вспомогательные линии;
- 10) нанести номера позиций составных частей изделия (на сборочном чертеже) в соответствии с составом спецификации;
- 11) обвести чертеж линиями требуемой толщины и начертания;
- 12) заполнить основную надпись и верхнюю угловую графу.

## 6. ТИПОВОЙ РАСЧЕТ С ЭЛЕМЕНТАМИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ТРАКТА СВЧ

В табл. 1 во второй, третьей, пятой, шестой и седьмой колонках указаны:

- формы деталей *Фланец* (табл. 3) и *Труба волновода* (табл. 4) и, причем форма поперечного сечения детали *Труба волновода* определяет форму как отверстия в детали *Фланец*, так и детали *Заглушка*;

- материал деталей (табл. 5);

- вид соединения при пайке деталей *Фланец* и *Труба волновода* (табл. 6).

В четвертой колонке табл. 1 указана рабочая частота  $\nu$  для СВЧ-тракта, например, применяемого в радиолокации в сантиметровом ( $\lambda=1\div 10$  см,  $f = 3000\div 30000$  МГц) диапазоне, причем, именно рабочая частота позволяет произвести расчет геометрических размеров указанных выше деталей с использованием следующих формул:

1)  $\lambda=c/\nu$  – длина электромагнитной волны в воздухе, где скорость света  $C$  равна  $3\times 10^8$  м/с;

2)  $a=2\lambda/3$  и  $b=0,5a=\lambda/3$  – внутренние размеры поперечного прямоугольного сечения детали *Труба волновода*, м;

3)  $h=\omega\cdot 10^3$  – толщина стенки детали *Труба волновода* как прямоугольного, так и круглого сечения, м; здесь  $\omega$  – глубина проникновения тока СВЧ в материал детали *Труба волновода*, мм;

4)  $d=7\lambda/8$  – внутренний диаметр волновода круглого сечения, м;

5)  $L=3,78\lambda$  – габаритная длина детали *Труба волновода* как прямоугольного, так и круглого сечения, м;

6)  $M=2\lambda\sqrt{\pi}+30$  – габаритная высота детали *Труба волновода* как прямоугольного, так и круглого сечения, мм;

7)  $R=1,5\lambda$  – радиус закругления детали *Труба волновода* как прямоугольного, так и круглого сечения, м;

8)  $A=1,65a_1$ ,  $B=3,75b_1$  – размеры прямоугольных фланцев, где  $a_1=a+2h=2\lambda/3+2\omega\cdot 10^3$ ;  $b_1=b+2h=\lambda/3+2\omega\cdot 10^3$  – внешние размеры поперечного прямоугольного сечения детали *Труба волновода*, м;

9)  $D$  – диаметр круглых фланцев:

- для детали *Труба волновода* прямоугольного сечения –  $D_{np}=1,4\sqrt{a_1^2+b_1^2}$ , размер трубчатой части фланца  $K_{np}=1,5b_3$ , толщина фланца  $b_3=T+2h$ ,  $T$  – диаметр отверстий под соединительные болты (винты) в фланцах как прямоугольной, так и круглой формы, (указан в табл. 1, шестая колонка), м;

- для детали *Труба волновода* круглого сечения –  $D_{кр}=2,14d_1$ , размер трубчатой части фланца  $K_{кр}=0,5d$ ,  $d=7\lambda/8$ ,  $d_1=d+2h=7\lambda/8+2\omega\cdot 10^3$ , м;

10)  $a_2=1,12a_1$ ;  $b_2=1,5b_1$  – межосевые расстояния отверстий под

соединительные болты (винты) для прямоугольного фланца, м;

11)  $d_3 = D_{кр} - 3T = 2,14(7\lambda/8 + 2\omega \cdot 10^3) - 3T$  – диаметр окружности, на которой расположены центры отверстий под соединительные болты (винты) для круглого фланца, м;

12)  $b_3 = T + 2\omega \cdot 10^3$  – толщина *Фланца* как прямоугольной, так и круглой формы, м;

13)  $K_{np} = 1,5b_3$ ,  $b_3 = T + 2h$  и  $K_{np} = 0,5d$ ,  $d = 7\lambda/8$  – размер трубчатой части фланца как прямоугольной, так и круглой формы соответственно, м;

14)  $a_1 = a + 2h = 2\lambda/3 + 2\omega \cdot 10^3$ ;  $b_1 = b + 2h = \lambda/3 + 2\omega \cdot 10^3$  – внешние размеры поперечного прямоугольного сечения детали *Труба волновода*, м;

15)  $d_1 = d + 2h = 7\lambda/8 + 2\omega \cdot 10^3$  – наружный диаметр детали *Труба волновода* круглого сечения, м;

16)  $T$  – диаметр отверстий под соединительные болты (винты) во фланцах как прямоугольной, так и круглой формы, м;

17)  $d_2 = d_1 + 2h = 7\lambda/8 + 4\omega \cdot 10^3$  – наружный диаметр трубчатой части фланца круглой формы, м;

18)  $l = \lambda = c/\nu$  – длина заглушающей пробки.

## 7. ПРИМЕР РАСЧЕТА ДЛЯ ВАРИАНТА «П»

Для варианта для примера «П» деталь *Труба волновода* с габаритными размерами  $L$  и  $M$  имеет канал прямоугольного сечения  $a \times b$  с плавным изгибом радиуса  $R$  и толщиной стенки  $h$ . Форма детали *Фланец* – прямоугольная  $A \times B$ , с четырьмя отверстиями диаметром 3 мм в углах пластины толщиной  $b_3$ , при этом в центральной части прямоугольной пластины должен быть размещен канал прямоугольного сечения. Материал деталей *Труба волновода*, *Фланец*, *Заглушка* – сплав латунь+алюминий – *ЛА 77-2 ГОСТ 17711-93*, для которого  $\omega = 3,0 \times 10^{-6}$  м – глубина проникновения тока СВЧ. Сопряжение деталей *Труба волновода* и *Фланец* при пайке по варианту 9 – наружный размер детали *Труба волновода* входит в профрезерованное отверстие детали *Фланец*.

Проведем расчет геометрических размеров деталей с использованием приведенных выше формул, с учетом того, что рабочая частота  $\nu = 3 \times 10^9$  Гц.

1)  $\lambda = c/\nu = 3 \cdot 10^8 / 3 \cdot 10^9 = 0,1$  м = 100 мм;

2)  $a = 2\lambda/3 = 0,067$  м = 67 мм и  $b = 0,5a = \lambda/3 = 0,033$  м = 33 мм – внутренние размеры поперечного прямоугольного сечения детали *Труба волновода*;

3)  $h = \omega \cdot 10^3 = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 = 3$  мм – толщина стенки детали *Труба волновода* прямоугольного сечения при использовании сплава латунь+алюминий *ЛА 77-2 ГОСТ 17711-93* «Сплавы медно-цинковые латуни линейные. Марки»;

4)  $L = 3,78\lambda = 0,38$  м = 380 мм – габаритная длина детали *Труба волновода* прямоугольного сечения;

5)  $M = 2 \cdot \lambda \sqrt[3]{\pi} + 30 = 292,687 + 30 = 322,687$  мм – габаритная высота детали

*Труба волновода* прямоугольного сечения;

6)  $R=1,5\lambda=0,15 \text{ м}=150 \text{ мм}$  – радиус закругления детали *Труба волновода* прямоугольного сечения;

7)  $A=1,65a_1=120,5 \text{ мм}$ ,  $B=3,75b_1=146,3 \text{ мм}$  – размеры прямоугольных фланцев,

$$a_1=a+2h=2\lambda/3+2\omega\cdot 10^3=67+6=73 \text{ мм};$$

$$b_1=b+2h=\lambda/3+2\omega\cdot 10^3=33+6=39 \text{ мм};$$

– внешние размеры поперечного

прямоугольного сечения детали *Труба волновода*;

8)  $a_2=1,12a_1=81,8 \text{ мм}$ ;  $b_2=1,5b_1=97,5 \text{ мм}$ ; межосевые расстояния отверстий под соединительные болты (винты) для прямоугольного фланца;

9)  $b_3=T+2h=T+2\omega\cdot 10^3=17 \text{ мм}+6 \text{ мм}=23 \text{ мм}$  – толщина фланца прямоугольной формы;

10)  $K_{np}=1,5b_3=34,5 \text{ мм}$ ,  $b_3=T+2h$  и  $K_{кр}=0,5d=43 \text{ мм}$ ,  $d=7\lambda/8$  – размер трубчатой части фланца прямоугольной формы;

11)  $a_1=a+2h=2\lambda/3+2\omega\cdot 10^3=73 \text{ мм}$ ;  $b_1=b+2h=\lambda/3+2\omega\cdot 10^3=39 \text{ мм}$  – внешние размеры поперечного прямоугольного сечения детали *Труба волновода*;

12)  $T=17 \text{ мм}$  – диаметр отверстий под соединительные болты (винты) во фланцах прямоугольной формы;

13)  $l=\lambda=c/v=100 \text{ мм}$  – длина заглушающей пробки.

Проведем анализ полученных размеров деталей и их геометрических форм.

Наиболее простую геометрическую форму имеет деталь *Заглушка* – это прямоугольная призма с размерами (33×67×100) мм, в которой с одного торца выполнено осесимметричное глухое призматическое отверстие с размерами (27×61×50) мм. Деталь имеет ось симметрии, что позволяет на поле формата А4 (185×232 мм – за вычетом рамки и основной надписи) расположить как фронтальную и горизонтальную проекции в натуральном масштабе (1:1), сделав вырез четверти детали, расположенной отверстием вверх, так и технические требования.

Деталь *Фланец* это прямоугольная призма с размерам (120,5×146,3×20) мм, в которой выполнено осесимметричное сквозное призматическое отверстие с размерами (39×73×20) мм и четыре сквозных цилиндрических отверстий диаметром 17 мм в ее углах. Деталь имеет ось симметрии, что позволяет на поле формата А4 (185×232 мм – за вычетом рамки и основной надписи) расположить как фронтальную и профильную проекции в масштабе уменьшения (1:4), сделав вырез четверти детали и местный разрез в области цилиндрических отверстий, так и технические требования.

Деталь *Труба волновода* – воздухозаполненная труба прямоугольного сечения с внешними размерами 39×73 мм, выполненная с изгибом (радиус

закругления 150 мм) под прямым углом, габаритные длина и высота которой составляют 380 мм и 322,86 мм соответственно. На поле чертежа формата *A4* (185×232 мм – за вычетом полей основной надписи) можно расположить главное изображение детали в масштабе уменьшения (1:4), причем оба прямых участка трубы можно изобразить с разрывами, а в одном из торцов – выполнить местный разрез, причем останется место и для размещения записи технических требований.

Отметим, что, так как в последующих вариантах задано увеличение рабочей частоты  $\nu$  для СВЧ-тракта, указанные габаритные размеры как  $L$ , так и  $M$  будут уменьшаться, например, для 8 ГГц они составят 142,32 мм и 121 мм (коэффициент уменьшения  $8/3=2,67$ ) соответственно, что позволит использовать и другой масштаб. Кстати, для ускорения процесса получения необходимых размерений деталей авторы рекомендуют студентам осмысленно использовать «частотный» коэффициент уменьшения относительно приведенного выше типового расчета для варианта «П».

Как следует из анализа полученных размеров, наибольшую величину имеет  $L=3,78\lambda=0,38$  м = 380 мм – габаритная длина детали *Труба волновода* прямоугольного сечения. В работе предложено выполнить сборочный чертеж *Волновод*, совмещенный со спецификацией на формате *A4*, что делает актуальным выбор необходимого масштаба. Как следует из рис.15, изображения как главного, так и вида слева сборочной единицы займут приблизительно по половине (90 мм) от всей ширины используемого формата (180 мм), можно выбрать следующий масштаб уменьшения для сборочного чертежа – 90 мм: 380 мм, т.е. 1:4. Для сборочного чертежа распределение графической информации в вертикальном направлении также удовлетворяет масштабу уменьшения – 1:4, так как при вертикальном размере 285 мм половина поля чертежа занята основной надписью и спецификацией, причем оставшаяся часть (150 мм) при  $M=2\cdot\lambda\sqrt[3]{\pi}+30 = 292,87+30 = 322,86$  мм – габаритной высоте детали *Труба волновода* прямоугольного сечения позволит разместить как само изображение, так и размерные и выносные линии.

Полученные при расчете размеры рекомендуется округлять, руководствуясь рядами предпочтительных размерных чисел, приведенных в Приложении.

## 8. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Виды изделий согласно ГОСТ 2.101-68. Определения. Привести примеры.
2. Виды КД согласно ГОСТ 2.102-2013. Определения. Привести примеры.
3. Какие КД являются основными: для деталей, для сборочных единиц?
4. Спецификация. Дать определение. Какие графы содержит этот конструкторский документ?
5. Особенности оформления спецификации на сборочную единицу, если спецификация совмещается со сборочным чертежом.
6. Какие разделы и в каком порядке их следования может содержать спецификация?
7. Основные правила оформления сборочных чертежей.
8. Основные и полные комплекты КД на сборочные единицы.
9. Размеры на сборочных чертежах. Справочные размеры.
10. Виды неразъемных соединений.
11. Правила изображения и обозначения на чертежах швов неразъемных соединений, выполненных пайкой.
12. Правила и место размещения записи материалов, с помощью которых выполняются неразъемные соединения.
13. Упрощения на изображениях сборочных чертежей.
14. Тексты технических требований и технических условий на сборочных чертежах.
15. Назначение СВЧ-трактов и основные требования, предъявляемые к ним.
16. Перечислите области применения радиоаппаратуры с СВЧ-трактами и диапазоны используемых радиоволн.
17. Контактное фланцевое соединение волноводов – достоинства и недостатки.
18. Объясните назначение сборочной единицы «Волновод» и перечислите детали, из которых она состоит.
19. Порядок действий при выполнении сборочного чертежа.
20. Общие сведения о паяных соединениях.

### Основные надписи на конструкторских документах

Содержание, расположение и размеры граф основных надписей, а также размеры рамок на чертежах должны соответствовать форме 1 (рис. П.1), а в текстовых документах, к которым относится и спецификация, – формам 2 (рис. П.2), 2а (рис. П.3). Для учебных конструкторских документов наличие дополнительных граф основных надписей не обязательно.

В графах основной надписи (на рисунках показаны цифрами в скобках) указывают:

- в графе 1 – наименование изделия, а также наименование документа, если этому документу присвоен код (например, для сборочного чертежа, имеющего код *СБ*, ниже наименования изделия пишется фраза *Сборочный чертеж*. Наименование изделия должно соответствовать принятой терминологии и быть по возможности кратким. Наименование записывают в именительном падеже единственного числа. В наименовании, состоящем из нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное, например: «*Колесо зубчатое*»;

- в графе 2 – обозначение документа. При выполнении чертежа на нескольких листах на всех листах одного чертежа указывают одно и то же обозначение;

- в графе 3 – обозначение материала детали (графу заполняют только на чертежах деталей);

- в графе 4 – литеру, присвоенную данному документу (графу заполняют последовательно в левой крайней клетки, в зависимости от стадии разработки изделия. Допускается эту графу заполнять в рабочей конструкторской документации только в спецификациях и технических условиях;

- в графе 5 – массу изделия (расчетную или фактическую, определяемую взвешиванием). В соответствии с ГОСТ 2.109-73 массу изделия указывают в килограммах без указания единицы измерения. Допускается указывать массу и в других единицах измерения с указанием их, например 30 г, 5 т. На габаритных и монтажных чертежах, а также на чертежах деталей опытных образцов и единичного производства допускается массу не указывать.

- в графе 6 – масштаб (проставляется в соответствии с ГОСТ 2.302-68);

- в графе 7 – порядковый номер листа (на документах, содержащих один лист, графу не заполняют);

- в графе 8 – общее количество листов (графу заполняют только на первом листе);

- в графе 9 – наименование или различительный индекс предприятия (для учебных конструкторских документов – учебного заведения), выпускающего документ (графу не заполняют, если различительный индекс содержится в обозначении документа);

- в графе 10 – характер работы, выполняемой лицом, подписывающим

документ, в соответствии с формами 1 и 2 (на учебных чертежах: разработчик – студент; проверяющий – преподаватель). Свободную строку заполняют по усмотрению разработчика;

- в графе 11 – фамилии лиц, подписывающих документ;
- в графе 12 – подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11;
- в графе 13 – дату подписания документа;
- графы 14–18 – графы таблицы изменений, которые заполняются должностными лицами в соответствии с требованиями ГОСТ 2.503-2013.

Рис. П.1. Основная надпись для чертежей и схем. Форма 1

Рис. П.2. Основная надпись для текстовых конструкторских документов (первый или заглавный лист). Форма 2

Рис. П.3. Основная надпись для чертежей, чертежей схем, текстовых конструкторских документов (последующие листы). Форма 2а

## Ряды размерных чисел (в интервале 1...500 мм (ГОСТ 6639-81))

Ряды				Ряды				Ряды					
$R_a5$	$R_a10$	$R_a20$	$R_a40$	$R_a5$	$R_a10$	$R_a20$	$R_a40$	$R_a5$	$R_a10$	$R_a20$	$R_a40$		
1,0	1,0	1,0	1,0	10	10	10	10	100	100	100	100		
			1,0				10,5				105		
		1,1	11			110							
	1,2	1,2	1,1		12	12	11		125	125	125	110	
			1,1				11,5					120	
		1,2	12			125							
1,6	1,6	1,6	1,2	16	16	16	12	160	160	160	125		
			1,3				16				170		
		1,4	14			140							
	2,0	1,8	1,6		20	20	16		200	200	200	160	
			1,7				18					180	
		1,8	18			190							
2,5	2,0	2,0	2,0	25	25	25	20	250	250	250	200		
			2,1				25				260		
		2,2	22			220							
	3,0	2,2	2,0		32	32	25		320	320	320	250	
			2,1				28					280	
		2,2	28			300							
4,0	3,0	3,0	2,2	40	40	40	32	400	400	400	320		
			3,0				40				420		
		3,2	45			450							
		5,0	3,4		3,0	50	50		40	500	500	500	400
					3,4				50				520
			3,6		50		500						
	9,0	3,5	3,2	3,2	80	80	80	32	800	800	800	320	
				3,6				80				850	
			3,8	90			900						
		9,5	4,0	3,2		90	90	80		900	900	900	800
				3,4				90					950
			3,8	90			950						

Примечания: 1. В отдельных технически обоснованных случаях допускаются следующие промежуточные размеры:

В интервале 1,2 ... 2,6 мм – кратные 0,05 мм;

2,6 ... 5,0 мм – кратные 0,1 мм;

- 5 ... 12 мм – с цифрами 2 и 8 после запятой;
- 12 ... 26 мм – кратные 0,5 мм;
- 26 ... 50 мм – выраженные целыми числами;
- 50 ... 120 мм – оканчивающиеся на 2 и 8, а также размер 115 мм;
- 120 ... 260 мм – кратные 5 мм;
- 250 ... 500 мм – кратные 10 мм, затем кратные 5 мм.

2. При выборе размеров предпочтение должно отдаваться рядам с более крупной градацией (ряд  $R_a5$  следует предпочитать ряду  $R_a10$ ; ряд  $R_a10$  – ряду  $R_a20$  и т.д.).

### Библиографический список

1. Куликов, В. П. Стандарты инженерной графики: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В. П. Куликов. – М.: ФОРУМ-ИНФРА-М, 2007. – 240 с.
2. Чекмарев, А. А. Инженерная графика: учебник для студ. вузов / А. А. Чекмарев. 7-е изд., стереотип. – М.: Высшая школа, 2006. – 365 с.
3. Аббасов И.Б., Гривцов В.В. и др. Инженерная графика: учебн. пособие для техн. спец. – Таганрог: Изд-во ТТИ, 2009. – 183 с.
4. Единая система конструкторской документации. Общие правила выполнения чертежей: ГОСТ 2.301-68 – ГОСТ 2.321-84. – М.: Изд-во стандартов, 2001.
5. ГОСТ 17349-79. Пайка. Классификация способов.
6. ГОСТ 19249-73. Соединения паяные. Основные типы и параметры.
7. ГОСТ 3.1407-86. ЕСТД. Правила оформления документов на единичные и типовые процессы пайки.
8. ГОСТ 19248-90. Припой. Классификация и обозначения.
9. ГОСТ 1429.0-77 – ГОСТ 1429.15-77. Припой оловянно-свинцовые.
10. ГОСТ 19250-73. Флюсы паяльные. Классификация.
11. Справочник по элементам радиоэлектронных устройств / под ред. В.Н. Дулина, М.С. Жука. – М., Энергия, 1978. – 576 с.
12. Волощенко В.Ю., Волощенко Ю.П. Физика СВЧ. Микроволновые электронные приборы: учебное пособие. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000. – 140 с.
13. Фельдштейн А.Л., Явич Л.Р., Смирнов В.П. Справочник по элементам волноводной техники. – М., Советское радио, 1967. – 651 с.
14. Бушминский И.П. Изготовление элементов конструкций СВЧ. Волноводы и волноводные устройства: учебное пособие. – М., Высшая школа, 1974. – 304 с.

Учебное издание

**Волощенко Вадим Юрьевич, Ли Валерий Георгиевич, Гривцов  
Владимир Владиславович, Аббасов Ифтихар Балакишиевич**

**ОСНОВНОЙ КОМПЛЕКТ КД НА ВОЛНОВОДНУЮ  
ЛИНИЮ ТРАКТА СВЧ**

*Учебное пособие*

Редактор Чиканенко Л.В.

Корректор Чиканенко Л.В.

Подписано в печать 18.12.2015

Заказ № 3

Тираж 50 экз.

Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печ. л. – 3,5. Уч.-изд. л. – 3,0.

---

Издательство Южного федерального университета  
344091, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 200/1.  
Отпечатано в Секторе обеспечения полиграфической продукции кампуса  
в г. Таганроге отдела полиграфической, корпоративной и сувенирной  
продукции ИПК КИБИ МЕДИА ЦЕНТРА ЮФУ,  
ГСП 17 А, Таганрог, 28, Энгельса 1.  
тел. (8634) 371717.