Министерство образования и науки Российской Федерации

СЫКТЫВКАРСКИЙ ЛЕСНОЙ ИНСТИТУТ – ФИЛИАЛ
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКАЯ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ ИМЕНИ С. М. КИРОВА»

КАФЕДРА ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Методическое пособие
для студентов очной формы обучения
лесотранспортного, сельскохозяйственного, технологического факультетов
всех специальностей и направлений бакалавриата

Самостоятельное учебное электронное издание

СЫКТЫВКАР 2010

УДК 531
ББК 30.121
И62

Рассмотрено и рекомендовано к изданию в электронном виде кафедрой инженерной графики и автоматизации проектирования.

Утверждено к изданию в электронном виде советом лесотранспортного факультета Сыктывкарского лесного института.

Составители:
В. А. Паршукова, старший преподаватель
А. А. Митюшев, ведущий инженер

Ответственный редактор:
З. И. Кормщикова, кандидат технических наук, доцент

Рецензент:
М. Ю. Дёмина, кандидат физико-математических наук, доцент

И62 ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА [Электронный ресурс] : методическое пособие для студентов очной формы обучения лесотранспортного, сельскохозяйственного, технологического факультетов всех специальностей и направлений бакалавриата : самост. учеб. электрон. изд. / сост. А. А. Митюшев, В. А. Паршукова ; Сыкт. лесн. ин-т. – Электрон. дан. (1 файл в формате pdf: 31,6 Мб). – Сыктывкар : СЛИ, 2010. – Режим доступа: http://lib.sfi.komi.com. – Загл. с экрана.

УДК 531
ББК 30.121

Издание предназначено в помощь студентам очной формы обучения всех специальностей при изучении ими дисциплины «Инженерная графика». Представлен необходимый теоретический материал. Приведены задания к расчетно-графическим работам и методические указания по их выполнению. Даны необходимые рекомендации на конкретных примерах. Определен контроль знаний студентов. Помещен список литературы для самостоятельной проработки.

Содержание и объем расчетно-графических работ, приведенных в данной работе, соответствует рабочей программе по инженерной графике на основании действующих образовательных стандартов и учебных программ для указанного контингента студентов.

Темплан 2009/10 учеб. г. Изд. № 89.

* * *

Самостоятельное учебное электронное издание

Составители **Паршукова** Валентина Александровна, **Митюшов** Альберт Александрович

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Методическое пособие для студентов очной формы обучения лесотранспортного, сельскохозяйственного, технологического факультетов всех специальностей и направлений бакалавриата
Электронный формат – pdf. Разрешено к публикации 26.11.10. Объем 12,9 уч.-изд. л.; 31,6 Мб

Сыктывкарский лесной институт – филиал государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия имени С. М. Кирова» (СЛИ). 167982, г. Сыктывкар, ул. Ленина, 39, institut@sfi.komi.com, www.sli.komi.com

Редакционно-издательский отдел СЛИ. Заказ № 81.

© СЛИ, 2010
© В. А. Паршукова, А. А. Митюшев, составление, 2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ **4**

1 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ КУРСА **5**

1.1. Порядок изучения курса 5

1.2 Графические работы 5

1.3 Контроль знаний 5

1.4 Правила выполнения чертежей 6

1.5 Основные надписи 11

2 ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1 ..... **12**

2.1 Тема 1 – Требования, предъявляемые стандартами ЕСКД к выполнению чертежей. Построение очертания кулачка 12

2.2 Тема 2 – Построение трех видов по данному наглядному изображению предмета 36

2.3 Тема 3 – Построение трех изображений и аксонометрической проекции предмета по его описанию 44

2.4 Тема 4 – Построение трех изображений по двум данным. Выполнение разрезов, сечений и аксонометрической проекции с вырезом ¼ на отдельном формате 57

2.5 Тема 5 – Построение линии среза 69

2.6 Тема 6 – Построение третьего изображения по двум данным и линий перехода 74

3 ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2 ..... **79**

3.1 Общие указания 79

3.2 Тема 7.1 – Разъемные соединения. Изображение и обозначение резьбы, соединений на резьбе, изображение и обозначение крепежных деталей – болтов, винтов, шпилек, гаек, шайб, шплинтов. Общие сведения о резьбе 82

3.3 Тема 7.2 – Шпоночные и шлицевые соединения деталей. Изображение сборочного чертежа из двух деталей, соединенных между собой шпонкой 96

3.4 Тема 8.1 – Изображение и обозначение швов неразъемных соединений, выполненных сваркой. Изображение сборочного чертежа из пяти деталей, соединенных сваркой 103

3.5 Тема 9 – Составление эскизов и рабочих чертежей деталей машин 121

4 ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3 ..... **148**

4.1 Тема 10 – Выполнение сборочного чертежа машиностроительного изделия 148

4.2 Тема 11 – Деталирование чертежа общего вида 167

ЗАКЛЮЧЕНИЕ **181**

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК **182**

ВВЕДЕНИЕ

Инженерная графика является первой инженерной дисциплиной, изучаемой студентами технических вузов. Цель курса инженерной графики – дать студентам знания, умения и навыки, которые понадобятся инженеру любой специальности для изложения технических мыслей с помощью чертежа, а также для понимания по чертежу конструкций и принципа действия изображенного технического изделия.

Теоретическая часть курса инженерной графики базируется на положениях начертательной геометрии. Отдельные работы по проекционному черчению являются примерами практического применения методов начертательной геометрии. В процессе изучения курса инженерной графики студенты получают представление о деталях, сборочных единицах и их чертежах, а также знакомятся с элементами конструирования деталей и элементами технологии их обработки.

Инженерная графика – первая ступень, на которой изучаются основные правила выполнения и оформления конструкторской документации.

Приобретение устойчивых навыков в выполнении чертежей достигается в результате усвоения всего комплекса технических дисциплин соответствующего профиля, подкрепленного практикой курсового и дипломного проектирования.

Более полно правила оформления чертежей даны в учебных пособиях библиографического списка.

1 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ КУРСА

1.1. Порядок изучения курса

Изучение курса инженерной графики рекомендуется вести в следующем порядке:

а) ознакомится с темой по программе и с методическими указаниями к выполнению графических работ;

б) изучить стандарты, необходимые для выполнения графической работы по данной теме;

в) изучить рекомендуемую литературу по данной теме. Желательно законспектировать в рабочей тетради основные положения и выполнить отдельные чертежи;

г) ответить на вопросы для самопроверки к каждой теме программы;

д) выполнить графическую работу в порядке, указанном в методических указаниях к теме. Чертежи, помещенные в методических указаниях, не являются эталонами исполнения, а служат лишь примерами расположения материала на листе, характеризуют объем и содержание темы.

1.2 Графические работы

Основная форма работы студентов по инженерной графике – выполнение графических работ по темам, указанным в программе. Все графические работы программами разбиты на три части – № 1, 2, 3. Графическая работа № 1 содержит материал, охватывающий общие правила выполнения чертежей (геометрическое и проекционное черчение); графические работы № 2 и 3 содержат материал машиностроительного черчения.

1.3 Контроль знаний

Один раз в семестр проводится промежуточное тестирование студентов по пройденному материалу. В конце семестра проводится дифференцированный зачет по инженерной графике. Зачет принимает преподаватель в часы и дни, установленные по расписанию. К зачету допускают студентов, полностью выполнивших все работы, установленные рабочей программой.

Зачет состоит:

а) из просмотра преподавателем выполненных графических работ;

б) выполнения студентом зачетных заданий, содержание которых установлено кафедрой;

в) вопросов преподавателя по чертежам, выявляющих знание студентом стандартов ЕСКД и его умение читать чертежи.

Оценка знаний по инженерной графике проводится по четырехбалльной системе. В случае неудовлетворительной оценки преподаватель определяет,

должен ли допущенный к пересдаче студент выполнить дополнительные работы или может явиться для новой сдачи с прежними работами.

После сдачи зачета графические работы студентов остаются на хранении на кафедре.

1.4 Правила выполнения чертежей

Все чертежи должны быть выполнены в соответствии со стандартами ЕСКД четко и аккуратно. Чертежи выполняют на листах чертежной бумаги стандартного формата, указанного по каждой теме. На чертежных листах следует наносить внутреннюю рамку сплошной основной линией на расстоянии 20 мм от левой стороны внешней рамки и на расстоянии 5 мм от остальных сторон. После нанесения рамки чертежа в правом нижнем углу намечают размеры основной надписи чертежа, единой для всех форматов. В левом углу на поле рамки в 20 мм выполняется дополнительная графа размером 12 × 145 мм. В левом верхнем углу рамки выполняется графа размером 70 × 14 мм. Пример расположения основной надписи и дополнительных граф приведен на рисунке 1.1. Форма основной надписи в соответствии с ГОСТ 2.104-68 и пример ее заполнения представлены на рисунке 1.2. Пример оформления формы 1 для чертежей и схем дан на рисунке 1.3. Примеры оформления форм 2 и 2а для текстовых документов представлены на рисунках 1.4 и 1.5 соответственно.

Обводить чертеж следует, принимая толщину основных сплошных линий равной 0,8…1,0 мм, а толщину остальных линий – согласно ГОСТ 2.303-68. Перед обводкой чертежа рекомендуется тщательно проверить правильность его выполнения.

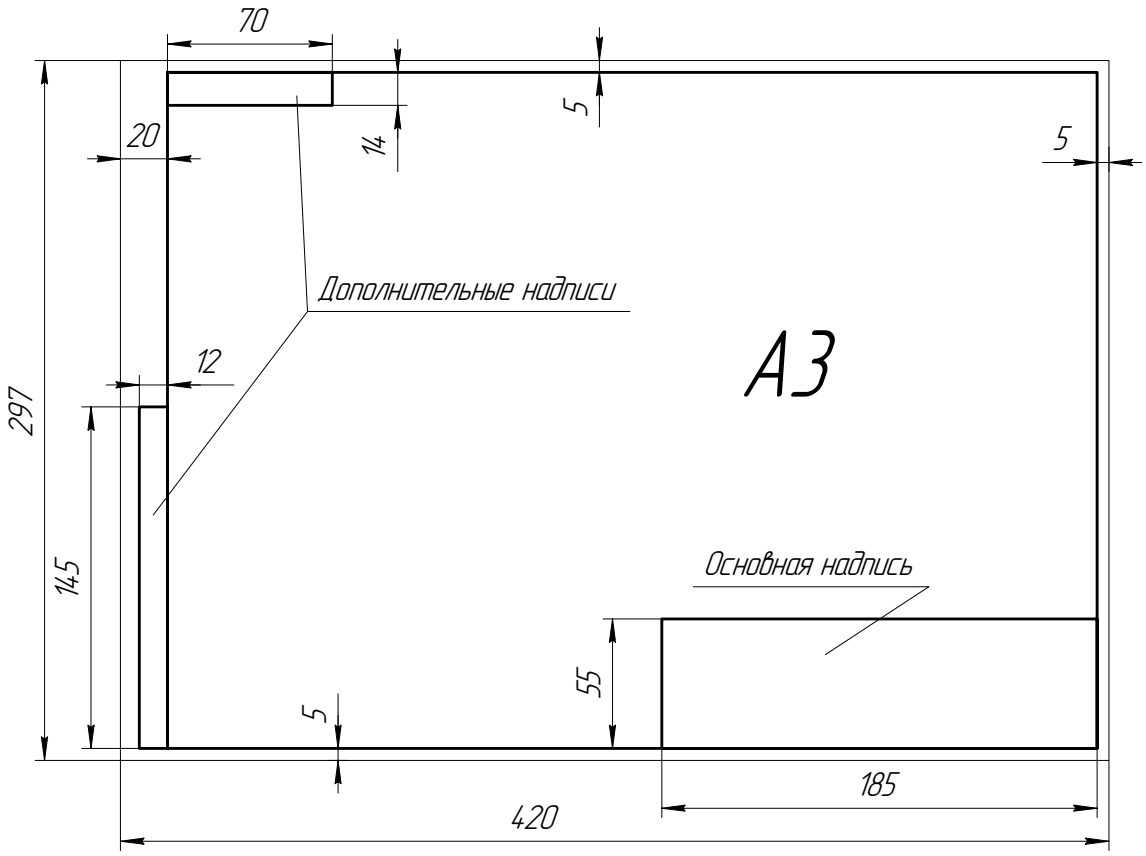


Рисунок 1.1 – Пример расположения основной надписи и дополнительных граф на стандартном чертежном листе формата *А3*

					РГР.ТФ – ХХХ.01.01.ХХ (шрифт 7)			
						Литера	Масса	Масштаб
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Проекционное черчение (шрифт 7)			
Разраб.		Петров						
Провер.		Карпов				Лист	Листов 1	
Т.контр.								
						СПИ, кафедра ИГиАП группа 311, ТХПД (шрифт 5)		
Н.контр.								
Утв.								

РГР – расчетно-графическая работа; ТФ – технологический факультет (ЛТФ – лесотранспортный факультет; СХФ – сельскохозяйственный факультет); ХХХ – три последние цифры номера зачетной книжки; 01 – номер РГР; 01 – номер темы; ХХ – номер варианта.

Рисунок 1.2 – Пример заполнения основной надписи

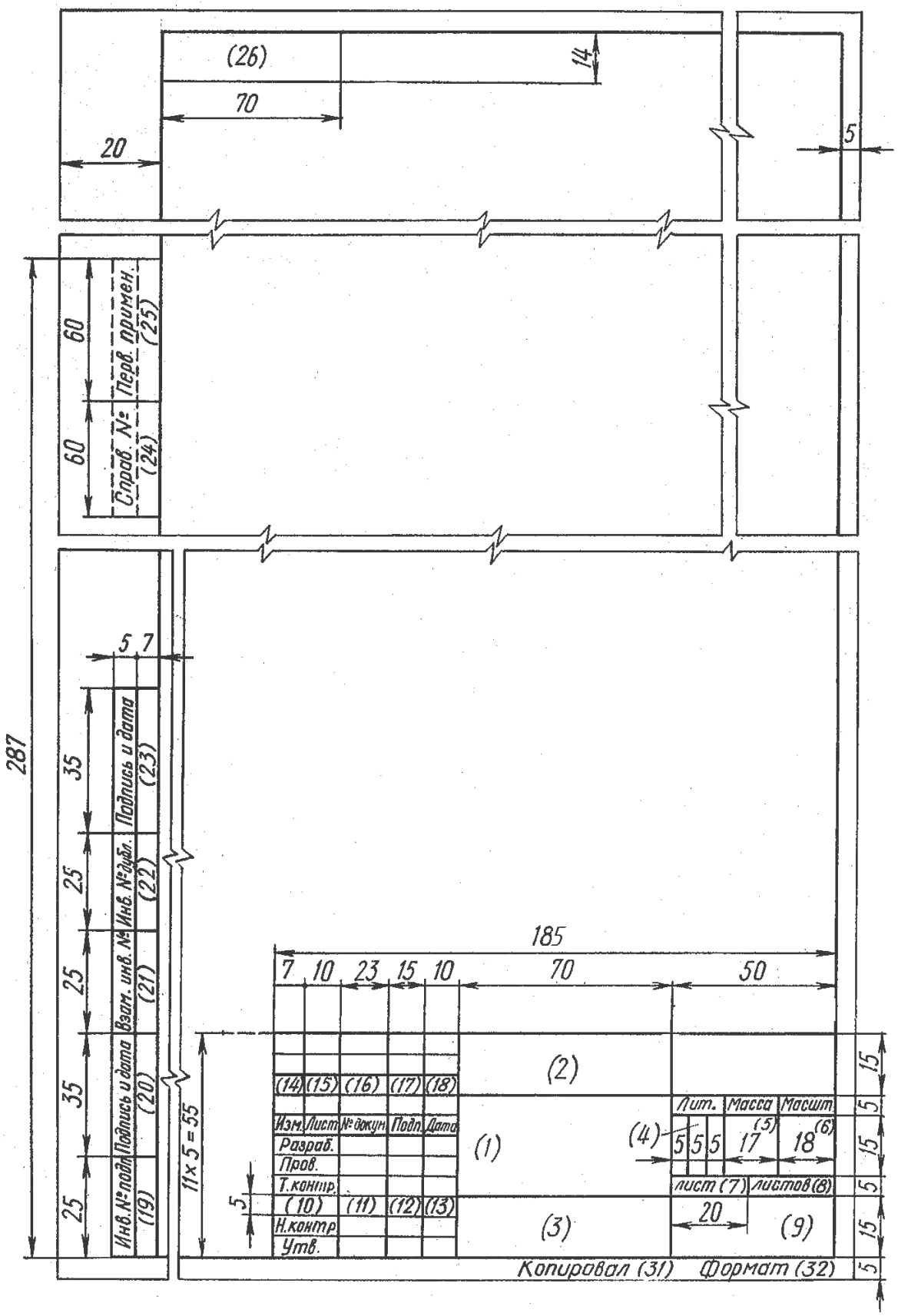


Рисунок 1.3 – Форма 1. Основная надпись для чертежей и схем

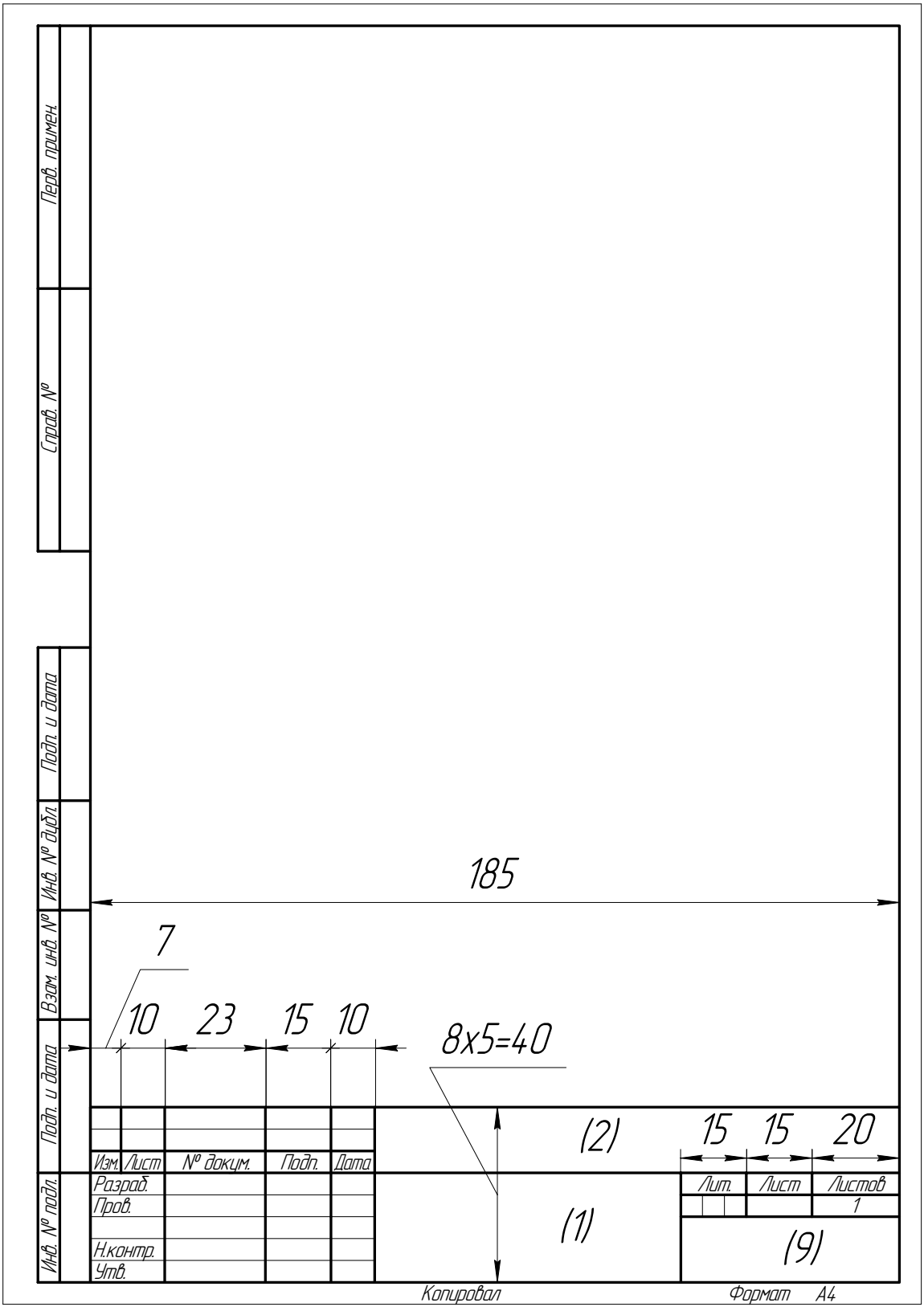


Рисунок 1.4 – Форма 2. Основная надпись первого листа текстового документа

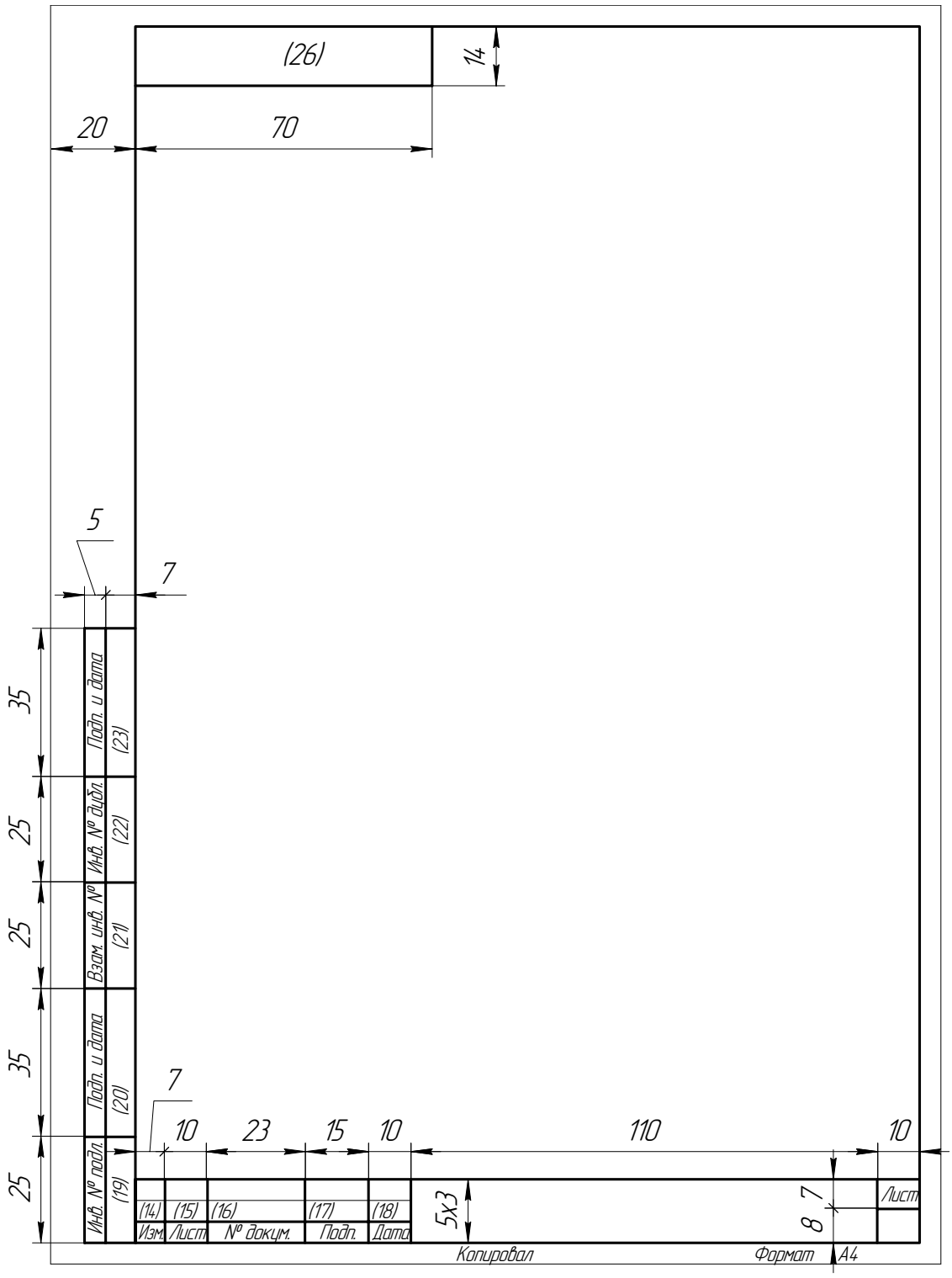


Рисунок 1.5 – Форма 2а. Основная надпись для последующих листов чертежей, схем и текстовых документов

1.5 Основные надписи

1.5.1 Каждый чертеж должен иметь основную надпись, расположенную в правом нижнем углу листа. Основная надпись должна содержать основные сведения об изображенных объектах. Форма, размеры и содержание основной надписи определены требованиями ГОСТ 2.104-68.

1.5.2 Основная надпись для чертежей (схем) должна соответствовать форме 1, приведенной на рисунке 1.3. Если чертеж (схема) выполнен на нескольких листах, то основная надпись на последующих листах выполняется по форме 2а, приведенной на рисунке 1.5.

Основная надпись в текстовых документах выполняется по форме 2 (первый лист) и по форме 2а (последующие листы).

1.5.3 В графах основной надписи (номера граф на форме указаны в скобках) приводят следующие данные:

в графе 1 – наименование изделия, а также наименование документа, если этому документу присвоен код;

в графе 2 – обозначение документа;

в графе 3 – обозначение материала детали (только для чертежей деталей);

в графе 4 – литеру, присвоенную данному документу (для учебных документов – *У*);

в графе 5 – массу изделия (в килограммах);

в графе 6 – масштаб, буква *М* не ставится;

в графе 7 – порядковый номер листа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют);

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

в графе 9 – аббревиатуру названия учебного заведения – СЛИ, аббревиатуру названия кафедры – ИГиАП; номер группы, специальность;

в графе 10 – характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ (разработка осуществляется студентом; проверка – преподавателем);

в графе 11 – фамилии лиц, подписавших документ;

в графе 12 – подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11 (выполнить ручкой);

в графе 13 – дату подписания документа (выполнить ручкой);

в графе 26 – обозначение документа, повернутое на 180º для формата *А4* и для форматов больше *А4* при расположении основной надписи вдоль длинной стороны листа, и на 90º – для форматов больше *А4* при расположении основной надписи вдоль короткой стороны листа.

Примечания:

1 Графы 14–25 не заполняют.

2 Графы 19–25 вычерчивать не обязательно.

2 ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Работа состоит из чертежей к темам 1–6.

Тема 1 – Требования, предъявляемые стандартами ЕСКД к выполнению чертежей. Построение очертания кулачка.

Тема 2 – Построение трех видов по данному наглядному изображению предмета.

Тема 3 – Построение трех изображений и аксонометрической проекции предмета по его описанию.

Тема 4 – Построение трех изображений по двум данным. Выполнение разрезов и сечений. Выполнение аксонометрической проекции в прямоугольной изометрии изображения с вырезом одной четверти.

Тема 5 – Построение линии среза.

Тема 6 – Построение третьего изображения по двум данным и линий перехода.

2.1 Тема 1 – Требования, предъявляемые стандартами ЕСКД к выполнению чертежей. Построение очертания кулачка

Цель задания. Изучить основные положения ГОСТ 2.301-68 Форматы, ГОСТ 2.302-68 Масштабы, ГОСТ 2.303-68 Линии, ГОСТ 2.304-81 Шрифты чертежные, ГОСТ 2.307-68 Нанесение размеров и предельных отклонений и рекомендуемую литературу. Следует иметь рабочую тетрадь и записывать в нее основные положения. Построить очертания кулачка.

Порядок выполнения. Ознакомиться с содержанием чертежа к теме 1 (рисунок 2.1). Прочитать «Правила выполнения чертежей». Изучить методические указания к данной теме и приступить к выполнению графической работы на листе чертежной бумаги формата *А3* карандашом.

Пример выполнения задания представлен на рисунке 2.1, варианты заданий – в таблице 2.1.

Рекомендуемая литература. ГОСТ 2.305-68; ГОСТ 2.307-68; [1, глава 3]; [6, раздел 3][1].

Методические указания по выполнению задания. В связи с огромным развитием автоматики плоские кулачки и копиры можно встретить в самых разнообразных механизмах. Заданные к теме 1 очертания кулачков включают две лекальные кривые и дугу радиуса *R*, угол которой определяет время «выстоя» механизма, получающего движение от кулачка.

Построение очертания кулачка в каждом варианте следует начинать с нанесения осей координат *Ox* и *Oy*. Затем строят лекальные кривые по их заданным параметрам и выделяют участки, входящие в очертание кулачка. После

[1] Здесь и далее приведены номера источников библиографического списка, помещенного в конце пособия.

этого можно вычертить плавные переходы между лекальными кривыми. При этом следует учесть, что во всех вариантах через точку Д проходит касательная к эллипсу. Обозначение R_x показывает, что величина радиуса определяется построением. На чертеже вместо R_x надо проставить соответствующее число со знаком «*».

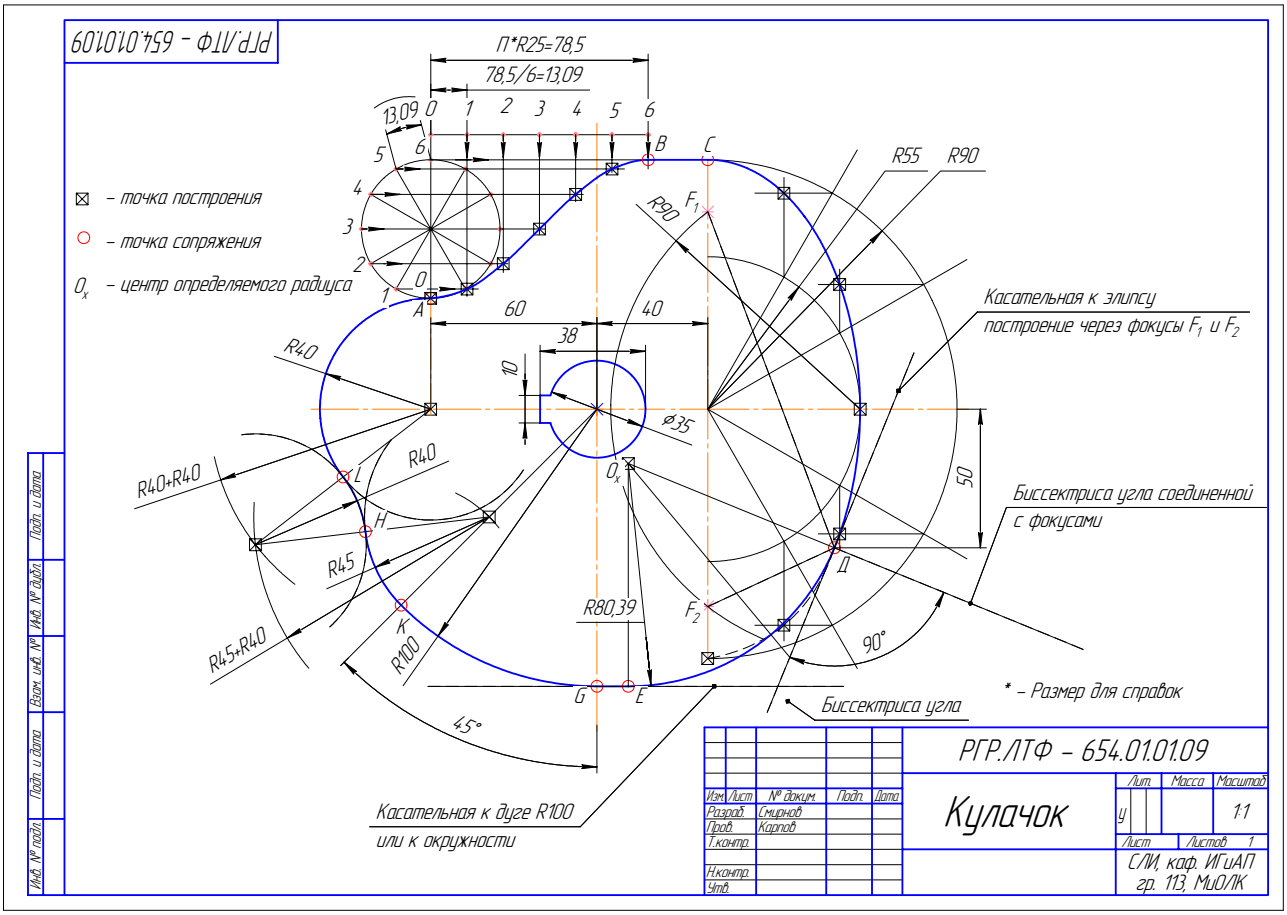
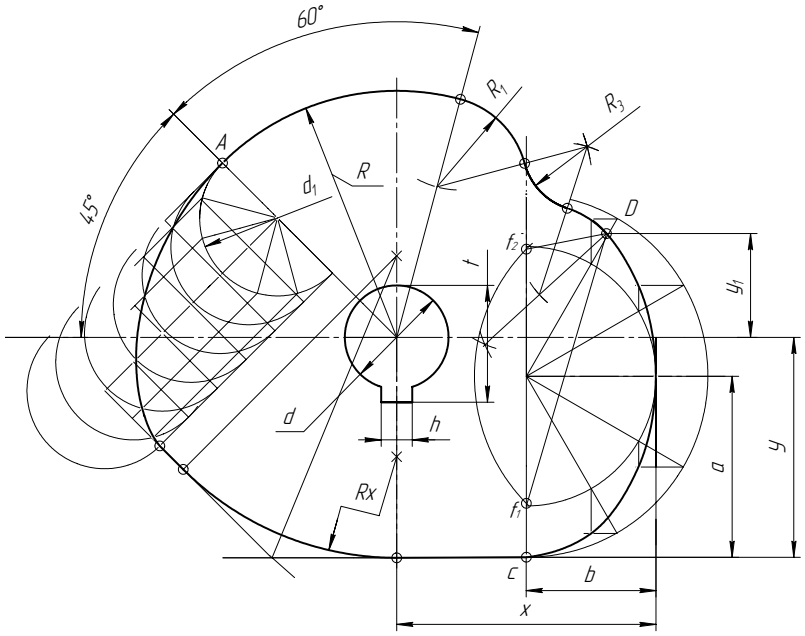
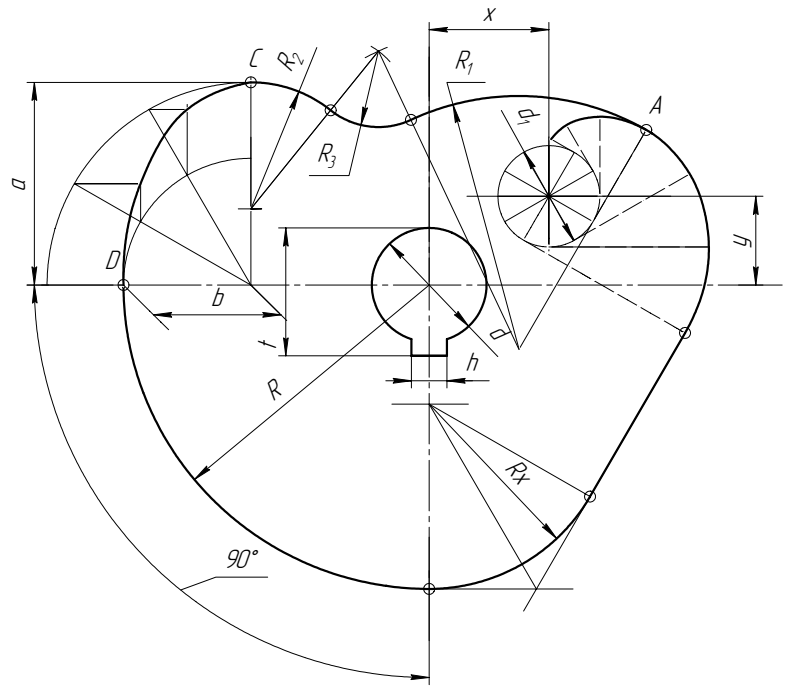


Рисунок 2.1 – Пример выполнения задания по теме 1
«Построение очертания кулачка»

Таблица 2.1 – Варианты для выполнения задания по теме 1 «Построение очертания кулачка»

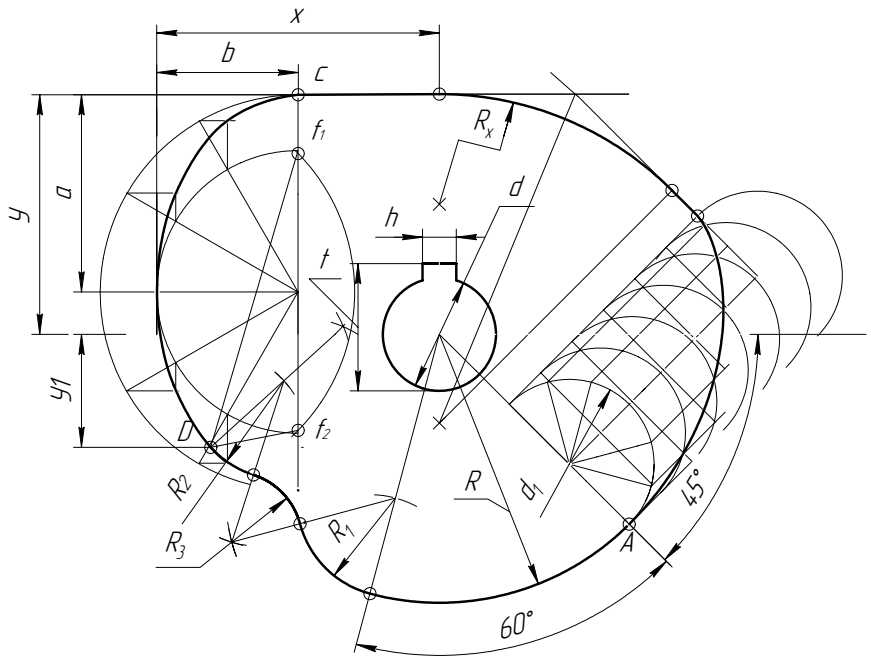


Вариант	R	R_1	R_2	R_3	a	b	d	d_1	h	t	x	y	y_1
6	95	35	35	25	70	50	40	60	12	45	100	85	40
16	90	40	40	25	75	45	40	65	12	45	110	90	35
25	100	55	55	30	85	55	45	65	14	50,5	120	95	45

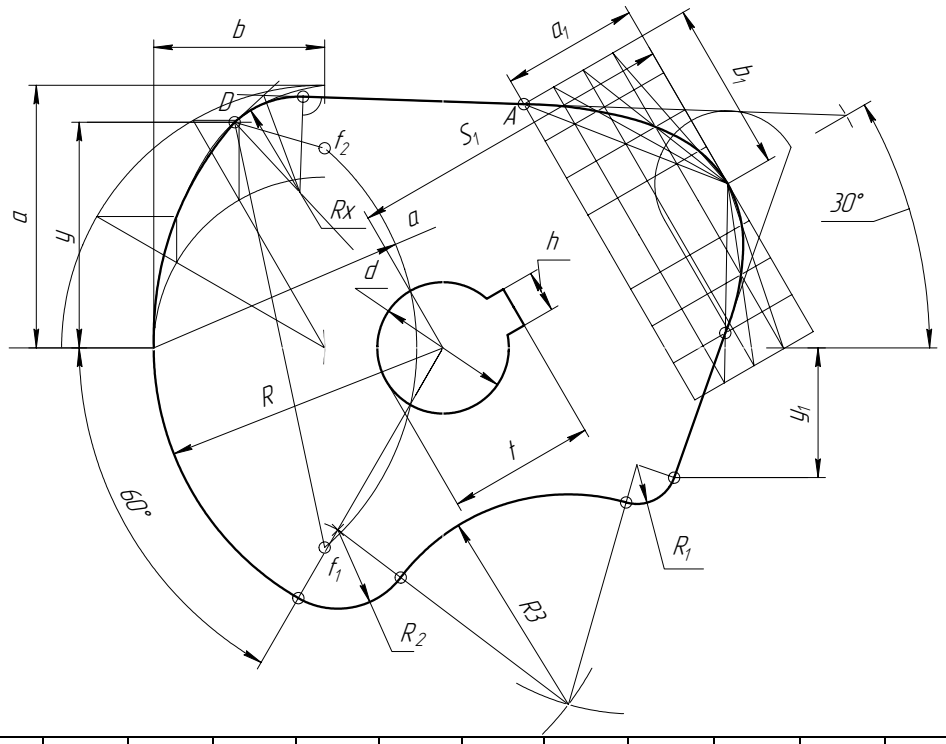


Вариант	R	R_1	R_2	R_3	a	b	d	d_1	h	t	x	y
2	120	100	50	30	80	50	45	40	14	50,5	40	35
12	115	110	75	40	90	55	50	45	16	56	45	40
21	120	100	50	30	80	50	45	40	14	50,5	40	35

Продолжение таблицы 2.1

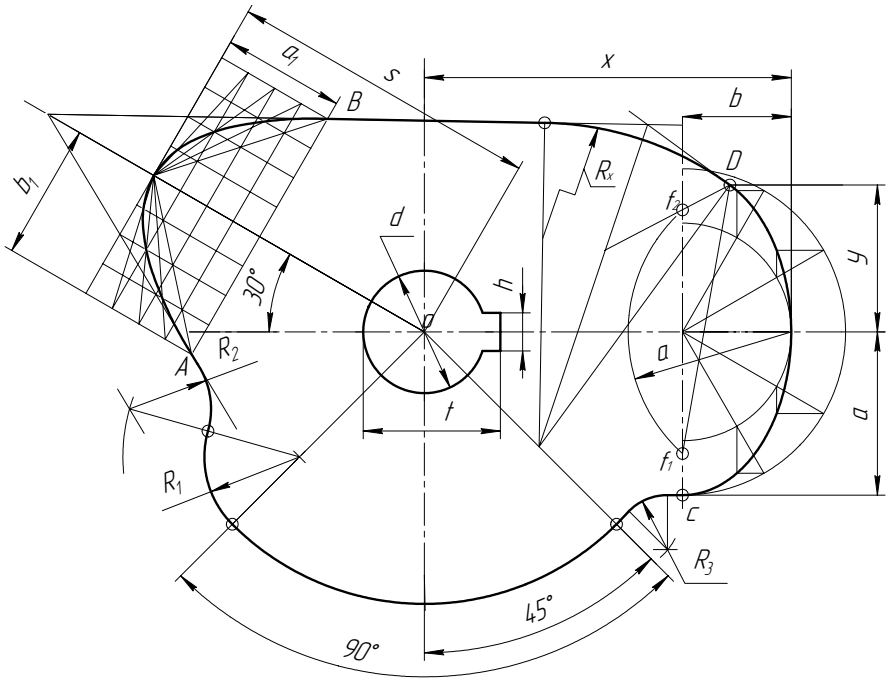


Вариант	R	R_1	R_2	R_3	a	b	d	d_1	h	t	x	y	y_1
3	95	35	35	25	70	50	40	60	12	45	100	85	40
13	90	40	40	25	75	45	40	60	12	45	110	90	35
22	100	45	45	30	85	55	45	65	14	50,5	120	95	49

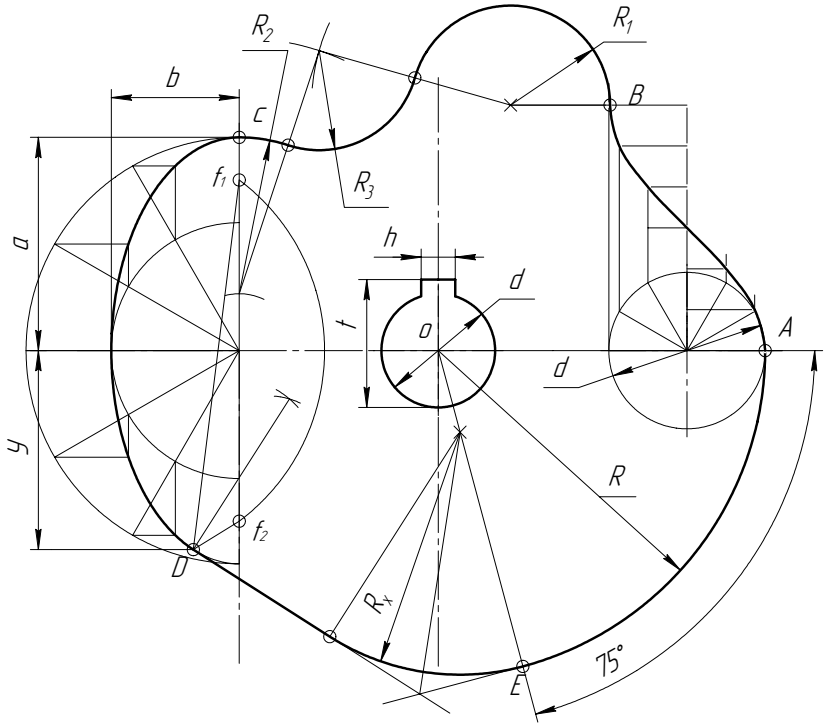


Вариант	S_1	a_1	b_1	R	a	b	y	y_1	R_1	R_2	R_3	d	h	t
9	125	52	65	110	100	65	85	45	15	30	80	50	16	56
19	120	50	60	100	90	60	82	40	10	25	75	45	14	50,5
27	120	52	65	110	100	65	85	45	15	30	80	50	16	56

Продолжение таблицы 2.1

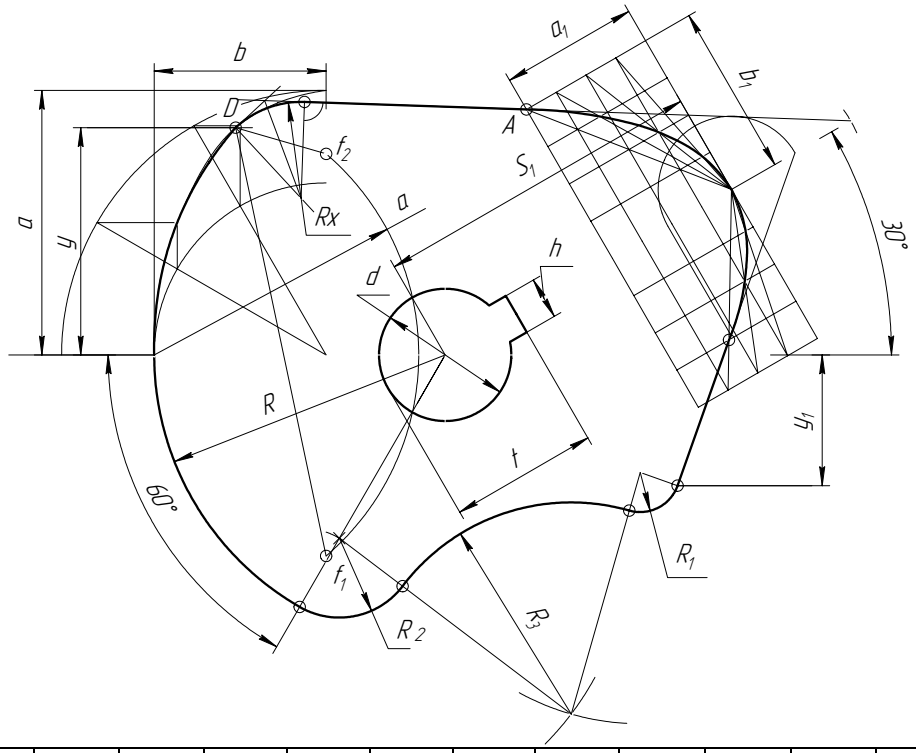


Вариант	R	R_1	R_2	R_3	a	S	a_1	b	b_1	d	h	t	x	y
8	100	35	30	20	60	115	45	40	50	45	14	50,5	135	54
18	95	50	40	18	55	120	40	45	52	50	16	56	130	45
27	100	35	30	20	60	115	45	40	50	45	14	50,5	135	54

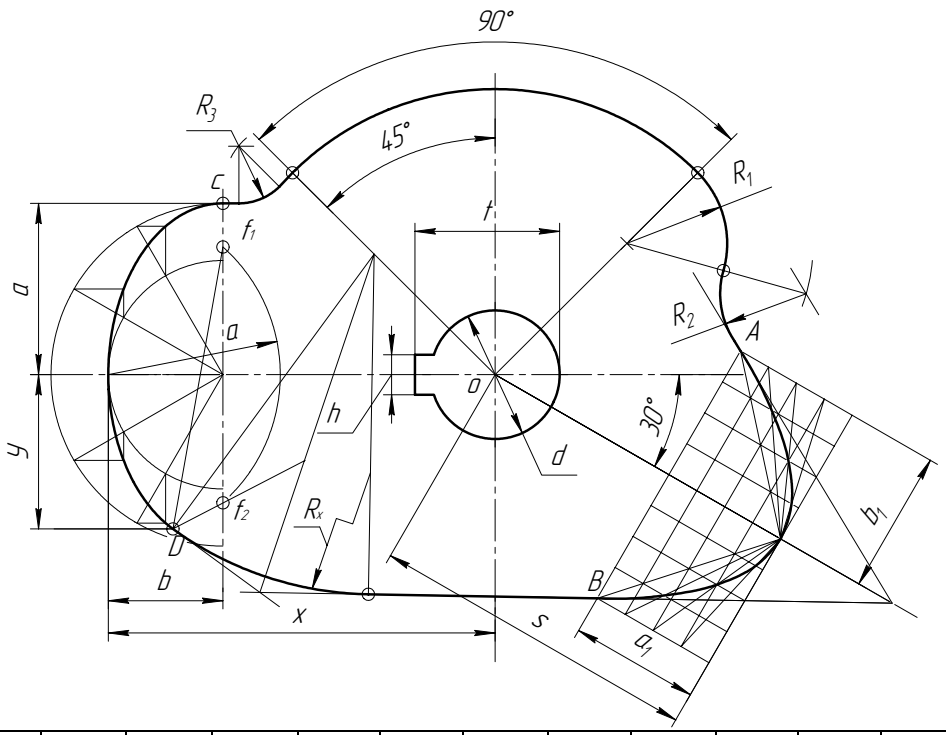


Вариант	R	R_1	R_2	R_3	a	b	d	d_1	h	t	x	y
4	115	35	55	35	75	45	40	55	12	45	115	70
14	110	45	50	40	70	40	35	50	10	40	120	60
23	120	40	60	35	80	50	45	50	10	40	120	60

Продолжение таблицы 2.1

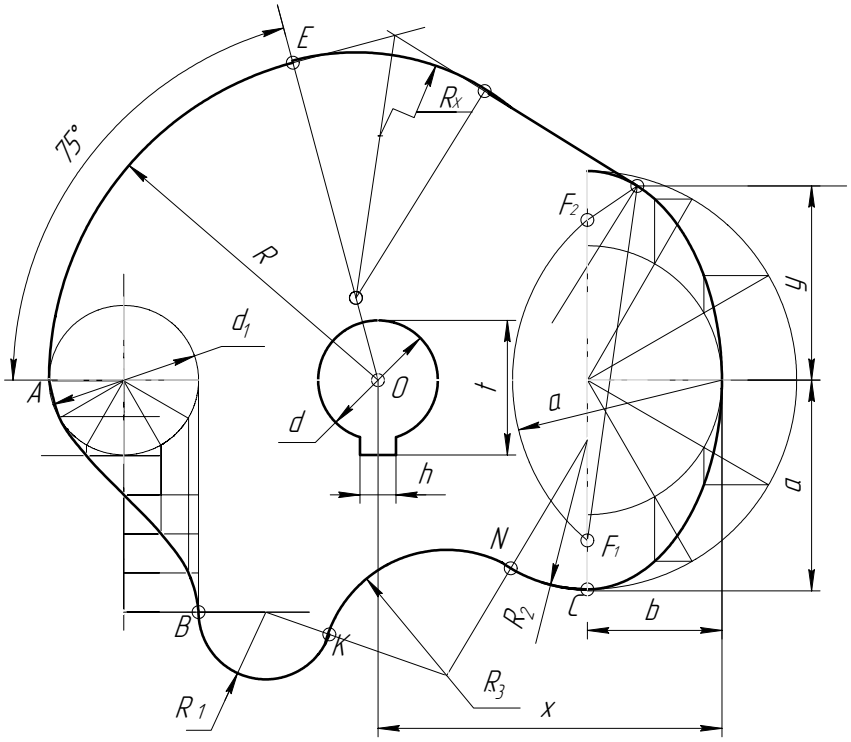


Вариант	S_1	a_1	b_1	R	a	b	y	y_1	R_1	R_2	R_3	d	h	t
5	125	52	65	110	100	65	85	45	15	30	80	50	16	56
15	120	50	60	100	90	60	82	40	10	25	75	45	14	50,5
24	120	52	65	110	100	65	85	45	15	30	80	50	16	56



Вариант	R	R_1	R_2	R_3	a	S	a_1	b	b_1	d	h	t	x	y
7	100	35	30	20	60	115	45	40	50	45	14	50,5	135	54
17	95	50	40	18	55	120	40	45	52	50	16	56	130	45
26	100	35	30	20	60	115	45	40	50	45	14	50,5	135	54

Продолжение таблицы 2.1



Вариант	R	R_1	R_2	R_3	a	S	d	d_1	h	t	x	y
1	120	40	60	35	80	50	45	50	14	50	110	70
11	115	35	55	35	75	45	40	55	12	45	115	70
20	110	45	50	40	70	40	35	50	10	40	120	60

2.1.1 Форматы. При выполнении чертежей пользуются форматами, установленными ГОСТ 2.301-68*. Форматы листов определяются размерами внешней рамки (выполненной тонкой линией) оригиналов, подлинников, дубликатов, копий.

Основные форматы получаются путем последовательного деления на две равные части параллельно меньшей стороне формата площадью 1 м^2 с размерами сторон 1189 × 841 мм (рисунок 2.2). Обозначения и размеры сторон основных форматов должны соответствовать указанным в таблице (рисунок 2.2). Допускается применение **дополнительных форматов**, образуемых увеличением коротких сторон основных форматов на величину, кратную их размерам. При необходимости допускается применять формат *А5* с размерами сторон 148 × 210 мм.

Обозначение формата	*А0*	*А1*	*А2*	*А3*	*А4*
Размеры сторон формата, мм	841 × 1189	594 × 841	420 × 594	297 × 420	210 × 297

Основные форматы Дополнительные форматы

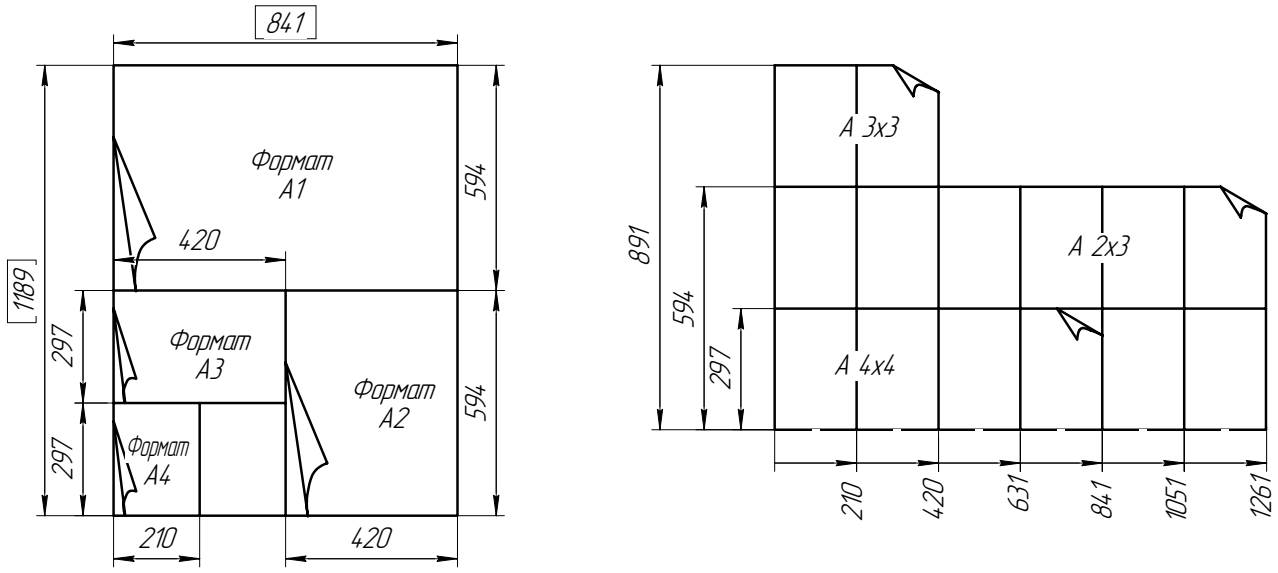


Рисунок 2.2 – Основные и дополнительные форматы

2.1.2 Масштабы. ГОСТ 2.302-68 устанавливает масштабы изображений. *Масштаб* – это отношение размеров изображения на чертеже к соответствующим действительным (натуральным) размерам изделия. В зависимости от сложности и величины, изображаемых на чертеже изделий пользуются масштабами натуральной величины, увеличения или уменьшения (таблица 2.2). Предпочтительным масштабом при выполнении учебных чертежей является *М 1 : 1* (изображение в натуральную величину). Масштаб на чертеже должен обозначаться по типу *М 1 : 1*, *М 1 : 2*, *М 2 : 1* и т. д.

Таблица 2.2 – Стандартные ряды масштабов

Масштаб уменьшения	1 : 2; 1 : 2,5; 1 : 4; 1 : 5; 1 : 10; 1 : 15; 1 : 20; 1 : 25; 1 : 40; 1 : 50; 1 : 75; 1 : 100; 1 : 200; 1 : 400; 1 : 500
Натуральная величина	1 : 1
Масштаб увеличения	2 : 1; 2,5 : 1; 4 : 1; 5 : 1; 10 : 1; 20 : 1; 40 : 1; 50 : 1; 100 : 1

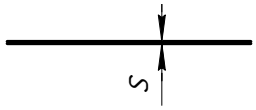
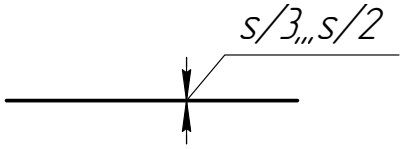
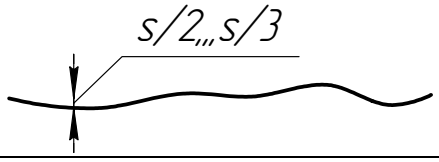
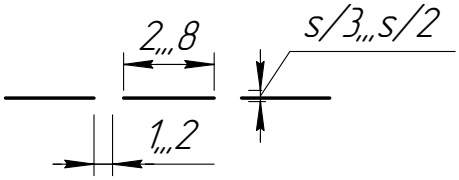
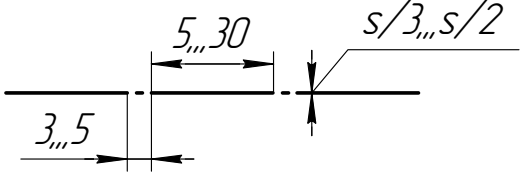
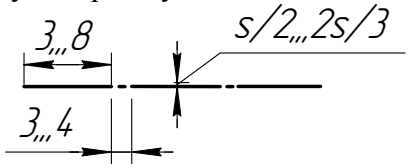
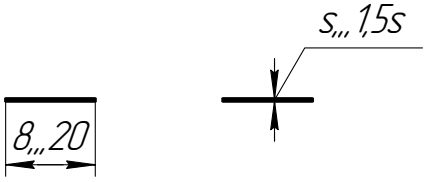
Если масштаб вписывают в предназначенную для этого в основной надписи графу, то букву *М* из обозначения исключают. Следует всегда помнить, что, в каком бы масштабе ни был выполнен чертеж, на этом чертеже необходимо указывать цифрами те размеры, которые изображенное изделие должно иметь или имеет в натуре, а не на чертеже.

2.1.3 Линии чертежа. ГОСТ 2.303-68 Линии устанавливает наименования, начертания и основные назначения линий на чертежах. Так, толщина линий обводки выбирается в зависимости от величины и сложности изображения, от назначения и формата чертежа, причем выбранная толщина должна быть одинаковой для всех изображений чертежа, вычерчиваемых в одном и том же масштабе. Толщина сплошной основной линии *S* должна быть на учебных черте-

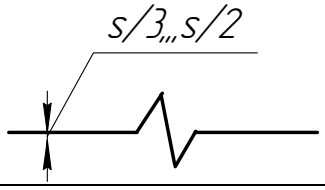
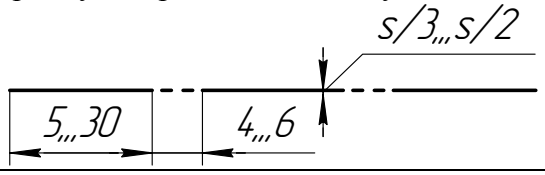
жах равна около 1 мм. Остальные линии кроме линии сечений выполняются в два или три раза тоньше основной, т. е. около 0,5 мм.

Штрихпунктирные линии должны начинаться, пересекаться между собой или с линиями контура и заканчиваться штрихами. Штрихи в линии должны быть одинаковой длины, а промежутки между штрихами равны между собой. Типы линий и их основное назначение приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Типы линий и их основное назначение

Наименование и начертание	Основное назначение
Сплошная толстая – основная 	Линии видимого контура. Линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза). Линии перехода видимые.
Сплошная тонкая 	Линии размерные и выносные. Линии штриховки. Линии-выноски, полки линий-выносок и подчеркивание надписей. Линии контура вынесенного сечения.
Сплошная волнистая 	Линии обрыва. Линии разграничения вида и разреза.
Штриховая 	Линии невидимого контура.
Штрихпунктирная тонкая 	Линии осевые и центровые. Линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений.
Штрихпунктирная утолщенная 	Линии изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью (наложенная проекция).
Разомкнутая 	Линии сечения.

Продолжение таблицы 2.3

Сплошная тонкая с изломами 	Длинные линии обрыва.
Штрихпунктирная тонкая с двумя точками 	Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях. Линии сгиба на развертках. Линии для изображения развертки, совмещенной с видом.

2.1.4 Шрифт чертежный. ГОСТ 2.304-81 Шрифты чертежные устанавливает шрифты для надписей, наносимых на чертежи и другие технические документы всех отраслей промышленности и строительства. Установлены следующие размеры шрифта: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14, 20; 28; 40.

Основные параметры шрифта:

1) размер шрифта определяется высотой его прописных букв *h* в миллиметрах, измеряемых перпендикулярно основанию строки;

2) высота строчных букв равна 5/7 высоты прописных, что округленно соответствует предыдущему размеру шрифта;

3) стандарт устанавливает следующие типы шрифта:

тип *А* прямой и с наклоном 75° – *d* = (1/14)*h*;

тип *Б* прямой и с наклоном 75° – *d* = (1/10)*h*, где *d* – толщина обводки;

4) ширина букв – *g*, расстояние между буквами – *a*, минимальное расстояние между словами – *e*, минимальное расстояние между основаниями строк – *b* определяются из таблиц в зависимости от типа и размера шрифта.

Обозначение параметров шрифта дано на рисунке 2.3.

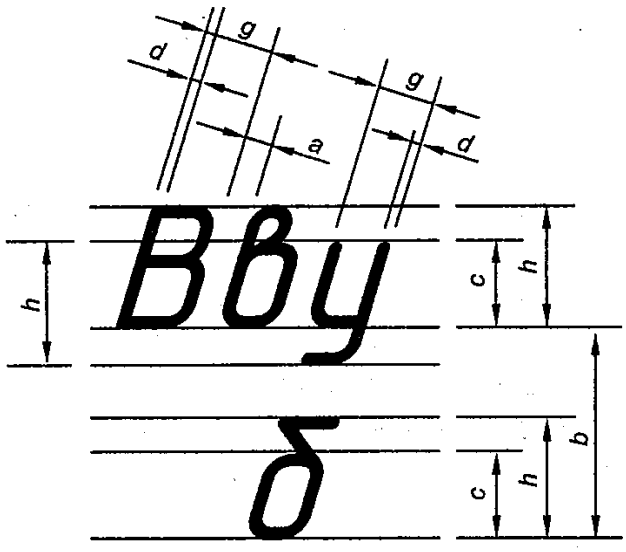


Рисунок 2.3 – Обозначение параметров шрифта

При выполнении надписей необходимо построить карандашом сетку в виде тонких линий, как это указано на рисунке 2.4, затем от руки нанести на эту сетку буквы и цифры тонкими линиями. Необходимая толщина достигается при обводке.

Рисунок 2.4 – Конструкция шрифта типа *Б*

Для шрифта более мелких размеров (5; 3,5 мм) достаточно провести лишь две параллельные горизонтальные линии и под углом 75° через 10–20 мм наклонные линии (рисунок 2.5). Буквы и цифры следует выполнять по частям, допуская движение руки только по двум направлениям – сверху вниз и слева направо. Расстояния между буквами, словами и строками для шрифтов всех размеров должны соответствовать указанным в ГОСТ 2.304-81.

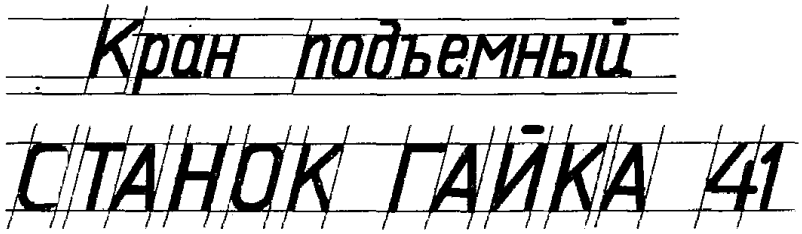


Рисунок 2.5 – Примеры нанесения шрифта на чертежах

При выполнении надписей строчными буквами толщина обводки прописных букв должна быть такая же, как и строчных (рисунок 2.5, слова «*Кран подъемный*»), что соответствует толщине обводки следующего меньшего размера шрифта. Для всего текста толщина линий должна быть одинакова. Если слова пишут одними прописными буквами и при этом получается кажущееся увеличение промежутков между смежными буквами (например, при сочетании букв *Г* и *А*, *Г* и *Д*, *Р* и *А*, *Г* и *А*), то следует скрадывать получающееся зрительное искажение, уменьшая эти промежутки (рисунок 2.5), слова *«станок*», «*гайка*»).

Надписи на чертеже по данной теме и всем последующим рекомендуется выполнять шрифтами размеров 5 и 7 мм.

Минимальная высота букв и цифр на чертежах, выполняемых в карандаше, должна быть 3,5 мм. Все размерные числа на чертежах выполняют размером 5 мм. Для различных надписей на учебных чертежах предпочтительно использовать шрифт типа *Б* с наклоном.

Размеры параметров шрифта типа *Б* приведены в таблице 2.4. Конструкция шрифта типа *Б* приведена на рисунке 2.4.

Примечания:

1 Обозначение параметров шрифта см. в таблице 2.4.

2 Ширина *g* прописных букв А, Д, М, Х, Ы, Ю – 7*d*; букв Ж, Ф, Ш, Ъ – 8*d*; букв Г, Е, З, С и арабских цифр (кроме 1 и 4) – 5*d*; остальных прописных букв и цифры 4 – 6*d*; цифры 1 – 3*d*.

3 Ширина *g* большинства строчных букв равна половине высоты прописных букв, т. е. 5*d*; букв м, ъ, ы, ю – 6*d*; букв ж, т, ф, ш, щ – 7*d*; букв з, с – 4*d*.

Таблица 2.4 – Размеры параметров шрифтов типа *Б*

Параметр	Обозначение параметра	Относительный размер		Размеры, мм					
Размер шрифта – высота прописных букв	*h*	(10/10)*h*	10*d*	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0
Высота строчных букв	*c*	(7/10)*h*	7*d*	1,3	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0
Расстояние между буквами	*a*	(2/10)*h*	2*d*	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0
Минимальное расстояние между основаниями строк	*b*	(17/10)*h*	17*d*	3,1	4,3	6,0	8,5	12,0	17,0
Минимальное расстояние между словами	*e*	(6/10)*h*	6*d*	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0
Толщина линий шрифта	*d*	(1/10)*h*	*d*	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0

2.1.5 Нанесение размеров. ГОСТ 2.307-68 устанавливает правила нанесения размеров и предельных отклонений на чертежах и в других технических документах на изделия всех отраслей промышленности и строительства. Эти правила изучаются в течение всего курса, ниже приведены основные.

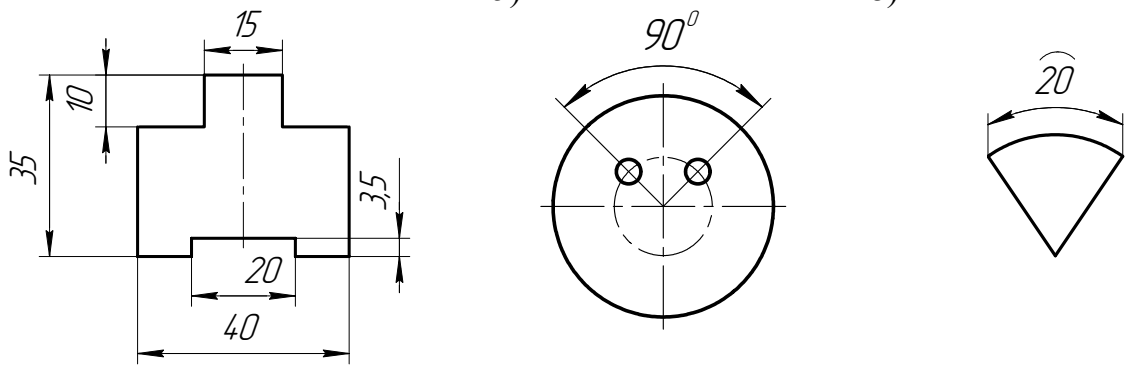
Основанием для определения величины изображенного изделия и его элементов служат размерные числа, нанесенные на чертеж. Общее количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия. Линейные размеры указывают в миллиметрах.

Если на чертеже размеры необходимо указать не в миллиметрах, а в других единицах (сантиметрах, метрах и т. д.), то соответствующие размерные числа записывают с обозначением единицы (см, м) или указывают эти единицы в технических требованиях.

Угловые размеры указывают в градусах, минутах и секундах с обозначением единицы (4°, 4°30', 12°45", 20°30'40").

Размеры на чертежах указывают размерными числами и размерными линиями. При нанесении размера прямолинейного отрезка размерную линию проводят параллельно этому отрезку, а выносные линии – перпендикулярно размерным (рисунок 2.6, *а*). При нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги с центром в ее вершине, а выносные линии – радиально (рисунок 2.6, *б*). При нанесении размера дуги окружности размерную линию проводят концентрично дуге, а выносные линии – параллельно биссектрисе угла и над размерным числом наносят знак (рисунок 2.6, *в*). Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 1–5 мм, размерные линии предпочтительнее наносить вне контура изображения (рисунок 2.6, *а*).

а) *б*) *в*)



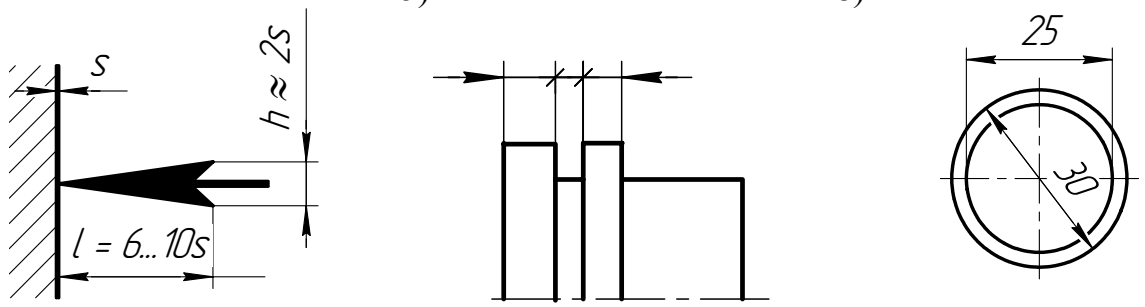
а) нанесение размеров на прямолинейном участке; *б*) нанесение углового размера; *в*) нанесение размера дуги.

Рисунок 2.6 – Примеры нанесения размеров на чертежах

Расстояние размерной линии от параллельной ей линии контура, осевой, выносной и других линий, а также расстояние между параллельными размерными линиями должно быть в пределах 6–10 мм. Необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий. Не допускается использовать линии контура, осевые, центровые и выносные линии в качестве размерных.

Размеры стрелок размерных линий выбирают в зависимости от толщины линий видимого контура и вычерчивают их приблизительно одинаковыми на всем чертеже. Форма стрелки и примерное соотношение ее элементов показаны на рисунке 2.7, *а*. Если длина размерной линии недостаточна для размещения на ней стрелок, то размерную линию продолжают за выносные линии (или соответственно за контурные, осевые, центровые и т. д.) и стрелки наносят, как показано на рисунке 2.7, *а* (размеры 10; 3,5). При недостатке места, для стрелок на размерных линиях, расположенных цепочкой, стрелки допускается заменять четко наносимыми точками или засечками, наносимыми под углом 45° к размерным линиям (рисунок 2.8, *б*). Размерные числа наносят над размерной линией (выше нее на 1 мм) возможно ближе к ее середине (рисунок 2.7, *а*). При недостатке места для стрелки из-за близко расположенной контурной или выносной линии последние допускается прерывать (рисунок 2.7, *в*).

а) *б*) *в*)



а) форма стрелки; *б*) нанесение размеров при недостатке места для стрелок; *в*) прерывание контурной линии для стрелки.

Рисунок 2.7 – Стрелки размерных линий на чертежах

При нанесении размера диаметра внутри окружности размерные числа смещают относительно середины размерных линий.

Соотношение размеров стрелок, указывающих направление взгляда, должно соответствовать соотношениям, приведенным на рисунке 2.8.

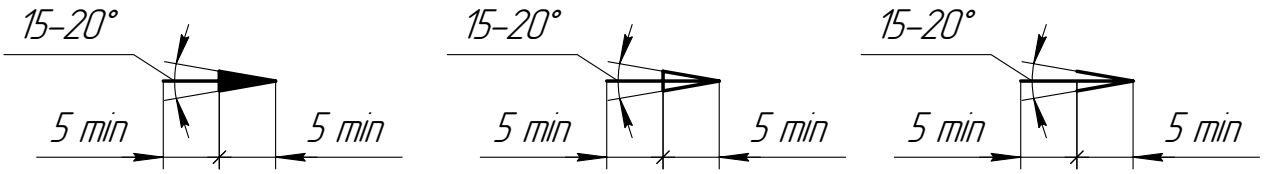


Рисунок 2.8 – Соотношение размеров стрелок взгляда

Условные графические обозначения «повернуто» и «развернуто» приведены на рисунке 2.9.

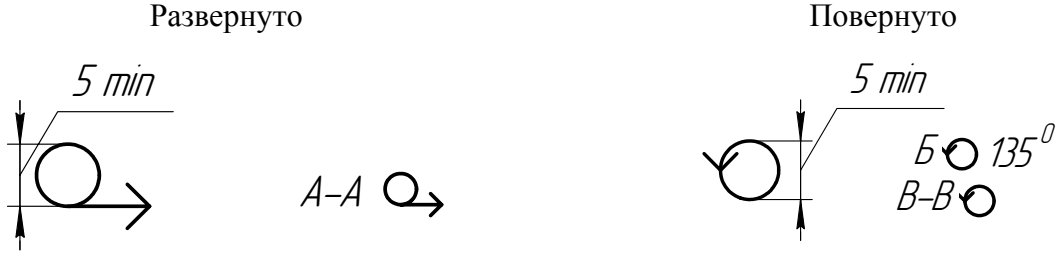
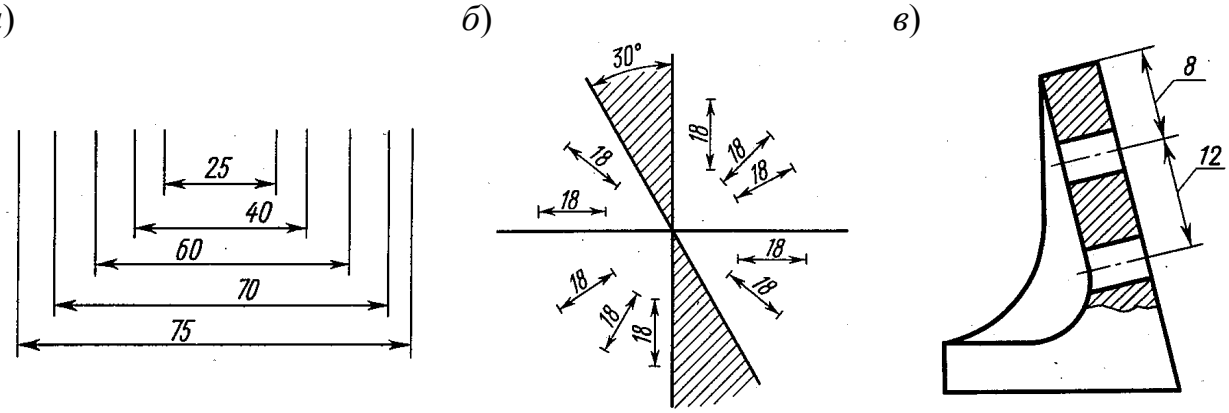


Рисунок 2.9 – Условные обозначения «развернуто» и «повернуто»

При нанесении нескольких параллельных или концентричных размерных линий на небольшом расстоянии друг от друга размерные числа над ними рекомендуется располагать в шахматном порядке (рисунок 2.10, *а*).

Размерные числа линейных размеров при различных наклонах размерных линий располагают, как показано на рисунке 2.10, *б*. Если необходимо нанести размер в заштрихованной зоне, соответствующее размерное число наносят на полке линии-выноски (рисунок 2.10, *в*).

а) *б*) *в*)



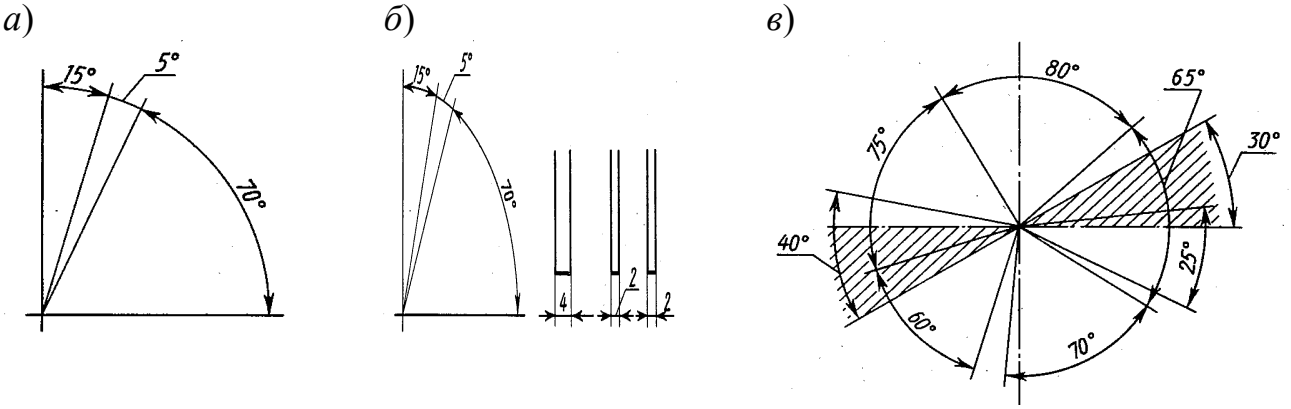
а) размеры расположены в шахматном порядке; *б*) нанесение размеров при наклоне размерных линий; *в*) нанесение размеров на полке линии-выноски.

Рисунок 2.10 – Примеры нанесения размеров на чертежах

Угловые размеры наносят так, как показано на рисунке 2.11. В зоне, расположенной выше горизонтальной осевой линии, размерные числа помещают над размерными линиями со стороны их выпуклости; в зоне, расположенной ниже горизонтальной осевой линии, со стороны вогнутости размерных линий. В заштрихованной зоне наносить размерные числа не рекомендуется. В этом случае размерные числа указывают на горизонтально нанесенных полках.

Для углов малых размеров при недостатке места размерные числа помещают на полках линий-выносок в любой зоне (рисунок 2.11, *б*).

Если для написания размерного числа недостаточно места над размерной линией или недостаточно места для нанесения стрелок, то их наносят, как показано на рисунке 2.11, *а* для размеров 4 и 2 мм.



а) нанесение размеров при недостатке места для углов малых размеров; *б*) нанесение линейных размеров при недостатке места; *в*) правила нанесения размерных чисел.

Рисунок 2.11 – Примеры нанесения размеров на чертежах

Размерные числа не допускается разделять или пересекать какими бы то ни было линиями чертежа. В месте нанесения размерного числа осевые, центровые линии штриховки прерывают. При нанесении размера радиуса перед размерным числом помещают прописную букву *R* (рисунок 2.12).

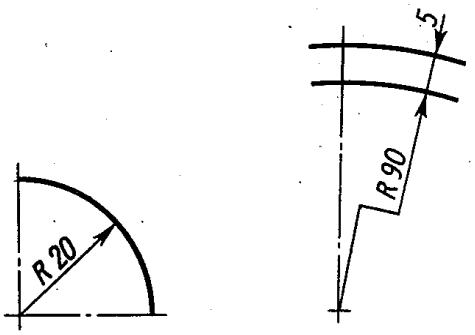


Рисунок 2.12 – Примеры нанесения размеров радиусов на чертежах

При большой величине радиуса центр дуги которого должен быть закоординирован, допускается приближать его к дуге, в этом случае размерную ли-

нию радиуса показывают с изломом под углом 90° (рисунок 2.12). Если не требуется указывать размеры, определяющие положение центра дуги окружности, то размерную линию радиуса допускается не доводить до центра. Размеры радиусов внутренних округлений наносят, как показано на рисунке 2.13, наружных округлений – на рисунке 2.14.

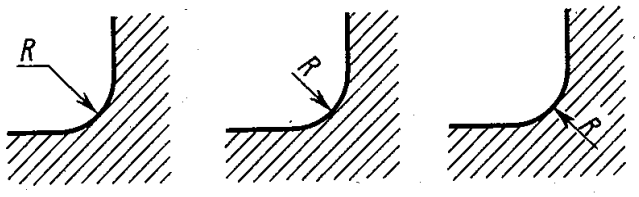


Рисунок 2.13 – Примеры нанесения размеров радиусов внутренних округлений

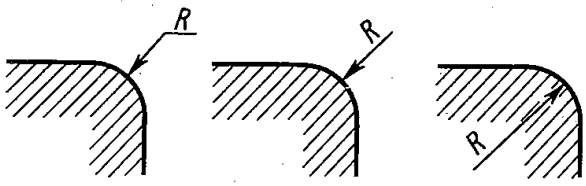


Рисунок 2.14 – Примеры нанесениям размеров радиусов наружных округлений внутренних округлений

Если дано одно изображение детали, то размер ее толщины наносят, как показано на рисунке 2.15.

При нанесении размеров элементов, равномерно расположенных по окружности изделия (например, отверстий), вместо угловых размеров, определяющих взаимное расположение элементов, указывают только их количество (рисунок 2.16). При указании размера диаметра (во всех случаях) перед размерным числом наносят знак Ø (рисунки 2.15, 2.16).

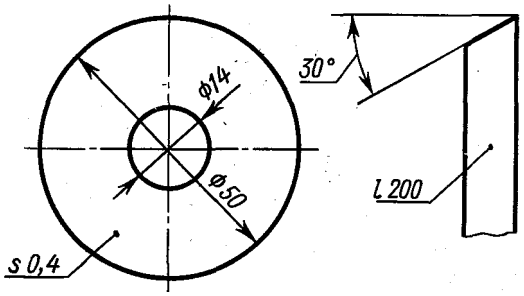


Рисунок 2.15 – Пример нанесения размеров диаметров

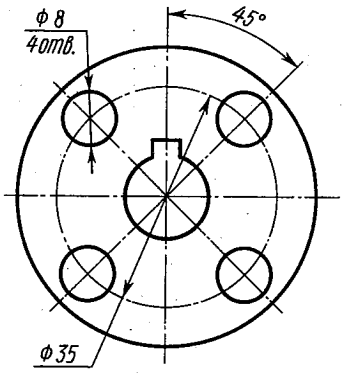


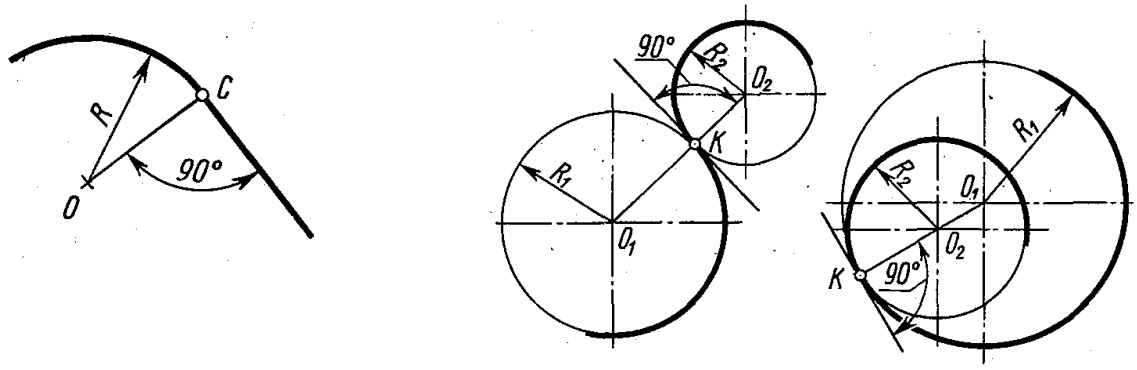
Рисунок 2.16 – Пример нанесения размеров диаметров нескольких отверстий

2.1.6 Построение сопряжений. Для изображения очертания кулачка необходимо усвоить построение сопряжений, основанное на двух положениях из геометрии:

1) при сопряжении прямой линии и дуги центр дуги сопряжения должен лежать на перпендикуляре к прямой, восстановленной из точки сопряжения (рисунок 2.17, *а*);

2) при сопряжении двух дуг центры этих дуг должны лежать на прямой, проходящей через точку сопряжения перпендикулярно общей касательной этих дуг (рисунок 2.17, *б*).

а) *б*)



а) сопряжение прямой линии и дуги окружности; *б*) сопряжение двух дуг окружности.

Рисунок 2.17 – Сопряжения

При выполнении сопряжений следует различать три элемента:

а) точку сопряжения;

б) центр дуги сопряжения;

в) радиус дуги сопряжения.

Для построения заданного сопряжения должен быть известен один из элементов – радиус или точка сопряжения, два других элемента определяются графически, построением. В конструкторской практике чаще встречаются задачи построения сопряжений при заданном радиусе.

Рассмотрим на примере случаи сопряжений при заданном радиусе и при заданной точке сопряжения.

– Задан радиус сопряжения.

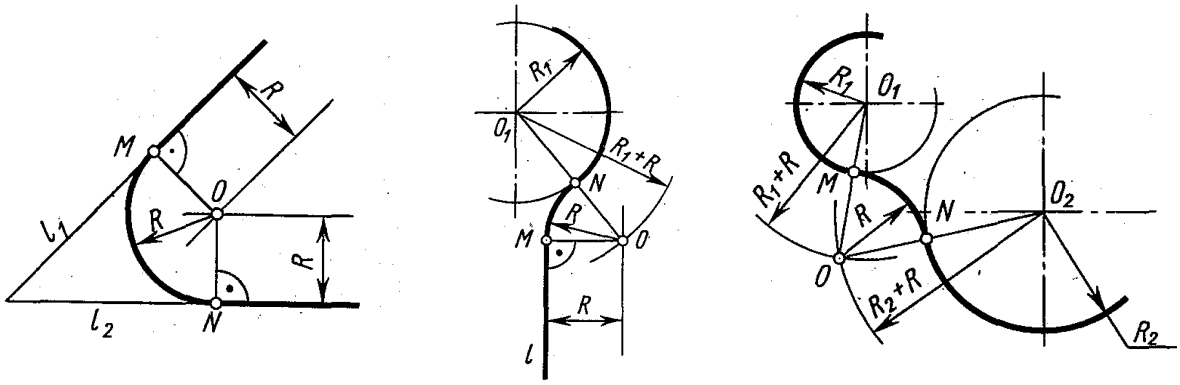
Рассмотрим последовательно сопряжение двух прямых, прямой и дуги и двух дуг при заданном радиусе *R*.

Построение сопряжения двух пересекающихся прямых. Для построения сопряжения двух пересекающихся прямых l_1 и l_2 на расстоянии заданного радиуса *R* проводим две вспомогательные прямые, соответственно параллельные заданным l_1 и l_2 (рисунок 2.18, *а*). Точка пересечения этих прямых является центром сопряжения *O*. Из полученного центра опускаем перпендикуляры на заданные прямые, получаем точки сопряжений *M* и *N*. Из центра *O* величиной заданного радиуса *R* проводим дугу в пределах между найденными точками *M* и *N*.

Построение сопряжения прямой линии с дугой. Для построения сопряжения прямой линии l с дугой радиуса R_1, проведенной из центра O_1 (рисунок 2.18, *б*), проводим вспомогательную прямую, параллельную прямой l, на расстоянии заданного радиуса сопряжения R, а из центра O_1 проводим вспомогательную дугу радиусом $R_1 + R$. В точке пересечения этих вспомогательных линий получаем центр сопряжения O. Из этого центра опускаем перпендикуляр на прямую, получаем точку сопряжения на прямой M. Затем соединяем центр O с центром дуги O_1, в пересечении прямой OO_1 с заданной дугой получаем точку сопряжения на дуге – точку N.

Между найденными точками M и N радиусом R проводим дугу сопряжения.

а) *б*) *в*)



а) сопряжение двух прямых; *б*) сопряжение прямой и дуги радиуса R_1; *в*) сопряжение двух дуг радиусами R_1 и R_2.

Рисунок 2.18 – Примеры построения сопряжений при заданном радиусе R

Построение сопряжения двух дуг. Для построения сопряжения дуги R из центра O_1 и дуги R_2 из центра O_2 (рисунок 2.18, *в*). К концентрично заданным дугам проводим две вспомогательные дуги радиусами, соответственно равным $R_1 + R$ и $R_2 + R$. Точка пересечения вспомогательных дуг определяет центр сопряжения – точку O. Для определения точек сопряжения M и N соединяем центр сопряжения O с центрами заданных дуг O_1 и O_2. Радиусом R проводим дугу сопряжения в пределах MN.

Рассмотрев наиболее характерные случаи сопряжений при заданном радиусе, можно выявить общие правила построения сопряжений для подобных случаев.

1) Центр сопряжения определяется в пересечении двух вспомогательных линий, параллельных заданным прямым или концентричных заданным дугам и отстоящих от заданных линий на расстоянии радиуса сопряжения.

2) Точки сопряжений определяются: на прямых – перпендикуляром, опущенным из центра сопряжений на прямую; на дугах – прямой, соединяющей центр сопряжений с центром заданной дуги (рисунок 2.18, *а*, *б*, *в*).

2.1.7 Лекальные кривые. Лекальные кривые имеют большое применение в технике. Рассмотрим наиболее часто встречающиеся способы построения плоских кривых: эллипса, параболы, циклоиды, синусоиды, эвольвенты. Эти кривые обычно обводят с помощью лекал, поэтому они получили название лекальных кривых.

Эллипс (рисунок 2.19). Эллипсом называется замкнутая плоская кривая, для которой сумма расстояний от любой ее точки до двух точек той же плоскости – фокусов эллипса – есть величина постоянная, равная большой оси эллипса. Отрезок *MN* называется большой осью эллипса, а отрезок *DE* – малой его осью. Если из точек *D* или *E* провести дугу радиусом $R = MN : 2$, то на большой оси эллипса будут получены его фокусы (точки F_1 и F_2).

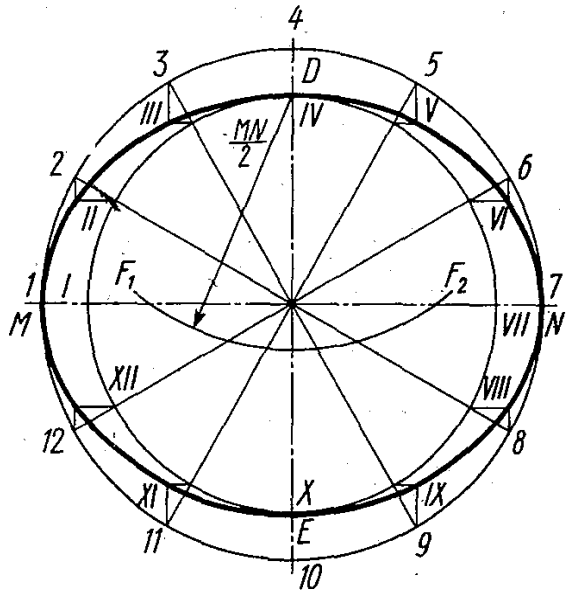


Рисунок 2.19 – Построение эллипса

Для построения эллипса проводят две концентрические окружности, диаметры которых равны осям эллипса. Эти окружности делят на несколько равных частей (12–16). Через точки деления на большой окружности проводят вертикальные линии, через соответствующие точки деления на малой окружности – горизонтальные линии. Пересечение этих линий даст точки эллипса I, II, III.

Рекомендуется при обводке эллипса и других симметричных кривых делать на лекале засечки-черточки карандашом и прикладывать этот участок лекала к симметричной части кривой.

Парабола. Параболой называется плоская кривая, каждая точка которой расположена на одинаковом расстоянии от заданной прямой, носящей название директрисы, и точки, называемой фокусом параболы, расположенных в той же плоскости (рисунок 2.20).

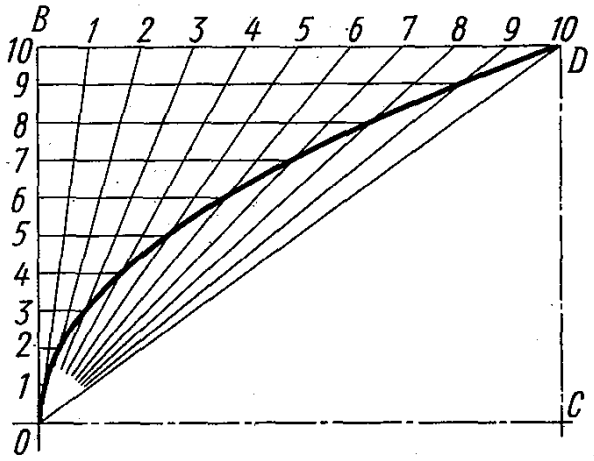


Рисунок 2.20 – Построение параболы

На рисунке 2.20 приведен один из способов построения параболы. Даны вершина параболы *O*, одна из точек параболы *D* и направление оси *OC*. На отрезках *OC* и *CD* строят прямоугольник, стороны этого прямоугольника *OB* и *BD* делят на произвольное одинаковое число равных частей и нумеруют точки деления. Вершину *O* соединяют с точками деления стороны *BD*, а из точек деления отрезка *OB* проводят прямые, параллельные оси. Пересечение прямых, проходящих через точки с одинаковыми номерами, определяет ряд точек параболы.

Циклоида (рисунок 2.21). Траектория точки *A*, принадлежащей окружности, перекатываемой без скольжения по прямой, называется циклоидой. Для ее построения от исходного положения точки *A* на направляющей прямой откладывают отрезок AA_1, равный длине данной окружности $2\pi R$. Окружность и отрезок AA_1 делят на одинаковое число равных частей.

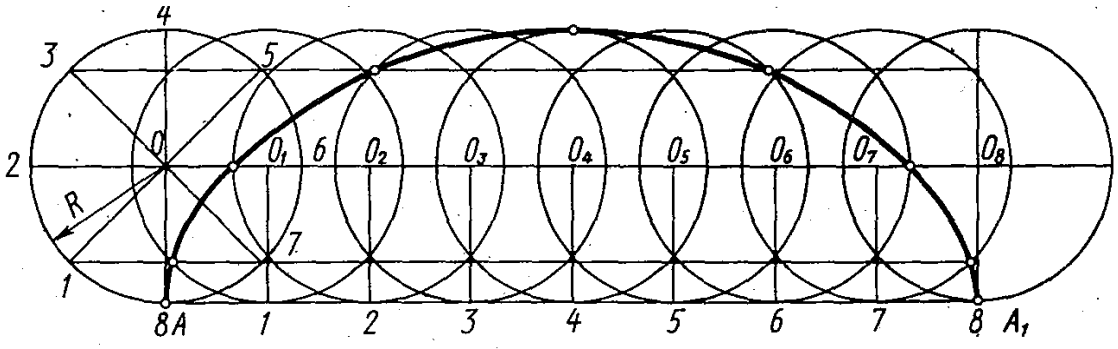


Рисунок 2.21 – Построение циклоиды

Восстанавливая перпендикуляры из точек деления прямой AA_1 до пересечения с прямой, проходящей через центр данной окружности параллельно AA_1, намечают ряд последовательных положений центра перекатываемой окружности O_1, O_2, O_3, ..., O_8, описывая из этих центров окружности радиуса *R*, отмечают точки пересечения с ними прямых, проходящих параллельно AA_1, через точки деления окружности 1, 2, 3 и т. д.

В пересечении горизонтальной прямой, проходящей через точку 1, с окружностью, описанной из центра O_1, находится одна из точек циклоиды в пересечении прямой, проходящей через точку 2, с окружностью, проведенной из центра O_2, находится другая точка циклоиды и т. д. Соединяя полученные точки плавной кривой, получаем циклоиду.

Синусоида (рисунок 2.22). Для построения синусоиды делят окружность заданного радиуса на равные части (6, 8, 12 и т. д.) и на продолжении осевой линии от условного начала – точки A – проводят отрезок прямой AB, равный $2\pi R$. Затем прямую делят на такое же число равных частей, как и окружность (6, 8, 12 и т. д.). Из точек окружности 1, 2, 3, ..., 12 проводят прямые линии параллельно выбранной прямой до пересечения с соответствующими перпендикулярами, восстановленными или опущенными из точек деления прямой. Полученные точки пересечения (1', 2', 3', ..., 12') будут точками синусоиды с периодом колебания, равным $2\pi R$. Точки 3' и 9' кривой являются вершинами точки A, 6 и B – точками перегиба.

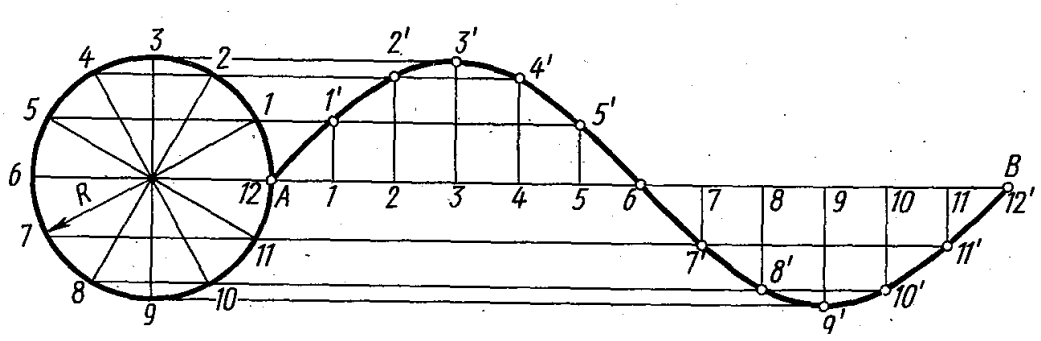


Рисунок 2.22 – Построение синусоиды

Эвольвента (развертка круга, рисунок 2.23). Эвольвентой называется траектория, описываемая каждой точкой прямой линии, перекатываемой по окружности без скольжения. В машиностроении по эвольвенте очерчивают профиль зубьев зубчатых колес. Для построения эвольвенты окружность предварительно делят на произвольное число равных частей, в точках деления проводят касательные к окружности, направленные в одну сторону.

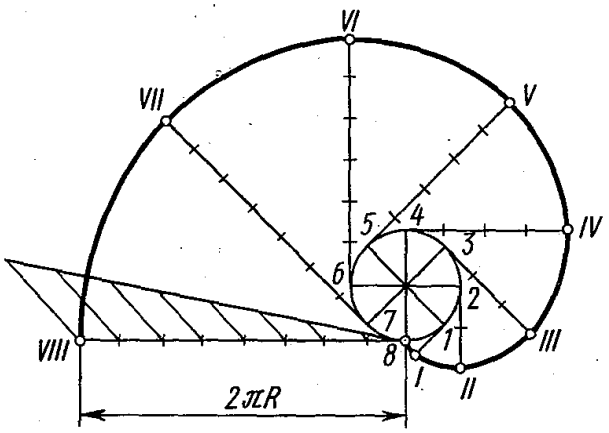


Рисунок 2.23 – Построение эвольвенты

На касательной, проведенной через последнюю точку деления, откладывают отрезок, равный длине окружности $2\pi R$, и делят его на то же число n равных частей. Откладывая на первой касательной одно деление, равное $\pi D/n$, на второй – два, на третьей – три и т. д., получают ряд, точек I, II, III и т. д., которые соединяют по лекалу.

Для обводки кривой по лекалу рекомендуется соединить полученные точки тонкой линией от руки на глаз, стараясь при этом придать кривой линии возможно более плавные очертания, и лишь после этого подобрать лекало, соответствующее кривизне того или иного ее участка (рисунок 2.24), соединяя не менее трех точек одновременно.

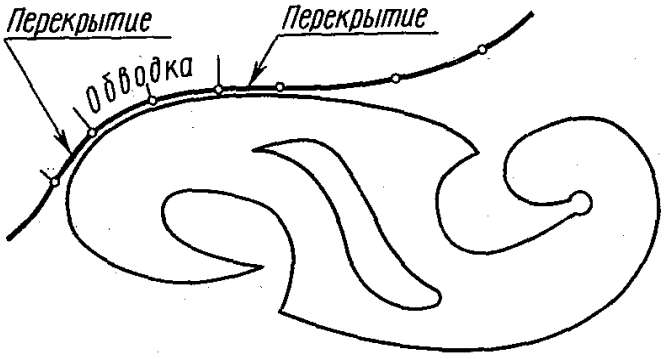


Рисунок 2.24 – Обводка кривой по лекалу

Ранее были рассмотрены различные случаи сопряжения прямых, прямой с дугой и двух дуг. На практике нередко встречается сопряжение прямой с лекальными кривыми, при этом сопрягаемая прямая должна быть направлена по касательной к кривой, проведенной через заданную точку сопряжения.

Рассмотрим примеры построения сопряжений прямой с эллипсом (рисунок 2.25). Задана точка сопряжения K. Касательная к эллипсу в данной точке проходит перпендикулярно биссектрисе угла, образованного прямыми F_1K и F_2K, где F_1 и F_2 – фокусы эллипса.

На рисунке 2.26 показано построение касательной к параболе в заданной точке *M*. Касательная соединяет заданную точку *M* с точкой *K*, положение которой определяется соотношением *AK* = *AN*.

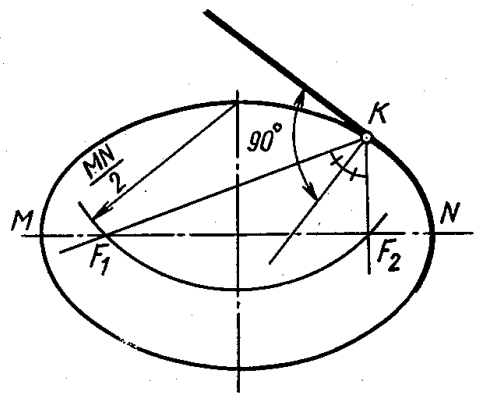


Рисунок 2.25 – Построение касательной к эллипсу

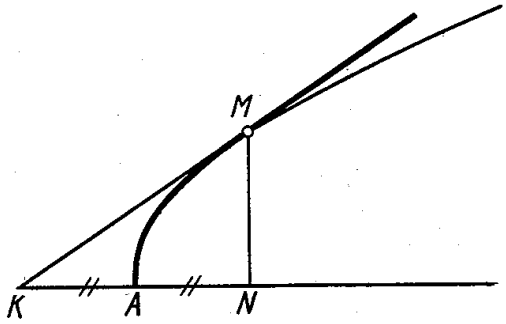


Рисунок 2.26 – Построение касательной к параболе

Вопросы для самопроверки

1. Сколько листов формата *A4* содержится в листе формата *A1*?
2. Как образуются дополнительные форматы чертежей?
3. Чем определяется размер шрифта?
4. Чему равна высота строчных букв по сравнению с прописными?
5. Допускается ли применение в чертежах прямого шрифта?
6. От чего зависит выбор толщины линии обводки видимого контура?
7. Какого начертания и какой толщины проводят линии осевые, центровые, выносные, размерные и невидимого контура?
8. Как обозначают центровые линии окружности небольшого диаметра (менее 12 мм)?
9. В каких единицах измерения проставляют размерные числа на чертежах?
10. На каком расстоянии от контура рекомендуется проводить размерные линии?
11. В каких случаях стрелку размерной линии заменяют точкой или штрихом?
12. Как располагают цифры размеров угла?
13. В каких случаях проставляют знак диаметра Ø?
14. Какие проставляют размеры при выполнении чертежа в масштабе, отличном от 1 : 1?
15. На каких двух положениях геометрии основано построение сопряжений?
16. Перечислите элементы сопряжений.

2.2 Тема 2 – Построение трех видов по данному наглядному изображению предмета

Цель задания. Изучить ГОСТ 2.305-68 Изображения – виды, разрезы, сечения. Построить три вида детали по данному наглядному изображению в аксонометрической проекции.

Пример выполнения дан на рисунке 2.27. Индивидуальные задания даны на рисунке 2.28 (слева над изображением указаны номера вариантов).

Порядок выполнения. Ознакомиться с содержанием чертежа к теме 2 (рисунок 2.27). Прочитать «Правила выполнения чертежей». Изучить методические указания к данной теме и приступить к выполнению графической работы на листе чертежной бумаги формата *А3* карандашом.

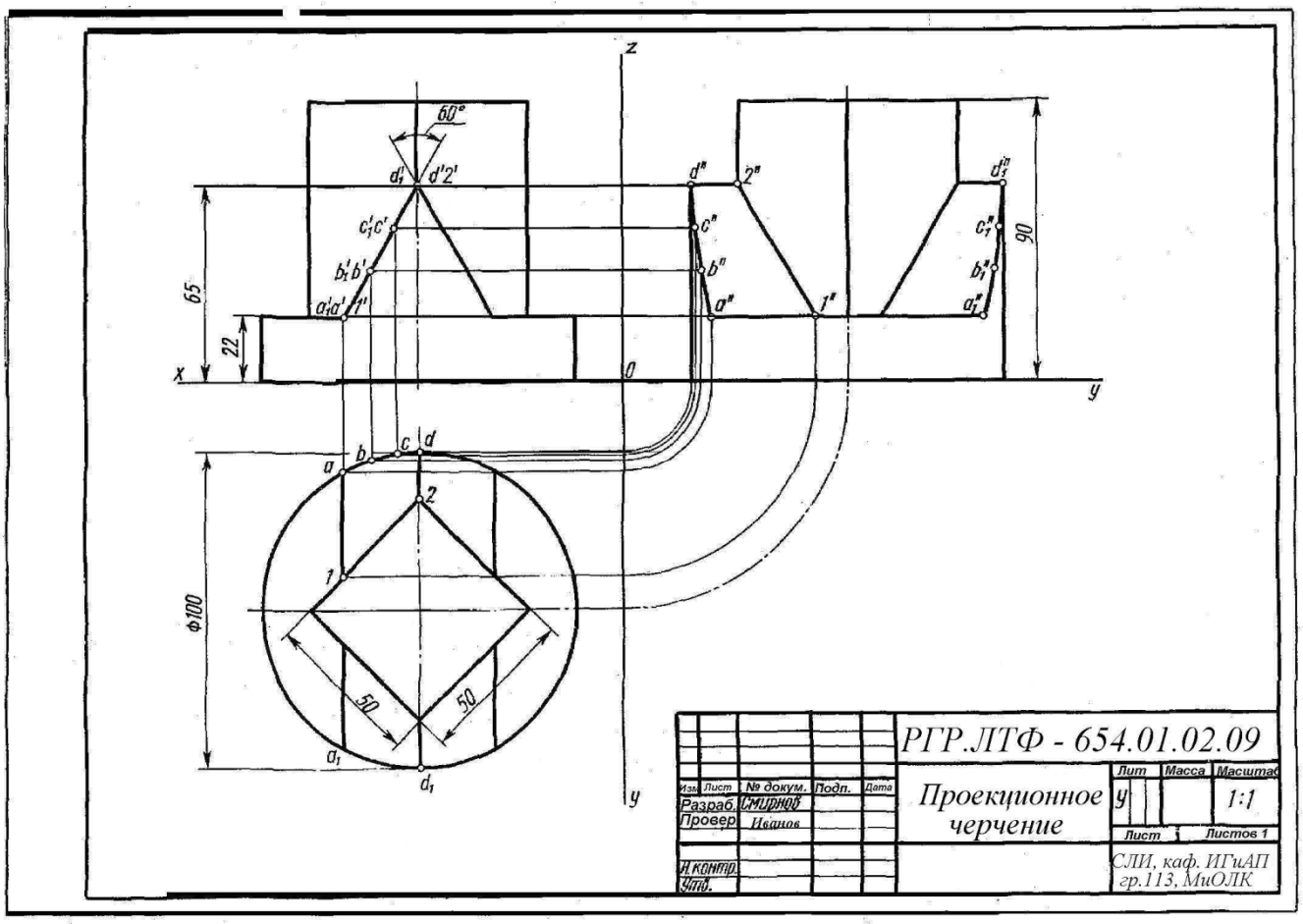


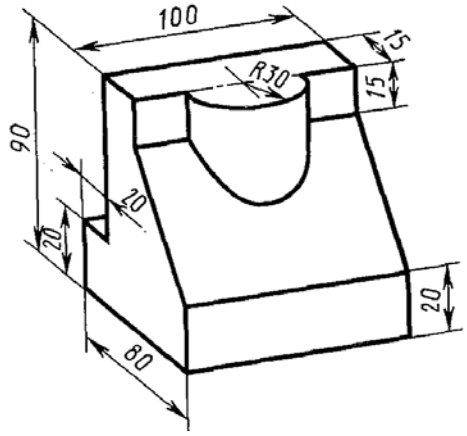
Рисунок 2.27 – Пример выполнения чертежа по теме 2

Рекомендуемая литература. ГОСТ 2.305-68; ГОСТ 2.307-68.

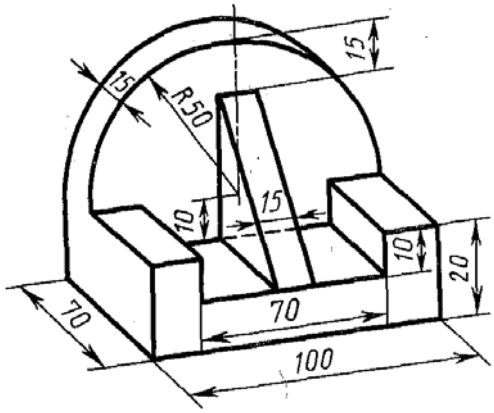
Методические указания по выполнению задания. Изучить ГОСТ 2.305-68 и рекомендуемую литературу. Внимательно ознакомиться с конструкцией по ее наглядному изображению, определить основные геометрические тела, из которых она состоит, и определить главный вид детали. Выделить на листе бумаги соответствующую площадь для каждого вида детали. Нанести тонко каран-

дашом все линии видимого контура, расчленяя деталь на основные геометрические тела. Нанести все необходимые выносные и размерные линии. Проставить размерные числа на чертеже. Заполнить основные надписи и проверить правильность всех построений. Обвести чертеж карандашом.

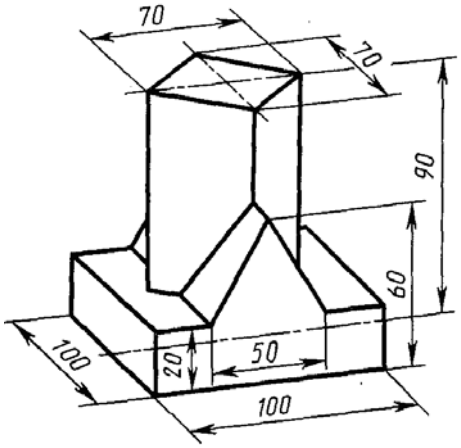
1, 11



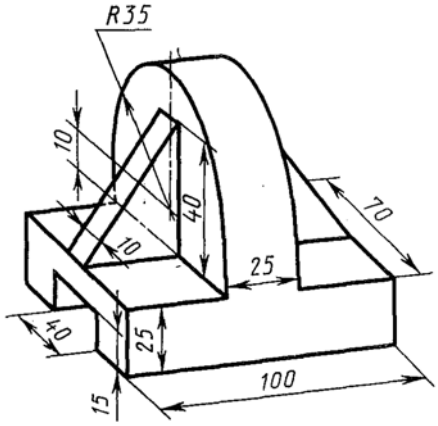
2, 12



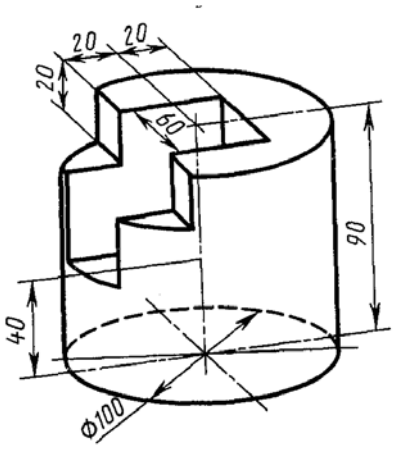
3, 13



4, 14



5, 15



6, 16

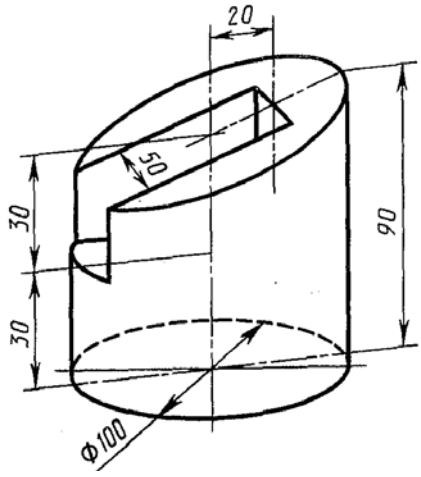
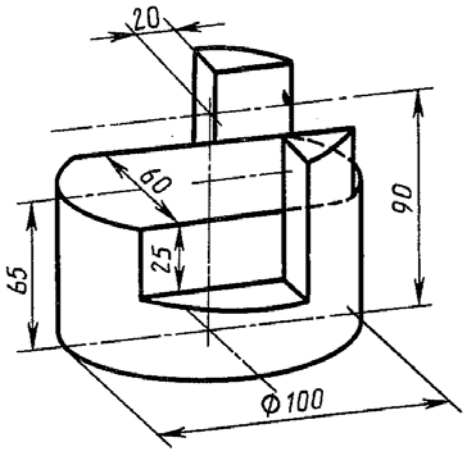
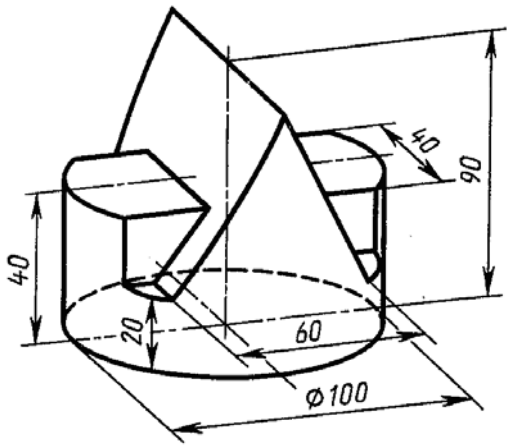


Рисунок 2.28 – Индивидуальные задания к чертежу по теме 2

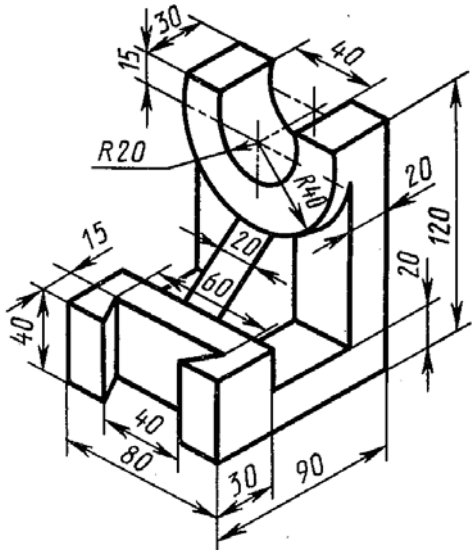
7, 17



8, 18



9, 19



0, 10

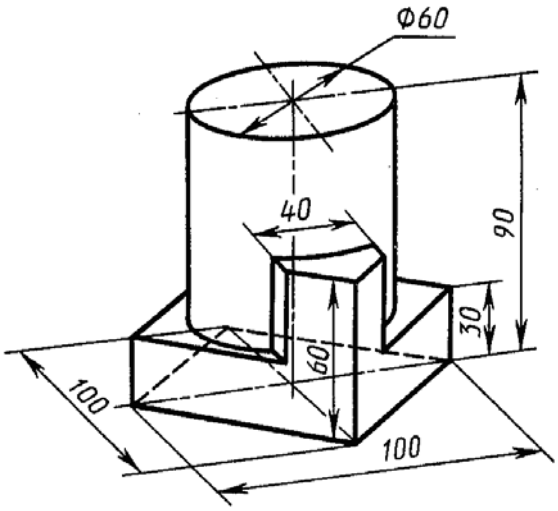


Рисунок 2.28. Продолжение

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите названия шести основных видов и укажите, как их располагают на чертеже.
2. Что называют главным видом?
3. Когда на чертеже делают надписи названий основных видов?
4. Какой вид называют дополнительным? Как его изображают на чертеже?
5. Какой вид называют местным?

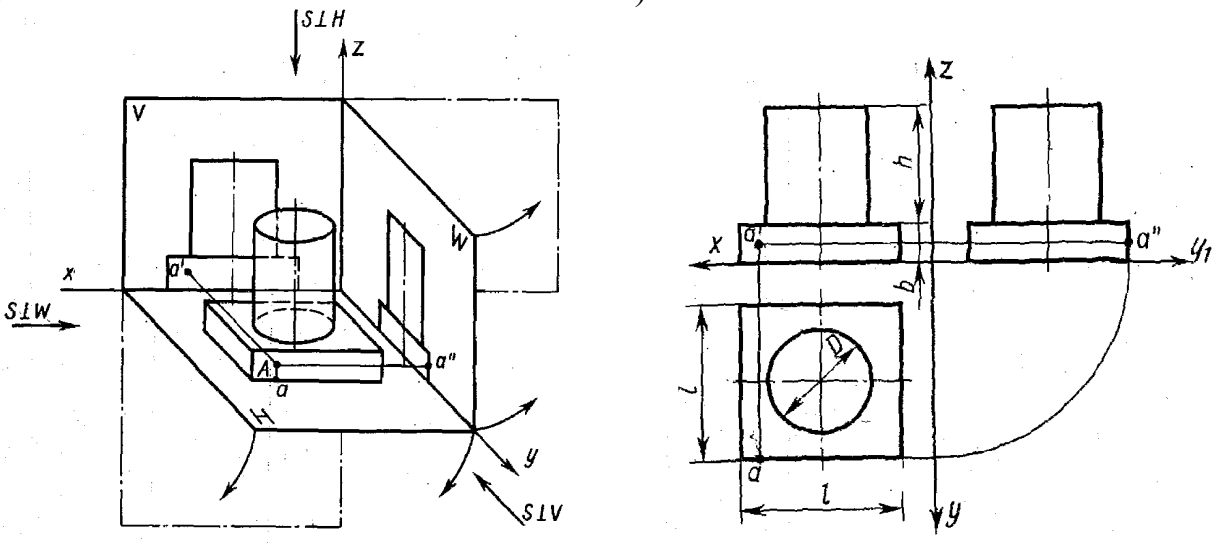
2.2.1 Изображения. Виды. Правила прямоугольного (ортогонального) проецирования, лежащие в основе всякого чертежа, изучаются в курсе начертательной геометрии.

Изображения на чертеже в зависимости от их содержания разделяются на виды, разрезы, сечения. *Видом* называется изображение части детали, обращенной к наблюдателю. Виды подразделяются на основные, дополнительные и местные. *Основные виды* – это виды, выполненные на основных плоскостях про-

екции: на плоскости *V* – вид спереди (главный вид), на плоскости *H* – вид сверху, на плоскости *W* – вид слева (рисунок 2.29, *а*). При необходимости можно выполнить виды справа, сзади, снизу. Сведения о дополнительных и местных видах – ниже по тексту. Выполнение чертежа начинают с выбора главного вида (вида спереди), который дает наиболее полное представление о форме и размерах детали. Далее выполняют остальные виды, которые находятся в проекционной связи с главным изображением.

Эпюр, или чертеж, получается в результате совмещения трех плоскостей проекций в одну плоскость чертежа: горизонтальную плоскость вместе с горизонтальной проекцией предмета вращают вокруг оси x вниз до совмещения с фронтальной плоскостью, а профильную плоскость вместе с профильной проекцией предмета поворачивают вокруг оси *z* вправо также до совмещения с плоскостью *V*. Тогда проекции изображаемого предмета расположатся так, как показано на рисунке 2.29, *б*.

а) *б*)



а) проецирование предмета на три плоскости проекции; *б*) эпюр или чертеж этого предмета.

Рисунок 2.29 – Наглядное изображение предмета и его эпюр

Чертежи выполняют без указания границ плоскостей проекций.

При проецировании какой-либо точки данного предмета (например, точки *А* на рисунке 2.29, *б*) проекции точки располагаются на линиях связи, перпендикулярных соответствующим осям. Эпюр такой точки показан на рисунке 2.29, *б*. Из этого положения вытекает основное правило чертежа – наличие проекционной связи между проекциями отдельных точек и элементов предмета.

Следует также четко представить себе изображение плоскостей и геометрических тел на плоскости проекций. Так, верхнее основание цилиндрической части предмета (рисунок 2.29, *б*) представляет собой горизонтальную плоскость, ограниченную окружностью диаметром *D*. Как часть горизонтальной плоскости на фронтальной и профильной плоскости она изобразится отрезком

прямой линии длиной, равной диаметру окружности, а на горизонтальную плоскость проекций верхнее основание круга проецируется в натуральную величину. Передняя стенка основания, на которой выделена точка *A*, представляет собой прямоугольник размером $b \times l$, который проецируется на фронтальную плоскость в натуральную величину, а на *H* и *W* – в виде отрезков прямых соответствующих размеров (*l* и *b*). Боковая поверхность цилиндрической части предмета высотой *h* проецируется на горизонтальную плоскость в виде окружности, совпадающей с окружностью основания *D*, на фронтальную и профильную плоскость – в виде одинаковых прямоугольников $d \times h$.

Подобный анализ элементарных поверхностей, которые ограничивают самые сложные детали, может облегчить составление и чтение чертежей.

Рассмотренные выше изображения предмета на трех плоскостях проекций (рисунок 2.29, *б*) в черчении носят иные, чем в начертательной геометрии, названия: фронтальная проекция называется видом спереди или главным видом, горизонтальная проекция – видом сверху, профильная проекция – видом слева.

Изображение на фронтальной плоскости проекций принимается на чертеже в качестве главного. Предмет располагают относительно фронтальной плоскости проекций так, чтобы изображение на ней давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета.

Если представить себе предмет помешенным внутри куба, то проекции предмета на всех шести гранях куба будут представлять, согласно ГОСТ 2.305-68, основные виды (рисунок 2.30), а если все грани куба совместить в одну плоскость, то получится определенное взаимное расположение основных видов (рисунок 2.31).

Вид сверху располагается под главным видом, вид слева – справа от главного вида, а вид справа – слева от главного вида, вид снизу расположится сверху от главного вида, вид сзади можно расположить справа от вида слева или слева от вида справа. При указанном расположении видов над ними не делают никаких надписей, расположение вида по отношению к главному виду определяет его название.

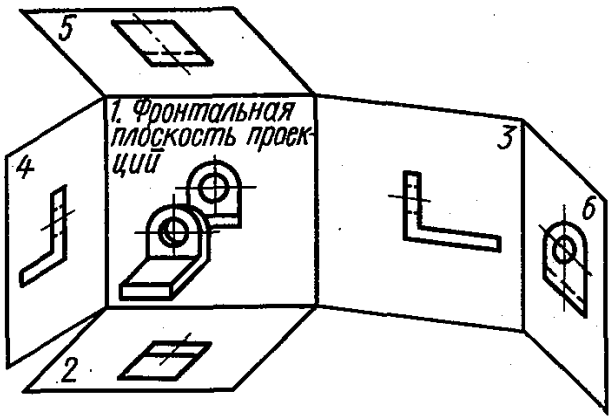


Рисунок 2.30 – Размещение предмета внутри куба

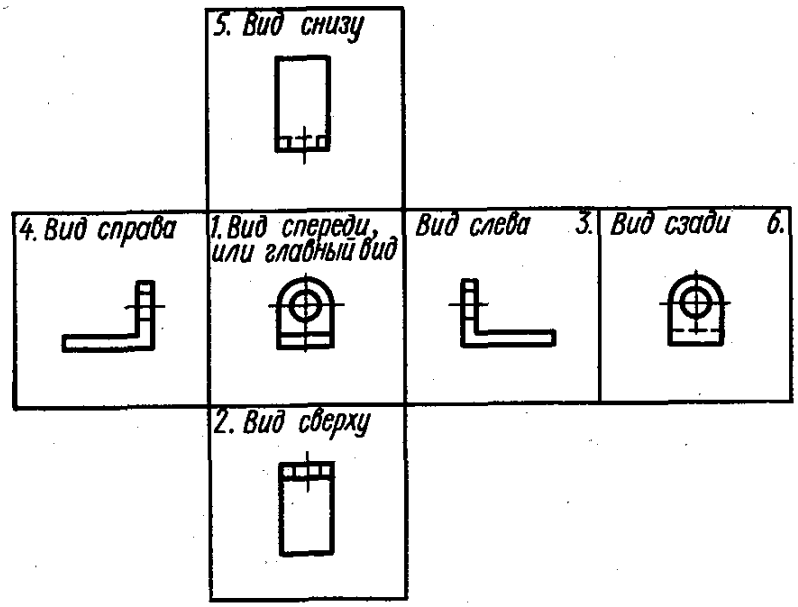


Рисунок 2.31 – Взаимное расположение основных видов

Полностью все шесть видов при изображении предмета используются редко. Обычно количество видов предмета определяется его сложностью, часто бывает достаточно показать только один главный вид и вид сверху, или главный вид и вид слева и т. п.

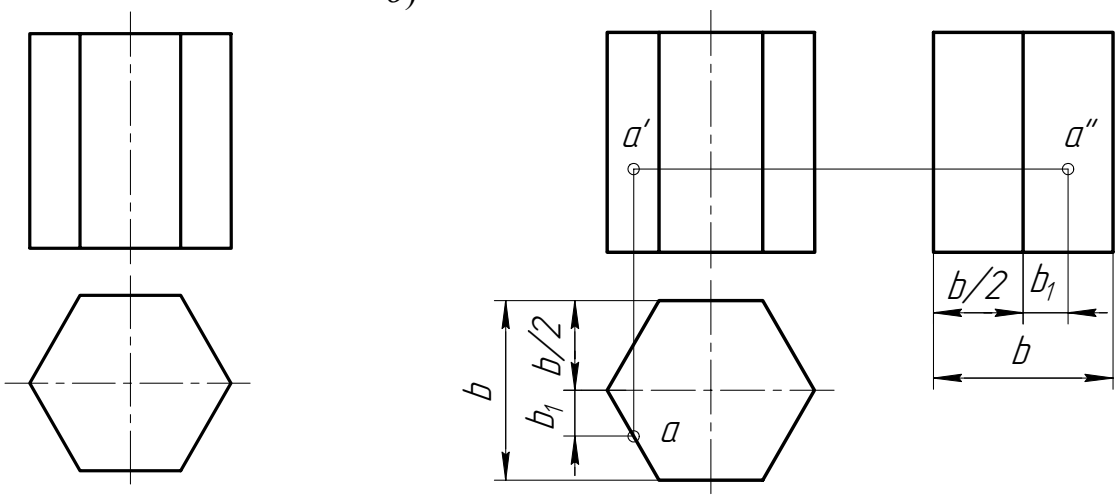
Для уменьшения количества изображений допускается на видах показывать невидимые части поверхности предмета с помощью штриховых линий. Так, например, на виде снизу (рисунки 2.30 и 2.31) невидимая вертикальная стойка предмета показана штриховой линией. На всех видах, за исключением вида спереди и вида сзади, отверстие в стойке не видно.

Для развития навыка в составлении и чтении чертежей полезно научиться строить по двум заданным видам третий. Так, например, если заданы главный вид и вид сверху шестигранной призмы (рисунок 2.32, *а*), то по ним можно построить вид слева (рисунок 2.32, *б*). Наблюдателю, расположенному слева от призмы, видны две левые грани призмы. Они показаны на виде слева, размещенном справа от главного вида. Точка *А*, находящаяся на передней левой грани, имеет свои проекции на соответствующих проекциях грани.

Обычно чертежи выполняют без указания осей проекций, при этом базой (начальной линией) для построения третьей проекции может служить плоскость симметрии (для симметричных деталей) или одна из поверхностей деталей. Базой для построения третьей проекции деталей, изображенной на рисунке 2.33, является фронтальная плоскость полки уголка.

При выполнении чертежей сложных деталей не всегда соблюдают расположение видов, указанное на рисунке 2.33. В целях рационального использования поля чертежа некоторые виды (вид справа, вид снизу, вид сзади) смещают, нарушая проекционную связь с главным видом. Такие виды сопровождают надписью типа *А* без подчеркивания, а направление взгляда, по которому выполнен это вид, указывают стрелкой, обозначенной той же буквой.

а) *б*)



а) построение главного вида и вида сверху; *б*) построение вида слева.
Рисунок 2.32 – Построение третьего вида

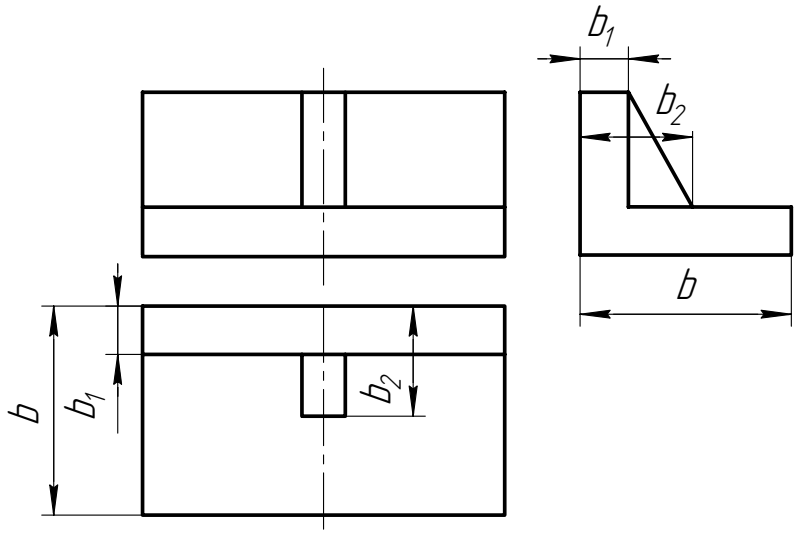


Рисунок 2.33 – Три вида

На рисунке 2.34 показан вид по стрелке *А* – вид справа, расположенный на месте вида слева. Вид снизу расположен не над главным видом, а на свободном поле чертежа, поэтому над ним сделана надпись *Б*.

Ввиду того, что вид *Б* симметричен, изображена только половина его. Кроме основных видов предмета, расположенных на определенном месте по отношению к главному виду, на чертежах применяют дополнительные и местные виды.

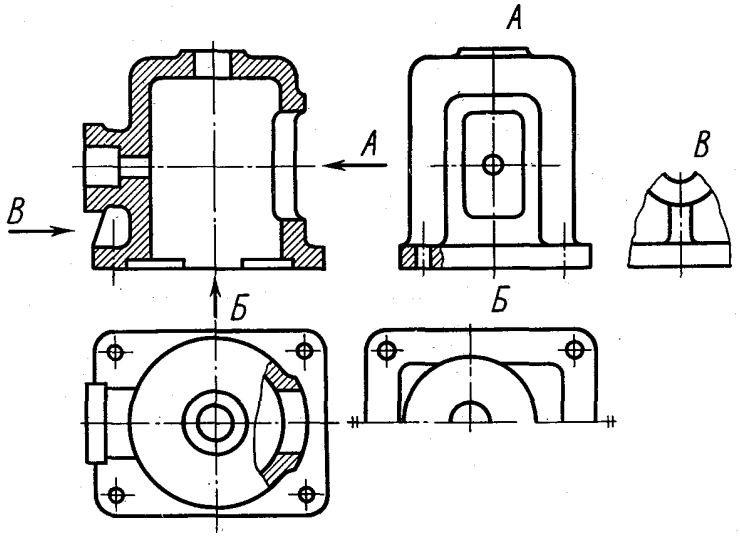


Рисунок 2.34 – Пример расположения видов сложной детали

Части детали, которые проецируются на плоскости проекций с искажением и не могут быть показаны ни на одном из основных видов без искажения формы и размеров, проецируют на плоскости, не параллельные основным плоскостям проекции. Такие виды называются *дополнительными* видами и сопровождаются также надписью типа *А*. Направление взгляда, перпендикулярное дополнительной плоскости, указывают стрелкой с соответствующей буквой (рисунок 2.35). Когда дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, стрелку не показывают и не делают надписи над видом (рисунок 2.36).

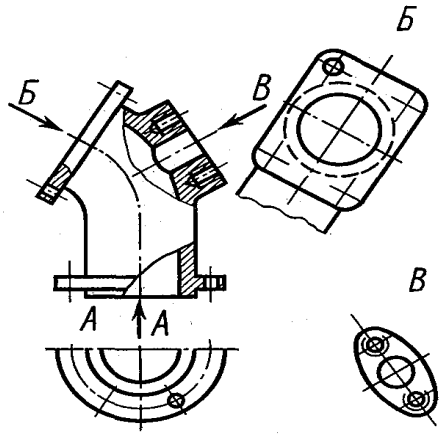


Рисунок 2.35 – Дополнительные виды

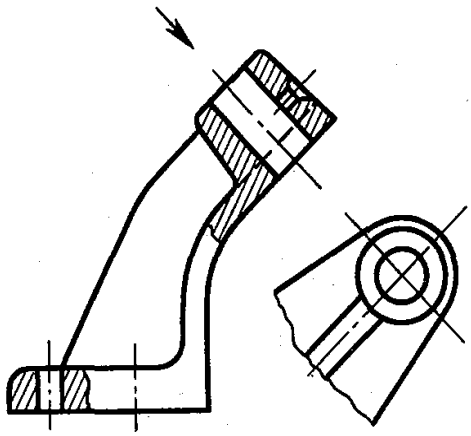


Рисунок 2.36 – Дополнительный вид в проекционной связи

В целях лучшего использования поля чертежа допускается изображать дополнительный вид не так, как он проецируется на дополнительную плоскость, а поворачивать его, при этом надпись *А* следует дополнить условным обозначением по ГОСТ 2.305-68 (рисунок 2.37).

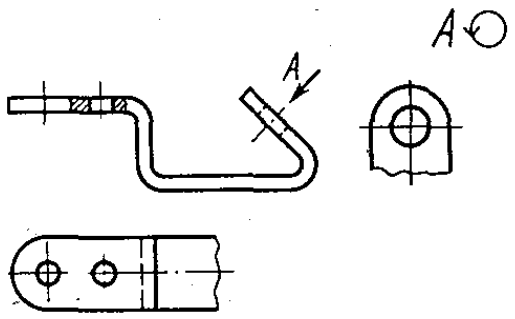


Рисунок 2.37 – Дополнительный вид с поворотом

2.3 Тема 3 – Построение трех изображений и аксонометрической проекции предмета по его описанию

Цель задания. Построить три изображения и аксонометрическую проекцию предмета по его описанию, данному в таблице 2.3. Предмет изобразить с двумя отверстиями – призматическим и цилиндрическим. *Призматическое отверстие* – это сквозное отверстие, ребра которого перпендикулярны фронтальной плоскости проекции. Форму и размеры отверстия взять из таблицы 2.4. *Цилиндрическое отверстие* выполнить в соответствии со своим вариантом по таблице 2.3. Пример выполнения графической работы дан на рисунке 2.38. Работу выполнить на листе формата *А3*.

Порядок выполнения. Ознакомиться с содержанием чертежа к теме 3 (рисунок 2.38) и изучить методические указания к данной теме. Внимательно изучить данные, представить форму предмета в пространстве. Последующий порядок тот же, что и в теме 2.

Рекомендуемая литература. ГОСТ 2.305-68.

Методические указания по выполнению задания. Необходимо внимательно прочитать описание внешней формы предмета, данное в таблицах 2.5 и 2.6 и представить этот предмет в пространстве. Затем мысленно выполнить в этом предмете два отверстия, данные в описании. После того как будет уяснена конструкция предмета, следует приступить к выполнению чертежа. Последовательность выполнения чертежа та же, что и в теме 2.

Построив три вида внешней формы предмета, рекомендуется выполнить на главном виде призматическое отверстие по форме и размерам, данным в таблице 2.6. Затем построить проекции этого отверстия на виде сверху и сбоку. После этого построить проекции цилиндрического отверстия, начав построение с вида сверху. Построение выполнить тонкими линиями (*s*/3), применяя штриховые линии для невидимого контура предмета. После построения трех видов выполнить разрезы. При заданных формах предмета потребуется выполнить три разреза: горизонтальный, фронтальный и профильный. Правила обозначения и изображения разрезов должны соответствовать ГОСТ 2.305-68. При симметричных изображениях следует обязательно соединять половину разреза с половиной вида. При этом на виде не показывают штриховыми линиями внутренний контур.

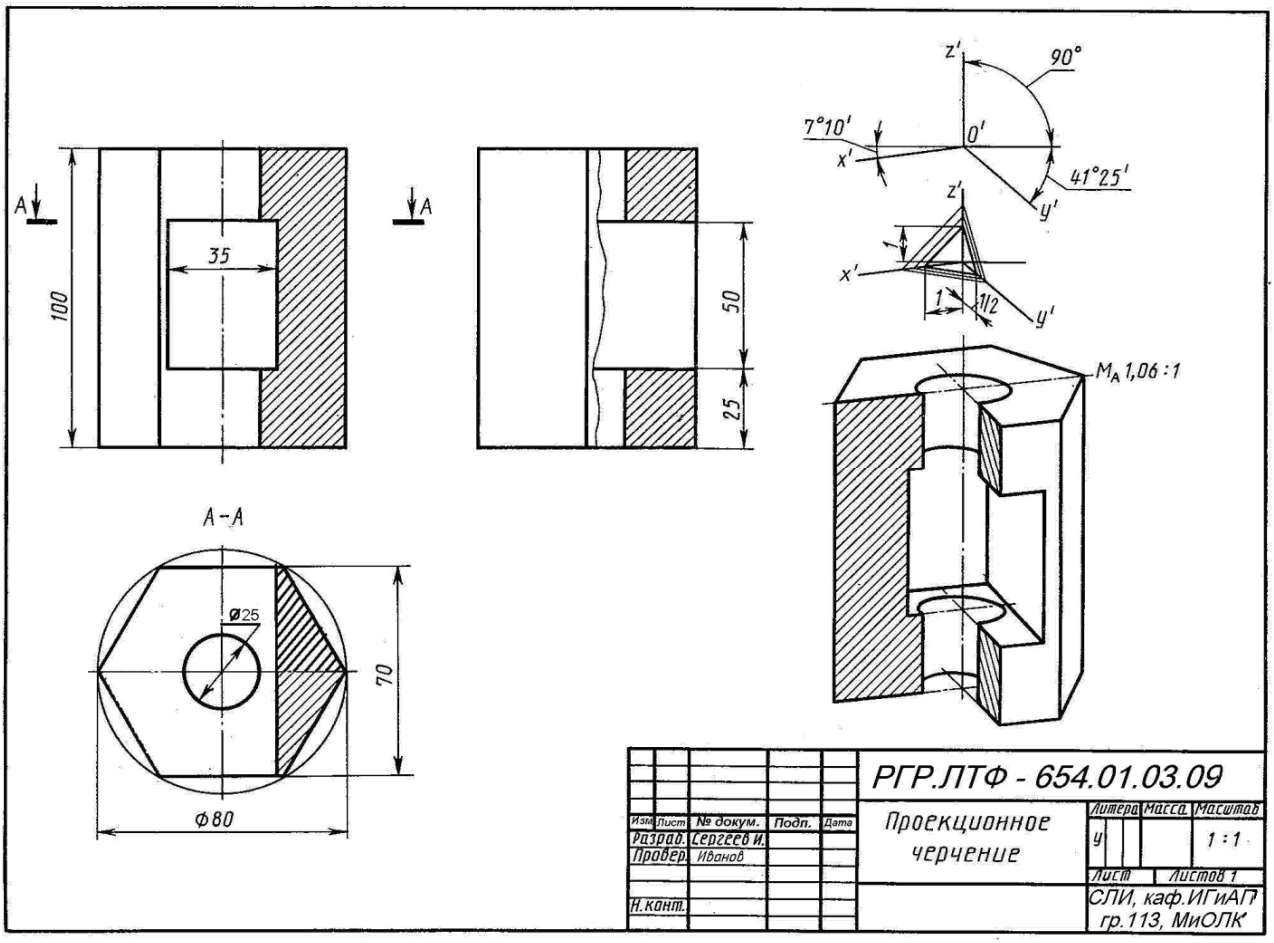


Рисунок 2.38 – Пример выполнения работы по теме 3

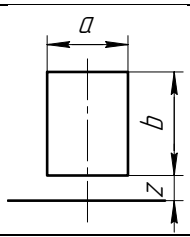
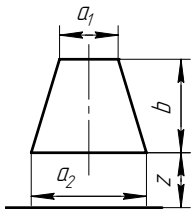
Таблица 2.5 – Описание предмета к заданию по теме 3 к графической работе № 1

Номер варианта	Внешняя форма предмета	Цилиндрическое отверстие
1, 11	Шестиугольная правильная призма. Диаметр окружности, описанной вокруг шестиугольника основания, равен 90 мм. Две вершины основания лежат на горизонтальной оси симметрии. Высота призмы 100 мм.	Сквозное отверстие с вертикально расположенной осью, проходившей через центр шестиугольника. Диаметр отверстия 30 мм.
2, 12	Пятиугольная правильная призма. Пятиугольник основания вписан в окружность диаметром 90 мм. Одна из вершин пятиугольника лежит на вертикальной оси симметрии основания и является ближайшей к глазу наблюдателя. Высота призмы 100 мм.	Диаметр отверстия 30 мм. Вертикально расположенная ось проходит через центр пятиугольника.
3, 13	Четырехугольная правильная призма. Сторона основания квадрата 70 мм. Вершины квадрата лежат на горизонтальной и вертикальной осях симметрии основания. Высота призмы 100 мм.	Диаметр отверстия 25 мм. Вертикально расположенная ось проходит через центр квадрата.
4, 14	Прямой круговой цилиндр. Диаметр основания 90 мм. Высота цилиндра 100 мм.	Вертикально расположенное отверстие диаметром 25 мм проходит до верхней плоскости призматического отверстия.

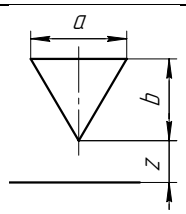
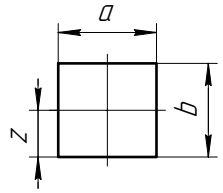
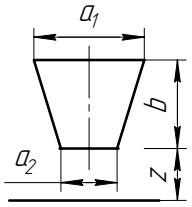
Продолжение таблицы 2.5

5, 15	Сфера диаметром 100 мм. На высоте 30 мм от экватора сфера срезана горизонтальной плоскостью.	Сквозное отверстие диаметром 30 мм. Ось отверстия совпадает с вертикальной осью сферы.
6, 16	Четырехугольная правильная призма. Сторона квадрата основания 70 мм. Вершины квадрата лежат на горизонтальной и вертикальной осях симметрии основания. Высота призмы 100 мм.	Сквозное отверстие диаметром 30 мм. Вертикально расположенная ось отверстия проходит через центр квадрата.
7, 17	Шестиугольная правильная призма. Диаметр окружности, вписанной в шестиугольник основания, равен 80 мм. Две вершины основания лежат на вертикальной оси симметрии. Высота призмы 100 мм.	Сквозное отверстие диаметром 25 мм. Вертикально расположенная ось отверстия проходит через центр шестиугольника.
8, 18	Сфера диаметром 100 мм. На уровне 30 мм под экватором сфера срезана горизонтальной плоскостью	Сквозное отверстие диаметром 25 мм. Ось отверстия совпадает с вертикальной осью сферы.
9	Пятиугольная правильная призма. Пятиугольник основания вписан в окружность диаметром 90 мм. Одна из вершин пятиугольника лежит на вертикальной оси симметрии основания и является ближайшей к глазу наблюдателя. Высота призмы 100 мм.	Сквозное отверстие диаметром 25 мм. Вертикально расположенная ось проходит через центр пятиугольника.
10	Прямой круговой цилиндр диаметром 90 мм. Высота цилиндра 100 мм.	Вертикально расположенное отверстие диаметром 30 мм проходит до верхней плоскости призматического отверстия.

Таблица 2.6 – Описание призматических отверстий к теме 3 к графической работе № 1

Номер варианта	Размеры отверстия и расположение его от нижнего основания предмета (или центра сферы), мм	Форма призматического отверстия
1, 11	$a = 35$ $b = 60$ $z = 20$	
6, 16	$a = 40$ $b = 50$ $z = 30$	
2, 12	$a_1 = 30$ $a_2 = 40$ $b = 50$ $z = 30$	
7, 17	$a_1 = 35$ $a_2 = 45$ $b = 50$ $z = 25$	

Продолжение таблицы 2.6

3, 13	$a = 40$ $b = 50$ $z = 30$	
9	$a = 30$ $b = 50$ $z = 25$	
5, 15	$a = 40$ $b = 40$ $z = 20$	
8, 18	$a = 35$ $b = 35$ $z = 17{,}5$	
4, 14	$a_1 = 40$ $a_2 = 30$ $b = 50$ $z = 30$	
10	$a_1 = 45$ $a_2 = 35$ $b = 50$ $z = 25$	

После построения трех изображений предмета следует нанести размеры в соответствии с ГОСТ 2.307-68. Обратить внимание на то, что ни один из размеров одного изображения не должен повториться на других изображениях. За основу нанесения размеров нужно взять параметры геометрических поверхностей.

Заключительным этапом при выполнении графической работы № 3 является построение наглядного изображения в диметрической прямоугольной проекции.

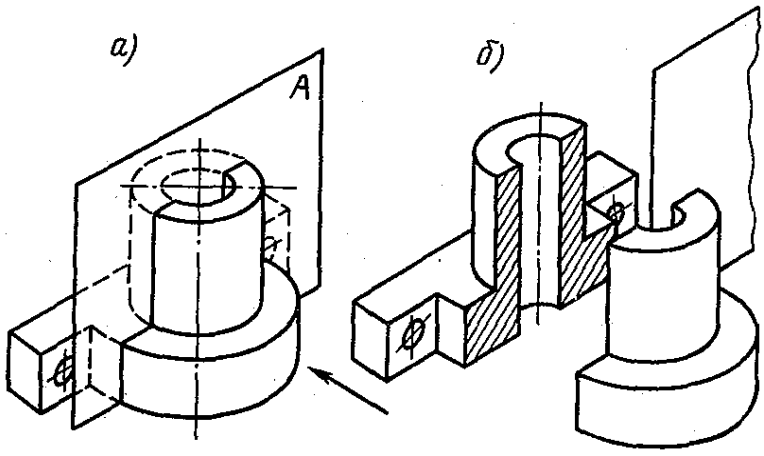
2.3.1 Построение разрезов. Отличительной особенностью данной темы по сравнению с предыдущей темой является изучение правил построения разрезов. Рассмотрим принцип образования разрезов и основные положения ГОСТ 2.305-68, относящиеся к простым разрезам.

Многие машиностроительные детали имеют различные отверстия, выемки, проточки и т. п., которые не полностью выявляются на видах. Если невидимый внутренний контур показывать штриховыми линиями, то в случаях сложных внутренних форм детали чертеж получится неясным и неудобным для чтения. Для выявления внутреннего контура детали пользуются разрезами и сечениями. При выполнении разреза или сечения деталь рассекают мнимой плоскостью и удаляют часть, находящуюся между наблюдателем и секущей плоскостью. Плоская фигура, получившаяся при этом, называется сечением. Сечение выделяется штриховкой. Если показать не только сечение, но и видимые поверхности, расположенные за плоскостью сечения, то получится разрез.

Итак, *разрезом* называется изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями. На разрезе показывается то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней.

Сечением называется изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. На сечении показывается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости.

На рисунке 2.39, *а*, *б* в качестве примера изображена деталь со сквозным отверстием. Для того чтобы показать это отверстие, деталь рассекаем плоскостью *А*, мысленно удаляем часть детали, расположенную между секущей плоскостью и наблюдателем (на рисунке 2.39 направление проецирования показано стрелкой), и изображаем все то, что видим после удаления части детали. Плоскую фигуру, получившуюся от пересечения детали секущей плоскостью, заштриховываем.



а) деталь до рассечения плоскостью; *б*) деталь после рассечения плоскостью.

Рисунок 2.39 – Сечение детали плоскостью

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяются на *простые* (при одной секущей плоскости) и *сложные* (при двух секущих плоскостях и более).

В зависимости от положения секущей плоскости разрезы разделяются на горизонтальные, вертикальные и наклонные. Разрез называется *горизонтальным*, если секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекции. Разрез называется *вертикальным*, если секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости. Вертикальный разрез может быть *фронтальным*, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций, *и профильным*, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций. Разрез называется *наклонным*, если секущая плоскость наклонна к одной из плоскостей проекций.

Во всех случаях, когда от этого не страдает ясность чертежа, разрезы помещают на месте видов: горизонтальный разрез – на месте вида сверху, фронтальный разрез – на месте главного вида и профильный разрез – на месте вида слева.

В случаях, когда вид и разрез симметричны относительно одной и той же оси, следует изображать с одной стороны от оси вид, а с другой разрез. Тогда соединение половины вида с половиной разреза будет иметь изображение, приведенное на рисунке 2.40. При этом на половине вида не следует показывать

невидимый контур штриховыми линиями, так как это лишь затемнит чертеж; соединение частей вида и разреза доказывает одинаковый внутренний и внешний контуры с обеих сторон оси.

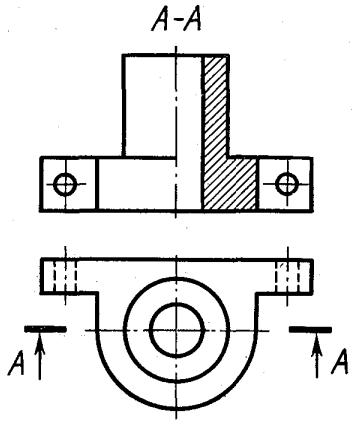


Рисунок 2.40 – Соединение половины вида с половиной разреза

Ввиду того, что при образовании разрезов отделение части детали условно (проводится лишь мысленно), половина вида и половина разреза на соединенном изображении разделяются осевой, а не сплошной линией, и лишь в тех случаях, когда ось совпадает с проекцией ребра, которую необходимо показать, части вида и разреза разделяют не осевой, а тонкой волнистой линией (*s*/3); при этом если ребро расположено на внутренней поверхности, волнистую линию проводят со стороны вида, увеличивая тем самым разрезанную часть детали (рисунок 2.41). И наоборот, если ребро расположено на внешней поверхности, волнистую линию проводят на половине разреза, увеличивая в данном случае часть вида детали (рисунок 2.42).

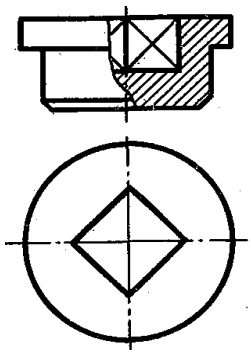


Рисунок 2.41 – Уменьшена часть вида

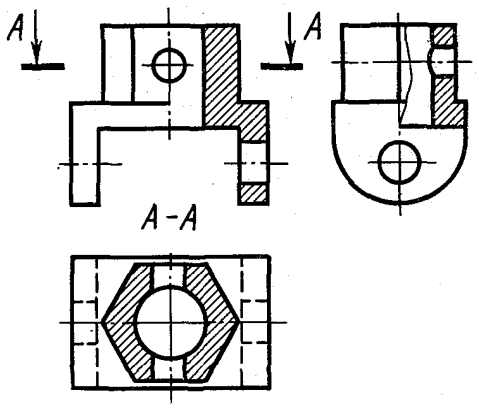


Рисунок 2.42 – Увеличена часть вида

2.3.2 Обозначение простых разрезов. Линию сечения (след секущей плоскости) обозначают разомкнутой линией толщиной от *s* до 1,5*s*. ГОСТ устанавливает длину штриха 8–20 мм. Рекомендуется 8–12 мм. Штрихи этой линии проводят на поле чертежа так, чтобы они не пересекали контуры детали. На-

правление проецирования, принятое при образовании разреза, отмечают тонкой линией (*s*/3), перпендикулярной линии сечения и упирающейся стрелкой в штрихи линии сечения; рядом с тонкой линией, со стороны внешнего угла, пишут букву, которой обозначен данный разрез. Стрелку проводят на расстоянии 2–3 мм от наружного конца штриха. Разрезы обозначают прописными буквами русского алфавита, у обоих штрихов одной и той же линии сечения указывают одинаковые буквы.

Простые разрезы, однако, обозначают не всегда. Простые разрезы не обозначают, если секущая плоскость проходит по плоскости симметрии детали, а разрез помещен непосредственно на месте соответствующего вида.

На рисунке 2.42 фронтальный и профильный разрезы не обозначены, так как секущие плоскости в обоих случаях совпадают с плоскостью симметрии детали. Горизонтальный разрез плоскостью *А* обозначен, потому что плоскость сечения не совпадает с плоскостью симметрии детали. Обязательно также обозначать разрезы (независимо от расположения линии сечения), если они размещены не на месте основных видов. Так, простой фронтальный разрез *Б–Б*, совпадающий с плоскостью симметрии детали, но размещенный не на месте главного вида (рисунок 2.43), обозначен надписью *Б–Б*. На виде сверху показано, как проходит секущая плоскость *Б*. Обозначение профильного разреза, проходящей по плоскости симметрии детали, в данном случае излишне, так как он размещен на месте вида слева. Разрез *А–А* обозначен потому, что секущей плоскость *А* не совпадает с плоскостью симметрии детали.

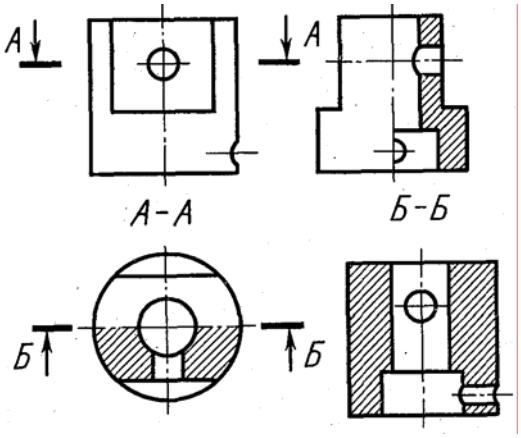


Рисунок 2.43 – Примеры обозначения разрезов

Некоторым студентам в начале освоения курса инженерной графики трудно ориентироваться в определении линии сечения и расположении соответствующего разреза. Для правильного решения подобных вопросов следует помнить, что если разрез выполнен горизонтальной секущей плоскостью, то может быть изображен лишь на месте вида сверху (в данном случае ограничиваемся рассмотрением трех основных видов, ибо только на этом виде проецируется в натуральную величину все, что расположено в горизонтальной плоскости). Обозначение линии сечения горизонтального разреза может быть сделано на главном виде или виде слева.

Вертикальные разрезы могут быть расположены: фронтальный – на месте главного вида, а профильный – на месте вида слева, обозначение линии сечения вертикальных разрезов может быть сделано на виде сверху, помимо того, фронтальный разрез может быть обозначен на виде слева, а профильный – на главном виде.

2.3.3 Аксонометрические проекции. Для наглядного изображения изделий или их составных частей применяют аксонометрические проекции. Чаще всего пользуются двумя видами прямоугольных аксонометрических проекций – изометрической и диметрической.

Для прямоугольных проекций, когда угол между проецирующими лучами и плоскостью аксонометрических проекций равен 90°, коэффициенты искажения связаны следующим соотношением:

$$k^2 + m^2 + n^2 = 2. \qquad (1)$$

Для изометрической проекции коэффициенты искажения равны, следовательно, $k = m = n$.

Из формулы (1) для изометрической проекции получаем

$$3k^2 = 2;\ \ k = \sqrt{\frac{2}{3}};\ \ k = m = n \approx 0{,}82.$$

Для диметрической проекции при условии наиболее часто применяемого соотношения коэффициентов $k = n = 2m$. Из формулы (1) получаем:

$k^2 + (0{,}5k)^2 + k^2 = 2$; следовательно, $k^2 = 2$;

$k = n \approx 0{,}94$; $m \approx 0{,}47$.

Дробность коэффициентов искажений приводит к усложнению расчетов размеров, необходимых при построении аксонометрического изображения. Для упрощения этих расчетов используют приведенные коэффициенты искажений:

– для изометрической проекции: $k = m = n = 1$;

– для диметрической проекции: $k = n = 1$; $m = 0{,}5$.

При использовании приведенных коэффициентов искажения аксонометрическое изображение предмета получается увеличенным против его натуральной величины для изометрической проекции в 1,22 раза, для диметрической в 1,06 раза.

Сравнение этих величин показывает, что диметрическое изображение ближе к истинному. Соответственно масштабы изображений составят: для изометрии – 1,22 : 1; для диметрии – 1,06 : 1.

Схемы расположения осей и величины приведенных коэффициентов искажений изображены для изометрической проекции на рисунке 2.44, а для диметрической – на рисунке 2.45. Тут же на схемах указаны величины уклонов, которыми можно пользоваться для определения направления аксонометрических осей при отсутствии соответствующего инструмента (транспортира или угольника с углом 30°).

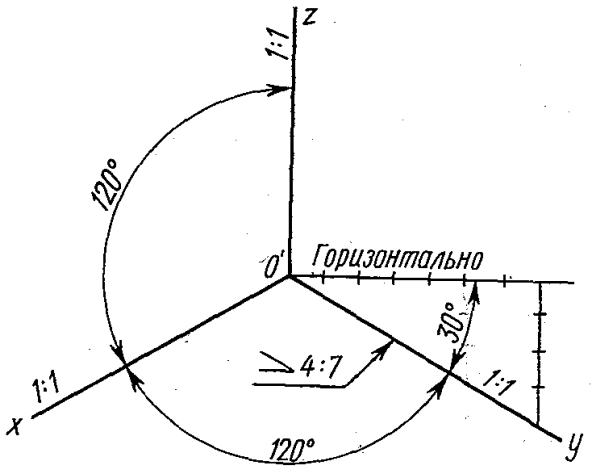


Рисунок 2.44 – Оси изометрической проекции

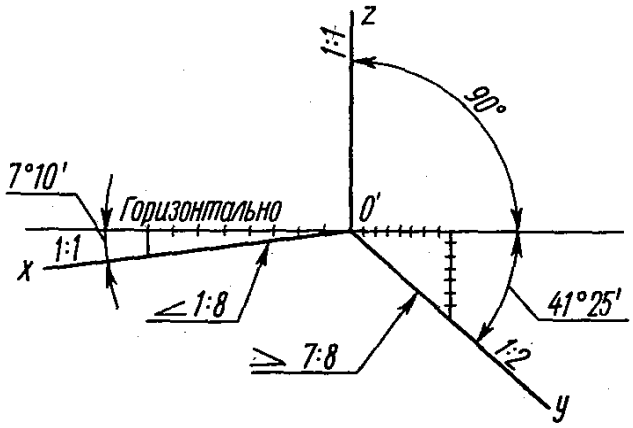


Рисунок 2.45 – Оси диметрической проекции

Окружности в аксонометрии в общем случае проецируются в виде эллипсов, причем при использовании действительных коэффициентов искажений большая ось эллипса по величине равна диаметру окружности. При использовании приведенных коэффициентов искажений линейные величины получаются увеличенными, и чтобы привести к одному масштабу все элементы изображаемой в аксонометрии детали, большую ось эллипса для изометрической проекции принимают равной 1,22 диаметра, а для диметрической – 1,06 диаметра окружности.

Малая ось эллипса в изометрии для всех трех плоскостей проекций равна 0,71 диаметра окружности (рисунок 2.46). В диметрии (рисунок 2.47) малая ось эллипса для двух плоскостей проекций *xOy* и *zOy*, граничащих с осью *y* (коэффициент искажения по которой равен 0,5), равна 0,35 диаметра окружности, а для третьей плоскости *xOy*, ограниченной осями с коэффициентом 1 : 1, равна 0,94 диаметра окружности. Значения величин осей эллипсов приведены в таблице 2.7.

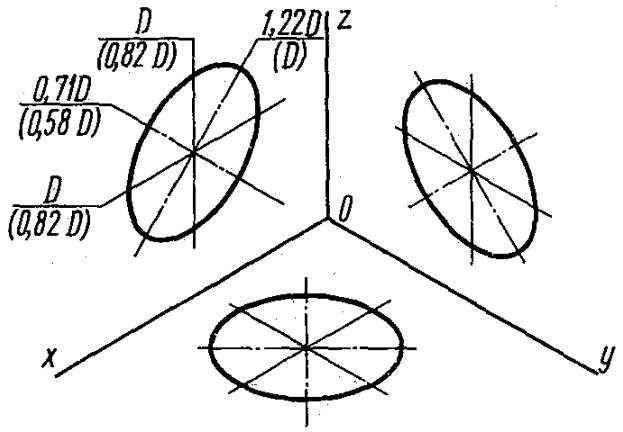


Рисунок 2.46 – Окружности в изометрической проекции

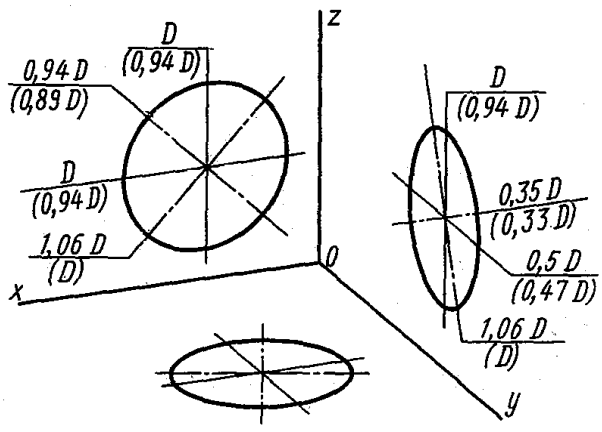


Рисунок 2.47 – Окружности в диметрической проекции

Таблица 2.7 – Значения величин осей эллипсов

Ось эллипса	Изометрия		Диметрия	
	$k = 0{,}82$	$k = 1$	$k = 0{,}94$	$k = 1$
Большая	D	$1{,}22D$	D	$1{,}06D$
Малая	$0{,}58D$	$0{,}7D$	$0{,}33D$	$0{,}35D$
″	–	–	$0{,}9D$	$0{,}94D$

Большое значение для правильного изображения аксонометрической проекции предмета имеет расположение осей эллипсов относительно аксонометрических осей. Во всех трех плоскостях прямоугольной изометрической и диметрической проекций *большая ось эллипса должна быть направлена перпендикулярно оси*, *отсутствующей в данной плоскости*. Например, у эллипса, расположенного в плоскости *xOz*, большая ось направлена перпендикулярно оси *y*, проецирующейся на плоскость *xOz* в точку; у эллипса, расположенного в плоскости *yOz*, – перпендикулярно оси *x* и т. д. На рисунках 2.46 и 2.47 приведены схемы расположения эллипсов в различных плоскостях для изометрической и диметрической проекций. Здесь же приведены коэффициенты искажений для осей эллипсов, в скобках указаны величины осей эллипсов при использовании действительных коэффициентов. Следует обратить внимание на то, что большая ось эллипса, расположенного в горизонтальной плоскости (*xOy*), в изометрической и диметрической проекциях расположена горизонтально (перпендикулярно оси *z*).

Рассмотрим порядок построения диметрической проекции детали, изображенной на рисунке 2.38. Построение начинаем с основания призмы (рисунок 2.48). На свободном поле чертежа намечаем направления аксонометрических осей и изображаем шестиугольник – нижнее основание, при этом стороны шестиугольника, расположенные на ортогональном чертеже параллельно оси *x*, направляем параллельно аксонометрической оси *x*.

Вершины, лежащие на оси, переносим на аксонометрическую ось *x*. Расстояние между сторонами, параллельными оси *x*, равно 70 мм (коэффициенты искажения по осям приняты равными 1 и 0,5). Верхнее основание равно нижнему, оно изобразится таким же шестиугольником на расстоянии 100 мм от первого. Отмеряем величину по оси *z*.

Затем на высотах 25 и 75 оснований призматического выреза строятся еще два шестиугольника (третий эскиз, рисунок 2.48). В них проводятся линии параллельно оси *y* на расстоянии ширины выреза линии, соответствующие ребрам призматического выреза. После этого следует построить изображение цилиндрического отверстия. Цилиндр строим так, чтобы его верхнее основание совпадало с верхним основанием призмы. Центр эллипса должен совпадать с центром шестиугольника.

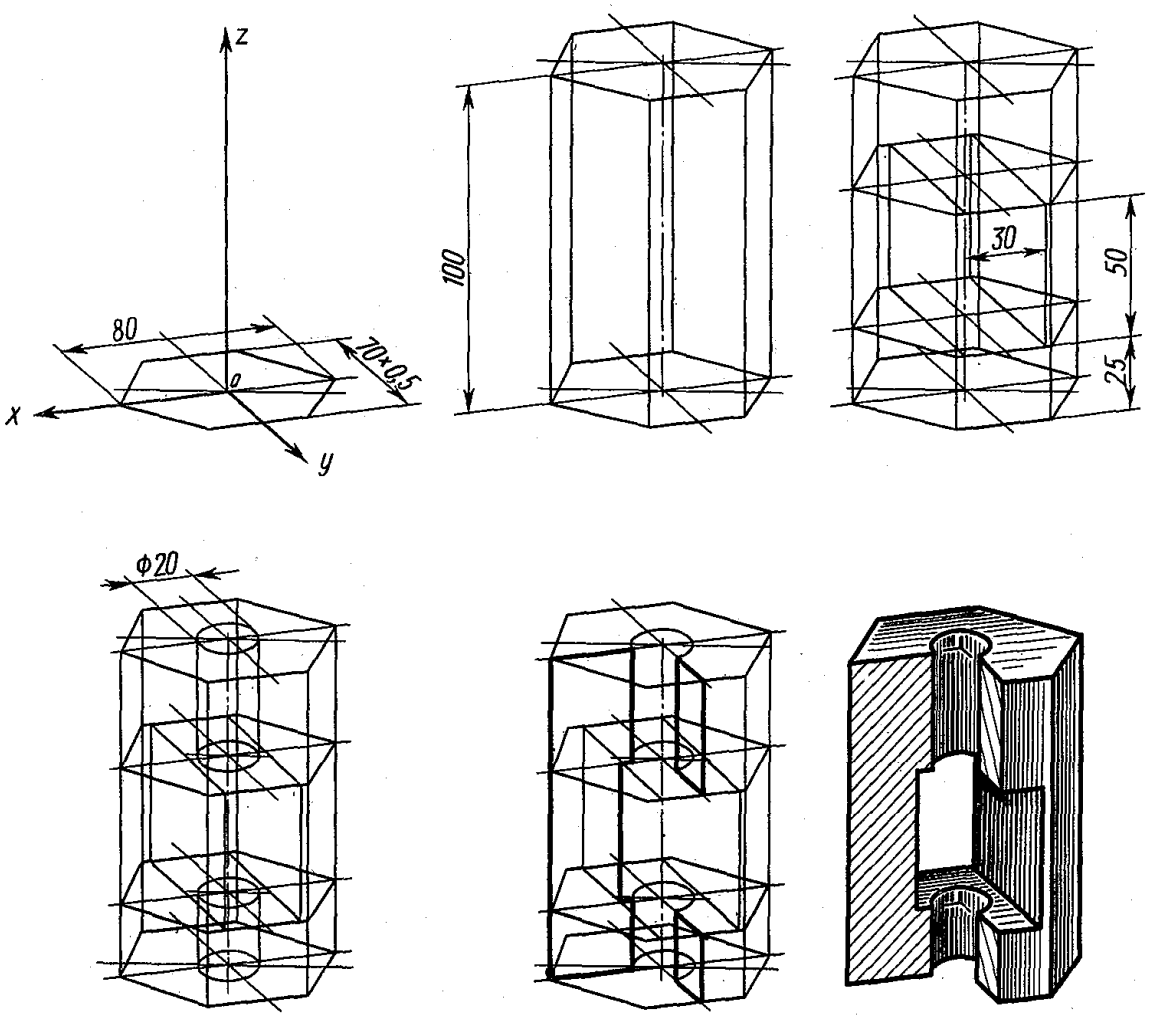


Рисунок 2.48 – Построение диметрической проекции детали

Для построения наглядных изображений предметов, данных в вариантах 4, 10, 14 (таблица 2.5), можно применить изометрическую проекцию. Очертание боковой поверхности цилиндра определяют прямые линии – образующие, проходящие касательно к эллипсам оснований. Точками касания являются концы большой оси эллипса (рисунок 2.49).

Очертанием шара является окружность. Для изометрической проекции с приведенными коэффициентами радиус этой окружности равен 1,22*R*, а для диметрической проекции – 1,06*R* (*R* – радиус изображаемого в аксонометрии шара). На рисунке 2.50, *а* изображены две проекции шара, усеченного двумя плоскостями, а на рисунке 2.50, *б* этот шар изображен в изометрии. Окружности сечения изобразились эллипсами, а очертание шара проведено радиусом, равным 1,22*R*.

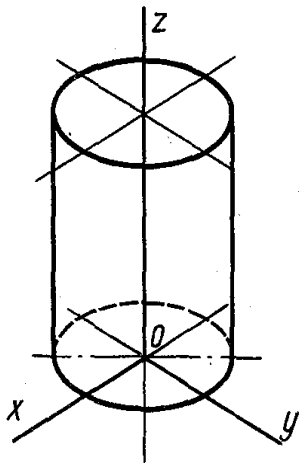
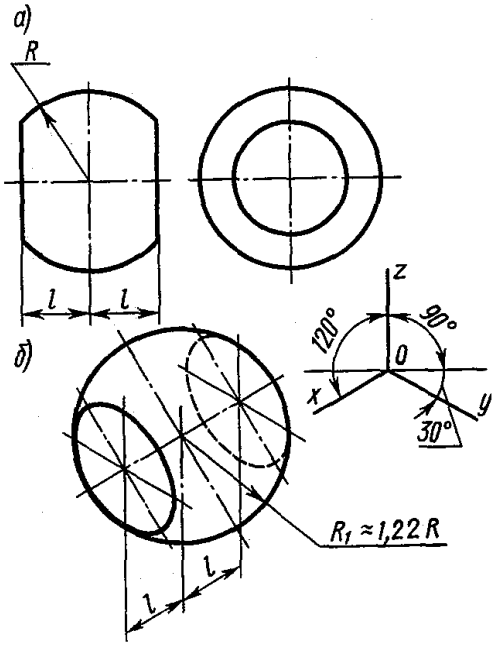


Рисунок 2.49 – Цилиндр



а) изображение шара, усеченного двумя плоскостями в двух проекциях; *б*) изометрическая проекция этого шара.

Рисунок 2.50 – Шар, усеченный двумя плоскостями

Рассмотрим изображение разрезов в аксонометрии. На аксонометрических проекциях, как правило, не показывают невидимый контур штриховыми линиями. Для выявления внутреннего контура детали, так же, как и на ортогональном чертеже, в аксонометрии выполняют разрезы, но эти разрезы могут не повторять разрезы ортогонального чертежа. Чаще всего на аксонометрических проекциях, когда деталь представляет собой симметричную фигуру, вырезают одну четвертую или одну восьмую часть детали. На аксонометрических проекциях, как правило, не применяют полные разрезы, так как такие разрезы уменьшают наглядность изображения. При выполнении разрезов секущие плоскости направляют *только параллельно* координатным плоскостям (*xOz*, *yOz* или *xOy*).

На рисунке 2.48 показан окончательный вид аксонометрической проекции детали после удаления лишних линий, обводки контуров деталей штриховки сечений. Сравнивая ортогональный и аксонометрический чертежи детали рисунка 2.38, нетрудно заметить, что сечения в обоих случаях в соответствующих плоскостях идентичны, сечение на главном изображении детали соответствует на аксонометрическом изображении сечению плоскости *xOz*.

В вариантах 5, 8, 15, 18 при выполнении выреза ¼ сферы сечение сферы в аксонометрии получаются в виде эллипсов, расположенных в плоскостях *xOz* и *yOz*. Пример приведен на рисунке 2.51.

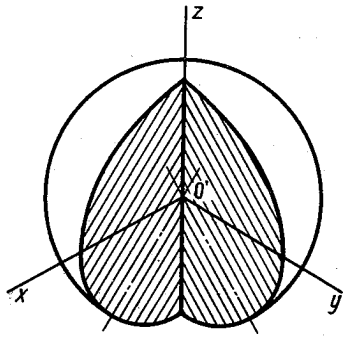


Рисунок 2.51 – Сфера с вырезом

При выполнении аксонометрических изображений с разрезами линии штриховки сечений наносят параллельно одной из диагоналей проекций квадратов, лежащих в соответствующих координатных плоскостях, стороны которых параллельны аксонометрическим осям (рисунки 2.52, 2.53).

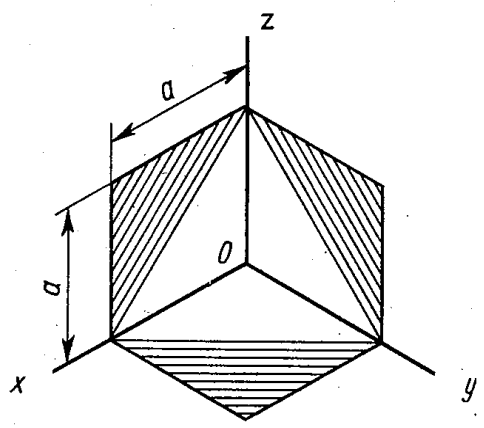


Рисунок 2.52 – Линии штриховки для изометрии

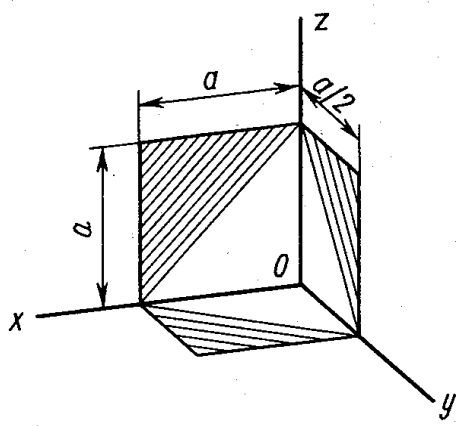


Рисунок 2.53 – Линии штриховки для диметрии

Вопросы для самопроверки

1. Что такое разрез?
2. Для какой цели применяют разрезы?
3. Что такое полный разрез, простой и сложный разрезы?
4. Какой разрез называют горизонтальным, вертикальным и наклонным?
5. Какие бывают вертикальные разрезы?
6. Где могут быть расположены горизонтальный, фронтальный и профильный разрезы?
7. В каком случае можно соединить половину вида с половиной разреза?
8. При соединении половины вида и половины разреза как следует выявлять внешнее или внутреннее ребро, совпадающее с осью симметрии?
9. Как обозначают простые разрезы?
10. Каковы соотношения размеров стрелки, указывающей направление взгляда при выполнении сечения и разреза?

11. Какой простой разрез можно не обозначать?

12. Как проводят секущие плоскости при образовании разрезов на аксонометрических изображениях?

13. Как направляются линии штриховки сечении на аксонометрических изображениях?

2.4 Тема 4 – Построение трех изображений по двум данным. Выполнение разрезов, сечений и аксонометрической проекции с вырезом ¼ на отдельном формате

Цель задания. Построить третье изображение детали по двум данным, дать разрезы, построить натуральный вид наклонного сечения, а также наглядное изображение детали в аксонометрической проекции. Пример выполнения работы дан на рисунках 2.54 и 2.55, индивидуальные задания – на рисунке 2.56.

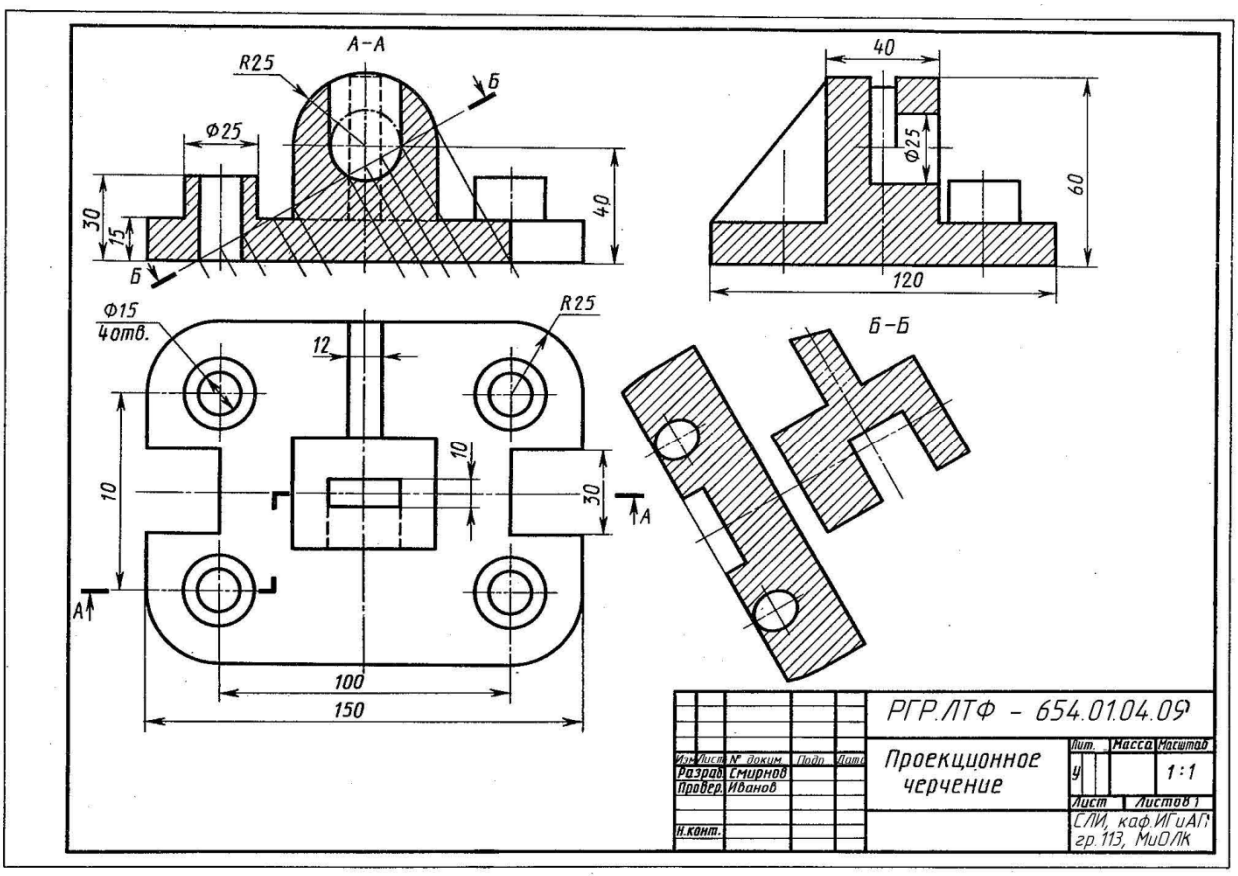


Рисунок 2.54 – Пример выполнения работы по теме 4

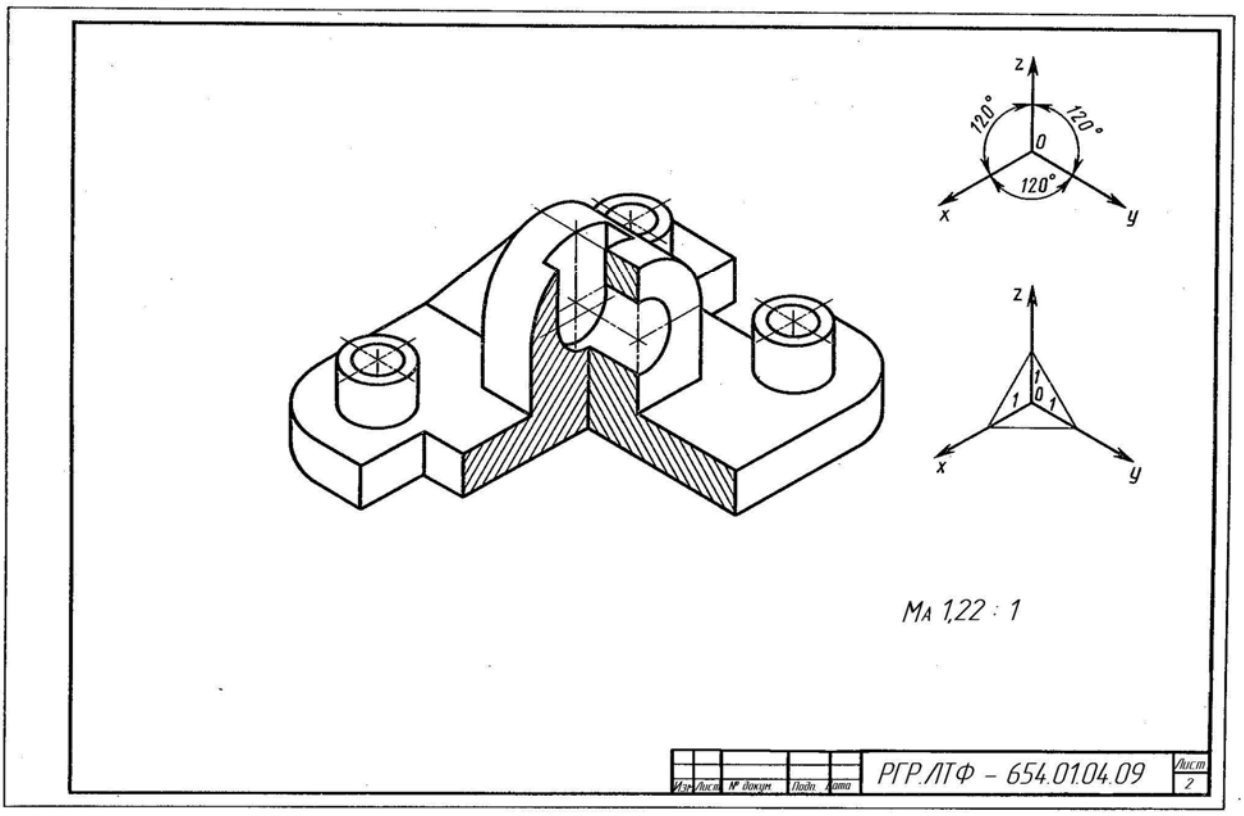
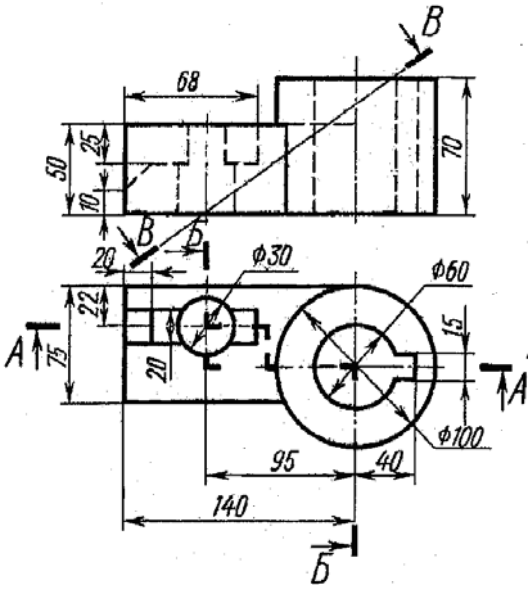


Рисунок 2.55 – Пример выполнения аксонометрической проекции

1, 13



2, 15

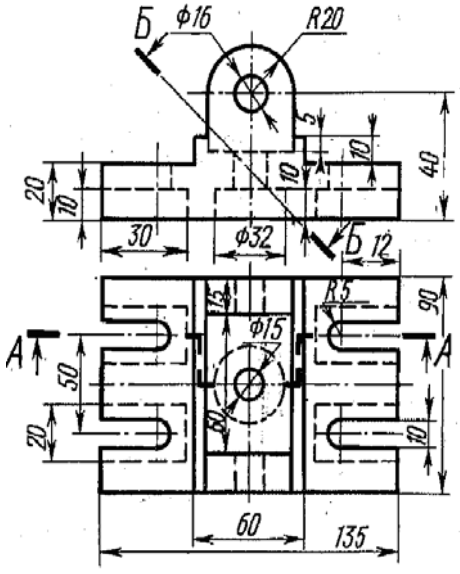
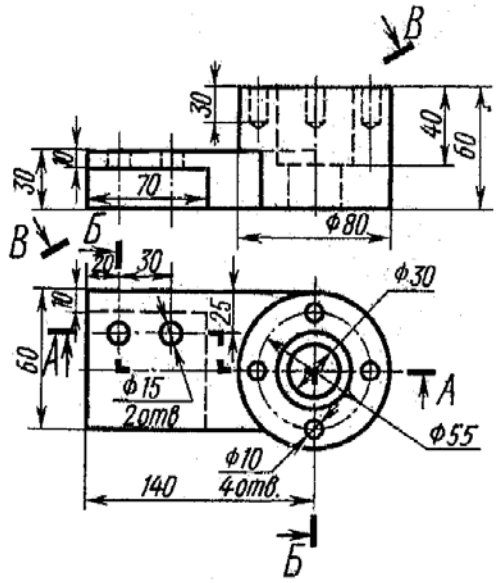
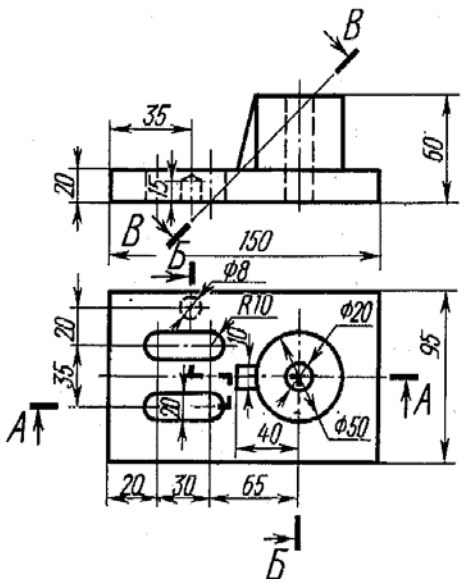


Рисунок 2.56 – Индивидуальные задания по теме 4

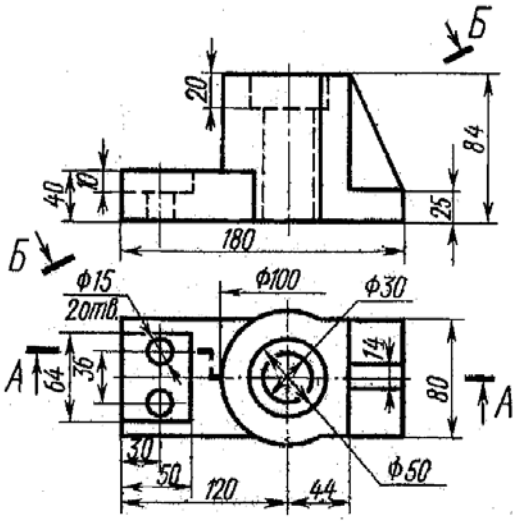
3, 17



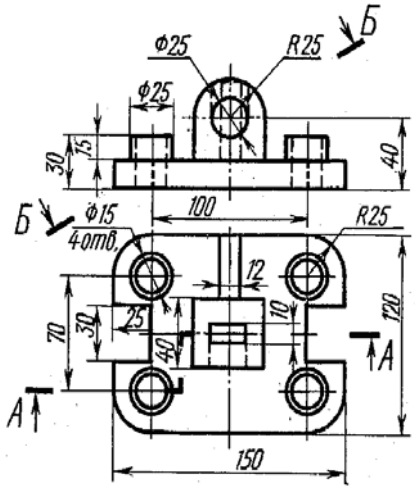
4, 19



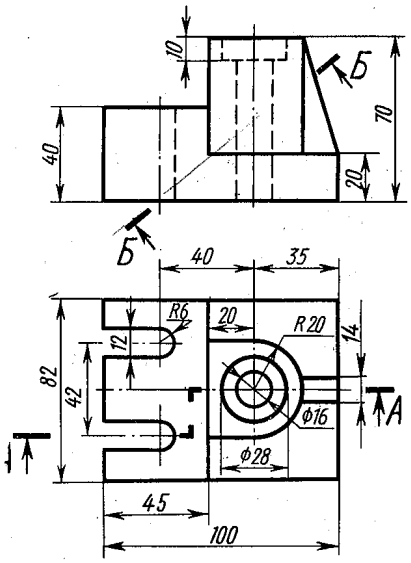
5, 18



6, 16



7, 14



8, 12

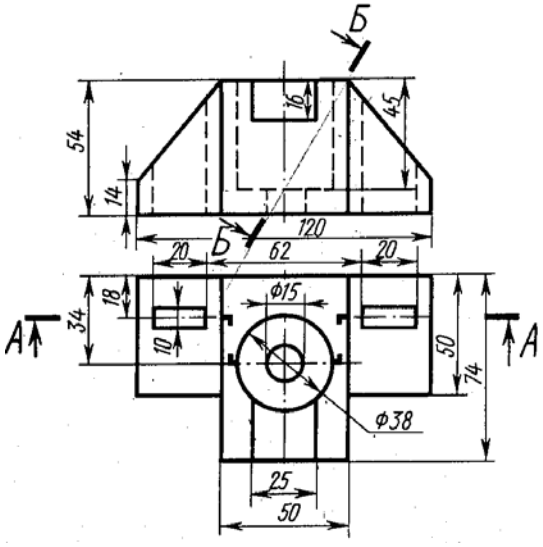


Рисунок 2.56. Продолжение

9, 19 0, 20

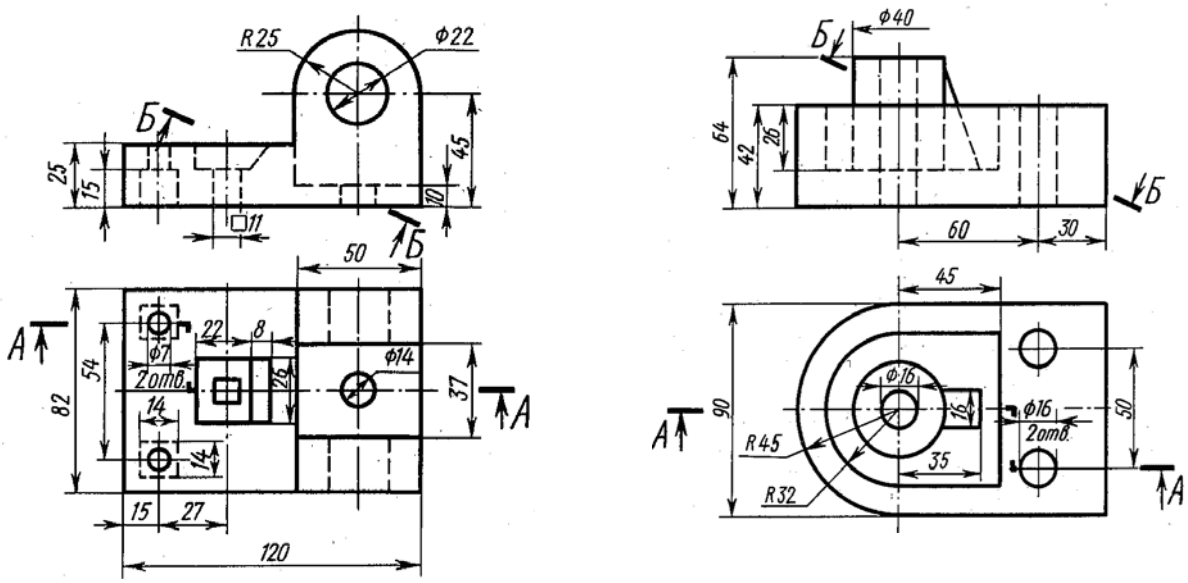


Рисунок 2.56. Продолжение

Порядок выполнения. Выполняя задание, провести тонко линии видимого и невидимого контуров, построить третье изображение, построить разрезы и выполнить штриховку в разрезах. После этого следует построить натуральный вид наклонного сечения, заданной фронтально-проецирующей плоскостью («косое» сечение). Выполнить наглядное изображение детали в аксонометрической проекции.

Рекомендуемая литература. ГОСТ 2.305-68, разд. 3 «Разрезы», разд. 4 «Сечения».

Методические указания по выполнению задания

2.4.1 Построение сложных разрезов. Целью этой темы является изучение приемов построения сложных разрезов и сечений. В ряде случаев для выявления внутреннего контура детали применяют сложный разрез. Если секущие плоскости расположены параллельно друг другу, то такой разрез называется *ступенчатым*; если секущие плоскости пересекаются под углом, большим 90°, разрез называется *ломаным*.

На рисунке 2.57 приведен пример фронтального ступенчатого разреза, когда одна секущая плоскость проходит через ось малого отверстия, а другая – через ось большого отверстия. Этот разрез помещен на месте главного вида детали. Сечения, получившиеся в обеих секущих плоскостях, условно совмещены.

При ломаных разрезах секущие плоскости условно повертывают до совмещения в одну плоскость, при этом направление поворота может не совпадать с направлением взгляда.

На рисунке 2.58 изображен ломаный разрез детали, представляющий собой цилиндрический диск с тремя различными отверстиями, оси которых расположены в разных плоскостях. Секущие плоскости (фронтальная и наклонная), проходящие через оси отверстий, пересекаются на оси детали. Это отмечено пересечением штрихов. Ломаный разрез помещен на месте главного вида.

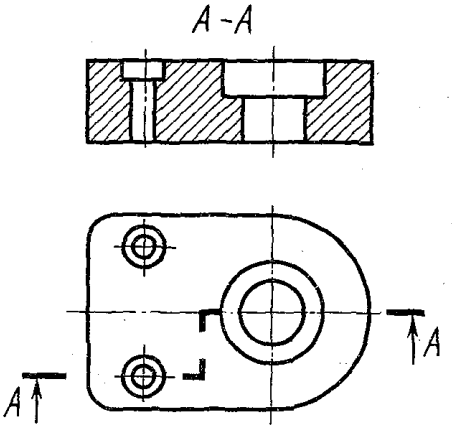


Рисунок 2.57 – Фронтальный ступенчатый разрез

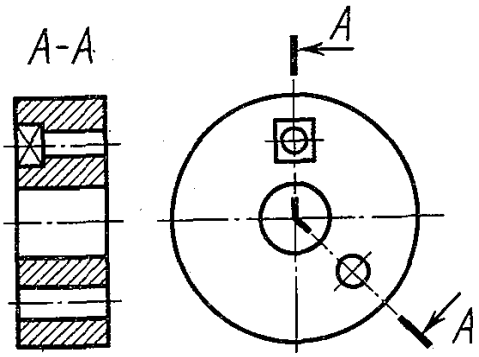


Рисунок 2.58 – Фронтальный ломаный разрез

На рисунке 2.59 наклонная плоскость совмещена с профильной плоскостью, а ломаный разрез помещен на месте вида слева. Сложные разрезы деталей, симметричных по внешнему и внутреннему контуру, можно, так же, как и простые разрезы, изображать не полностью, соединяя часть вида с частью соответствующего разреза. На рисунке 2.60 показана половина ступенчатого разреза, соединенного с половиной главного вида детали.

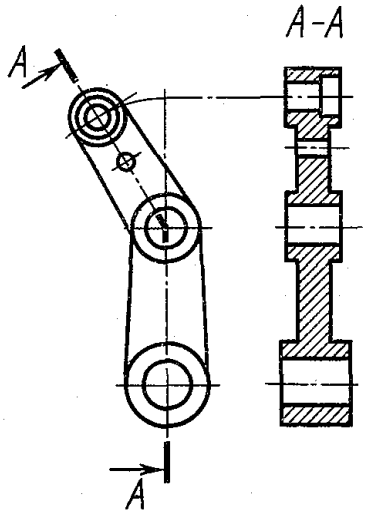


Рисунок 2.59 – Профильный ломаный разрез

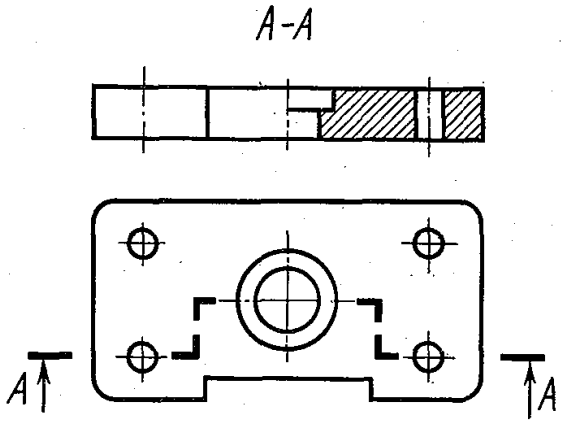


Рисунок 2.60 – Соединение половины фронтального ступенчатого разреза с половиной главного вида

2.4.2 Обозначение сложных разрезов. Все без исключения сложные разрезы обозначают. Линии сечения каждой секущей плоскости обозначают разомкнутой линией (двумя штрихами), переход от одной секущей плоскости к другой в ступенчатых разрезах отмечают штрихами, перпендикулярными линии сечения так, что образуются уголки. У ломаных разрезов пересекаются штрихи секущих плоскостей, образуя угол, больший 90°. У первого штриха первой секущей плоскости и последнего штриха последней плоскости под прямым углом к линии сечения тонкими линиями со стрелками показывают на-

правление взгляда при образовании разреза; около этих же тонких линий во внешнем углу пишут одну и ту же прописную букву русского алфавита.

Сам разрез сопровождают надписью типа *А–А* (см. рисунок 2.54).

При разработке чертежей помимо простых и сложных разрезов широко используют местные разрезы. В практике машиностроения часто встречаются сплошные металлические детали, имеющие лишь в некоторых местах засверловки, отверстия, канавки и пр. Разрезать всю деталь, для того чтобы показать форму этих отверстий или углублений, нецелесообразно, так как при этом получается большие поля сплошной штриховки, требующие лишней затраты усилий и времени.

Разрез, служащий для выяснения устройства детали лишь в отдельном ограниченном месте, называется *местным разрезом*. Местный разрез выделяют на внешнем виде сплошной тонкой волнистой линией (*s*/3) или линией с изломом; эта линия не должна совпадать с какими-либо линиями чертежа. На рисунке 2.61 показаны местные разрезы по отверстиям на валу. Так же обычно показывают профиль шпоночных канавок. На рисунке 2.62 с помощью местного разреза выявлена форма центрального отверстия в сплошной детали. На рисунке 2.63 в дополнение к фронтальному разрезу детали местным разрезом показана форма отверстия в нижнем фланце крышки.

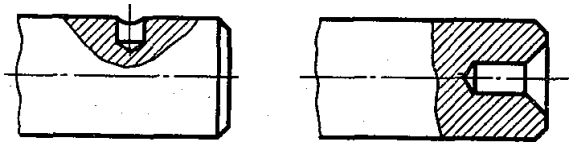


Рисунок 2.61 – Местный разрез по отверстиям на валу

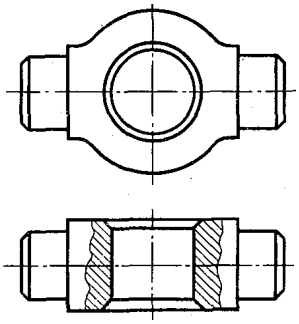


Рисунок 2.62 – Местный разрез центрального отверстия

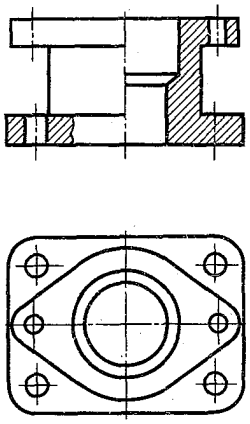


Рисунок 2.63 – Местный разрез по отверстию во флянце

Местные разрезы не обозначают.

После изучения простых, сложных и местных разрезов следует подробнее рассмотреть сечения и их использование на чертежах. В тех случаях, когда требуется показать какой-то элемент детали (профиль в данном месте, форму отверстия и т. п.), а изображать разрез нет необходимости, показывают только сечение данного элемента. Сечения, не входящие в состав разреза, разделяют на *вынесенные* и *наложенные*. На рисунке 2.64 приведен пример вынесенного сечения, а на рисунке 2.65 это же сечение изображено наложенным. Вынесенные сечения изображают на любом месте чертежа, и им следует отдавать предпочтение перед наложенным. Контур вынесенного сечения показывают сплошными основными линиями (см. рисунок 2.64), а контур наложенного – сплошными тонкими линиями, причем контур изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывают.

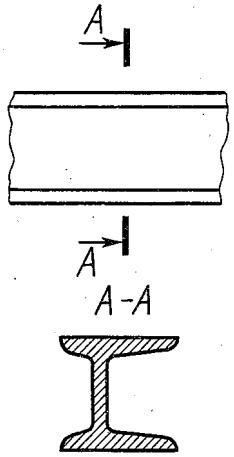
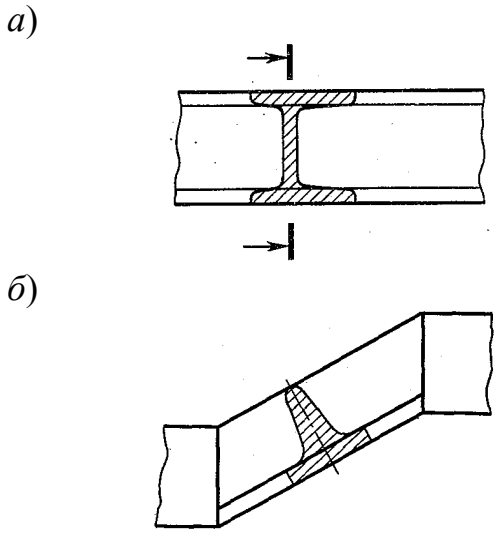


Рисунок 2.64 – Вынесенное сечение



а) наложенное сечение несимметричного профиля; *б*) наложенное сечение симметричного профиля.

Рисунок 2.65 – Наложенное сечение

2.4.3 Обозначение сечений. Симметричные наложенные сечения не обозначают (рисунок 2.65, *б*). Несимметричные наложенные сечения обозначают, как показано на рисунке 2.65, *а*. Вынесенные сечения обозначают так же, как и простые разрезы: место сечения отмечают разомкнутой линией с указанием направления взгляда тонкими линиями со стрелками и одинаковыми прописными буквами русского алфавита. Само сечение обозначают надписью по типу *А–А* (см. рисунок 2.64).

Вынесенное сечение не обозначают лишь в одном случае: если оно расположено непосредственно на продолжении линии сечения и представляет собой симметричную фигуру относительно этой линии (сечение по левой шпоночной канавке, рисунок 2.66). В подобном случае линию сечения не проводят, а ось

симметрии показывают, как обычно, штрихпунктирной тонкой линией без обозначения буквами и стрелками. Такому расположению симметричных по форме сечений следует отдавать предпочтение, так как оно не требует обозначений и чертеж не загромождается лишними надписями.

На рисунке 2.66 изображен вал с различными вынесенными сечениями. Левое сечение по шпоночному пазу для призматической шпонки симметрично относительно линии сечения и расположено на продолжении этой линии – оно не обозначено. Сечение по пазу для сегментной шпонки плоскостью *В* тоже симметричное, но оно смещено относительно линии сечения, по этому оно обозначено надписью *В–В*. Сечение вала плоскостью *А* по отверстиям, хотя и расположено на продолжении линии сечения, обозначено потому, что оно не симметрично относительно этой линии. Сечение плоскостью *Б* симметрично относительно линии сечения, но расположено не на продолжении этой линии, поэтому оно обозначено.

Следует обратить внимание на то, что если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью (сечения *А–А* и *Б–Б* на рисунке 2.66).

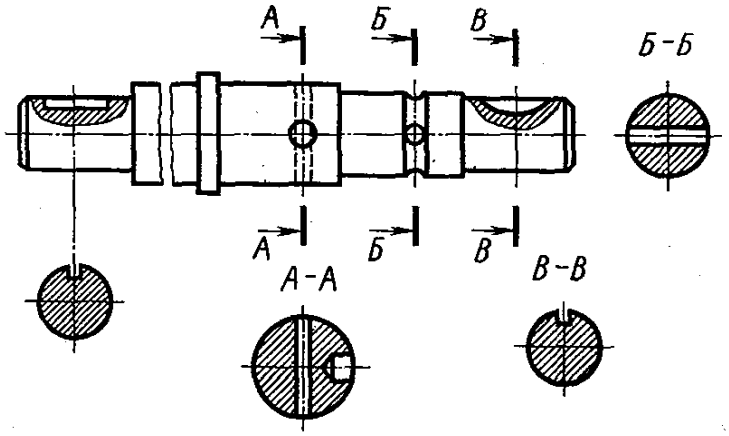


Рисунок 2.66 – Изображение вала с различными сечениями

Если секущая плоскость проходит через некруглое отверстие и сечение получается состоящим из отдельных самостоятельных частей, то следует применять разрезы (рисунок 2.67). Сечение по построению и расположению должно соответствовать направлению, указанному стрелками. Допускается располагать сечение на любом месте поля чертежа, а также с поворотом его, но тогда к надписи должен быть прибавлен знак (стрелка на окружности), как показано на рисунке 2.68. Для нескольких одинаковых сечений относящихся к одной детали, линию сечения обозначают одной и той же буквой и вычерчивают одно сечение (рисунок 2.68).

В черчении принят ряд условностей и упрощений. Одна из условностей состоит в том, что если секущая плоскость проходит вдоль тонкого элемента детали (ребра-жесткости, спицы и т. п.), то условно принято на разрезе эти эле-

менты не заштриховывать. На месте вида слева чертежа кронштейна (рисунок 2.69) показан разрез, образованный профильной плоскостью, проходящей вдоль ребра жесткости, на разрезе ребро не заштриховано. На разрезе *А–А* в поперечном сечении ребро заштриховано как обычно.

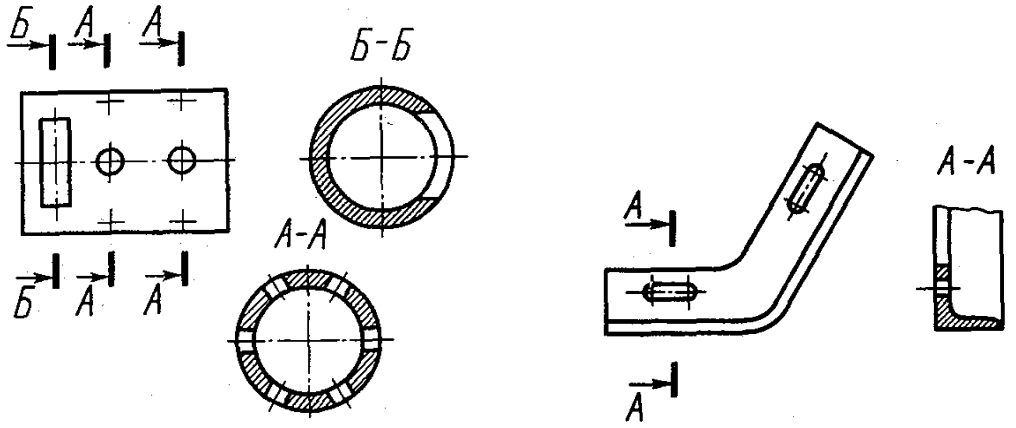


Рисунок 2.67 – Разрезы некруглых отверстий

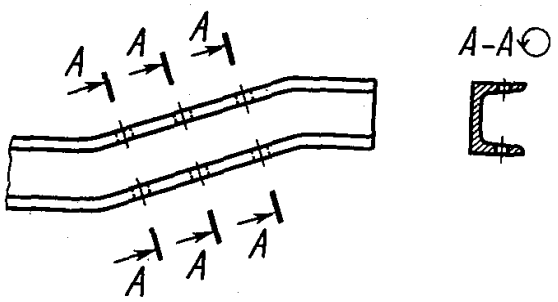


Рисунок 2.68 – Обозначение нескольких одинаковых сечений

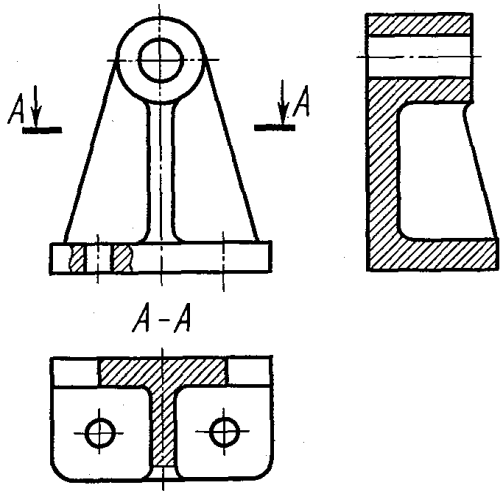


Рисунок 2.69 – Разрез вдоль ребра жесткости

На рисунке 2.70 приведен чертеж шкива, секущая плоскость проходит вдоль спицы на разрезе, она не заштрихована. Если деталь имеет несколько одинаковых, равномерно расположенных элементов, то можно вычертить один элемент и указать количество их.

Если вид, разрез или сечение представляют собой симметричную фигуру, допускается вычерчивать половину изображения. В практике конструирования нередко возникает необходимость построения натурального вида наклонного сечения детали проецирующей плоскостью или, как его называют иначе, «косого» сечения. Натуральный вид наклонного сечения может быть построен различными способами начертательной геометрии: вращением, плоскопараллельным пе-

ремещением, совмещением и переменой плоскостей проекций. Наиболее рациональным следует считать *способ перемены плоскостей проекций*. Напомним кратко суть этого способа. При пересечении прямоугольной призмы фронтально-проецирующей плоскостью *P* (рисунок 2.71) сечение проецируется на фронтальную плоскость в виде отрезка прямой, совпадающего со следом P_v, а на горизонтальную плоскость – в виде прямоугольника, у которого стороны 1–2 и 3–4 искажены. Для определения натуральной величины сечения плоскость *H* заменяем на новую плоскость *Q*, проведенную перпендикулярно плоскости *V* и параллельно плоскости сечения *P*. Новая ось x_1 параллельна следу P_v, а новые линии связи перпендикулярны новой оси x_1. Расстояния проекций точек 1, 2, 3 и 4 на новой плоскости *Q* от оси x_1 (*a* и *b*) равны расстояниям проекций этих же точек на замененной плоскости *H* от оси *x*. Соединив полученные точки 1, 2, 3 и 4 на плоскости *Q*, получаем натуральную величину сечения призмы плоскостью *P*.

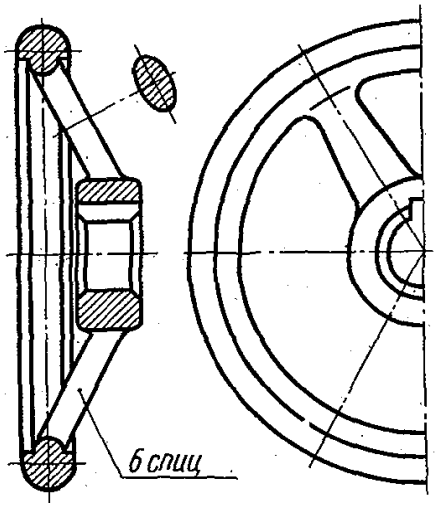


Рисунок 2.70 – Шкив

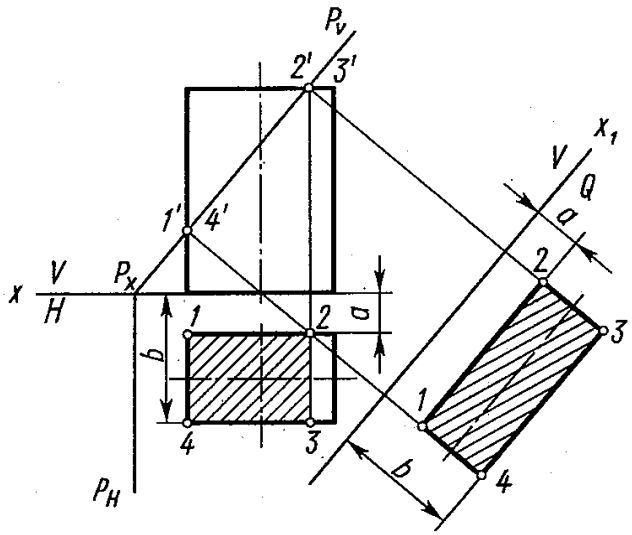


Рисунок 2.71 – Прямоугольная призма

Рассмотрим элементарный пример построения натурального вида «косого» сечения, приведенный на рисунке 2.72. Деталь, состоящая из прямоугольной призмы и стоящего на ней цилиндра, пересекается фронтально-проецирующей плоскостью *A*. Фронтальная проекция сечения совпадает со следами секущей плоскости *A* и выражается прямой 1'–5'. Для определения горизонтальной проекции, а затем и натурального вида сечения отмечаем все точки пересечения секущей плоскости *A* с контурами элементарных геометрических тел, составляющих деталь (1', 2', 3', 4', 5').

Сначала определяем горизонтальную проекцию сечения. Призматическое основание рассекается плоскостью по прямоугольнику 1–1, 2–2, но прямая 2–2 прерывается в точках 3–3, которые являются начальными точками сечения цилиндра по эллипсу.

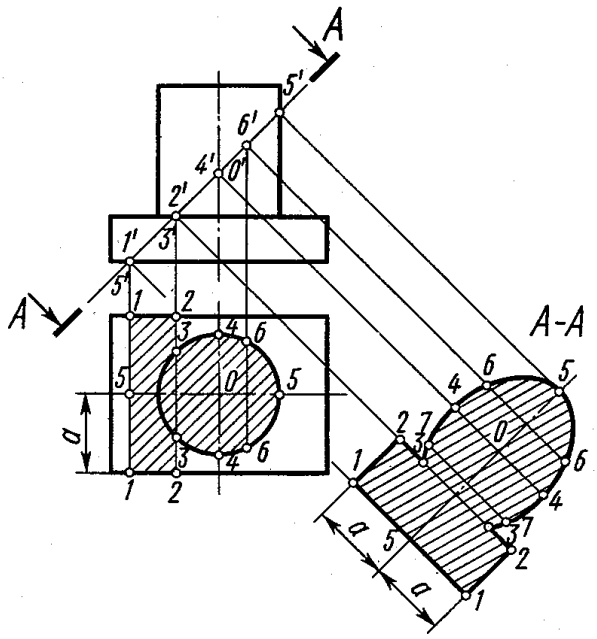


Рисунок 2.72 – Пример построения вида косого сечения

На горизонтальную плоскость контур сечения цилиндра (часть эллипса) проецируется в виде неполной окружности 3–5–3. Горизонтальная проекция всего сечения очерчена контуром 1–2–3–5–3–2–1, его очерчиваем сплошными тонкими линиями (*s*/3) и заштриховываем, не изменяя контурных линий самого изображения, т. е. поступаем так же, как при изображении наложенного сечения. Горизонтальная проекция представляет собой искаженный вид сечения, но поперечные размеры (направленные вдоль горизонтальной плоскости *A*) 1–1, 2–2, 4–4 и т. д. проецируются в натуральную величину.

Для построения натуральной величины сечения поступаем так же, как в предыдущем приеме (см. рисунок 2.72), т. е. заменяем горизонтальную плоскость на новую, расположенную перпендикулярно плоскости *V* параллельно плоскости *A*, но в отличие от предыдущего примера не показываем оси проекции x и x_1, так как на чертежах оси проекций обычно не указывают.

Наклонное сечение детали, приведенное на рисунке 2.72, представляет собой симметричную фигуру, поэтому натуральную величину сечения начинаем строить с оси симметрии 5–5, которая направлена параллельно следу плоскости *A*. Так как оси проекций не указаны, проводим ось симметрии на свободном поле чертежа и от нее отмеряем отмеченные точки сечения. Из точек 1, 2, 3, 4 и 5 перпендикулярно фронтальному следу плоскости *A* проводим новые линии связи, на которых по обеим сторонам от оси симметрии откладываем натуральные расстояния от оси до точек 1, 2, 3 и 4, отмеренные на горизонтальной проекции. Например, точка 1 расположена на расстоянии *a* от оси симметрии горизонтальной проекции; это же расстояние отмеряем на натуральном виде сечения также от оси симметрии. Таким образом, на сечении все размеры вдоль оси симметрии отмеряются в натуральную величину линиями связи, а все размеры поперек оси переносятся в натуральную величину с горизонтальной проекции сечения.

Следует обратить внимание на построение эллипса, получающегося от пересечения цилиндра плоскостью, наклоненной к его оси. Большая полуось эллипса *О*–5 проецируется в натуральную величину и равна расстоянию между точками пересечения секущей плоскости с осью и очерковой образующей цилиндра (*О*'–5'). Малая ось эллипса равна диаметру цилиндра и отмеряется на перпендикуляре к середине большой оси (4–4).

На рисунке 2.72 показано также определение промежуточных точек 6–7 эллипса. Фронтальная проекция точки 6 (6') выбрана произвольно. Из этой точки проводим линии связи на горизонтальную проекцию (перпендикулярно основанию цилиндра) и на натуральную величину сечения перпендикулярно следу секущей плоскости *А*. Расстояние 6–6, отмеренное на горизонтальной проекции, откладываем по линии связи на натуральной величине сечения и получаем две промежуточные точки эллипса. Точки 7–7 отмечены как симметричные точкам 6–6 относительно малой оси эллипса.

Если наклонное сечение представляет собой несимметричную фигуру, то базой для построения сечения может быть любая прямая, лежащая в плоскости сечения и проведенная параллельно следу секущей плоскости *А*.

Натуральный вид наклонного сечения обозначается надписью типа *А–А* без черты внизу.

При недостатке места на чертеже для расположения сечения в соответствии с непосредственной проекционной связью его можно смещать, как показано на рисунке 2.73. При этом линии связи, перпендикулярные следу секущей плоскости, прерываются и в том же порядке наносятся на новом месте. В остальном построение аналогично предыдущему. Следует отметить лишь, что в примере, приведенном на рисунке 2.73, часть детали представляет собой конус, при пересечении которого плоскостью *А* получается эллипс. Большая ось эллипса 1–2 определяется на фронтальной проекции по точкам (1' и 2') пересечения секущей плоскости с очерковыми образующими конуса. Определение малой оси эллипса ведем следующим образом: через середину большой оси *О* проводим вспомогательную секущую плоскость *Q* перпендикулярную оси конуса; она пересекает конус по окружности радиуса *R*, а плоскость *А* – по горизонтали, перпендикулярной плоскости *V*.

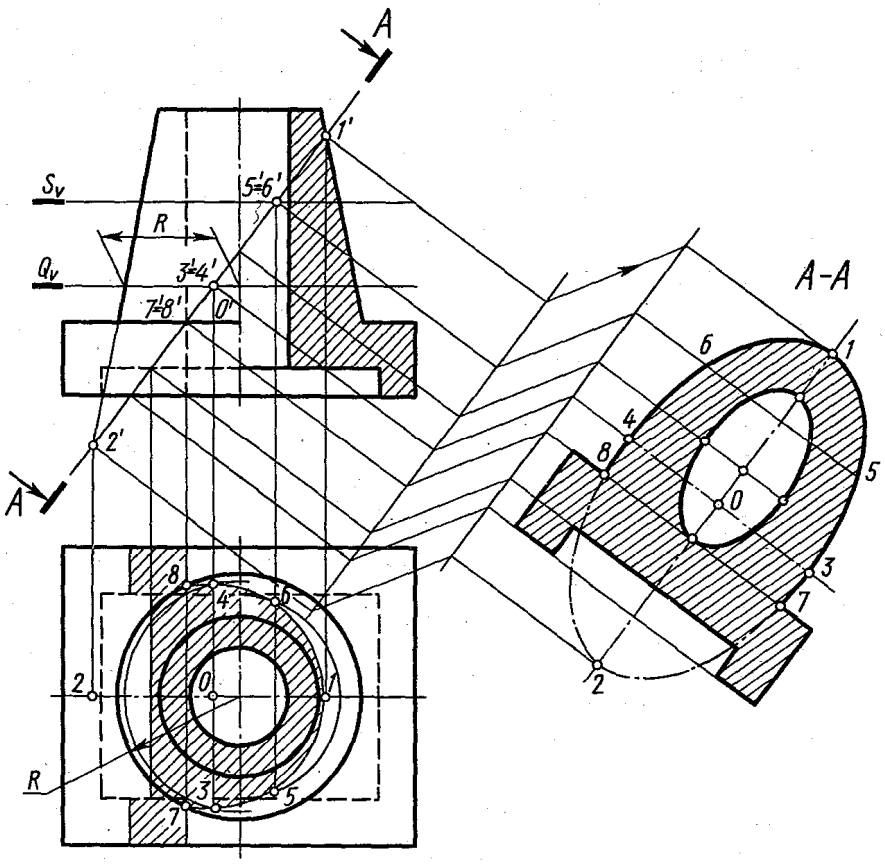


Рисунок 2.73 – Вид наклонного сечения

Вопросы для самопроверки

1. Что такое сложный разрез?
2. Какие разрезы называют ступенчатыми? ломаными?
3. Что такое местный разрез?
4. Что такое сечение?
5. Как обводят линии контура наложенного и вынесенного сечений?
6. Как обозначают сечения?

2.5 Т е м а 5 – Построение линии среза

Цель задания. Построить три изображения детали и проекции линий среза, полученные от сечения поверхностей вращения плоскостями, параллельными оси вращения. Пример выполнения дан на рисунке 2.74, индивидуальные задания – в таблице 2.8. Работу выполнить на листе чертежной бумаги формата *А3* карандашом.

Порядок выполнения. Ознакомиться с индивидуальным заданием и примером выполнения работы. Изучить данное методическое пособие и рекомендуемую литературу. Вычертить тонко все три изображения детали. Определить основные геометрические тела вращения, из которых составлена деталь, и наметить их границы. Выделить вершины и характерные точки линии среза, ле-

жащие на границах поверхностей. Построить промежуточные точки линии среза. Нанести размерные линии и размерные числа. Обвести линии карандашом, принимая толщину линий видимого контура равной 0,8–1,0 мм. Оформить все надписи. Проверить чертеж.

Рекомендуемая литература. [1, глава 4, раздел 4.7 «Построение линий среза».

Методические указания по выполнению задания. Многие детали различных механизмов и машин (станины, головки шатунов, рычаги, вилки, рукоятки и др.) имеют срезы одной или несколькими параллельными плоскостями. Кривая линия, получающаяся при пересечении тел вращения плоскостью, называется *линией среза*. На рисунке 2.74 приведен пример такой детали, представляющей собой тело вращения сложной формы, срезанное двумя плоскостями до толщины s = 56 мм.

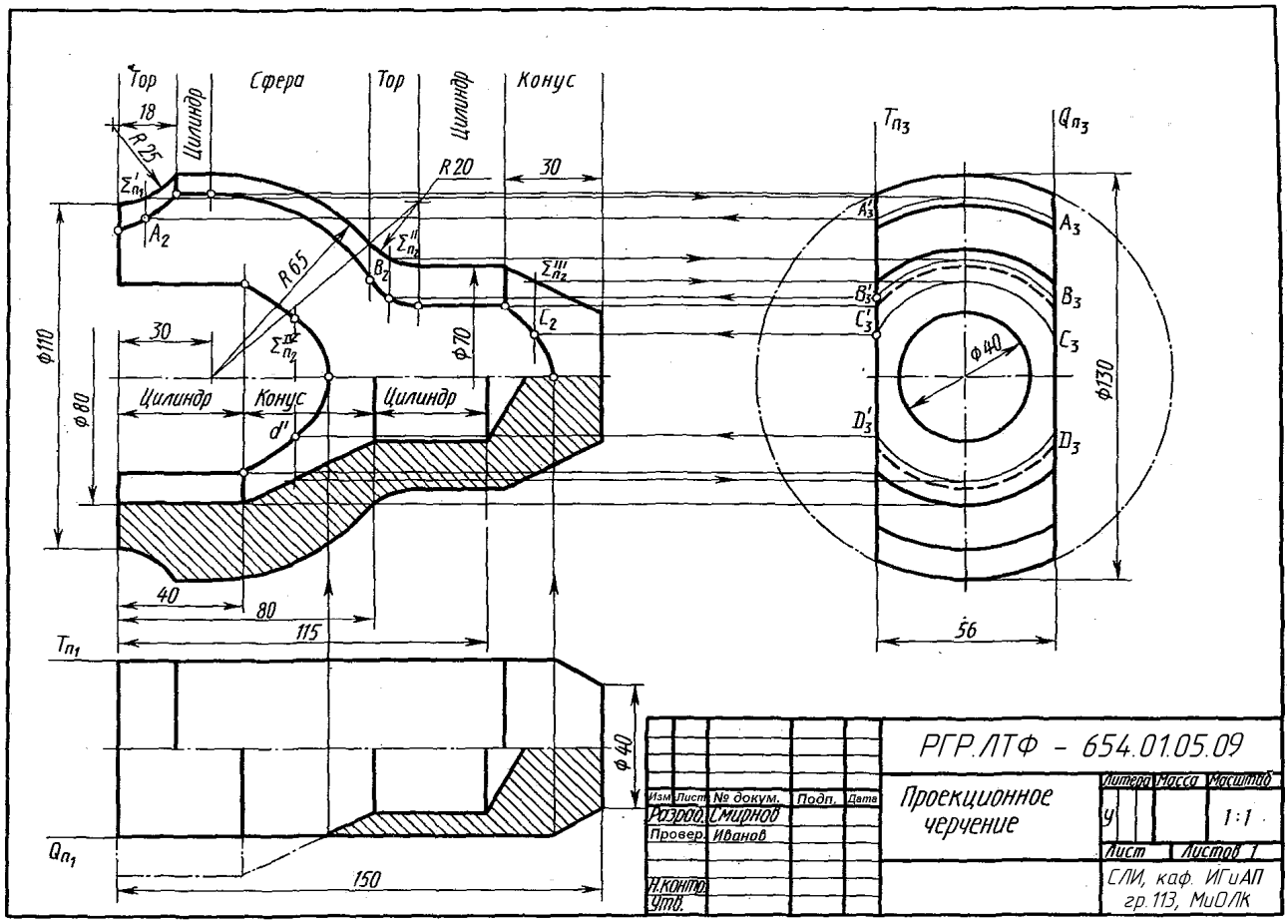


Рисунок 2.74 – Пример выполнения задания по теме 5

2.5.1 Построение линий среза. Для построения линии среза прежде всего следует определить границы элементарных геометрических тел, составляющих деталь пересекаемых плоскостями. Границы тел определяются по точкам сопряжений контуров этих тел. При этом следует помнить, что плоскость, проходящая параллельно оси, пересекает цилиндр по образующим, прямой круговой

конус – по гиперболе, сфера всегда пересекается плоскостью по окружности, тор пересекается по кривой, называемой в общем случае кривой Персея.

Рассмотрим построение линии среза по детали, приведенной на рисунке 2.74. Прежде всего разбиваем деталь на элементарные геометрические тела. По внешнему контуру тело детали ограничено тором, образуемым вращением дуги *R*25, цилиндром ∅130, сферой ∅130, сопрягающейся с тором, образованным вращением дуги *R*20; тор переходит в цилиндр ∅70, заканчивается деталь усеченным конусом. Границы поверхностей, при плавном переходе их, определяются по точкам сопряжений. Внутреннее очертание детали состоит из соосных поверхностей цилиндра ∅80, усеченного конуса, цилиндра ∅40 и конуса.

Две параллельные между собой плоскости *T* и *Q* в пересечении с поверхностями указанных тел дают линии среза. На видах сверху и слева эти линии проецируются в виде прямых отрезков, совпадающих со следами плоскостей *T* и *Q*. На главном виде линии среза надо построить.

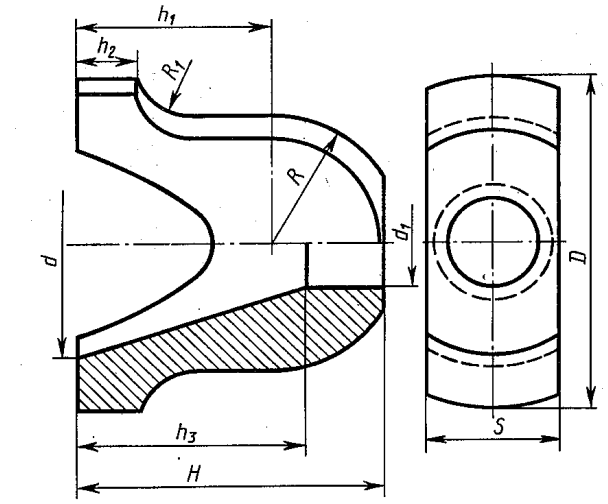
Поверхность цилиндра диаметром 130 мм рассекается плоскостями *T* и *Q* по образующим, профильные проекции которых проецируются в виде точек, лежащих на пересечении профильных следов секущих плоскостей с профильной проекцией цилиндра (окружность ∅130 мм). Также строится линия среза на цилиндре ∅70. Поверхность сферы рассекается по окружности, радиус которой может быть получен из профильной проекции по следу *T* и *Q*.

Для нахождения промежуточных точек линий среза на участках торов и усеченного конуса на главном виде нужно воспользоваться вспомогательными плоскостями, перпендикулярными оси вращения. На рисунке 2.74 дано построение точек *A*, *B*, *C*, *D*. Проведем плоскости $\sum_1$, $\sum_2$, $\sum_3$, $\sum_4$, перпендикулярные оси вращения. Эти плоскости рассекают поверхности тора и конуса по окружностям, проекциями которых на главном виде и сверху будут отрезки прямых, совпадающие со следами плоскостей ∑, а на виде слева – окружности.

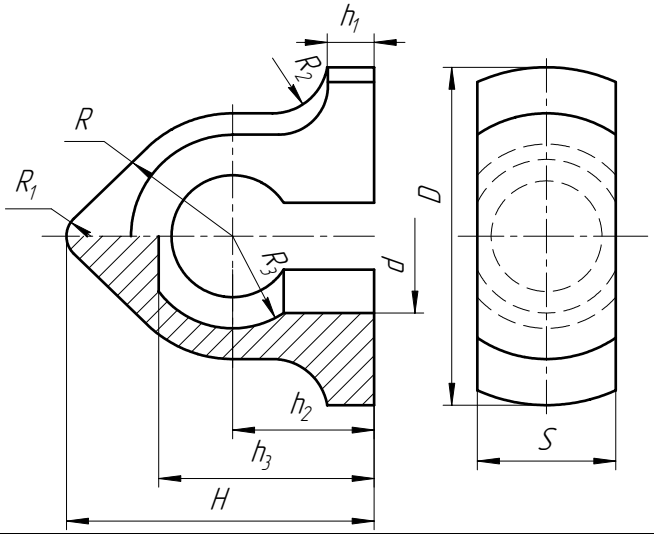
Искомые профильные проекции точек лежат на пересечении окружности с профильными следами параллельных плоскостей. Проекции точек на главном виде лежат на пересечении линии связи со следом соответствующих плоскостей ∑. Подобным образом находят и все другие точки, принадлежащие линии среза.

Внутреннее очертание детали плоскости *T* и *Q* пересекают в части цилиндра ∅80 мм и усеченного конуса. Цилиндр ∅80 мм пересекается по образующим, параллельным оси цилиндра, а усеченный конус – по гиперболе. Вершина гиперболы лежит на следе плоскости *Q*. Промежуточные точки гиперболы (*D*) строятся с помощью вспомогательной плоскости $\sum 4$ аналогично точкам *A*, *B*, *C*.

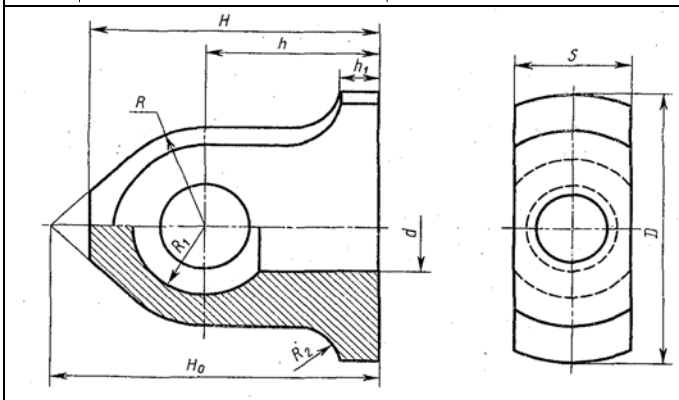
Таблица 2.8 – Данные для задания по теме 5
Размеры в миллиметрах



Параметр	1	7	13
H	100	115	120
D	110	120	125
S	50	55	56
h_1	65	78	80
h_2	20	22	25
h_3	75	85	90
R	40	45	46
R_1	15	20	22
d	70	85	86
d_1	30	32	35

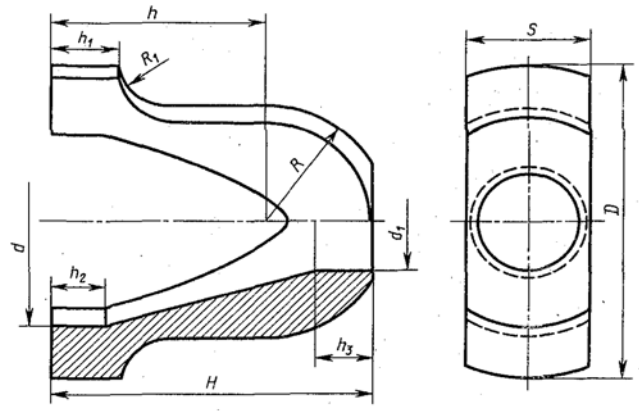


Параметр	2	8	14
H	100	110	150
D	110	130	140
S	45	52	55
h_1	15	20	25
h_2	46	60	75
h_3	70	90	105
R	40	45	50
R_1	8	10	15
R_2	18	22	25
R_3	30	35	36
d	50	60	58

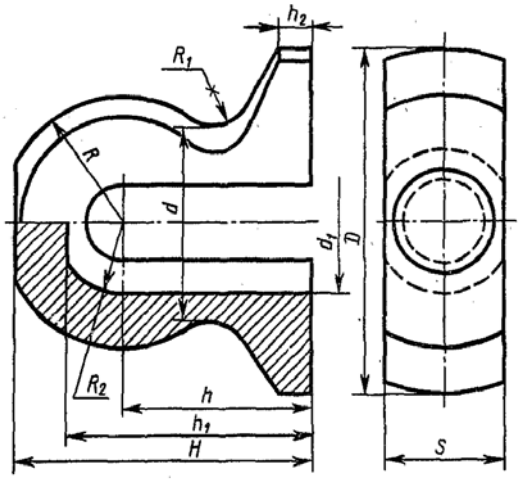


Параметр	3	9	15
H_0	158	165	200
H	140	145	170
D	142	130	140
S	50	46	52
R	50	48	50
h	75	90	100
h_1	22	24	26
d	40	45	42
R_1	30	32	34
R_2	20	22	24

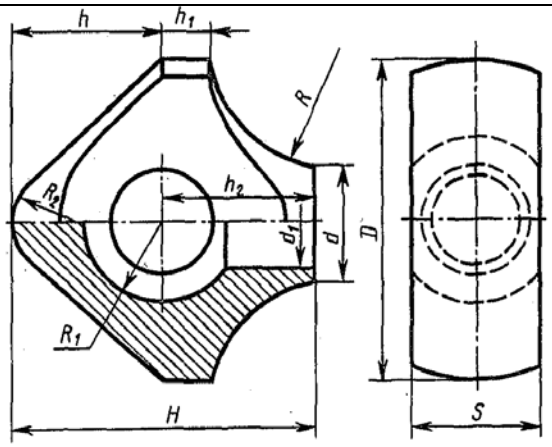
Продолжение таблицы 2.8



Параметр	4	10	16
H	148	155	160
D	150	140	145
S	60	55	58
h	100	110	112
h_1	30	35	40
R	52	50	54
R_1	25	22	24
d	100	95	105
d_1	40	35	38
h_2	25	20	32
h_3	30	25	35



Параметр	5	11	17
H	120	105	140
D	125	120	130
S	52	50	55
h	78	68	95
h_1	100	92	122
h_2	12	10	20
R	48	45	50
R_1	18	15	20
R_2	30	28	32
d	75	70	78
d_1	60	56	64



Параметр	6	12	18
H	100	105	115
D	110	120	125
S	48	50	52
h	50	55	60
h_1	15	18	20
h_2	45	48	50
R	50	45	48
R_1	30	32	35
R_2	25	20	22
d	40	45	45
d_1	30	25	28

Вопросы для самопроверки

1. Как располагают геометрическое тело при проецировании?
2. Какую геометрическую фигуру называют цилиндром, а какую – конусом?
3. Какой многогранник называют призмой и какой – пирамидой?
4. Как строят развертку поверхности цилиндра и точки на ней?
5. Какие линии выделяют на поверхности шара и тора?
6. Что называют линией среза и как строят ее проекции?

2.6 Тема 6 – Построение третьего изображения по двум данным и линий перехода

Цель задания. Построить по двум изображениям детали третье с «полезными» разрезами и линией перехода. Пример выполнения дан на рисунке 2.75. Индивидуальные задания даны на рисунке 2.76. Работу выполнить на листе чертежной бумаги формата *А3* карандашом.

Порядок выполнения. Изучить данное методическое пособие. Внимательно ознакомиться с индивидуальным заданием и определить основные геометрические тела, из которых составлена деталь. Вычертить тонкими линиями два изображения детали и дать «полезные» разрезы. Построить третье изображение детали. Определить характерные, или опорные, точки линий перехода. В остальном последовательность выполнения чертежа такая же, как в теме 5.

Рекомендуемая литература. [1, глава 4, раздел 4.10], [2, глава 10].

Методические указания по выполнению задания. Данная тема является последней в разделе «Проекционное черчение» и завершает работу студентов по начертательной геометрии, геометрическому и проекционному черчению. Нахождение проекций линий пересечения (перехода) поверхностей базируется на знаниях курса начертательной геометрии.

В индивидуальных заданиях линии перехода проведены не полностью, а лишь начало и конец их и поставлены знаки вопросов (?). Студенту необходимо достроить эти линии, применяя вспомогательные плоскости, параллельные одной из плоскостей проекции, или сферы. Для нахождения точек линий пересечения двух поверхностей (линий перехода) нужно выбрать наиболее рациональный способ решения. Следует по возможности подбирать такие вспомогательные плоскости, которые в пересечении с данными поверхностями могут дать простые для построения линии (например, прямые линии, окружности).

Каким бы способом ни проводилось построение линий пересечения, нужно сначала найти *характерные, или «опорные», точки искомой кривой*. К ним относятся точки, проекции которых лежат на проекциях очерковых линий одной из поверхностей (например, на крайних образующих цилиндра или конуса, на главном меридиане и экваторе шара), отделяющие видимую часть линии пересечения от невидимой; «крайние точки» – правые и левые, наивысшие и наинизшие, ближайшие и наиболее удаленные от плоскостей проекций. Все остальные точки линии пересечения поверхностей называются промежуточными.

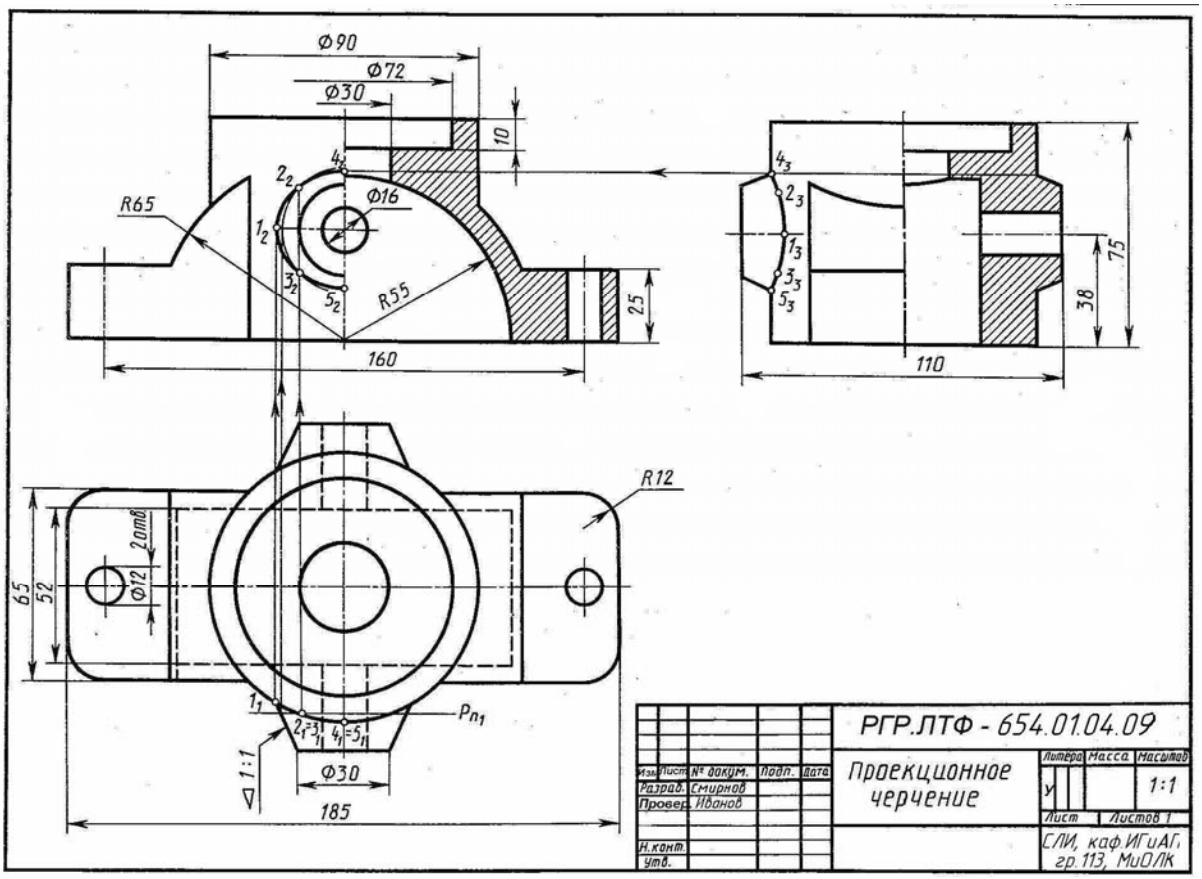
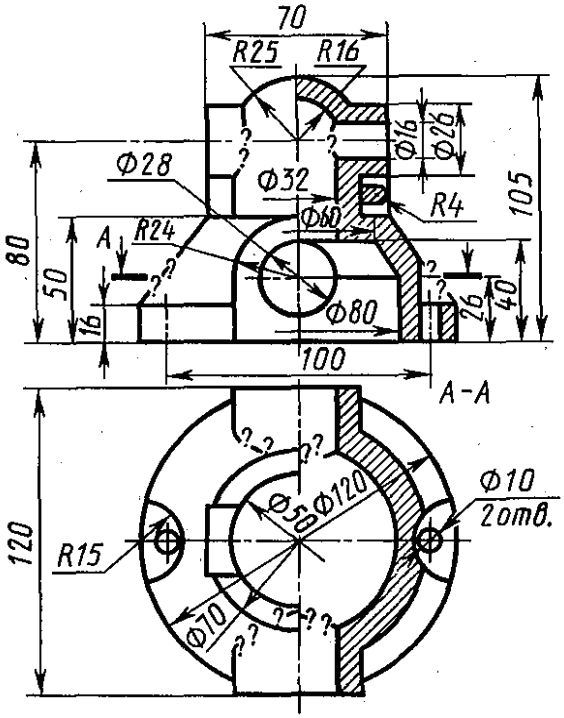


Рисунок 2.75 – Пример выполнения задания по теме 6

1, 11



2, 12

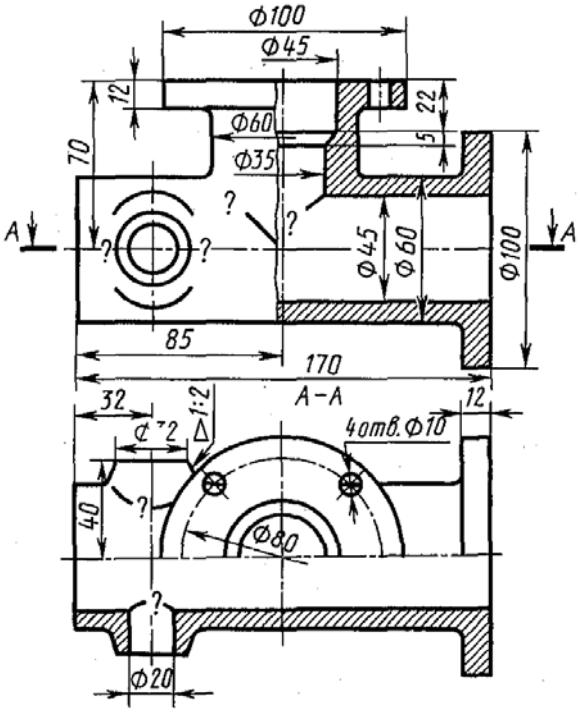
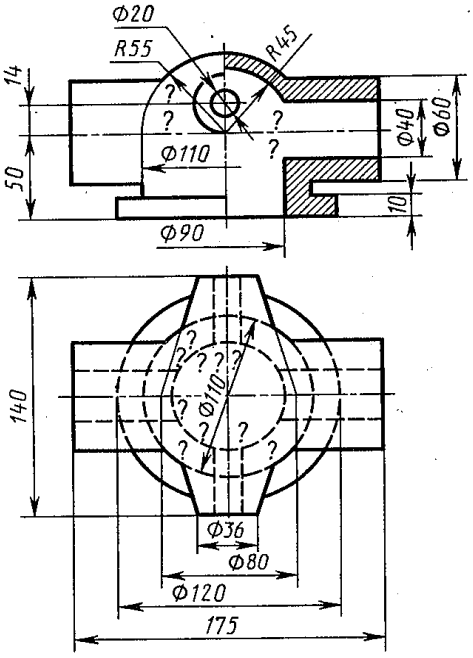
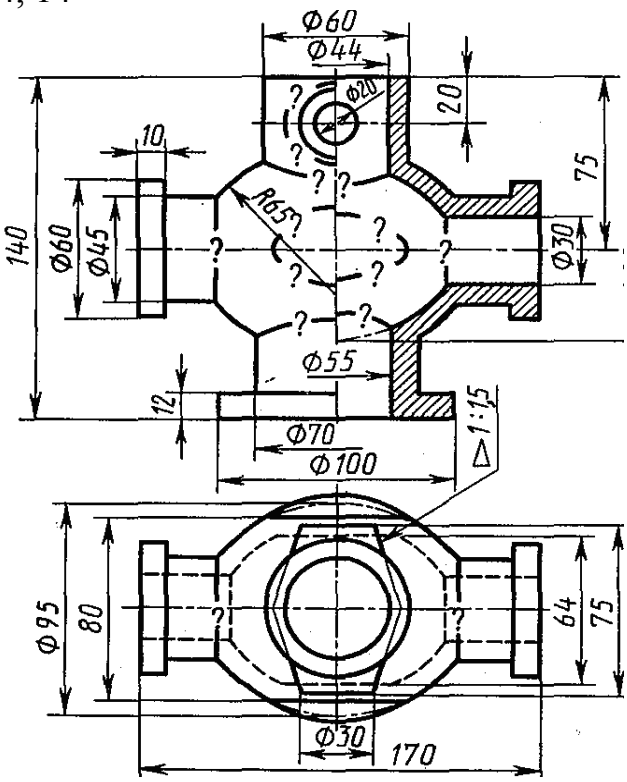


Рисунок 2.76 – Индивидуальные задания для выполнения работы по теме 6

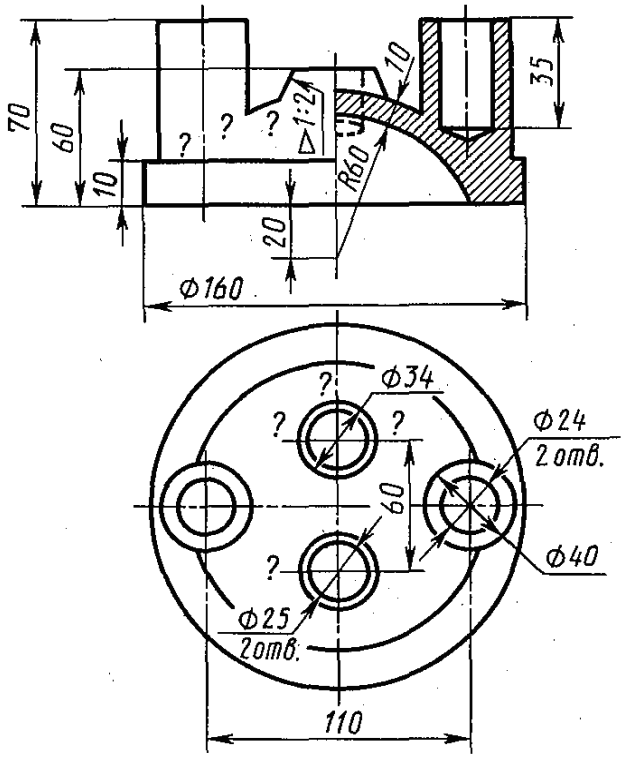
3, 13



4, 14



5, 15



6, 16

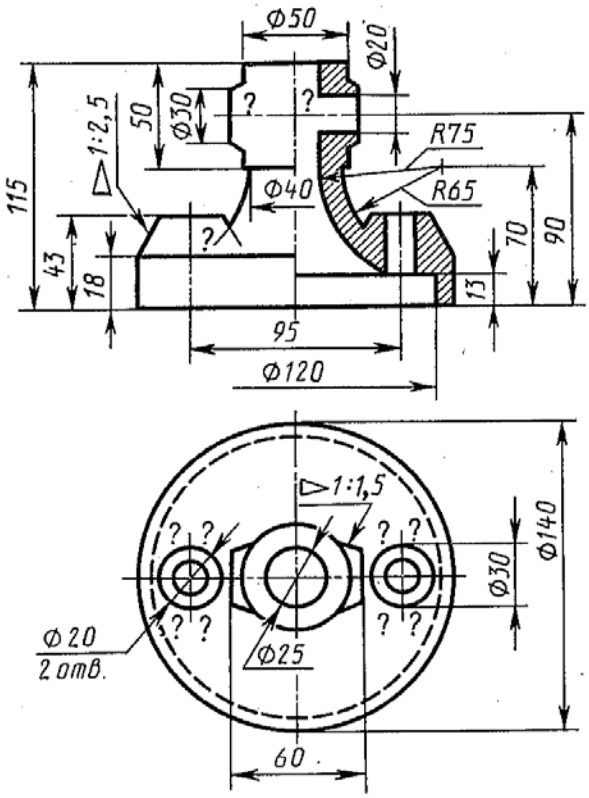


Рисунок 2.76. Продолжение

7, 17 8, 18

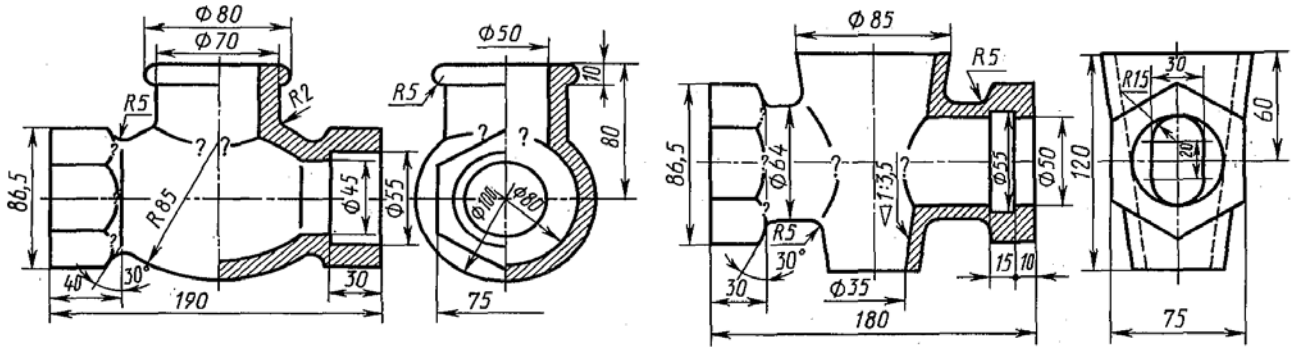


Рисунок 2.76. Продолжение

2.6.1 Построение линий перехода. На рисунке 2.75 показано построение линий пересечения конических бобышек с цилиндром ∅90. Так как цилиндр является проецирующей поверхностью по отношению к плоскости проекций P_1, то на этой плоскости, т. е. на виде сверху, искомая линия проецируется на окружность ∅90. Точка 1 пересечения очерковой образующей конуса с цилиндром проецируется на виде спереди на горизонтальную осевую линию конуса – 12.

Промежуточные точки 2, 3 и симметричные им 4 и 5 могут быть построены при помощи фронтальной плоскости *P*. Через горизонтальные проекции точек 2 и 3 – 2_1, 3_1 – проводим след P_{n1}. Проведенная плоскость пересекает конус по окружности. Радиус окружности измеряем по следу плоскости от оси конуса до его очерковой образующей. Проводим на фронтальной проекции окружность, на которой и находим фронтальные проекции точек 2 и 3 – 2_2 и 3_2. Профильная проекция линий пересечения конуса с цилиндром ∅90 строится по двум уже построенным проекциям. Подробнее о построении линий перехода см. в курсе начертательной геометрии.

В индивидуальных заданиях (рисунок 2.76) размерные линии расположены в некоторых случаях нерационально из-за отсутствия третьего изображения. При выполнении работы следует руководствоваться ГОСТ 2.307-68, а не механически повторять размещение размеров с задания.

Линии перехода должны быть такой же толщины, как контурные. Все линии построений для нахождения линий перехода на чертеже сохранить.

2.6.2 Уклон и конусность. При построении машиностроительных чертежей деталей часто встречаются уклоны, конусности, фаски.

Уклон прямой характеризует ее наклон к другой прямой, обычно горизонтальной и реже – вертикальной. Уклон выражается отношением противоположного катета *BC* к прилежащему катету *AC* (рисунок 2.77). Он представляет собой $\mathrm{tg}\ \alpha = BC/AC$. Уклон может быть выражен простой дробью, десятичной или в процентах. Значение уклона записывается на полке линии-выноски, расположенной параллельно направлению, по которому определяется величина уклона.

Конусностью называется отношение диаметра окружности основания прямого конуса к его высоте (рисунок 2.78), а для усеченного конуса – отношение разности диаметров двух поперечных сечений конуса к расстоянию между ними, т. е. $2tg\ \alpha = (D - d)/h_1$. При одном и том же угле конусность в два раза больше уклона. Конусность может быть выражена простой и десятичной дробью, а также в процентах.

Согласно ГОСТ 2.307-68, перед размерным числом, определяющим уклон, наносят знак, острый угол которого должен быть направлен в сторону уклона (см. рисунок 2.77); перед размерным числом, характеризующим конусность, наносят знак $\triangleright$, вершина которого должна быть направлена в сторону вершины конуса (см. рисунок 2.78).

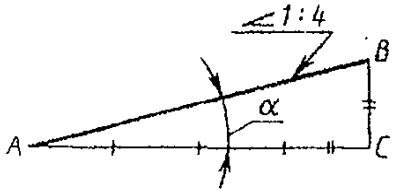


Рисунок 2.77 – Уклон

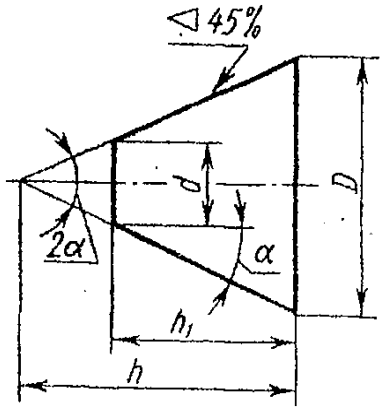


Рисунок 2.78 – Конусность

Вопросы для самопроверки

1. В чем состоит общий способ нахождения точек пересечения прямой с поверхностью геометрического тела?
2. Каким способом находят точки линий взаимного пересечения поверхностей?
3. Раскрыть сущность способа вспомогательных секущих плоскостей?
4. Раскрыть сущность способа концентрических сфер?
5. Раскрыть сущность способа эксцентрических сфер?
6. Что называется уклоном?
7. Что называется конусностью?

3 ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Графическая работа № 2 состоит из чертежей к темам 7–9.

Тема 7.1 – Разъемные соединения. Изображение и обозначение резьбы, соединений на резьбе, изображение и обозначение крепежных деталей – болтов, винтов, шпилек, гаек, шайб, шплинтов. Общие сведения о резьбе.

Тема 7.2 – Шпоночные и шлицевые соединения деталей. Изображение сборочного чертежа из двух деталей, соединенных между собой шпонкой.

Тема 8.1 – Изображение и обозначение швов неразъемных соединений, выполненных сваркой. Изображение сборочного чертежа из 5 деталей, соединенных сваркой.

Тема 9 – Составление эскизов и рабочих чертежей деталей машин.

3.1 Общие указания

С графической работы № 2 начинается освоение изображения на чертежах машиностроительных изделий. При оформлении чертежей этой работы требования производства должны учитываться в большей степени, чем в первой работе. Особое внимание должно быть уделено изучению ГОСТ 2.307-68…2.313-82 и 2.101-68…2.108-68, а также умению пользоваться справочниками по машиностроительному черчению.

3.1.1 Понятие об изделии и его составных частях. Устанавливают следующие виды изделий: детали, сборочные единицы, комплексы, комплекты. Изделия в зависимости от наличия или отсутствия в них составных частей делят: а) на неспецифицированные (детали), не имеющие составных частей; б) специфицированные (сборочные единицы, комплексы, комплекты), состоящие из двух составных частей или более (рисунок 3.1).

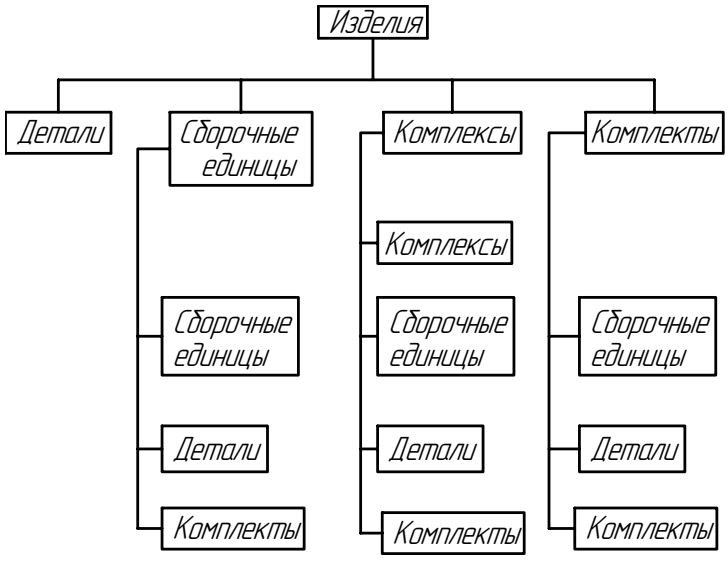


Рисунок 3.1 – Виды изделий

Деталью называется изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций, например: валик из одного куска металла; трубка, спаянная (или сварная) из одного куска листового материала; коробка, склеенная из одного куска картона.

Сборочной единицей называют изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, клепкой, сваркой, пайкой, опрессовкой, развальцовкой, склеиванием и т. п.), например автомобиль, станок, сварной корпус.

Комплексом называют два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций. Каждое из этих специфицированных изделий, входящих в комплекс, служит для выполнения одной или нескольких основных функций, установленных для всего комплекса, например: цех-автомат, АТС, корабль.

Комплектом называют два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например: комплект запасных частей, комплект инструмента и принадлежностей, комплект измерительной аппаратуры и т. п.

3.1.2 Виды конструкторских документов. Конструкторские документы (КД) подразделяют на *графические* (чертежи, схемы, графики) и *текстовые* (спецификации, технические условия, различные ведомости). Как известно, в основу классификации той или иной группы могут быть положены различные признаки, а именно: а) содержание КД; б) стадии разработки; в) способы изготовления.

Ниже перечислены некоторые виды конструкторских документов, предусмотренные ГОСТ 2.102-68:

– **чертеж детали**, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля;

– **чертеж сборочный** (код СБ), содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля;

– **чертеж общего вида** (код ВО), определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его основных частей и поясняющий принцип работы изделия (составляется, как правило, при разработке эскизного и технического проектов);

– **теоретический чертеж** (код ТЧ), определяющий геометрическую форму (обводы) изделия и координаты расположения составных частей;

– **габаритный чертеж** (код ГЧ), содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами;

– **схемы**, на которых показывают в виде условных изображений или обозначений составных частей изделий связи между ними (код схемы выбирают по ГОСТ 2.701-84).

Одним из видов схем является структурная схема или схема деления изделия на составные части (код Е1). Она определяет состав изделия, их назначение и взаимосвязь – **спецификации**, определяющие состав сборочных единиц, комплексов и комплектов.

Конструкторский документ, полностью и однозначно определяющий изделие и его состав, называется **основным** конструкторским документом. За основные конструкторские документы принимают: для детали – чертеж детали; для сборочных единиц, комплексов и комплектов – спецификацию.

Схемы, спецификация, сборочный чертеж, рабочие чертежи или эскизы и другие документы, выполненные на все изделие в целом, составляют полный комплект конструкторских документов на изделие.

3.1.3 Виды документации в зависимости от стадии разработки. В зависимости от стадии разработки КД подразделяют на проектную и рабочую документацию.

Стадии разработки проектной конструкторской документации:

– техническое задание;

– техническое предложение;

– эскизный проект;

– технический проект.

3.1.4 Виды документации в зависимости от способа исполнения и характера использования. В зависимости от способа исполнения и характера использования КД подразделяют:

– на оригиналы, выполненные на любом материале и предназначенные для изготовления по ним подлинников;

– подлинники – чертежи, выполненные на любом материале, пригодном для многократного воспроизведения с них копий, и оформленные подлинными установленными подписями;

– копии, выполненные способом, обеспечивающим их идентичность с подлинником (или дубликатом), и предназначенные для непосредственного использования при разработке в производстве, эксплуатации и ремонте изделий.

3.1.5 Эскизные документы. Конструкторские документы, предназначенные для разового использования, в производстве допускается выполнять в виде эскизных документов.

3.1.6 Учебные чертежи. В курсе инженерной графики студенты изучают основные правила выполнения чертежей деталей, сборочных чертежей и спецификаций. Выполнение этих видов КД, полностью отвечающим требованиям производства, возможно только после изучения таких дисциплин, как технология металлов, сопротивление материалов, детали машин, допуски и посадки и ряд других, поэтому в курсе инженерной графики КД выполняют с некоторыми отступлениями от требований стандартов производства. Так, например, разме-

ры наносят только номинальные, без указания предельных отклонений; для обозначения шероховатости поверхности ограничиваются только указанием одного параметра – *Ra*; не указывают (за некоторыми исключениями) поля допусков; не указывают отклонения от формы и расположения поверхностей и многое другое.

3.1.7 Виды соединений составных частей изделий. Процесс соединения составных частей изделий (деталей, сборочных единиц) называют *сборочной операцией*.

Неподвижные соединения разделяют на разъемные и неразъемные. *Разъемными* называют соединения, повторная сборка и разборка которых возможна без повреждения его составных частей (соединения при помощи резьбы, шпонок, шлицев, штифтов и др.).

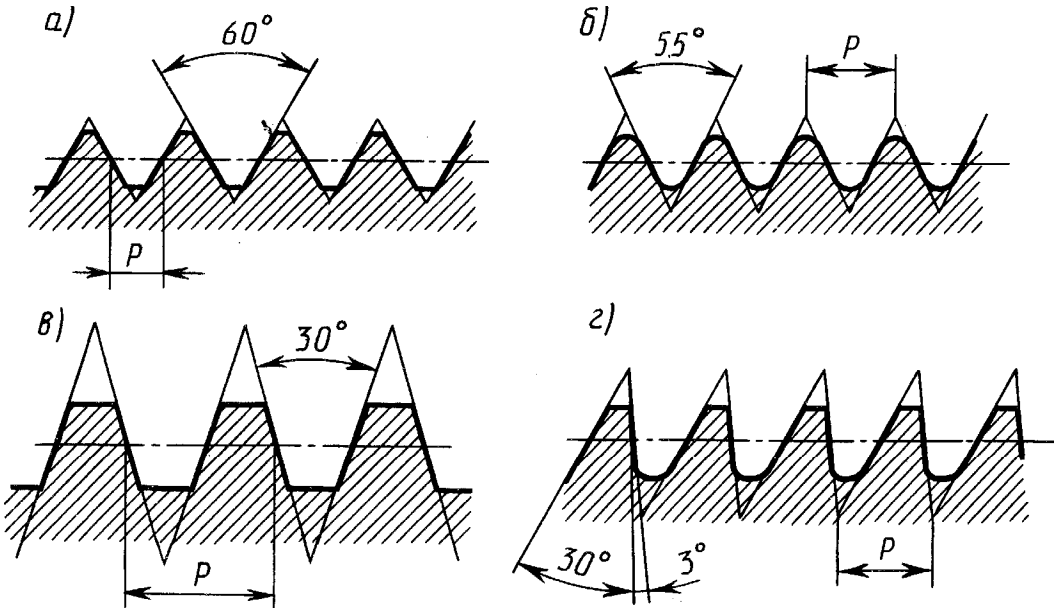
Те соединения, которые предназначены для постоянной связи составных частей изделия и которые нельзя разобрать без их повреждения, называются *неразъемными* (соединения при помощи сварки, пайки, клепки, опрессовки, склеивания и др.).

Для разъемного соединения составных частей машин и различных устройств широко применяют соединение при помощи резьбы или крепежных деталей с резьбой. Изучение правил изображения и обозначения таких соединений составляет содержание темы 7.

3.2 Тема 7.1 – Разъемные соединения. Изображение и обозначение резьбы, соединений на резьбе, изображение и обозначение крепежных деталей – болтов, винтов, шпилек, гаек, шайб, шплинтов. Общие сведения о резьбе

3.2.1 Терминология. Резьба образуется при винтовом перемещении некоторой плоской фигуры, задающей так называемый *профиль резьбы* (рисунок 3.2), расположенной в одной плоскости с осью поверхности вращения (осью резьбы) – цилиндрической, конической, по которой профиль совершает свое движение. Часть резьбы, образованную при одном повороте профиля вокруг оси, называют *витком*. При этом все точки производящего профиля перемещаются параллельно оси на одну и ту же величину, называемую *ходом резьбы*. Резьбу, образованную движением одного профиля, называют *однозаходной*; образованную движением двух, трех одинаковых профилей и более – *многозаходной*.

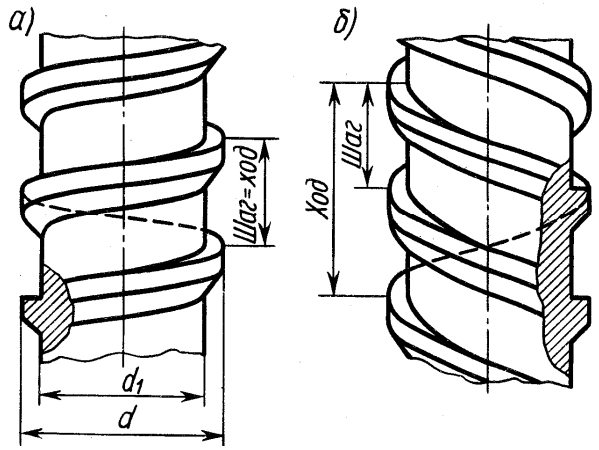
Шагом резьбы *P* (рисунок 3.2) называют расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельной резьбе. Очевидно, что у однозаходной резьбы ход равен шагу (рисунок 3.3, *а*), у многозаходной ход равен шагу, умноженному на число ходов (рисунок 3.3, *б*).



а) треугольный φ = 60°; *б*) треугольный φ = 55°; *в*) равнобочная трапеция φ = 30°; *г*) неравнобочная трапеция.

Рисунок 3.2 – Профили стандартных резьб

Винтовая линия бывает правой и левой, поэтому резьба образуется **правой** или **левой**. Если ось резьбы расположить вертикально перед наблюдателем, то у правой резьбы видимые витки поднимаются слева направо (рисунок 3.3, *а*), а у левой – справа налево (рисунок 3.3, *б*). Так как применяется преимущественно правая резьба, то на чертеже оговаривают левую, добавляя к обозначению резьбы *LH* согласно ГОСТ 8724-81 Резьба метрическая, диаметры и шаги.



а) правая резьба; *б*) левая резьба.

Рисунок 3.3 – Наглядное изображение правой и левой резьбы

3.2.2 Классификация резьб. Резьбы классифицируют:

1) **по форме профиля** – контуру сечения резьбы плоскостью, проходящей через ее ось:

– стандартные:

а) треугольного профиля (метрическая, дюймовая, трубная);

б) трапецеидального профиля (трапецеидальная, упорная);

– нестандартные:

в) прямоугольного профиля и круглого профиля;

2) **по форме поверхности**, на которой нарезана резьба:

а) цилиндрические;

б) конические.

3) **по расположению на поверхности:**

а) наружные;

б) внутренние.

4) **по эксплуатационному назначению:**

а) крепежные (метрическая и дюймовая) – предназначены для скрепления деталей машин и приборов (соединение болтом, шпилькой);

б) крепежно-уплотнительные (трубные цилиндрическая, коническая и метрическая коническая) – предназначены для герметичного скрепления деталей (соединение труб);

в) ходовые (упорная резьба) – предназначены для преобразования вращательного движения в прямолинейное в прессах и домкратах;

г) кинематические (трапецеидальная и прямоугольная) – применяют для обеспечения точного перемещения при наименьшем трении;

5) **по направлению винтовой линии:**

а) правая резьба (деталь ввинчивается по часовой стрелке);

б) левая резьба (деталь ввинчивается против часовой стрелки) – *LH*;

6) **по числу заходов:**

а) однозаходные ($t = P$) – образованные одним винтовым выступом;

б) многозаходные ($t = n \times P$) – образованные двумя и более винтовыми выступами.

3.2.3 Параметры резьбы (рисунок 3.4).

1. Диаметры:

а) наружный (номинальный) – d;

б) средний – d_2;

в) внутренний – d_1.

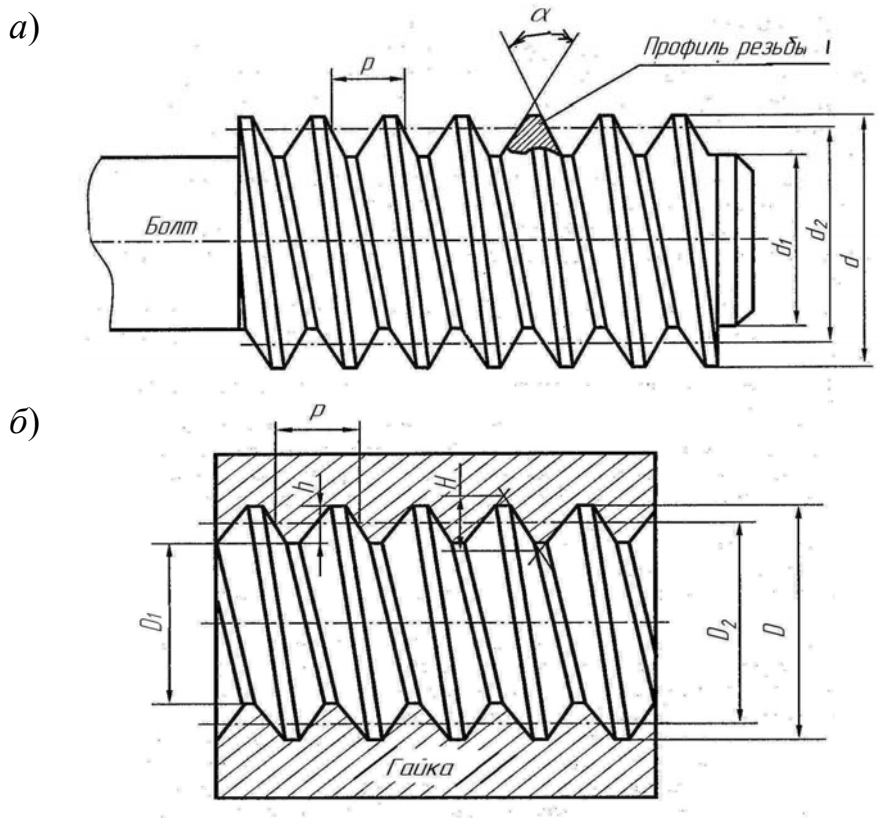
2. Профиль резьбы: контур – полученный сечением резьбы плоскостью, проходящей через ее ось.

3. Угол профиля (φ) – угол между боковыми сторонами профиля.

4. Шаг резьбы (*P*) – расстояние между соседними одноименными сторонами профиля. Бывает: крупный (не указывается на чертеже) и мелкий (указывается: *M20 × 1,5*).

5. Ход резьбы (*t*) – расстояние, которое пройдет винт за один полный оборот вокруг оси: $t = n \times P$, где n – количество заходов; P – шаг резьбы.

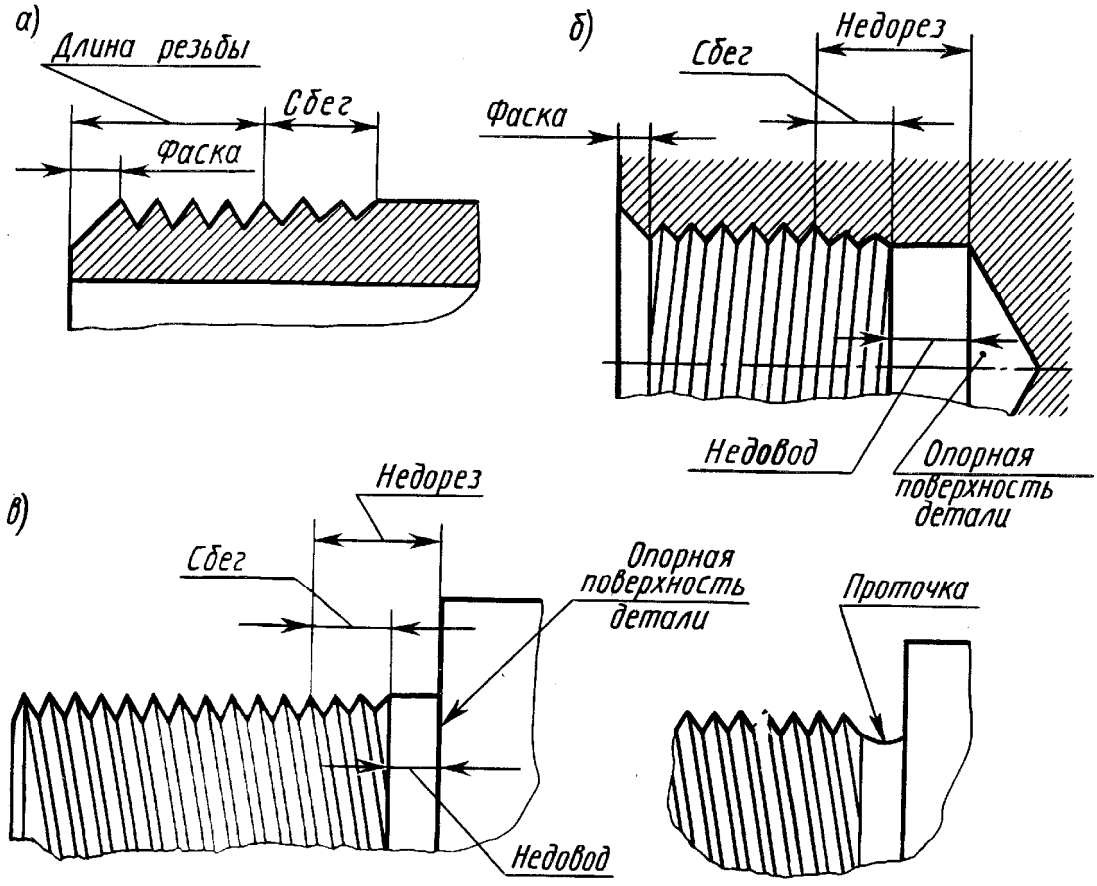
6. Длина резьбы (*L*) – длина полного профиля резьбы.



а) наружная резьба; *б*) внутренняя резьба.
Рисунок 3.4 – Основные параметры резьбы

3.2.4 Элементы резьбы. Резьбу изготовляют или режущим инструментом с удалением слоя материала, или накаткой путем выдавливания. При выводе инструмента из материала резьба как бы сходит на нет, образуя так называемый *сбег резьбы*. *Длиной резьбы* называют длину участка поверхности, на которой образована резьба, включая сбег резьбы и фаску.

Как правило, на чертежах указывают только длину резьбы с полным профилем (рисунок 3.5, *а*). Если резьбу выполняют до некоторой поверхности, не позволяющей перемещать резьбообразующий инструмент до упора к ней, то образуется так называемый *недовод резьбы* (рисунок 3.5, *б*). Сбег плюс недовод образуют так называемый *недорез резьбы*. Если требуется изготовить резьбу полного профиля, без сбега, то для вывода резьбообразующего инструмента делается проточка, диаметр которой для наружной резьбы должен быть немного меньше внутреннего диаметра резьбы, а для внутренней резьбы – немного больше наружного диаметра резьбы (рисунок 3.5, *в*). Более подробные сведения можно найти в ГОСТ 11708-82 Резьбы. Основные определения.



а) элементы наружной резьбы; *б*) элементы внутренней резьбы; *в*) резьбовая проточка.

Рисунок 3.5 – Наглядное изображение элементов резьбы

Фаска – это скошенная кромка стержня или отверстия. Размер фаски по ГОСТ 2.307-68 обозначается одной размерной линией с указанием высоты фаски *с* и угла наклона 45° образующей или плоскости среза (рисунок 3.6).

Сбег резьбы – участок неполного профиля резьбы в зоне перехода полного профиля резьбы к гладкой поверхности.

Недорез – это длина участка гладкой поверхности детали со сбегом резьбы при нарезании резьбы в упор.

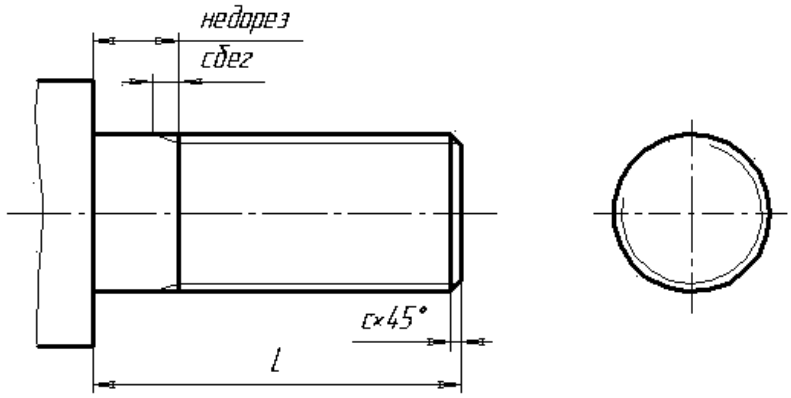
3.2.5 Изображение резьбы на чертежах. На чертежах резьба, как правило, изображается условно, так как изображение ее действительной формы очень трудоемко.

На главном виде резьба на стержне изображается сплошными основными линиями по наружному диаметру и сплошными тонкими линиями – по внутреннему. Тонкую линию на виде слева проводят не полностью (приблизительно ¾ длины окружности). Фаска на этом виде не изображается (рисунок 3.6, *а*).

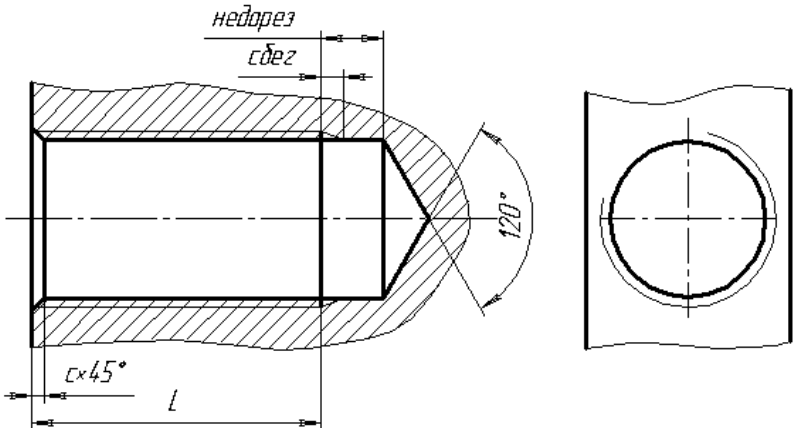
Внутренняя резьба на продольном разрезе изображается по внутреннему диаметру сплошными основными линиями, а по наружному диаметру – сплошными тонкими, проводимыми только до линии фаски (рисунок 3.6, *б*). На изображении, полученном проецированием на плоскость, перпендикулярную оси

резьбы, по внутреннему диаметру резьбы проводится окружность сплошной основной линией, а по наружному диаметру проводится дуга тонкой сплошной линией, разомкнутая в любом месте и равная приблизительно ¾ окружности. Фаска на таком виде не изображается.

а)



б)



а) изображение резьбы на стержне; *б*) изображение резьбы в отверстии.

Рисунок 3.6 – Изображение резьбы на чертежах
с указанием элементов резьбы

Расстояние между тонкой и основной линиями должно быть равным приблизительно шагу резьбы, но не менее 0,8 мм. Границу резьбы на стержне и в отверстии проводят в конце полного профиля резьбы, до сбега, основной линией (или штриховой, если резьба изображена как невидимая), которую проводят до линий наружного диаметра резьбы (рисунок 3.6).

3.2.6 Резьбовые соединения. В резьбовых соединениях резьба также показывается условно. Следует твердо запомнить правило: **в резьбовых соединениях, изображенных в разрезе, резьба стержня закрывает резьбу отверстия** (рисунок 3.7). Штриховка на разрезах и сечениях всегда выполняется до сплошной основной линии, соответствующей внутреннему диаметру резьбы в отверстии или наружному диаметру резьбы на стержне.

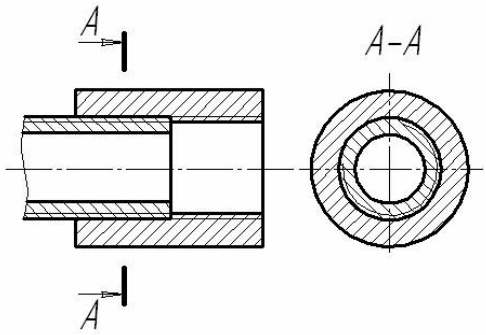


Рисунок 3.7 – Изображение резьбового соединения

3.2.7 Обозначение резьбы. В общем случае в обозначение резьбы входит буквенный знак резьбы.

Цилиндрические резьбы:

– метрическая цилиндрическая – *M* (мм);

– трапецеидальная – *Tr* (мм);

– упорная – *S* (мм);

– трубная цилиндрическая – *G* (в дюймах).

Конические резьбы:

– трубная коническая – *R* (в дюймах);

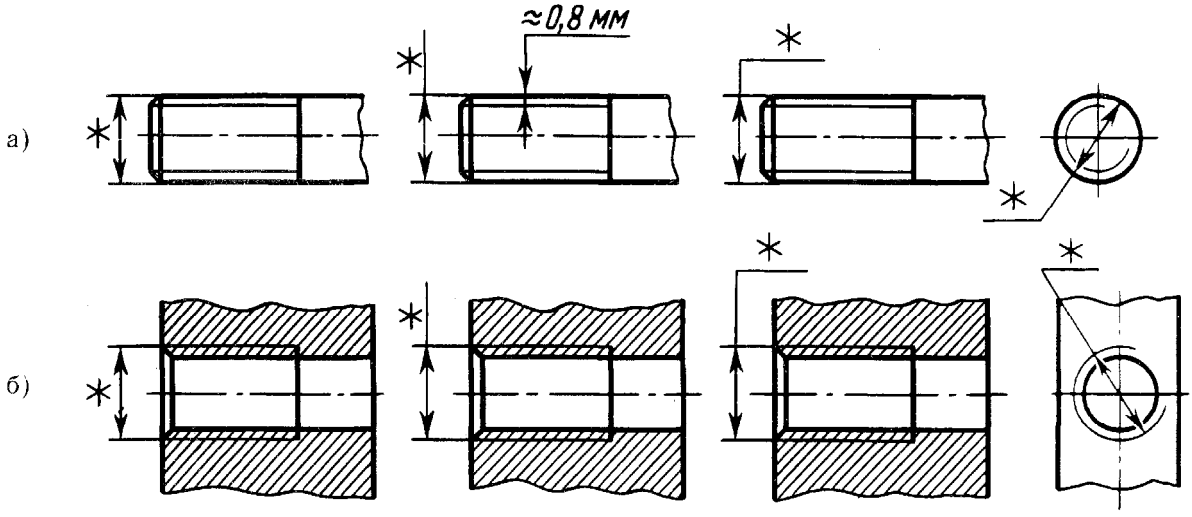
– метрическая коническая – МК (мм);

– номинальный размер (в миллиметрах или в дюймах);

– размер шага, если он мелкий (в миллиметрах);

– для многозаходной резьбы – значение хода с указанием в скобках шага; для однозаходной резьбы крупный шаг не указывают;

– буквы *LH* для левой резьбы.



а) места нанесения размеров резьб на стержне; б) места нанесения размеров резьб в отверстии.

Рисунок 3.8 – Допускаемые места нанесения размеров метрической, трапецеидальной и упорной резьб (отмечены звездочкой)

Условное обозначение резьбы, кроме трубной цилиндрической и конической, проставляется на чертеже по наружному диаметру резьбы (рисунок 3.8). Обозначение трубной цилиндрической и конических резьб указывается на полке линии-выноски (рисунок 3.9).

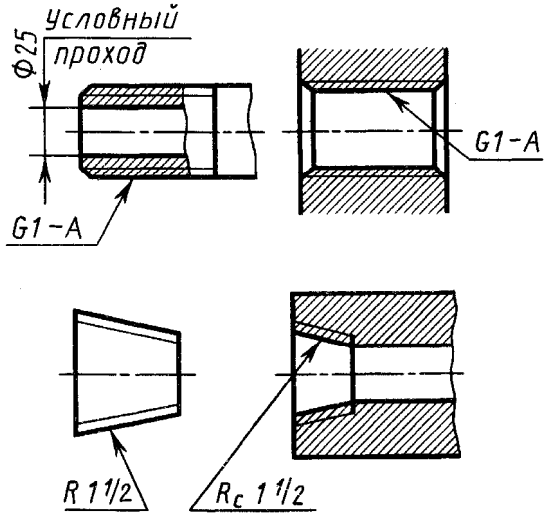


Рисунок 3.9 – Изображение и обозначение трубной цилиндрической и трубной конической резьб

Если для метрической, трапецеидальной и упорной резьбы обозначение диаметра резьбы соответствует ее наружному диаметру, то в трубной резьбе ее диаметр обозначают условно, например *G*1, что соответствует трубе, имеющей условный проход (внутренний диаметр трубы), равный 25 мм, т. е. ≈ 1". Наружный же диаметр трубной резьбы 1" равен 33,25 мм, т. е. больше на две толщины стенки, поэтому обозначение трубной (и конической) резьбы осуществляется линией-выноской с одной стрелкой и полкой (рисунок 3.9).

Прямоугольная резьба не стандартизована. При ее применении на чертеже указывают все необходимые для изготовления размеры (рисунок 3.10).

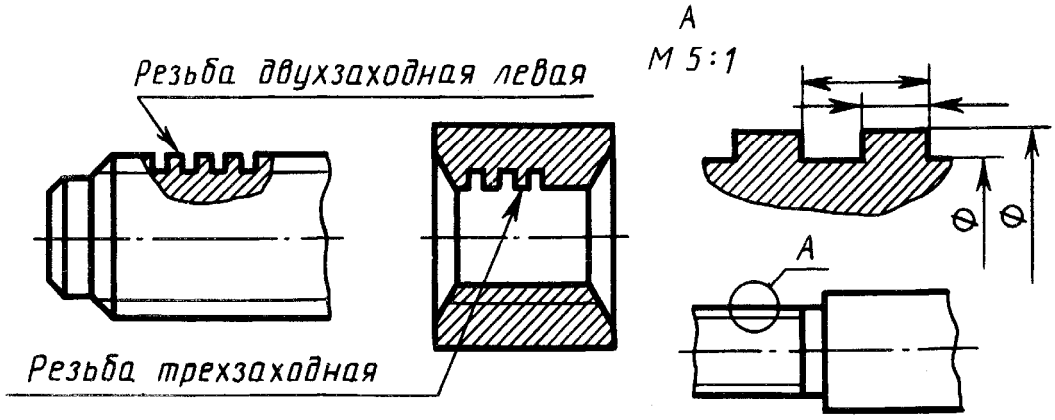


Рисунок 3.10 – Изображение прямоугольной резьбы

В таблице 3.1 приведены условные обозначения резьбы общего назначения по ГОСТ 16093-81 Резьба металлическая. Допуски.

Таблица 3.1 – Условные обозначения резьбы

Тип резьбы	Номер стандарта	Размеры, указываемые на чертеже	Условное обозначение типа резьбы	Примеры обозначения
Метрическая с крупным шагом	ГОСТ 9150-81 – профиль; ГОСТ 8724-81 – диаметр и шаги; ГОСТ 24705-81 – основные размеры	Наружный диаметр допуска	*M*	*M*10-6*g* (наружная) *M*10-6H (внутренняя)
Метрическая с мелким шагом	То же	То же и шаг резьбы	*M*	*M*30x3-6*g* (или 6H)
Упорная однозаходная	ГОСТ 10177-81	″	*S*	*S*70x10-8*g* (или 7H)
Упорная многозаходная	ГОСТ 10177-81	Наружный диаметр, ход, шаг резьбы и поле допуска	*S*	*S*40x18 (P6)-8*g* (или 7H)
Трапецеидальная однозаходная	ГОСТ 9484-81 – профиль; ГОСТ 24737-81 – основные размеры; ГОСТ 24738-81 – диаметры и шаги	Наружный диаметр, шаг резьбы и поле допуска	*Tr*	*Tr*22x5-6*g* (или 6H)
Трапецеидальная многозаходная	ГОСТ 24739-81	Наружный диаметр, ход, обозначение шага и поле допуска	*Tr*	*Tr*50x15(P3)-8*g* (или 7H)
Трубная цилиндрическая	ГОСТ 6357-73	Условное обозначение, размеры резьбы в дюймах и класс точности	*G*	*G* 3/4″ – A (или B)
Трубная коническая	ГОСТ 6211-69	Размер резьбы в дюймах	*R*	*R* – наружная *Rs* – внутренняя
Примечание – К обозначению левых резьб добавляется *LH*.				

3.2.8 Обозначение крепежных деталей. Все крепежные детали стандартизованы. На рисунке 3.11 дана структура обозначения болтов, винтов, шпилек и гаек (пояснение к рисунку: между пп. 1 и 2, 2 и 3, 10 и 11 оставляют промежутки, равные ширине прописной буквы данного размера шрифта). Многие стандарты на конструкцию и размеры предусматривают два исполнения и более. Например, болт исполнения 2 по ГОСТ 7798-70 отличается от болта исполнения 1 тем, что у него на резьбовом конце имеется отверстие под шплинт, болт исполнения 3 – тем, что у него в головке имеется два отверстия для кон-

тровки болта проволокой; ГОСТ 7795-70 предусматривает пять исполнений болта. Гайка исполнения 2 по ГОСТ 5915-70 отличается от гайки исполнения 1 тем, что у нее фаска сделана не с обеих, а с одной стороны; и т. д.

Между поз. 3 и 4 ставят знак умножения по ГОСТ 2.304-81; между поз. 4 и 5 указывают поле допуска и ставят по ГОСТ 2.304-81 дефис (черточку); между поз. 5 и 6 (если отсутствуют поз. 4 и 5, то между поз. 3 и 6) ставят знак умножения. У гаек, естественно, параметр 6 отсутствует. Между поз. 6 и 7, 7 и 8, 8 и 9 посередине промежутков ставят четкие точки.

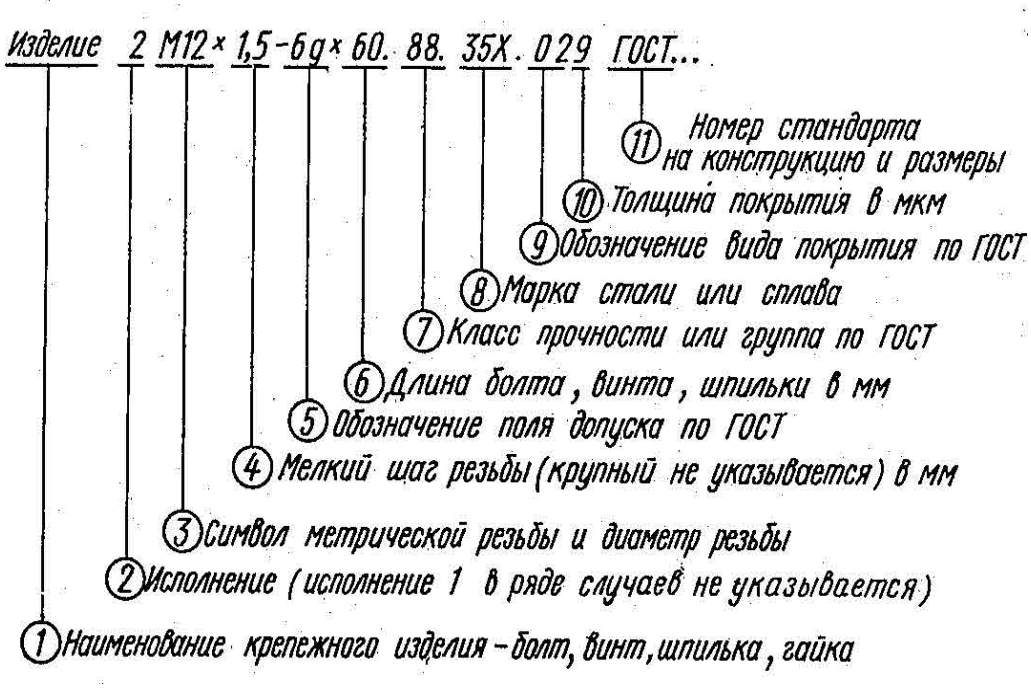


Рисунок 3.11 – Пример обозначения крепежного изделия

3.2.9 Точность изготовления. Поле допуска, устанавливающее величину зазоров между резьбой на стержне (болта, винта, шпильки) и в отверстии (гайки), выбирают по ГОСТ 16093-81.

Установлены следующие поля допусков:

для резьбы на стержне – 4*h*, 6*h*, 6*g*, 6*e*, 6*d*, 8*h*, 8*g*;

для резьбы в отверстии – 4*H*5*H*, 5*H*6*H*, 6*H*, 6*G*, 7*H*, 7*G*.

От поля допусков 4*h* до поля 8*g* для стержней и от поля допусков 4*H* до 7*G* для отверстий зазоры увеличиваются, т. е. резьба изготовляется все с меньшей точностью. Студенты могут ограничиться этими сведениями, не обращаясь к указанному стандарту.

Класс прочности для болтов, винтов, шпилек выбирают из ряда 36, 46, 48, 56, 58, 66, 69, 88 и т. д. по таблицам 13 и 5 ГОСТ 1759-86, а для гаек – из ряда 4, 5, 6, 8 и т. д. по таблицам 2, 4, 6, того же стандарта. Студенту надо запомнить, что **чем больше число, тем прочнее материал**.

На учебных чертежах, выполняемых по курсу инженерной графики, допускается условно принимать, что болты, винты, шпильки изготовлены из уг-

леродистой стали класса прочности 58, а гайки – из той же стали класса прочности 5; что резьба выполнена с полем допуска 6*g* для болтов, винтов и шпилек и 6*H* для гайки; что они не подвергались защитным (антикоррозионным) или декоративным покрытиям.

Следовательно, обозначение болта при этих допущениях принимает вид:

Болт 2*M*12 × 1,5 – 6*g*х60.58 ГОСТ…

Обозначение гайки:

Гайка 2*M*12 × 1,5 – 6*H*.5 ГОСТ…

Обозначения еще больше упрощаются, если детали имеют первое исполнение и крупный шаг резьбы:

Болт *M*12 – 6*g*х60.58 ГОСТ...

Гайка *M*12 – 6*H*.5 ГОСТ…

Аналогичные обозначения допускаются при обозначении шайб и шплинтов.

Шайба 2.12.01.08кп ГОСТ 11371-78,

где 2 – исполнение, 12 – диаметр резьбы стержня, 01 – группа материала (углеродистая сталь);

Шайба 12.65Г ГОСТ 6402-70, где 65Г – пружинная марганцовистая сталь;

Шплинт 5Х28 ГОСТ 397-79,

где 5 – условный диаметр шплинта (диаметр отверстия в стержне), 28 – длина шплинта без головки.

Во всех приведенных случаях покрытие не предусмотрено.

3.2.10 Разновидности крепежных изделий. Они весьма разнообразны. Так, болты и винты изготовляют с различной формой головки – шестигранной, квадратной, полукруглой, потайной и др., также различны формы гаек – шестигранные, квадратные, круглые, корончатые и др. Кроме того, шестигранные гайки бывают нормальные, низкие, высокие, особо высокие. Шпильки различают по длине ввинчиваемого резьбового конца (посадочного), предназначенного для ввинчивания в отверстие с резьбой: длиной, равной *d*, – для ввертывания в детали, изготовляемые из твердых металлов – стали, латуни, бронзы; длиной 1,25*d* и 1,6*d* – для ввертывания в детали, изготовленные из более мягких металлов, например из ковкого и серого чугуна; длиной 2*d* и 2,5*d* – для резьбовых отверстий в деталях из мягких сплавов. По точности изготовления болты, шпильки, винты и гайки бывают нормальной, повышенной и грубой точности. Разнообразны и шайбы – круглые, косые, пружинные, многолапчатые и др. Таким образом, число стандартов, описывающих форму и размеры резьбовых изделий, весьма велико.

Задания по теме 7.1

Вычертить:

1) болт, шайбу, гайку (и шплинт, если болт имеет отверстие под шплинт) по их действительным размерам, которые следует взять из соответствующих стандартов;

2) упрощенное изображение этих же деталей в сборе;

3) гнездо под резьбу, гнездо с резьбой, шпильку отдельно и шпильку в сборе с гайкой и шайбой (и шплинтом, если задана корончатая или прорезная гайка) по их действительным размерам, которые следует взять из соответствующих стандартов.

Варианты заданий даны в таблицах 3.2 и 3.3.

Таблица 3.2 – Варианты заданий для выполнения задания соединения болтом

Номер варианта	Резьба	Длина болта, мм	Исполнение			ГОСТ		
			болта	гайки	шайбы	болта	гайки	шайбы
1, 19, 27	*M*16	70	1	1	1	7798-70	5915-70	11371-78
2, 10, 18	*M*18	80	1	2	–	7798-70	15521-70	6402-70
3, 17, 25	*M*20	90	1	1	2	7805-70	5927-70	6402-70
4, 16, 24	*M*24	70	2	2	–	7798-70	5918-70	11371-78
5, 15, 23	*M*16 × 1,5	80	1	1	1	7796-70	15521-70	6402-70
6, 14, 22	*M*16 × 1,5	90	2	2	–	7805-70	5918-70	11371-78
7, 3, 21	*M*20 × 1,5	70	1	1	–	7805-70	5927-70	6402-70
8,12,20	*M*24 × 1,5	80	2	2	2	7798-70	5918-70	11371-78
9, 11, 26	*M*20	90	1	1	2	7796-70	15521-70	6402-70

Таблица 3.3 – Варианты заданий для выполнения задания соединения шпилькой

Номер варианта	Резьба	Длина шпильки	Исполнение			ГОСТ		
			шпильки	гайки	шайбы	шпильки	гайки	шайбы
1, 11, 26	*M*16 × 1,5	50	–	1	–	22036-76	5918-73	11371-78
2, 12, 20	*M*8	55	–	1	1	22034-76	5915-70	6402-70
3, 13, 21	*M*20 × 1,5	60	–	2	–	22032-76	5918-73	11371-78
4, 14, 22	*M*16	50	–	1	1	22038-76	5916-70	6402-70
5, 15, 23	*M*18 × 1,5	55	–	2	–	22036-76	5918-73	11371-78
6, 16, 24	*M*20	60	–	1	1	22034-76	5915-70	6402-70
7, 17, 25	*M*16 × 1,5	50	–	1	2	22040-76	5918-73	11371-78
8, 10, 18	*M*18	55	–	1	–	22036-76	5916-70	6402-70
9, 19, 25	*M*20 × 1,5	50	–	2	2	22032-76	5918-73	11371-78

Чертежи выполняют карандашом на листе формата *А3*. Должны быть полностью указаны размеры изображаемых деталей, а на изображениях болтового и шпилечного соединения – только те, которые указаны на рисунке 3.12. Над изображениями надписать соответствующие условные обозначения или другие поясняющие надписи, как это сделано на рисунке 3.12.

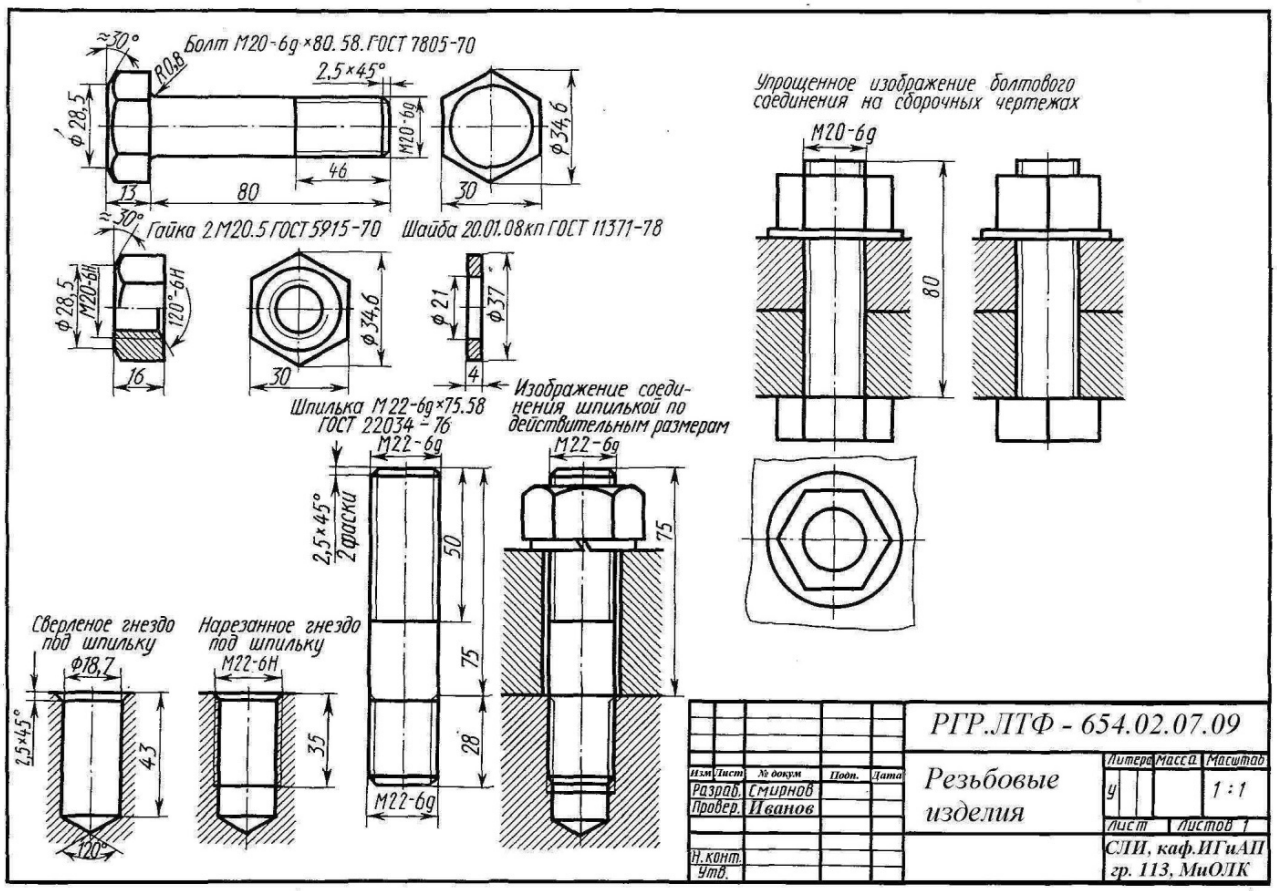


Рисунок 3.12 – Пример выполнения чертежа резьбовых соединений

1. Если в графе «Исполнение» сделан прочерк, это означает, что изделие изготовляется в единственном исполнении.

2. Если в шпилечном соединении применяется прорезная или корончатая гайка, то она должна навинчиваться на шпильку так, чтобы конец последней выступал из гайки не более чем на 3–5 мм, при этом шплинт (диаметр и длина) подбирается по ГОСТ 397-79.

3. Если в графе «Исполнение» стоит прочерк, то это означает, что изделие изготовляется в единственном исполнении.

Диаметр сверленого отверстия (гнезда) под резьбу брать из ГОСТ 19257-73 для мелкой резьбы, а для крупной принять условно равным приблизительно 0,85d; глубину гнезда определить как сумму длины резьбы посадочного конца шпильки, величины недореза (сбега, равного двум шагам, недовод, равного двум шагам) плюс два шага полного профиля резьбы.

При выполнении упрощенного изображения болтового соединения руководствоваться рисунком 3.13. Если гайка корончатая, то обращаться к ГОСТ 2.315-68.

Размеры фасок, выполняемых на резьбовых концах болта и шпильки, взять из ГОСТ 10549-80.

Строя изображения гаек, следует ясно понять, что дуги кривых на гранях гаек являются дугами гипербол (рисунок 3.14) и что они могут быть построены

по правилам начертательной геометрии, изложенным в любом учебнике черчения или начертательной геометрии, но их, как правило, заменяют на изображениях дугами окружностей.

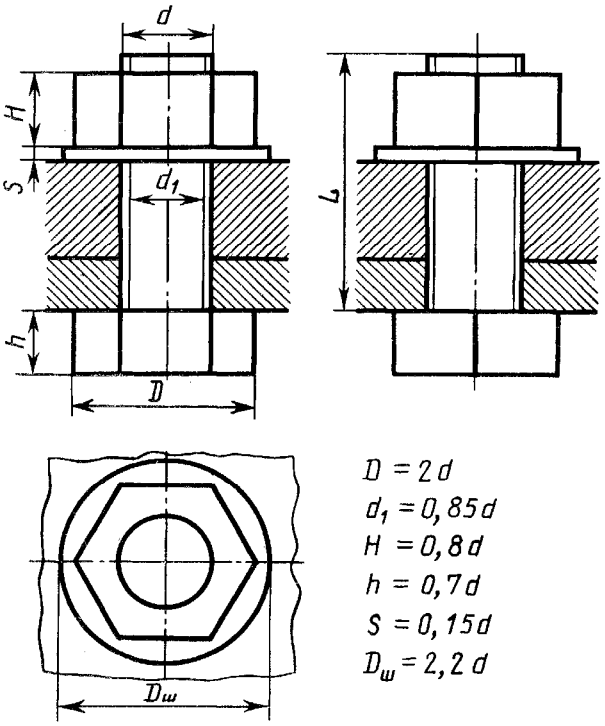


Рисунок 3.13 – Соединение деталей болтом

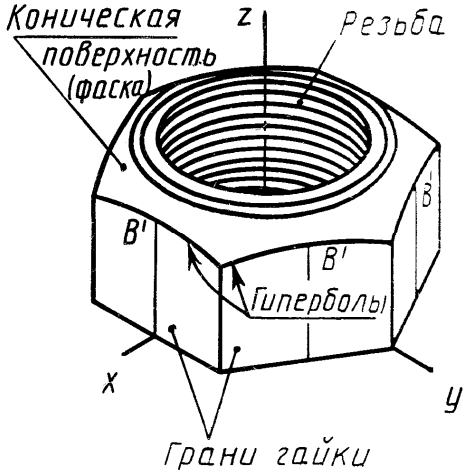


Рисунок 3.14 – Элементы гайки

Рекомендуемая литература. [1], [2], [6], [7].

Вопросы для самопроверки

1. Какое изделие называют деталью?
2. Какое изделие называют сборочной единицей?
3. Каким требованиям должен удовлетворять чертеж детали?
4. Каким требованиям должен удовлетворять чертеж сборочной единицы?
5. Как подразделяется конструкторская документация (КД) в зависимости от стадии проектирования?
6. Какие КД называют подлинниками?
7. В чем состоит различие между понятиями «ход резьбы» и «шаг резьбы»?
8. Как отличить левую от правой (на изображении и в натуре)?
9. Что такое «недорез» резьбы? Из каких частей он состоит?
10. Пояснить эскизом правило: «Резьба стержня закрывает резьбу отверстия».
11. В каких случаях указывается шаг метрической резьбы?
12. Нарисуйте профиль резьбы, обозначаемой символом «*S*».
13. В чем особенность трубной резьбы?
14. Расшифруйте все составные элементы обозначения резьбового изделия: *Винт* 2*M*12×1,25–6*g*x50.109.40Х.019 ГОСТ 1491-80.

3.3 Тема 7.2 – Шпоночные и шлицевые соединения деталей. Изображение сборочного чертежа из двух деталей, соединенных между собой шпонкой

Соединения различных деталей машины (зубчатых колес, шкивов, маховиков, муфт и т. п.) с валами и осями посредством шпонок называются *шпоночными соединениями*. Основным назначением этих соединений является передача крутящих моментов, причем соединения деталей могут в отдельных случаях иметь относительное осевое перемещение.

Шпоночные соединения могут быть напряженными и ненапряженными. *Напряженные* соединения обеспечиваются клиновыми и тангенциальными шпонками, *ненапряженные* – призматическими и сегментными. Шпонки призматические разделяются на шпонки обыкновенные (без крепления на валу) и направляющие (с креплением на валу винтами).

В данном пособии рассматриваются обыкновенные призматические и сегментные шпонки. Размеры призматических шпонок и пазов для них определяются в зависимости от диаметра вала по ГОСТ 23360-78. В таблицах 3.4 и 3.5 приведены выдержки из этого ГОСТ в соответствии с рисунком 3.14.

Торцы призматических шпонок могут быть скругленными (исполнение 1), один торец скругленным, а другой плоским (исполнение 2), оба торца плоскими (исполнение 3), рисунок 3.15.

Пример условного обозначения шпонки призматической обыкновенной исполнения 1 (со скругленными торцами) с размерами $b = 8$ мм, $h = 7$ мм, $l = 50$ мм: **Шпонка 8 × 7 × 50 ГОСТ 23360-78.**

Таблица 3.4 – Шпонки призматические
Размеры в миллиметрах

Ширина b	Высота h	Фаска S		Длина l*	
		не более	не менее	от	до
2	2	0,25	0,16	6	20
3	3			6	36
4	4			8	45
5	5	0,40	0,25	10	56
6	6			14	70
8	7			18	90
10	8	0,60	0,40	22	110
12	8			28	140
14	9			36	160
16	10			45	180
18	11			50	200

Продолжение таблицы 3.4

20	12	0,80	0,60	56	220
22	14			63	250
25	14			70	280
28	16			80	320
32	18			90	360
36	20	1,20	1,00	100	400
40	22			100	400
45	25			110	450
50	28			125	500
56	32	2,00	1,60	140	500
63	32			160	500
70	36			180	500
80	40	3,00	2,50	200	500
90	45			220	500
100	50			250	500
Примечание – Допускается применять шпонки с длиной, выходящей за пределы диапазона длин, указанного в таблице.					

Размеры призматических шпонок и пазов в зависимости от диаметра вала даны в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Пазы под призматические шпонки
Размеры в миллиметрах

Диаметр вала	Сечение шпонки	Шпоночный паз			Радиус закругления r или фаска S×45
		Ширина	Глубина		
			вала	втулки	
От 6 до 8	2 × 2	2	1,2	1,0	0,08–0,16
Св. 8 до 10	3 × 3	3	1,8	1,4	
Св. 10 до 12	4 × 4	4	2,5	1,8	
″ 12 ″ 17	5 × 5	5	3,0	2,3	0,16–0,25
″ 17 ″ 22	6 × 6	6	3,5	2,8	
″ 22 ″ 30	8 × 7	8	4,0	3,3	
″ 30 ″ 38	10 × 8	10	5,0	3,3	0,25–0,40
″ 38 ″ 44	12 × 8	12	5,0	3,3	
″ 44 ″ 50	14 × 9	14	5,5	3,8	
″ 50 ″ 58	16 × 10	16	6,0	4,3	
″ 58 ″ 65	18 × 11	18	7,0	4,4	
″ 65 ″ 75	20 × 12	20	7,5	4,9	0,4–0,6
″ 75 ″ 85	22 × 14	22	9,0	5,4	
Примечание – Допуск на ширину шпонки по h8, на ширину паза вала по d8.					

Вычерчивание соединений деталей шпонкой выполняется карандашом на формате *А4*. Исходным размером при вычерчивании рассматриваемого соедине-

ния является диаметр вала D, размер которого берется из таблицы 3.6. Все остальные размеры определяются в зависимости от D по таблицам 3.4, 3.5 данного пособия для соединения деталей шпонкой призматической обыкновенной или по таблице 3.4 для соединения деталей шпонкой сегментной (рисунок 3.16).

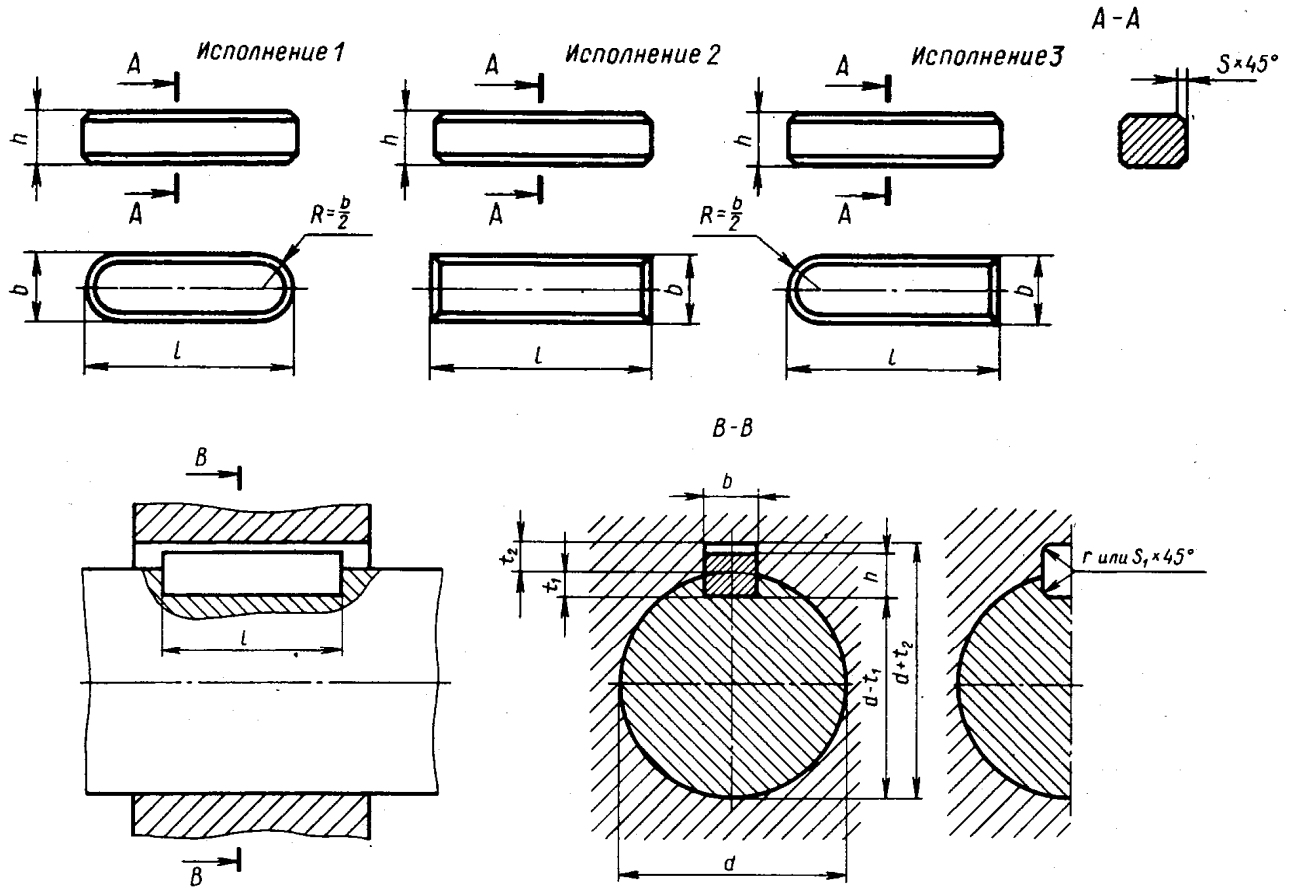


Рисунок 3.15 – Призматические шпонки

Соединяемые детали изображают не полностью, а только ту часть, которая расположена около шпонки.

При вычерчивании соединения зазор между шпонкой и пазом ступицы детали изображается примерно 1 мм. При вычерчивании шпонки фаски рекомендуется не изображать.

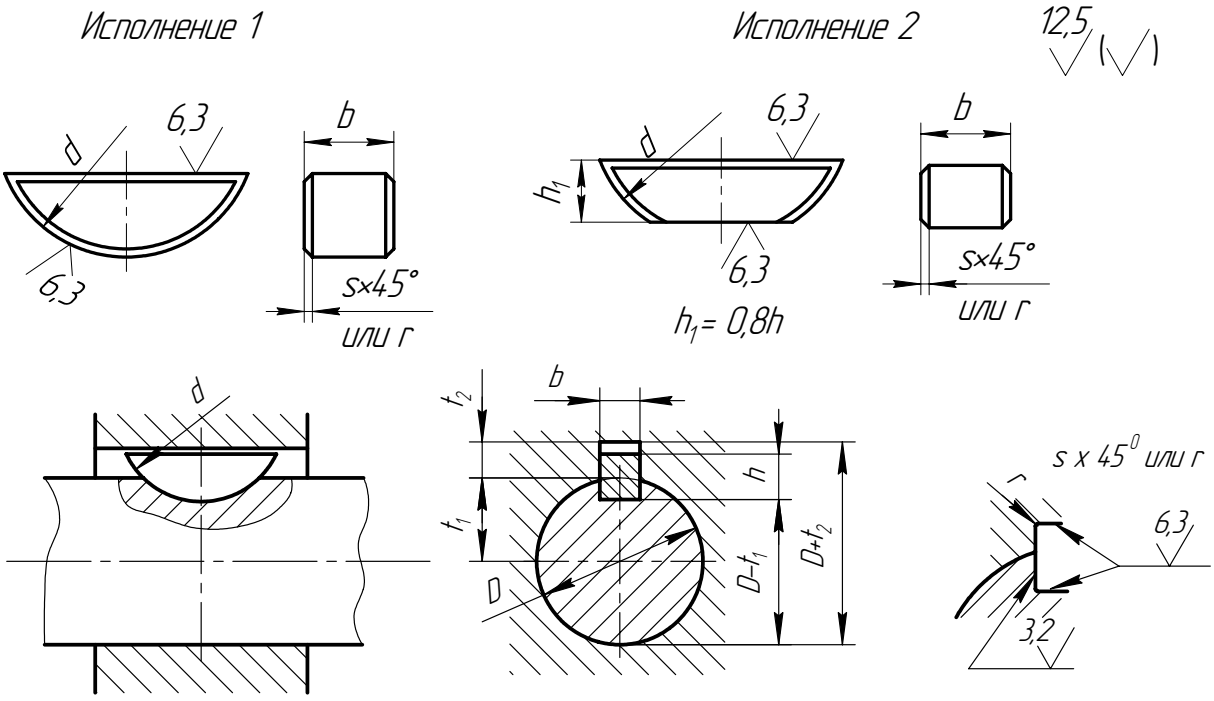


Рисунок 3.16 – Шпонка сегментная. Соединение деталей сегментной шпонкой

Таблица 3.6 – Параметры сегментной шпонки
Размеры в миллиметрах

Диаметр вала D	Размер шпонки $b \times h \times d$	Шпоночный паз			
		Ширина b	Глубина		Фаска S×45 или радиус
			вала t_1	втулки t_2	
От 3 до 4	1 × 1,4 × 4	1,0	1,0	0,6	≈ 0,12
Св. 4 ″ 6	1,5 × 2,64 × 7	1,5	2,0	0,8	
″ 6 ″ 8	2 × 2,6 × 7	2,0	2,2	1,0	
″ 8 ″ 10	2 × 3,7 × 10	2,0	2,5	1,0	
″ 10 ″ 12	2,5 × 3,7 × 10	2,5	2,7	1,2	
″ 12 ″ 15	3 × 5 × 13	3,0	3,8	1,4	
″ 15 ″ 18	3 × 6,5 × 16	3,0	5,3	1,4	
″ 18 ″ 20	4 × 6,5 × 16	4,0	5,0	1,8	≈ 0,2
″ 20 ″ 22	4 × 7,5 × 19	4,0	6,0	1,8	
″ 22 ″ 25	5 × 6,5 × 19	5,0	4,5	2,3	
″ 25 ″ 28	5 × 7,5 × 19	5,0	5,5	2,3	
″ 28 ″ 32	5 × 9 × 22	5,0	7,0	2,3	
″ 32 ″ 36	6 × 9 × 22	6,0	6,5	2,8	
″ 36 ″ 40	6 × 10 × 25	6,0	7,5	2,8	
″ 40 ″ 44	8 × 11 × 28	8,0	8,0	2,3	≈ 0,3
″ 44 ″ 50	10 × 13 × 32	10,0	10,0	3,3	

На рисунках 3.17 и 3.18 приведены примеры выполнения чертежа на рассматриваемое соединение, на рисунке 3.19 – пример заполнения спецификации на шпоночное соединение.

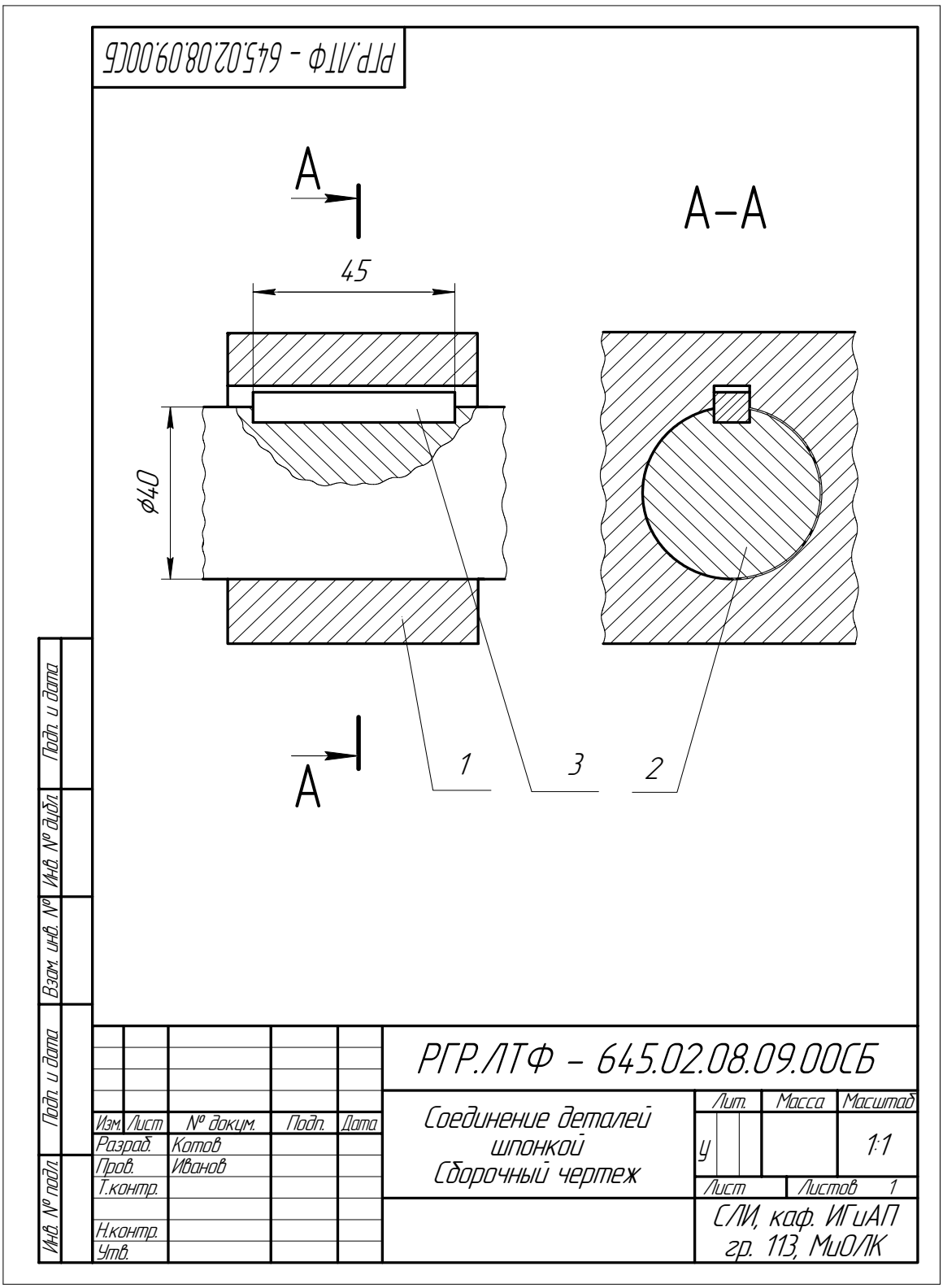


Рисунок 3.17 – Пример выполнения соединения призматической шпонкой

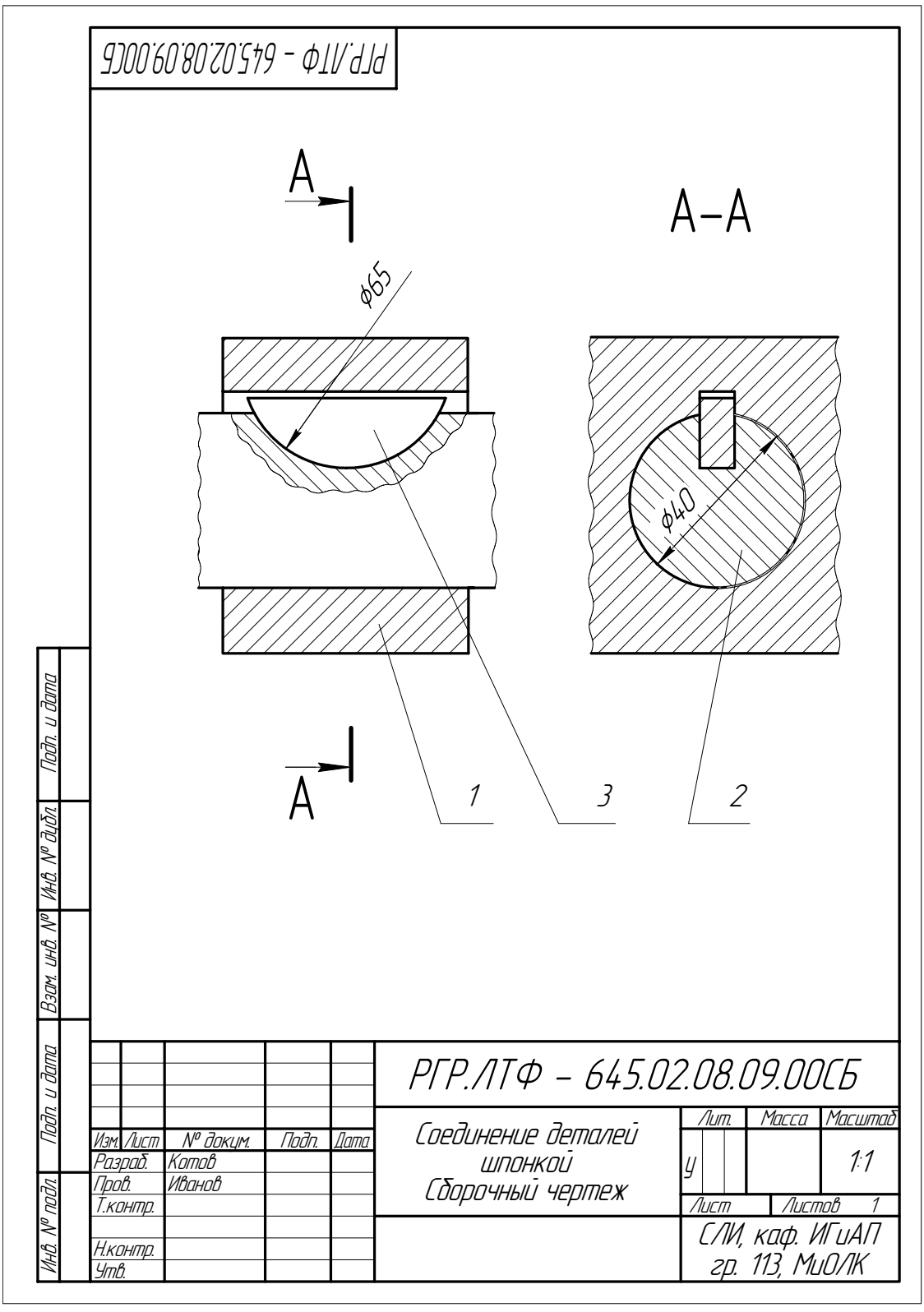


Рисунок 3.18 – Пример выполнения соединения сегментной шпонкой

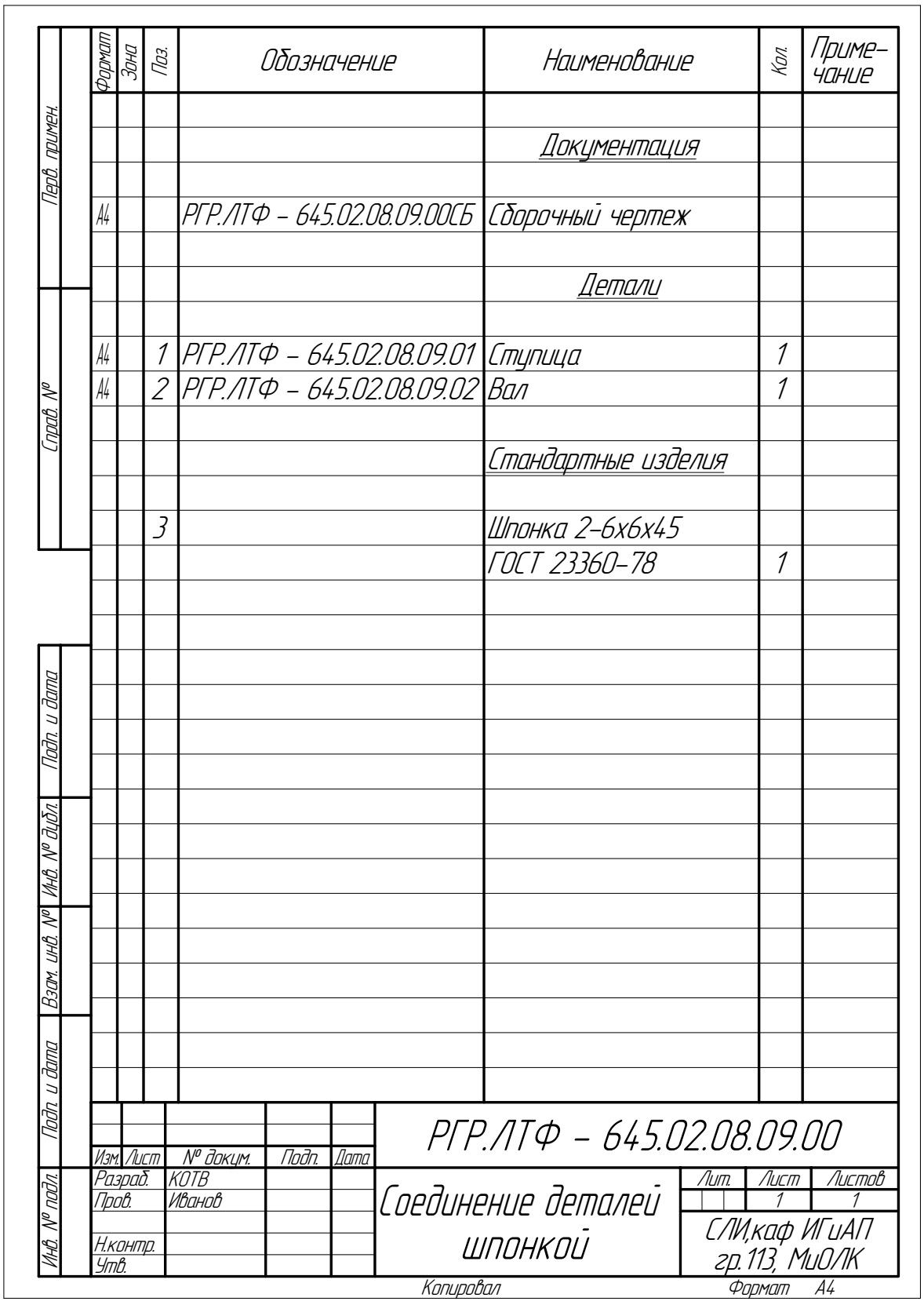


Рисунок 3.19 – Пример заполнения спецификации
на шпоночное соединение

Задание по теме 7.2

Вычертить:

1) сборочный чертеж шпоночного соединения (вал, ступица и шпонка) на формате *А4*;
2) составить спецификацию.

Варианты задания даны в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Варианты для выполнения графической работы по теме 7.2

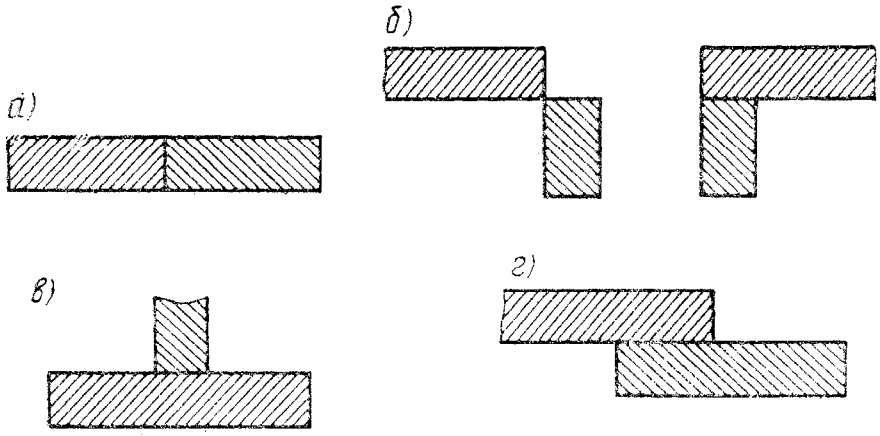
Тип шпонки	Номер варианта																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Диаметр вала *d*																			
Призматическая	85	–	15	–	80	–	72	–	68	–	30	–	45	–	66	–	48	–	65	–
Сегментная	–	10	–	38	–	14	–	32	–	16	–	30	–	15	–	26	–	18	–	24

3.4 Тема 8.1 – Изображение и обозначение швов неразъемных соединений, выполненных сваркой. Изображение сборочного чертежа из пяти деталей, соединенных сваркой

Соединения деталей при помощи сварки или пайки широко применяют в технике.

3.4.1 Сварка. В настоящее время существует чрезвычайно большое число видов сварки и способов их осуществления (интересующихся отсылаем к ГОСТ 19521-74 Сварка металлов. Классификация и к ГОСТ 2601-84 Сварка металлов. Основные понятия. Термины и определения). Столь же многочисленны и условные обозначения швов сварных соединений и способов сварки, поэтому, изучая эту тему, студент должен ознакомиться только с основными понятиями этого вида неразъемного соединения, основными правилами изображения сварных соединений и некоторыми их условными обозначениями.

Сварными соединениями называют совокупность деталей, соединенных сварным швом. Различают соединения: стыковое (рисунок 3.20, *а*), угловое (рисунок 3.20, *б*), тавровое (рисунок 3.20, *в*), нахлесточное (рисунок 3.20, *г*), обозначаемые символами С, У, Т, Н соответственно. Кромки свариваемых деталей могут быть подготовлены различными способами: без скосов кромок, со скосом одной кромки, со скосом двух кромок, с двумя симметричными скосами одной кромки, с отбортовкой кромок и др. Для их различения к соответствующему буквенному символу добавляется еще цифровое обозначение вида подготовленных кромок: С1, С2, С3 и т. д.; У1, У2, У3, ...; Н1, Н2, Н3, ...; Т1, Т2, Т3, ...



а) стыковое; *б*) угловое; *в*) тавровое; *г*) внахлестку

Рисунок 3.20 – Типы сварных соединений

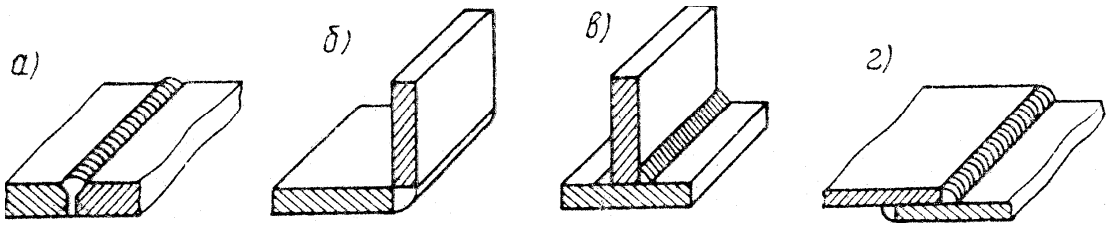
Может потребоваться снятие усиления шва с обеих или с одной его стороны или обработка наплывов и неровностей шва с плавным переходом к основному материалу. Шов может выполняться при монтаже изделия по замкнутой или незамкнутой линии, на флюсовой подушке, на стальной или флюсомедной подкладке, в среде защитного газа, с плавящимся или неплавящимся электродом и т. д. Все это находит отражение в условных обозначениях швов сварных соединений в соответствующих стандартах.

Под *сваркой* понимают процесс неразъемного соединения металлических изделий путем местного нагревания их до расплавленного или тестообразного (пластического) состояния (без применения или с применением механического усилия).

Самым распространенным способом сварки металлов является *электродуговая* сварка, при которой для местного расплавления свариваемых изделий используется тепловой эффект вольтовой дуги. *Газовая* сварка применяется в основном для соединения тонколистового материала, тонкостенных труб, а также в ремонтном деле.

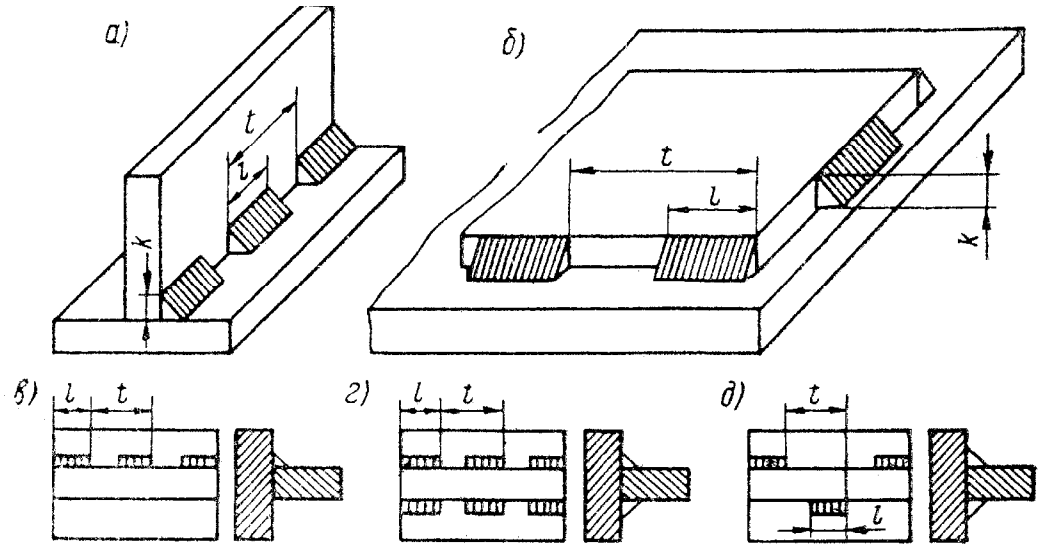
3.4.2 Сварные швы. *Сварным швом* называют затвердевший после расплавления металл, соединяющий сварные детали. Швы разделяются по протяженности, положению в пространстве, внешней форме, числу проходов, характеру выполненного шва, форме подготовленных кромок. Шов может быть односторонним и двусторонним, непрерывным или прерывистым с цепным или шахматным (рисунки 3.21, 3.22) расположением свариваемых участков, точечным и др.

Длина провариваемого участка прерывистого шва 20–60 мм (или определяется расчетом). Расстояние, или *шаг прерывистого шва*, выбирают из соответствующего ГОСТ или рассчитывают.



а) стыковой; *б*) угловой; *в*) тавровый; *г*) внахлестку.

Рисунок 3.21 – Типы сварных швов



а) тавровый; *б*) внахлестку; *в*) односторонний тавровый; *г*) цепной тавровый; *д*) шахматный тавровый.

Рисунок 3.22 – Типы прерывистых швов

По положению в пространстве швы разделяют на нижние, вертикальные; горизонтальные и потолочные (рисунок 3.23). Нижние швы выполняют на горизонтальных поверхностях, горизонтальные и вертикальные – на вертикальных (по горизонтали и вертикали), потолочные – под изделием.

По внешней форме сварные швы разделяют на выпуклые и вогнутые. Выпуклый шов, имеющий увеличенную высоту по сравнению с расчетной, называется усиленным, а вогнутый – облегченным (рисунок 3.24).

Для швов угловых и тавровых соединений, а также соединений внахлестку характерным размером является размер катета поперечного сечения шва, обозначенный на рисунке 3.24 буквой *k*.

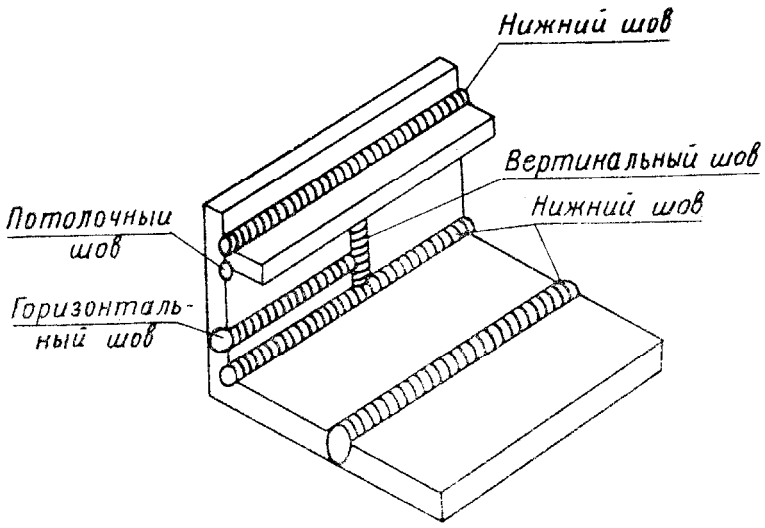


Рисунок 3.23 – Виды швов

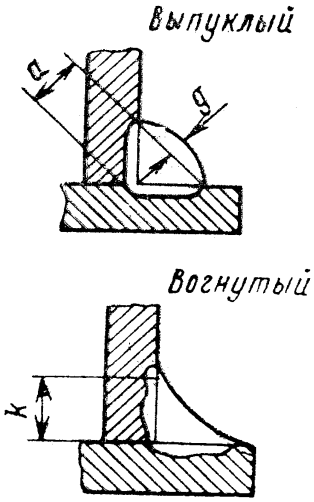


Рисунок 3.24 – Формы швов

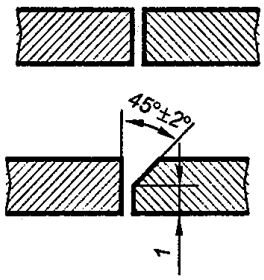
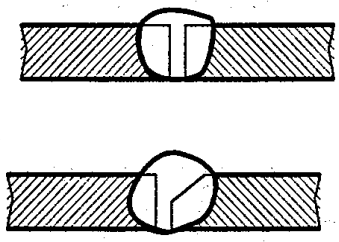
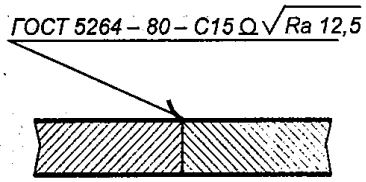
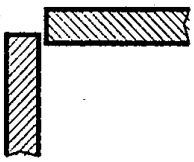
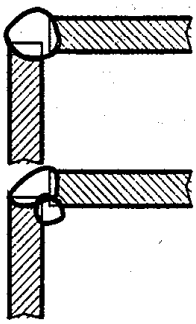
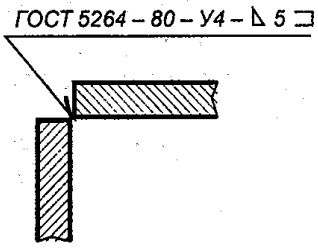
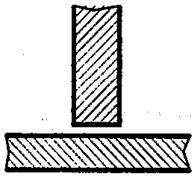
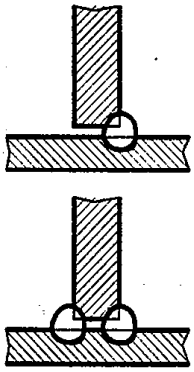
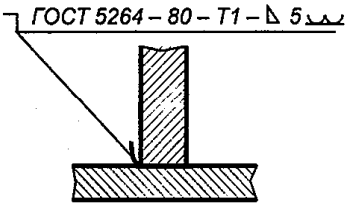
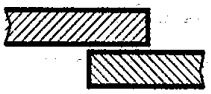
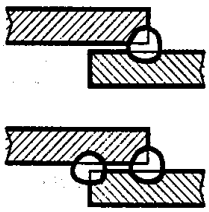
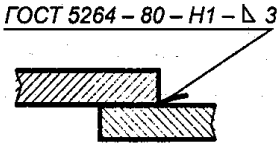
Характер шва зависит от толщины свариваемых деталей, технических условий сварки и может быть односторонним или двусторонним. Форма подготовки кромок зависит от толщины свариваемых деталей, положения шва в пространстве и других данных. Для обеспечения провара при ручной сварке и для формирования шва при автоматической сварке выполняют скос кромок. Угол скоса кромки определяется по соответствующему стандарту:

- ГОСТ 5264-80 Ручная дуговая сварка;
- ГОСТ 8713-79 Сварка под флюсом;
- ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе (устанавливают основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений из сталей и сплавов на железоникелевой и никелевой основах);
- ГОСТ 14806-80 Дуговая сварка алюминия и алюминиевых сплавов в инертных газах (распространяется на сварные соединения из алюминия и алюминиевых сплавов при толщине, кромок свариваемых деталей 0,8–60,0 мм, а также устанавливает основные типы, конструктивные элементы, размеры кромок и сварных швов).

3.4.3 Изображение и обозначение сварных швов. Для производства сварочных работ на чертежах должны быть указаны места расположения сварных швов, условное обозначение стандартного шва или одиночной сварной точки, при нестандартном сварном шве – его размеры.

Эти сведения даются в условных изображениях и обозначениях швов сварных соединений согласно ГОСТ 2.312-72. Для указания места шва сварного соединения применяют линию-выноску с односторонней стрелкой, которая вычерчивается сплошной тонкой линией толщиной *s*/2…s/3, но не тоньше 0,3 мм для чертежей, выполняемых карандашом. Линия-выноска выполняется под углом 30–60° к линии шва. Примеры условного обозначения различных видов стандартных швов даны в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Изображения и условные обозначения стандартных швов на чертежах по ГОСТ 2.312-72

Форма поперечного сечения		Изображения на чертеже и пример условного обозначения
подготовленных кромок	сварного шва	
		
		
		
		

Швы сварных соединений независимо от способа сварки условно изображают сплошной линией, если шов видимый, и штриховой линией, если шов невидимый (рисунок 3.25).

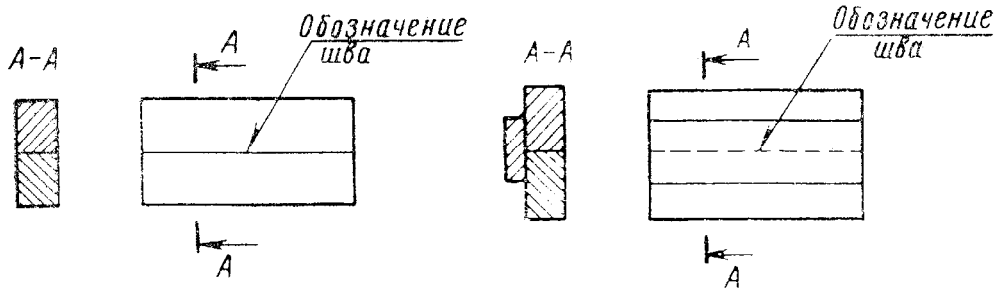
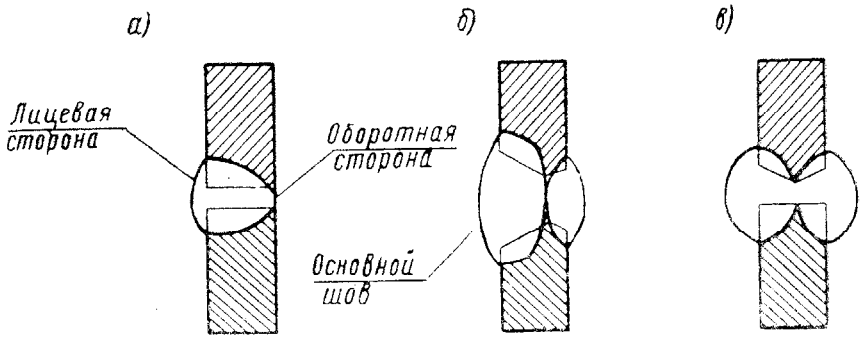


Рисунок 3.25 – Обозначение видимых и невидимых швов

В швах сварных соединений различают лицевую и оборотную стороны. Сторона одностороннего шва, с которой производят сварку, считается лицевой (рисунок 3.26, *а*). За лицевую сторону двустороннего шва с несимметрично подготовленными кромками принимают сторону, с которой производят сварку основного шва (рисунок 3.26, *б*), с симметрично подготовленными кромками – любую сторону (рисунок 3.26, *в*). В зависимости от положения линии-выноски на чертеже, т. е. проведения ее от лицевой или оборотной стороны, условное обозначение шва может быть нанесено на черте линии-выноски или под ней (рисунок 3.27).



а) стыковой шов, односторонний без скоса кромок; *б*) стыковой шов, двухсторонний со скосом двух кромок; *в*) стыковой шов, двухсторонний с двумя симметричными скосами одной кромки.

Рисунок 3.26 – Примеры лицевой и оборотной стороны швов

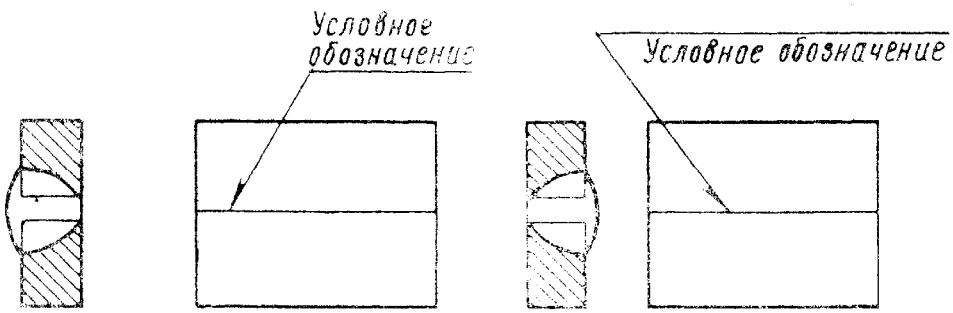
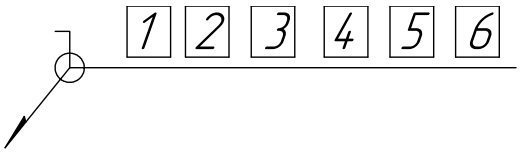


Рисунок 3.27 – Местоположение условного обозначения видимого и невидимого швов

3.4.4 Структура условные обозначения стандартных швов. Структура обозначения швов сварных соединений представлена на рисунке 3.28.



1) обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы швов; 2) буквенно-цифровое обозначение шва; 3) условное, обозначение способа сварки; 4) знак и размер катета; 5) размер длины привариваемого участка, знаки расположения швов, если швы прерывистые, и т. п.; 6) вспомогательные знаки.

Рисунок 3.28 – Схема условного обозначения шва

Обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы швов принимаются в зависимости от способа сварки изделия. Условное обозначение способа сварки (буквенное): полуавтоматическая – П, автоматическая – А.

Знак катета представляет равнобедренный треугольник и применяется при обозначении катета шва в угловых, тавровых соединениях и соединениях внахлестку. Высота треугольника и других вспомогательных знаков не должна превышать высоты букв и цифр, применяемых в условном обозначении. Выполняется сплошной тонкой линией. Для букв и цифр рекомендуется шрифт размером 5 мм при высоте размерных чисел на этом же чертеже 3,5 мм.

Если шов прерывистый или точечный с цепным или шахматным расположением, то знаки расположения швов (/, Z) и другие данные проставляют после знака треугольника и размера катета.

На рисунке 3.29 приводится условное обозначение шва таврового соединения, без скоса кромок, двустороннего, прерывистого, с шахматным расположением, выполняемого ручной электродуговой сваркой по замкнутой линии. Катет шва 4, длина привариваемого участка 60, шаг 120 мм. На рисунке 3.30 приведен пример обозначения шва соединения внахлестку, выполненного при монтаже изделия.

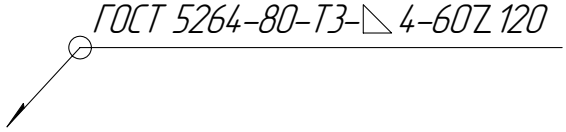


Рисунок 3.29 – Обозначение шва таврового соединения по замкнутой линии

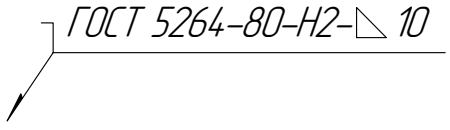
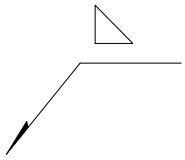
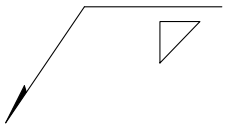
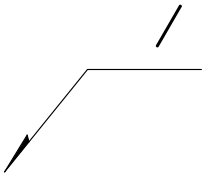
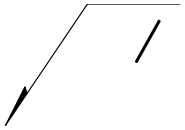
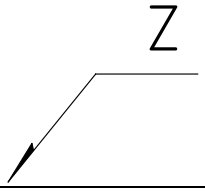
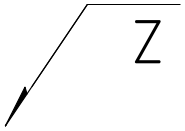
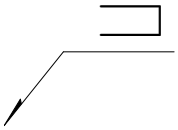
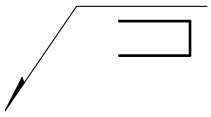
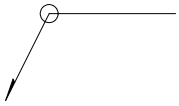
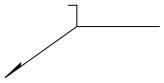
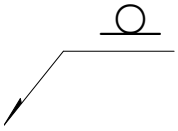
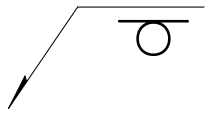
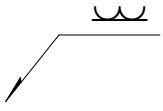
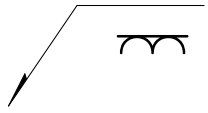


Рисунок 3.30 – Обозначение шва внахлестку при монтаже изделия

Вспомогательные знаки, приведенные в таблице 3.9, – «шов по замкнутой линии» и «шов выполнить при монтаже изделия» – располагают на изломе линии-выноски и ее черты. Вспомогательные знаки «усиление шва снять», «наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу», «шов по замкнутой линии располагаются на последнем месте».

Таблица 3.9 – Вспомогательные знаки, характеризующие сварной шов и входящие в его обозначение (выдержка из ГОСТ 2.312-72)

Значение вспомогательного знака	Изображение вспомогательного знака	Расположение вспомогательного знака относительно полки линии-выноски, проведенной от изображения шва	
		с лицевой стороны	с обратной стороны
Знак, проставляемый перед размером катета			
Шов прерывистый или точечный с цепным расположением. Угол наклона линии ≈ 60°			
Шов прерывистый или точечный с шахматным расположением			
Шов по незамкнутой линии. Знак применяют, если расположение шва не ясно из чертежа			
Шов по замкнутой линии. Диаметр знака 3...5 мм			
Шов выполнить при монтаже изделия, т. е. при установке его по монтажному чертежу на месте применения			
Усиление шва снять			
Наплывы обработать с плавным переходом			

На рисунке 3.31 приведен пример обозначения шва соединения внахлестку. Без скоса кромок, одностороннего, выполняемого дуговой полуавтоматической сваркой в защитных газах. Катет шва 5 мм, шов по незамкнутой линии.

На рисунке 3.32 приведен пример обозначения углового соединения без скоса кромок, двустороннего, выполненного электродуговой ручной сваркой, катетами шва 6 и 4 мм. Наплывы и неровности шва обработаны с плавным пе-

реходом к основному металлу. Шероховатость поверхности шва с лицевой стороны *Ra* 6.3, с оборотной – не лимитировано.

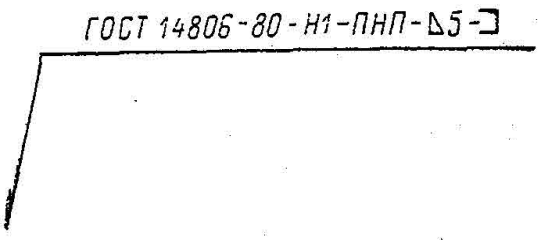


Рисунок 3.31 – Обозначение шва внахлестку по незамкнутой линии

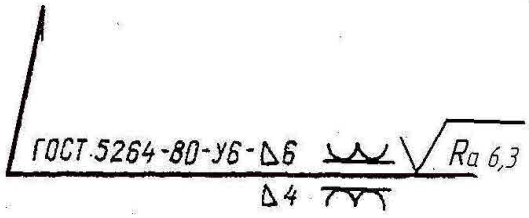


Рисунок 3.32 – Обозначение углового двухстороннего шва

На рисунке 3.33 приведен пример стыкового соединения с односторонним скосом одной кромки, выполненного дуговой ручной сваркой, усиление шва снято с обеих сторон. Шероховатость с лицевой стороны *Ra* 6,3, с оборотной – не лимитировано.

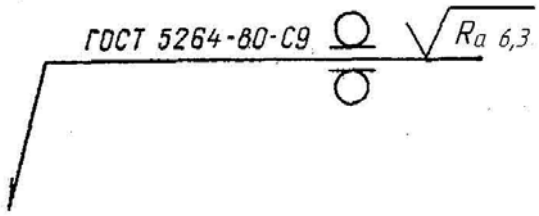


Рисунок 3.33 – Обозначение стыкового шва

3.4.5 Обозначение одинаковых сварных швов. Если на чертеже имеются одинаковые швы, обозначения наносят у одного из них, а от изображений остальных проводят линии-выноски, на полках которых проставляют присвоенный им один порядковый номер (рисунок 3.34). Порядковый номер на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва, указывает на отсутствие обозначения с лицевой стороны, под полкой – на отсутствие обозначения с оборотной стороны. Швы считаются одинаковыми, если одинаковы их типы, размеры конструктивных элементов, условные обозначения, к ним предъявляют одни и те же технические требования.

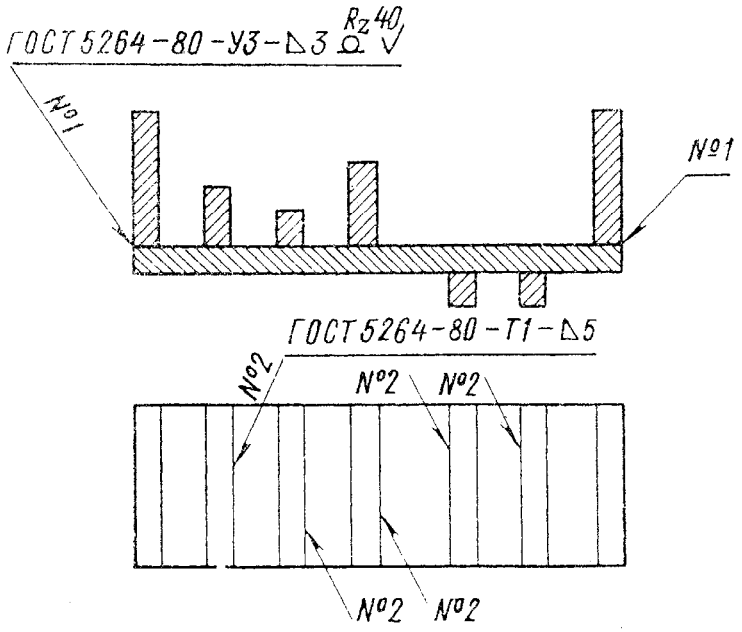


Рисунок 3.34 – Обозначение одинаковых швов

3.4.6 Упрощения обозначений швов.

1. При наличии на чертеже швов, выполняемых по одному стандарту, обозначение стандарта указывают в технических требованиях к чертежу записью, например: «Сварные швы по ГОСТ 5264». В этом случае обозначение сварного шва, изображенного на рисунке 3.29, примет вид – рисунок 3.35.

2. Допускается не присваивать порядковый номер одинаковым швам, если все они на чертеже изображены с одной стороны (лицевой или оборотной). В этом случае швы, не имеющие обозначения, отмечают линиями-выносками без полок, а на линии-выноске, имеющей полку, можно указать также количество одинаковых швов (рисунок 3.36).

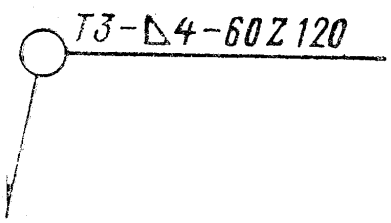


Рисунок 3.35 – Тавровый шов прерывистый с цепным расположением

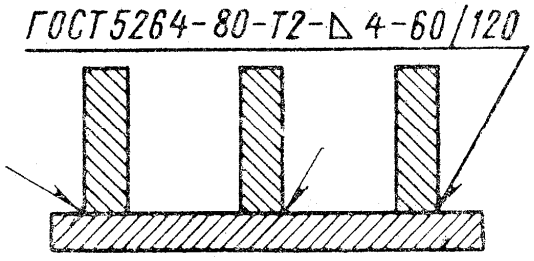


Рисунок 3.36 – Тавровый шов прерывистый с шахматным расположением

3. На чертеже изделия, в котором имеются одинаковые составные части, привариваемые одинаковыми швами, допускается эти швы отмечать только у одного из изображений, причем предпочтительно у изображения с номером позиции (рисунок 3.37).

4. На чертеже симметричного изделия допускается отмечать линиями-выносками и обозначать швы только на одной половине симметричного изображения (рисунок 3.38).

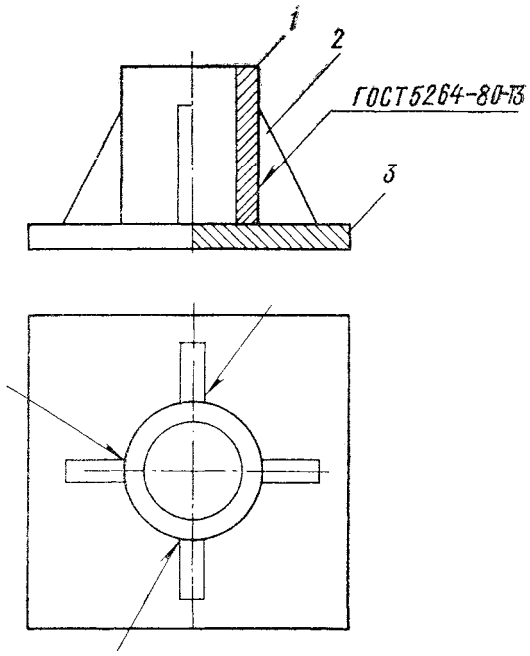


Рисунок 3.37 – Обозначение одинаковых швов

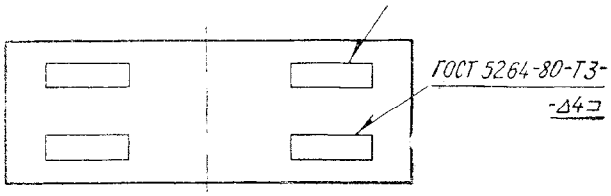


Рисунок 3.38 – Обозначение швов симметричного изделия

5. Указание по сварке допускается производить записью в технических требованиях чертежа, если эта запись однозначно определяет место сварки, способ сварки, типы швов и размеры их конструктивных элементов, например: «Сварные швы по ГОСТ 526480-У5». В этом случае на чертеже линии-выноски отсутствуют.

6. Одинаковые для всех швов (или группы швов) требования приводят один раз в технических требованиях к чертежу.

3.4.7 Оформление задания по сварным соединениям. Заданием предусматривается вычерчивание и обозначение четырех видов соединений, выполненных сваркой (рисунок 3.39). На рисунке позиции *1–4* указывают места сварных швов. Их при выполнении задания, указывать не следует. Условные обозначения швов сварных соединений поместить на изображенной детали (разрез раскрывает форму поперечного сечения).

В таблицах 3.10 и 3.11 указаны условия, при которых выполняется шов, характер шва, шероховатость и другие данные. Катет шва принимается в зависимости от толщины свариваемых деталей.

Пример выполнения работы представлен на рисунке 3.40, пример заполнения спецификации на сборочный чертеж – на рисунке 3.41. Работа выполняется на формате *А4*.

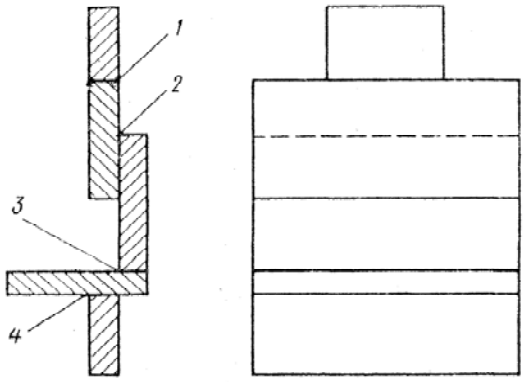


Рисунок 3.39 – Пример задания на сварное соединение

1. Шов стыкового соединения с двумя симметричными скосами, двусторонний, выполняемый дуговой сваркой в инертных газах неплавящимся электродом с присадочным металлом при монтаже изделия. Усиление шва снято с обеих сторон. Параметр шероховатости поверхности шва (*Rz*): с лицевой стороны 80, с обратной – 20 мкм (рисунок 3.40).

2. Шов соединения внахлестку невидимый без скоса кромок, односторонний, выполняемый автоматической сваркой на весу.

3. Шов углового соединения двумя симметричными скосами одной кромки, двусторонний, выполняемый ручной дуговой сваркой. Наплывы и шероховатости шва обработаны с плавным переходом к основному металлу.

4. Шов таврового соединения с двумя симметричными скосами одной кромки двусторонний, выполняемый дуговой сваркой в инертных газах неплавящимся электродом без присадочного металла. Катет шва 5 мм, усиление шва снято с обеих сторон. Параметр шероховатости поверхности шва: с лицевой стороны 80, с обратной – 20 мкм.

В обозначении шва проставляются только те параметры и знаки, которыми характеризуется обозначаемый шов. Учитывая, что условное обозначение стандартного шва дает исчерпывающие сведения о нем, на поперечных сечениях сварных швов подготовка кромок, зазор между ними и контур шва не изображаются, а свариваемые детали штрихуются в разные стороны (см. рисунок 3.40). На рисунке 3.42 приведены изображения сварных швов с обозначениями, которые расшифровываются с учетом того, что по ГОСТ 2.312-72 допускается не указывать способ сварки. На этих рисунках в качестве примера дано условное изображение шва, как на лицевой стороне, так и на его обратной стороне. Очевидно, что на рабочих чертеж условное изображение шва должно находиться только на одной стороне (предпочтительно на лицевой).

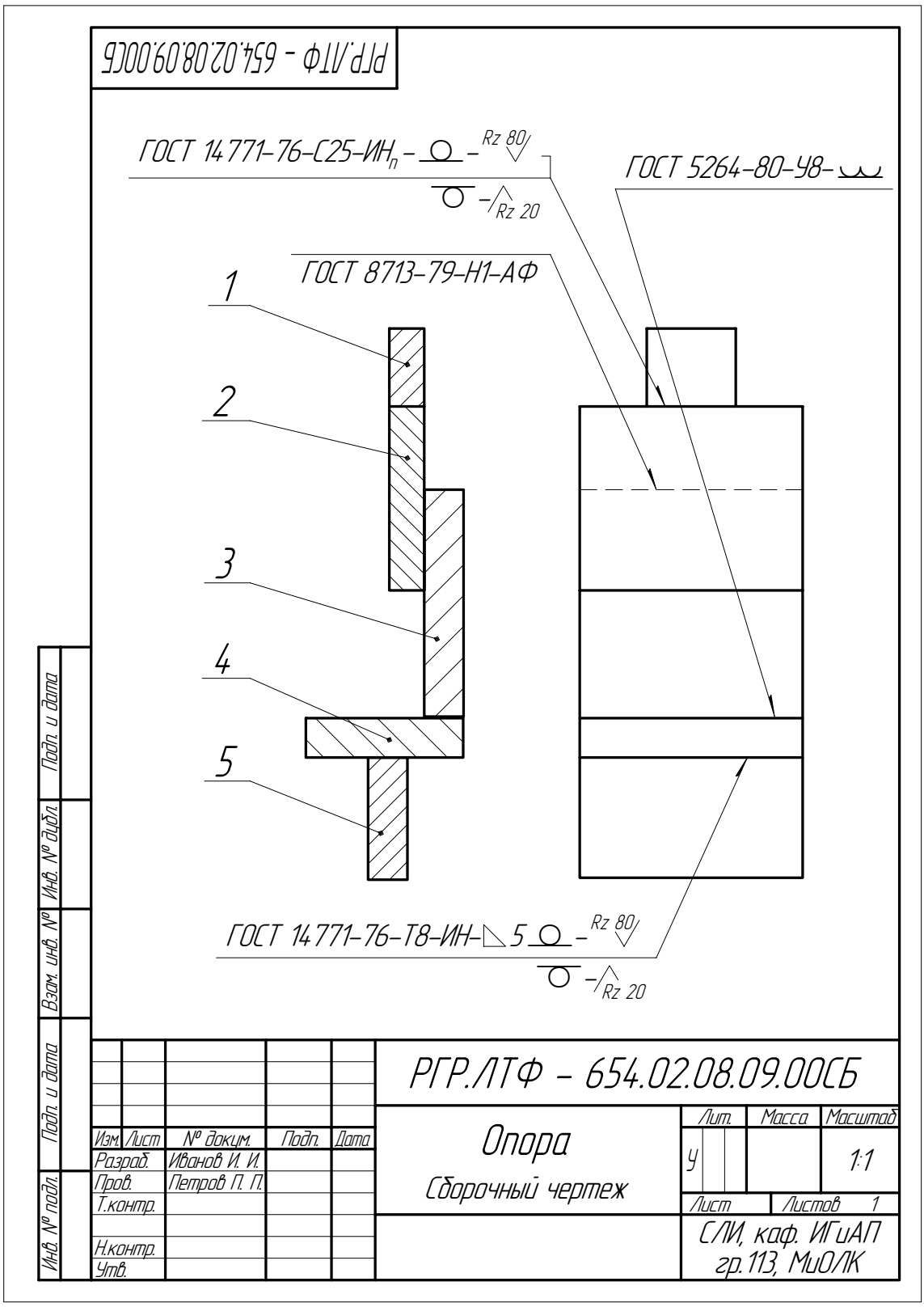


Рисунок 3.40 – Пример выполнения чертежа сварного соединения

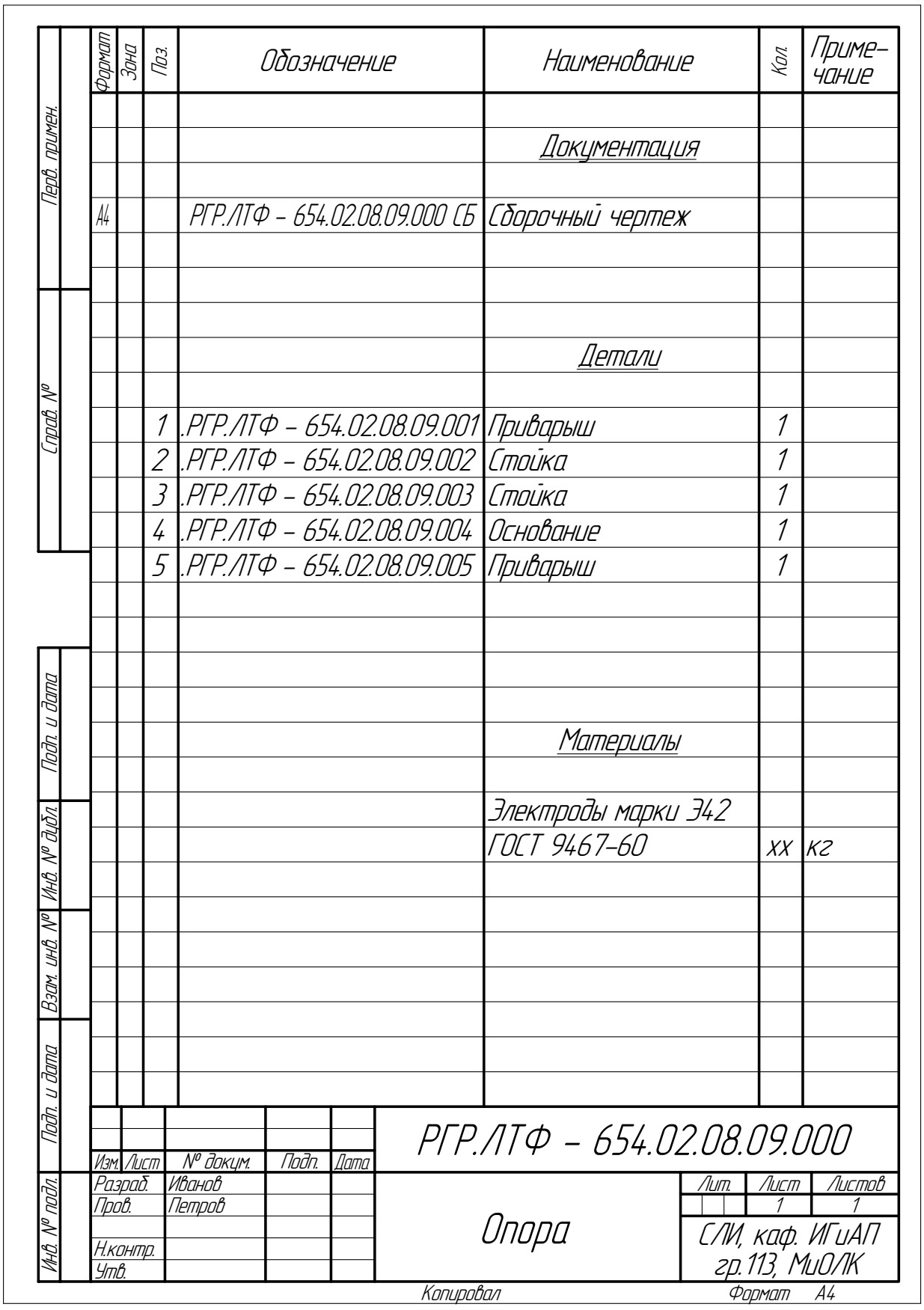


Рисунок 3.41 – Пример заполнения спецификации на сварное соединение

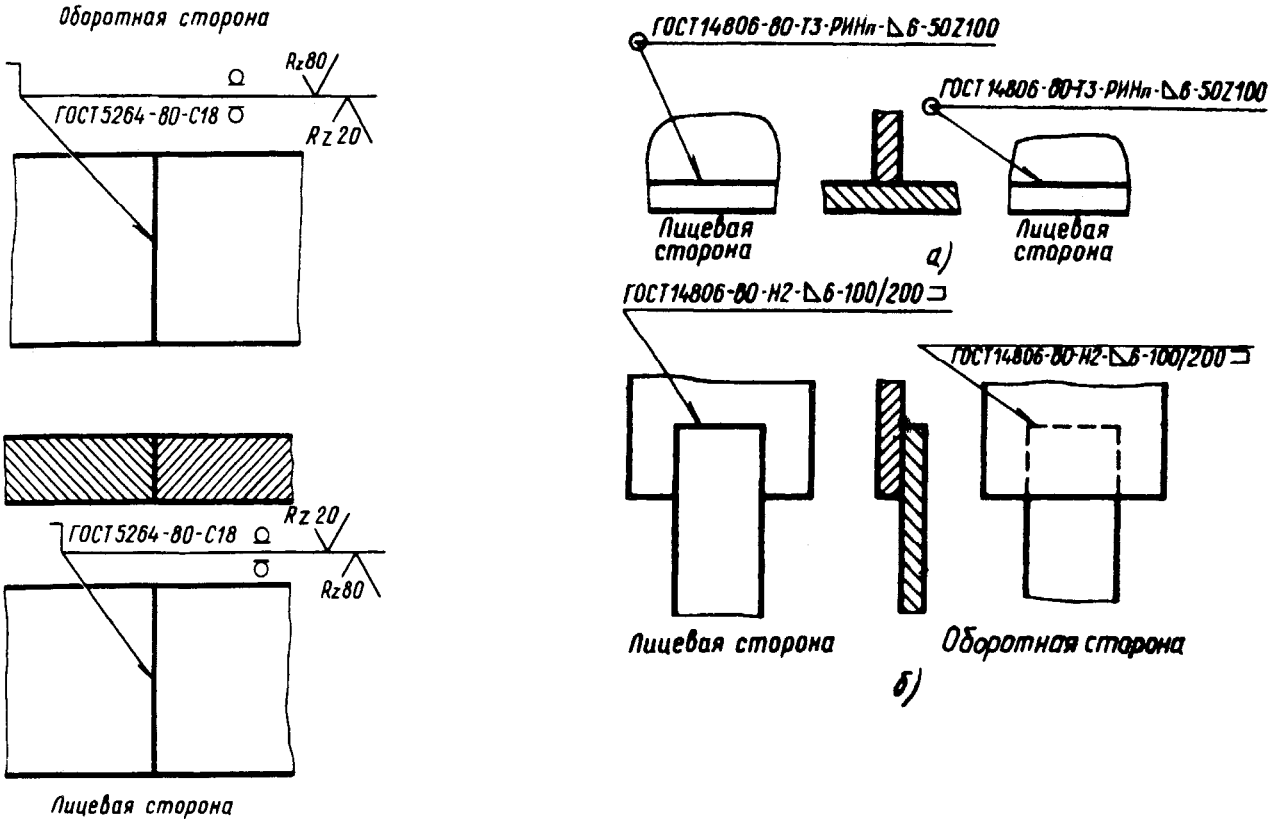


Рисунок 3.42 – Примеры условного обозначения сварного шва, изображенного на его лицевой или оборотной стороне

Условное обозначение шва, изображенного на рисунке 3.42, расшифровывается следующим образом.

Стыковой шов

1) ⌝ – шов выполняется при монтаже изделия;

2) ГОСТ 5264-80 – шов для сварки деталей из углеродистой стали дуговой сваркой (в условном обозначении шва способ сварки не указан);

3) С18 – стыковой двусторонний шов со скосом двух кромок. Размеры скоса кромок приведены в ГОСТ 5264-80, который устанавливает форму кромок;

4) знаки 7 указывают, что усиление снято с обеих сторон;

5) шероховатость поверхности шва: с лицевой стороны – *Rz*20, с обратной стороны – *Rz*80.

Тавровый шов

1) ○ – шов выполнен по замкнутой линии;

2) ГОСТ 14806-80 шов для сварки алюминия;

3) Т3 – тавровый двусторонний шов без скоса кромок (любая сторона принимается за лицевую);

4) РИНп – сварка ручная дуговая в инертных газах неплавящимся электродом (допускается не указывать);

5) △6 – катет шва 6 мм;

6) длина провариваемого участка 50 мм;

7) шаг 100 мм.

Нахлесточный шов

1) ГОСТ 14806-80 – шов для сварки алюминия;

2) Н2 – шов соединения внахлестку без скоса кромок, односторонний, прерывистый. Шов выполняется полуавтоматической сваркой в инертных газах плавящимся электродом (в обозначение сварного шва способ сварки не внесен);

3) ◺ 6 – катет шва 6 мм;

4) длина провариваемого участка 100 мм;

5) шаг 200 мм;

6) ⌐¬ – шов выполняется по незамкнутой линии.

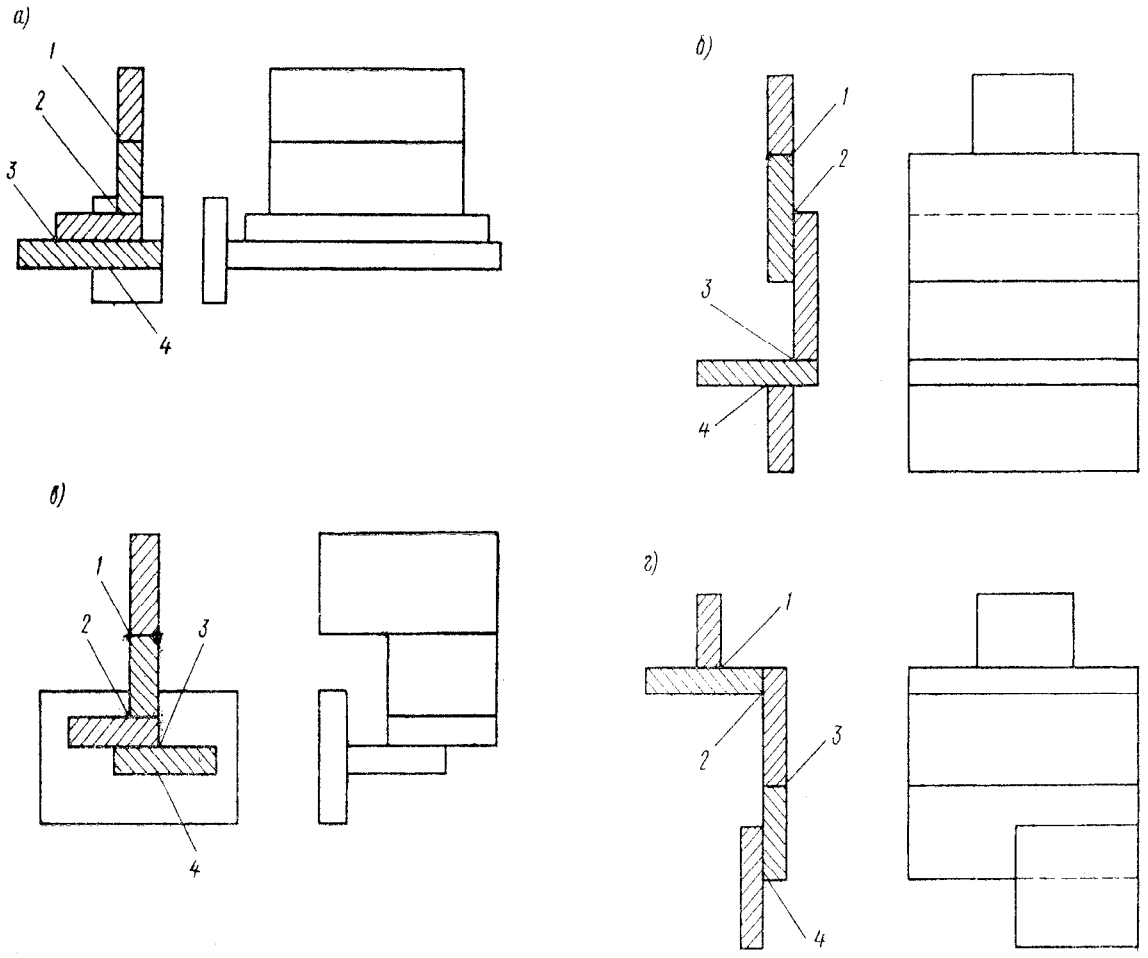
Задания по теме 8.1

Изображение и обозначение швов неразъемных соединений, выполненных сваркой. Изображение сборочного чертежа из 5 деталей, соединенных сваркой.

1. Выполнить на формате *А4* сварное соединение по примеру, представленному на рисунке 3.40.

2. Составить спецификацию по примеру рисунка 3.41.

3. Варианты заданий выбрать по таблицам 3.10 и 3.11 и рисунку 3.43.



а) вариант *а*; *б*) вариант *б*; *в*) вариант *в*; *г*) вариант *г*.

Рисунок 3.43 – Варианты сварных соединений

Таблица 3.10 – Варианты заданий по сварным соединениям

Номер варианта	Вариант по рисунку 3.43	Вид шва		Вид соединения				Виды и методы сварки			
		видимый	невидимый	стыковое	угловое	тавровое	нахлесточное	ручная дуговая	под флюсом	дуговая в защитном газе	дуговая алюминия
1	*б*	3, 4	1, 2	С18	У8	Т8	Н1	1, 4	2	3	–
2	*в*	1, 2, 4	3	С15	У4	Т7	Н2	4	1, 3	2	–
3	*г*	1, 2, 3	4	С4	У6	Т6	Н1	2	–	–	–
4	*в*	1, 2, 4	3	С7	У7	Т6	Н1	4	–	–	–
5	*б*	3, 4	1, 2	С9	У6	Т6	Н1	1	–	–	–
6	*а*	3, 4	1, 2	С4	У4	Т1	Н2	–	–	–	1–4
7	*г*	2	1, 3, 4	С4	У8	Т6	Н1	4	2	1, 3	–
8	*а*	2, 3, 4	1	С18	У9	Т2	Н2	2, 4	3	1	–
9	*б*	3, 4	1, 2	С9	У10	Т3	Н1	1, 4	3	2	–
10	*в*	1, 2, 4	3	С12	У4	Т1	Н1	1, 2	3	4	–
11	*а*	1, 2, 3, 4	–	С26	У8	Т8	Н2	4	1, 2	3	–
12	*б*	3, 4	1, 2	С5	У6	Т7	Н1	1, 2	4	3	–
13	*г*	1, 2, 3	4	С12	У7	Т6	Н1	2	3	1, 4	–
14	*в*	3, 4	1, 3	С18	У6	Т2	Н1	–	–	–	1–4
15	*в*	1, 2, 3	3, 4	С19	У4	Т6	Н1	4	1, 3	2	–
16	*г*	2, 4	1, 2	С10	У5	Т8	Н2	1	3	2, 4	–
17	*а*	1, 2	2, 4	С18	У6	Т6	Н1	1	2, 4	3	–
18	*б*	3, 4	2, 3	С21	У4	Т7	Н1	3	1, 2	4	–
19	*в*	1, 3	1, 4	С4	У6	Т6	Н1	2	4	1, 3	–
20	*г*	1, 4	2	С7	У8	Т1	Н2	1	2, 4	3	–
21	*а*	2, 3	1, 2	С9	У7	Т8	Н1	2, 4	1	3	–
22	*б*	1, 3, 4	1, 3	С10	У8	Т7	Н1	–	–	–	1–4
23	*в*	3, 4	3, 4	С4	У9	Т5	Н1	4	3	1, 2	–
24	*г*	2, 4	2	С5	У10	Т3	Н2	1, 2	4	3	–
25	*а*	1, 2	2, 4	С23	У4	Т1	Н1	2	3, 4	1	–
26	*б*	1, 3, 4	2, 3	С25	У8	Т2	Н1	3, 4	2	1	–

Таблица 3.11 – Варианты способов сварки

Номер варианта	Вариант по рисунку 3.43	Способ сварки			Применение и изображение вспомогательных знаков при сварке на чертеже							
		ГОСТ 8713 -79	ГОСТ 14771-76	ГОСТ 14806-80	Шов выполняется при монтаже	Шов прерывистый с цепным расположением	Шов прерывистый с шахматным расположением	Шов по периметру (по контуру)	Шов по незамкнутому контуру	Усиление шва снять	Наплывы и неровности обработать	Шероховатость поверхности швов с лицевой стороны
1	*б*	$АФ_{ф}$	ИН	ПИП	4	3	–	4	–	3	1	*Rz*20
2	*в*	$АФ_{м}$	$ИН_{п}$	АИП	2	4	–	–	–	4	3	*Rz*32
3	*г*	$АФ_{о}$	ИП	$АИН_{п}$	3	1	–	–	–	1	2	*Rz*40
4	*в*	$АФ_{п}$	УП	$АИН_{п-3}$	4	4	–	4	–	3	3	*Rz*50
5	*б*	$АФ_{к}$	$ИН_{п}$	АИП	3	–	4	–	–	1, 4	2, 3	*Rz*70
6	*а*	ПФ	ИП	ПИП	1	4	1	1	–	3, 4	1, 2	*Rz*80
7	*г*	$ПФ_{о}$	УП	$АИН_{п-3}$	3	1	2	1	–	1, 4	2, 3	*Rz*70
8	*а*	$ПФ_{ш}$	ИН	АИП	2	4	–	–	–	2, 3	1, 4	*Rz*60
9	*б*	$ПФ_{к}$	$ИН_{п}$	ПИП	3	–	4	–	–	1, 3	2, 4	*Rz*50
10	*в*	$АФ_{ш}$	ИН	$РИН_{п}$	1	4	4	–	–	1	1	*Rz*60
11	*а*	$АФ_{ф}$	УП	$АИН_{п}$	4	–	1	–	–	1, 2	3, 4	*Rz70*
12	*б*	$АФ_{о}$	$ИН_{п}$	ПИП	4	3	–	4	–	3, 4	1, 2	*Rz*20
13	*г*	$АФ_{п}$	ИП	$АИН_{п}$	2	1	–	4	–	3, 4	1, 2	*Rz*32
14	*в*	$АФ_{ш}$	УП	$АИН_{п-3}$	4	4	–	–	–	1, 3	2, 4	*Rz*40
15	*в*	ПФ	ИН	ПИП	1	1	–	1	–	3, 4	1, 2	*Rz*50
16	*г*	$ПФ_{о}$	$ИН_{п}$	АИП	2	–	2	4	–	1, 3	2, 4	*Rz*60
17	*а*	$ПФ_{ш}$	ИП	$АИН_{п}$	3	–	1	–	1	1, 2	3, 4	*Rz*70
18	*б*	$ПФ_{к}$	УП	ПИП	4	–	2	–	–	1, 3	2, 4	*Rz*80
19	*в*	АФ	УП	АИП	1	1	–	1	–	3, 4	1, 2	*Rz*70
20	*г*	$АФ_{к}$	ИП	ПИП	4	–	1	–	–	1, 3	2, 4	*Rz60*
21	*а*	$АФ_{ш}$	ИН	$АИН_{п}$	3	4	–	–	–	1, 2	3, 4	*Rz*50

Продолжение таблицы 3.11

22	*б*	$АФ_п$	$ИН_п$	АИП	2	4	–	–	–	1, 3	2, 4	*Rz*40
23	*в*	$АФ_о$	ИП	ПИП	4	1	–	1	–	3, 4	1, 2	*Rz*32
24	*г*	$АФ_м$	УП	$АИН_{п-3}$	3	–	2	4	–	1, 3	2, 4	*Rz*20
25	*а*	$АФ_ф$	ИП	АИП	2	–	3	–	1	1, 2	3, 4	*Rz*32
26	*б*	$ПФ_о$	$ИН_п$	ПИП	1	–	1	4	–	1, 3	2, 4	*Rz*40

3.5 Т е м а 9 – Составление эскизов и рабочих чертежей деталей машин

3.5.1 Задание по теме 9.

1) Выполнить эскизы трех деталей:
   a) детали с резьбой;
   b) зубчатого колеса;
   c) корпусной детали.

Эскизы выполняются на миллиметровой бумаге форматов *А3* или *А4* в зависимости от сложности детали.

2) По одному из эскизов выполнить рабочий чертеж детали и ее аксонометрическое изображение.

3) Задание на эскизирование выдается на кафедре инженерной графики и автоматизации проектирования, при этом указывается, по какому эскизу выполнять чертеж детали с аксонометрией.

Цель задания. Приобрести навыки разработки эскизов деталей.

Эскизом называется конструкторский документ, выполняемый:

1) от руки, т. е. без применения чертежных инструментов;

2) в глазомерном масштабе, т. е. без соблюдения масштаба из числа, установленных ГОСТ 2.302-68; сохраняется только приблизительная пропорциональность между элементами детали.

При этом полностью соблюдаются все остальные требования стандартов ЕСКД. Эскизы выполняются в следующих случаях:

1) при проектировании новых изделий;

2) необходимости выполнения чертежа уже существующей детали (эскиз с натуры).

Эскиз является основанием для выполнения рабочего чертежа детали, поэтому он должен полностью отвечать требованиям, предъявляемым к рабочим чертежам.

3.5.2 Последовательность выполнения эскизов. Практика выработала определенную последовательность операций, которой надо строго придерживаться при выполнении эскиза.

1. На миллиметровой бумаге нанести рамку формата *А3* или *А4* и рамку основной надписи и дополнительных граф.

2. Внимательно осмотреть деталь, уяснить ее назначение, конструктивные особенности, выявить поверхности, которыми она будет соприкасаться с другими деталями при сборке изделия, составной частью которого она является, и т. д. Нельзя упрощать конструкцию детали и опускать линейные уклоны, галтели, зенковки, смазочные канавки и т. п., в особенности фаски.

3. Наметить необходимое и достаточное число изображений – видов, разрезов, сечений, которые в своей совокупности должны выявить форму детали с исчерпывающей полнотой. Особое внимание уделить выбору главного изображения (изображение на фронтальной плоскости проекций); оно должно давать наиболее полное представление о форме и размерах детали.

4. Выделить на листе соответствующую площадь в виде прямоугольника для каждого изображения, провести осевые линии. Нанести тонкими линиями линии видимого контура на видах и разрезах (не штриховать!), добавить полезные линии невидимого контура, позволяющие избежать построения дополнительного вида. Оси проекций и линии связи не проводить. Все линии по возможности проводить по линиям имеющейся на бумаге сетки. Центры кругов помещать в точках пересечений линий сетки. Окружности больших радиусов можно проводить циркулем тонкими линиями с последующей их обводкой.

5. Построив все изображения и убедившись в их правильности, обвести линии контура, придав им толщину 0,8–1 мм; заштриховать разрезы.

6. Нанести размерные и необходимые выносные линии, мысленно как бы изготовляя деталь. Никаких измерений при этом не производить. Помнить, что минимальное расстояние между параллельными размерными линиями и между размерной линией и параллельной ей линией контура не должно быть менее 7 мм. Лучше делать их равными 10 мм.

7. Нанести обозначения шероховатости поверхностей. Высота знаков 5 мм.

8. Произвести обмер детали и вписать в эскиз размерные числа шрифтом 5 по ГОСТ 2.304-81. Обозначить резьбу (проверить шаги), размеры проточек согласовывать с ГОСТ 10549-80. О приемах обмера деталей прочитать в любом учебнике по черчению.

9. Заполнить основную надпись (наименование детали, обозначение эскиза и т. д.). Материал допускается указывать в элементарной форме: сталь, чугун, бронза; но если студент уже располагает знаниями марок материалов, то лучше их писать, например,

Сталь 20 ГОСТ 1050-74;

Бр. АЖ9-4 ГОСТ 493-79 и т. п.

10. Чем тщательнее выполнен эскиз, тем легче по нему изготовить рабочий чертеж, который отличается от эскиза только тем, что изображения на нем выполняют в масштабе по ГОСТ 2.301-68.

Пример компоновки изображений эскиза показан на рисунке 3.44.

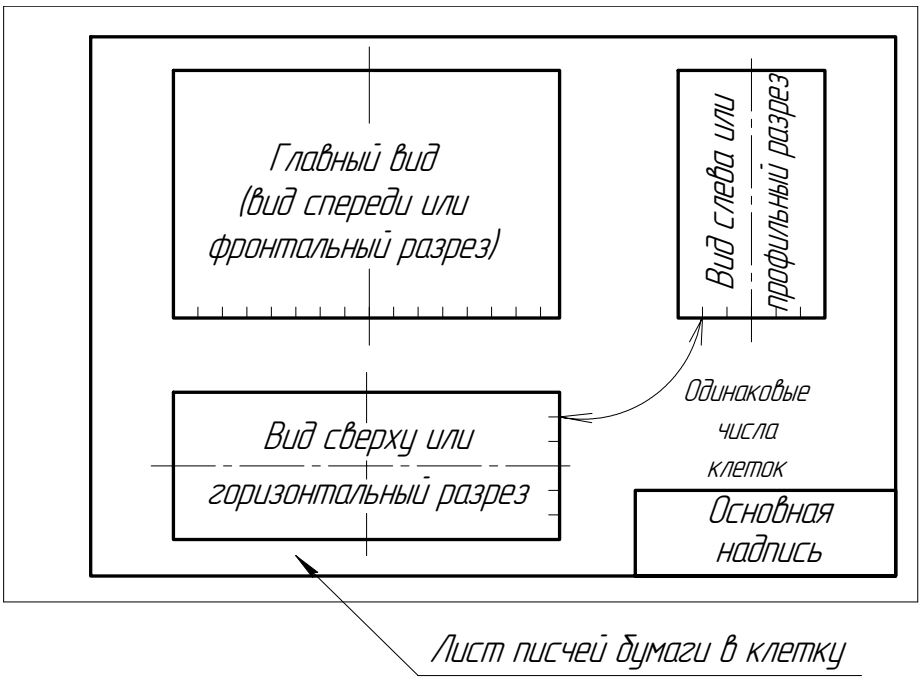


Рисунок 3.44 – Пример компоновки изображений при эскизировании

3.5.3 Рабочие чертежи деталей. Общие понятия. Требования к рабочим чертежам деталей.

3.5.3.1 Рабочие чертежи. Их выполняют на все оригинальные детали изделия. Оформление рабочих чертежей излагается в стандартах ЕСКД «Общие правила выполнения чертежей». Требования к рабочим чертежам устанавливает ГОСТ 2.109-68.

Рабочий чертеж детали – это конструкторский документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля, а именно:

– необходимое и достаточное количество изображений (видов, разрезов, сечений, выносных элементов);

– все размеры;

– предельные отклонения размеров, допуски формы и расположения поверхностей (на чертежах, указанных кафедрой);

– знаки и параметры (*Ra*) шероховатости поверхностей;

– технические требования;

– таблицы (на чертежах типовых деталей, типа зубчатых колес и т. д.);

– требования о покрытии поверхностей и термообработке;

– материал детали и другие данные основной надписи.

Для определения необходимого количества изображений повторить требования ГОСТ 2.305-68 Изображения – виды, разрезы, сечения.

3.5.3.2 Форма детали и ее элементы. Формы многих деталей машин имеют общие элементы: фаски, галтели, пазы и т. д. Изображения этих элементов и простановка размеров выполняется по определенным правилам (рисунок 3.45). Размеры стандартизованы.

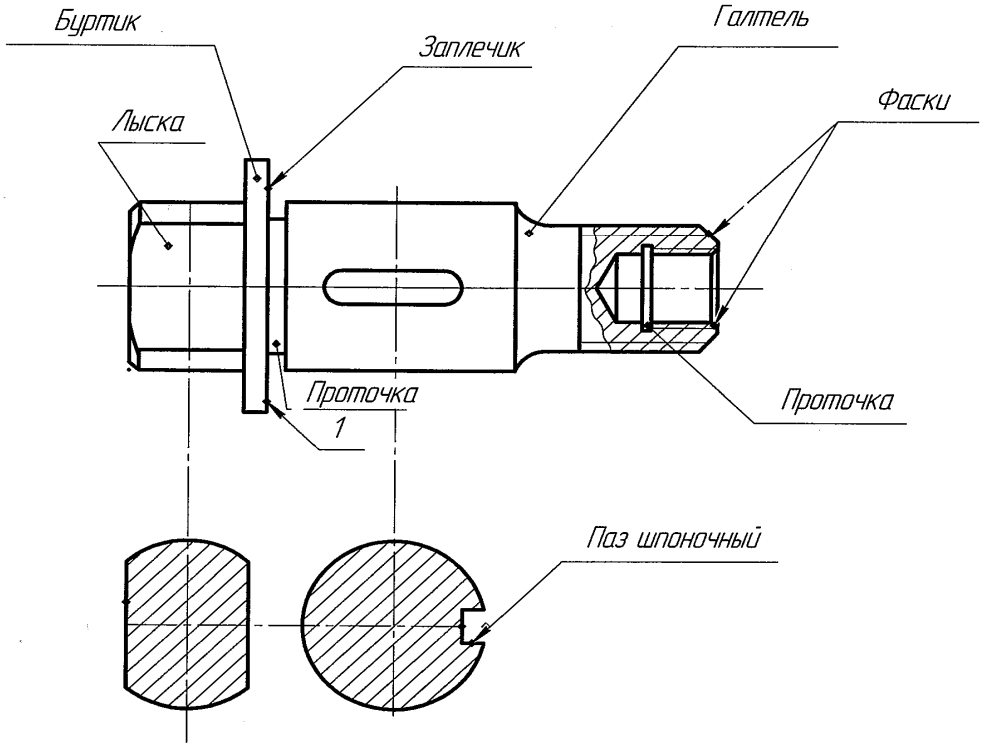


Рисунок 3.45 – Стандартные элементы деталей

– **Плоские грани (лыски)** (рисунки 3.46, 3.47), выполненные на деталях, используются при необходимости поворота детали гаечным ключом.

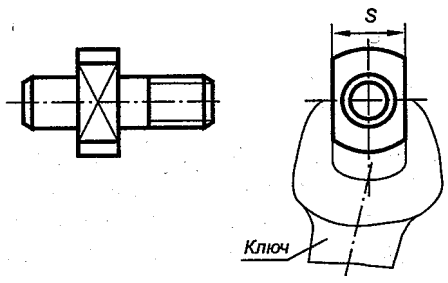


Рисунок 3.46 – Определяющий размер под ключ на виде слева

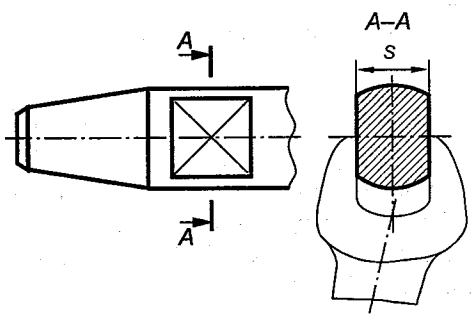
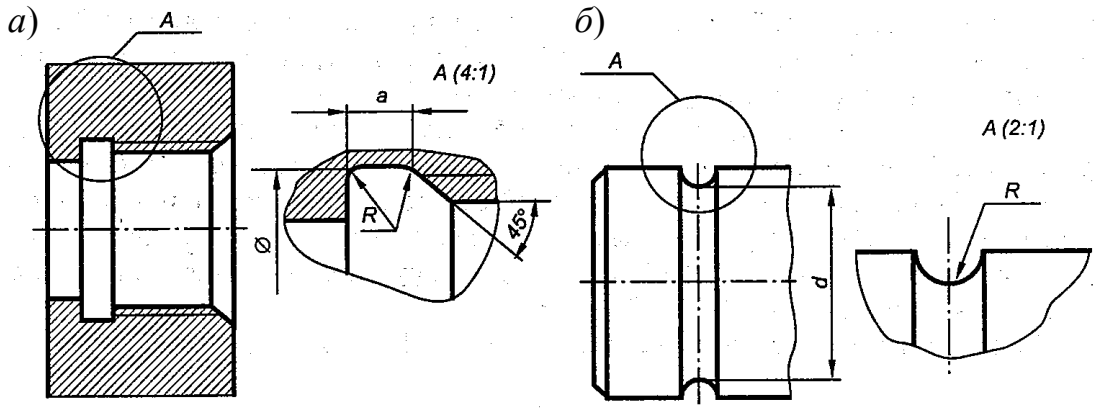


Рисунок 3.47 – Определяющий размер под ключ в сечении

– **Галтели** – скругления внешних и внутренних углов на деталях машин – широко применяют для облегчения изготовления деталей литьем, штамповкой, ковкой (рисунок 3.47), повышения прочностных свойств валов, осей и других деталей в местах перехода от одного диаметра к другому.

– **Проточки** (канавки) применяют в основном для установки в них стопорящих деталей, уплотняющих элементов, для выхода режущего инструмента, например при нарезании резьбы, зубьев зубчатого колеса, шпоночного паза, для обеспечения плотного прилегания торцевых поверхностей сопрягаемых деталей, например торца 1 на рисунке 3.45.

На основном изображении проточки, как правило, дают с упрощениями, а их действительные формы и размеры выявляют выносными элементами, пользуясь соответствующими стандартами (рисунок 3.48).



а) резьбовая проточка в отверстии; *б*) проточка на валу.

Рисунок 3.48 – Изображение резьбовой проточки для выхода режущего инструмента и проточки для уплотняющих прокладок

– **Фаски** – притупленные кромки плоскостей, концов валов, резьбовых стержней, отверстий, дисков. Выполняют фаски для облегчения процесса сборки, а также для придания изделию эстетически красивого вида.

Размеры фасок и правила их указания на чертеже стандартизованы. Согласно ГОСТ 2.307-68, размеры фасок под углом 45° наносят, как показано на рисунке 3.49.

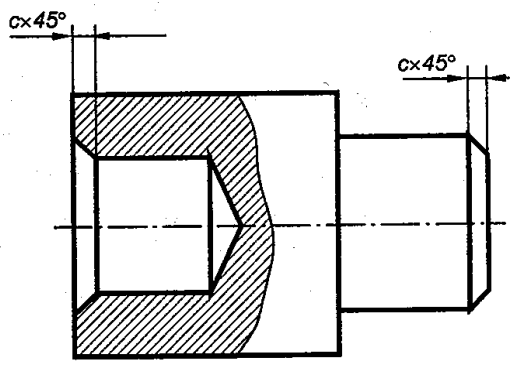


Рисунок 3.49 – Фаски под углом 45°

Фаски под другими углами (обычно 15, 30 и 60°) указывают по общим правилам – линейным и угловым размерами (рисунок 3.50) или двумя линейными размерами.

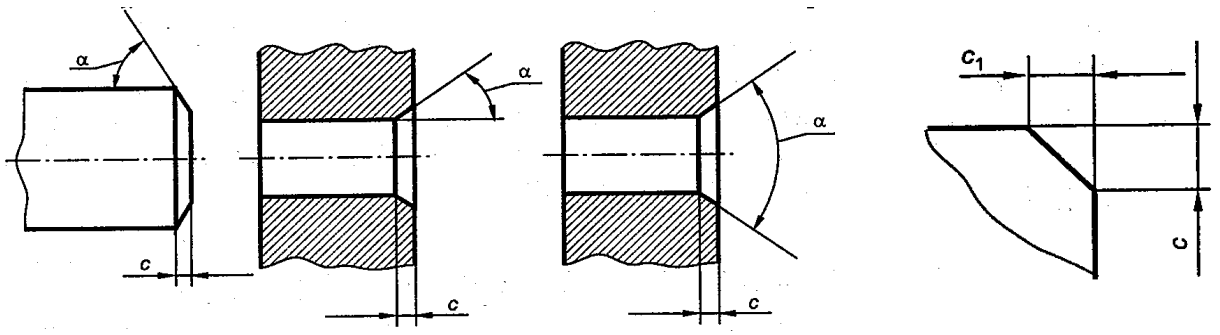


Рисунок 3.50 – Размеры фасок под другими углами

– **Шпоночные пазы** выполняются в двух сопряженных деталях: на валу и во втулке. Шпонка, установленная в эти пазы, передает крутящий момент от вала к втулке и наоборот.

На валу в осевом направлении вырезается паз в виде прямоугольной канавки, соответствующей ширине шпонки. Глубина и длина паза зависят от размеров шпонки. Во втулке в осевом направлении также прорезается прямоугольный паз по ширине шпонки. Глубина паза зависит от высоты шпонки и определена стандартами.

На цилиндрических поверхностях размеры шпоночных пазов для призматических шпонок устанавливает ГОСТ 23360-78, для сегментных шпонок – ГОСТ 24071-80. Определяющим размером служит диаметр вала или втулки. На чертеже шпоночные пазы изображают в двух проекциях. Примеры изображений и нанесения размеров шпоночных пазов даны на рисунках 3.51, 3.52.

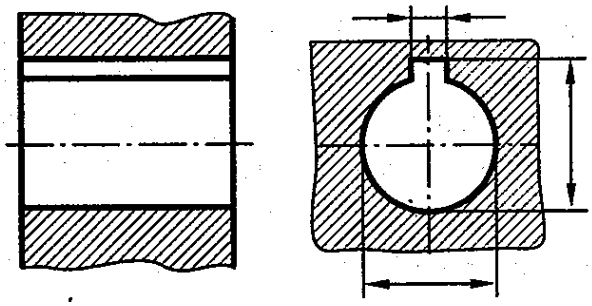


Рисунок 3.51 – Изображение и обозначение размеров шпоночного паза в отверстии

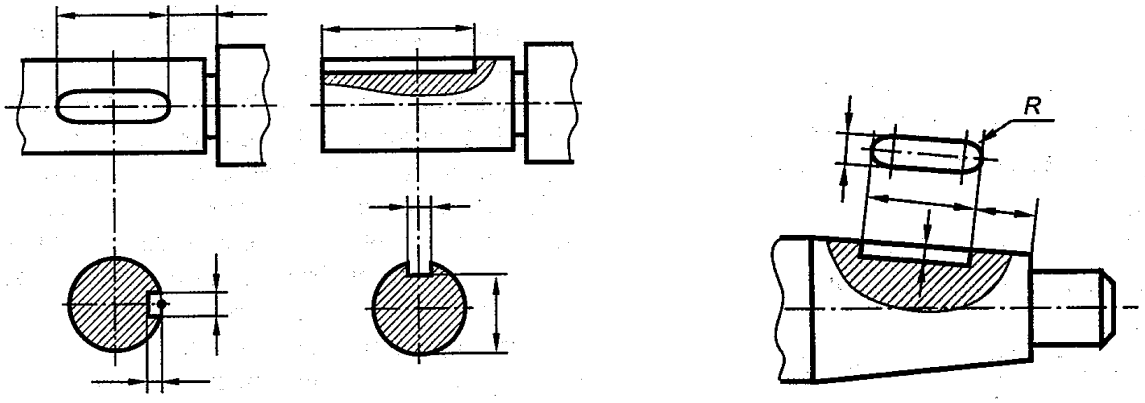


Рисунок 3.52 – Изображение и обозначение размеров шпоночных пазов под призматические шпонки на валу

– **Технологические элементы резьбы.** К технологическим элементам, связанным с выходом резьбы, относятся сбег, недорез, проточка и фаска (рисунок 3.53).

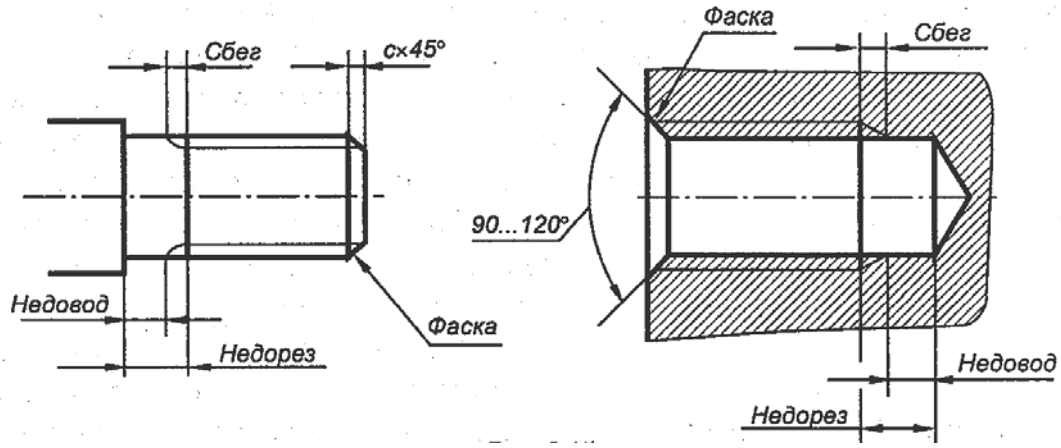


Рисунок 3.53 – Технологические элементы резьбы

При нарезании резьбы на стержне или в отверстии часть витков получается неполного профиля, если на детали не предусмотрена проточка для выхода режущей части инструмента, которым нарезается резьба. Эту часть резьбы называют *сбегом резьбы*. Сбег зависит от угла заборной части режущего инструмента и от величины шага резьбы. На чертежах размер длины резьбы на стержне и в отверстии указывают, как правило, без сбега. Величина ненарезанной части поверхности детали между конусом сбега и опорной поверхностью детали (при переходе с одного диаметра на другой) называется *недоводом резьбы*. Участок поверхности детали, включающий сбег резьбы и недовод, называется *недорезом резьбы*. Для устранения сбега или недореза выполняют *проточку* – канавку прямоугольного или полукруглого профиля (см. рисунок 3.48).

Форму и размеры сбегов, недорезов и проточек устанавливает ГОСТ 10549-80. Определяющим размером служит шаг резьбы *P*. Для облегчения соединения между собой резьбовых деталей на конце стержня и в начале отвер-

стия выполняются фаски, имеющие форму усеченного конуса. Фаски на метрической наружной резьбе имеют угол при вершине конуса 90°, на метрической внутренней резьбе – 120°. Для остальных типов резьб этот угол и на стержне, и в отверстии составляет 90°.

– **Конусы.** Конические поверхности применяют в соединениях деталей для фиксации их взаимного положения. Углы конусов и конусности внешних и внутренних поверхностей устанавливает ГОСТ 8593-81. Конусность может быть задана отношением двух чисел или десятичной дробью и обозначается равнобедренным треугольником Δ с вершиной, направленной в сторону вершины конуса, за которым следует размерное число. Примеры обозначения даны на рисунке 3.54.

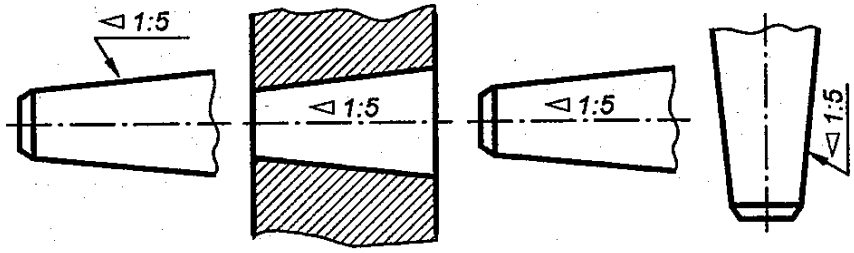
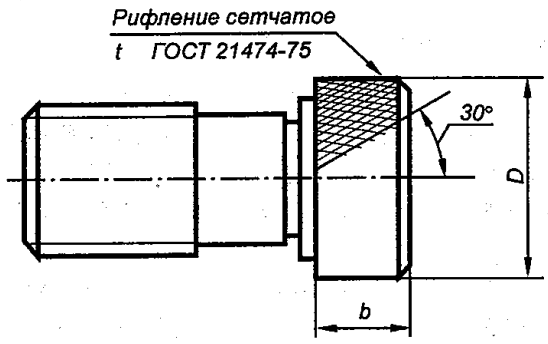


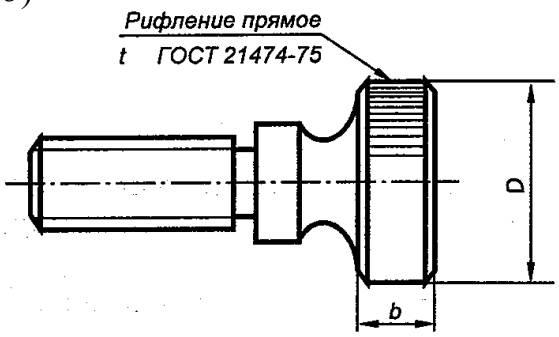
Рисунок 3.54 – Обозначение конусности

– Накатка – рифленая поверхность рукояток, круглых головок винтов, резьбовых крышек, завинчиваемых вручную. Накатка применяется косая сетчатая (рисунок 3.55, *а*) и прямая (рисунок 3.55, *б*).

а)



б)



а) накатка косая сетчатая; *б*) накатка прямая.

Рисунок 3.55 – Изображение накатки на чертежах

На чертежах деталей накатку обозначают условно на небольшом участке по ГОСТ 2.305-68. При этом указывается исходный диаметр цилиндра под накатку *D*, шаг накатки *t*, ширина накатки *b*, угол накатки.

Для прямой накатки применяют следующий ряд шагов: 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,6 мм; для косой сетчатой накатки: 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0 мм.

3.5.3.3 Задание размеров. Общие правила нанесения размеров на чертежах устанавливает ГОСТ 2.305-68. Простановка размеров не зависит от технологии изготовления детали и устанавливает технику нанесения размеров с точки зрения рационального оформления чертежей. Теперь следует усвоить некоторые специальные правила и приемы простановки размеров.

Все размеры на чертежах можно разделить на следующие группы (рисунок 3.56):

1) габаритные – наибольшие размеры детали по длине, ширине и высоте. Эти размеры используются при решении вопросов по выбору заготовки, транспортировке, хранении детали;

2) конструктивные – размеры, определяющие конструкцию детали;

3) координирующие – это размеры, показывающие взаимное расположение основных частей детали. Они контролируют положение детали относительно других деталей в изделии;

4) установочные и присоединительные – указывают положение детали в изделии;

5) технологические – это размеры технологических элементов детали (фасок, проточек, шпоночных пазов, зубьев и т. д.);

6) определяющие форму детали – это линейные, угловые, скругления и другие размеры, характеризующие форму элементов детали.

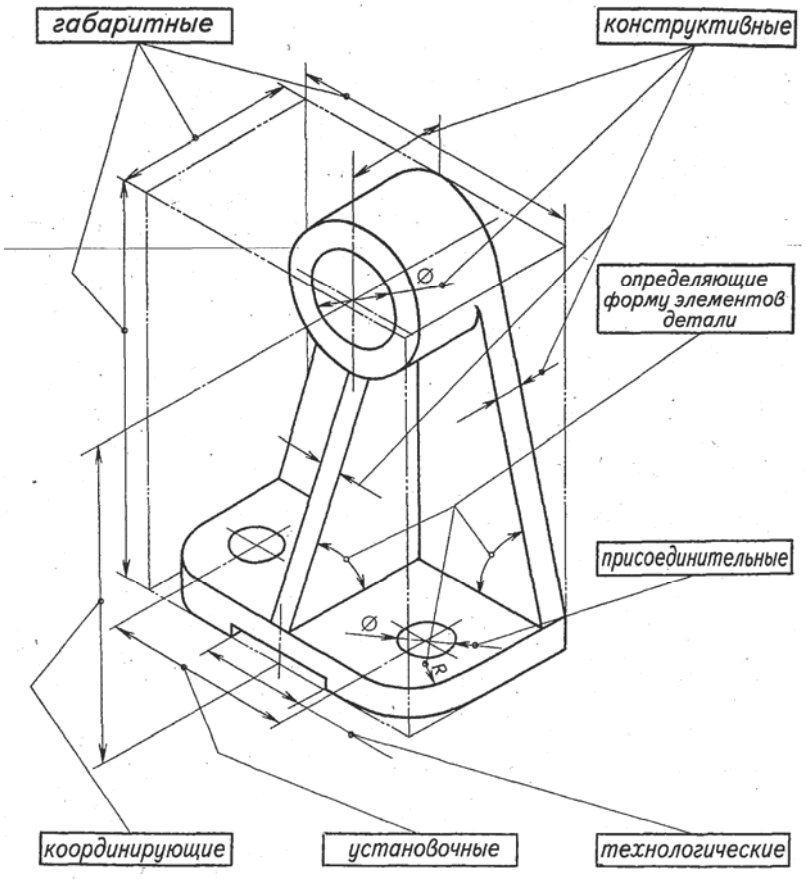


Рисунок 3.56 – Классификация размеров детали

Основными правилами при простановке размеров являются:

– условия работы детали в изделии;

– технологический процесс изготовления детали.

Рассмотрим некоторые общие положения по простановке размеров к ранее данным. Размерные линии с размерами наносят вне контура изображения (рисунок 3.57). Это облегчает чтение чертежа и обеспечивает достаточно места для нанесения размеров, условных знаков и обозначений.

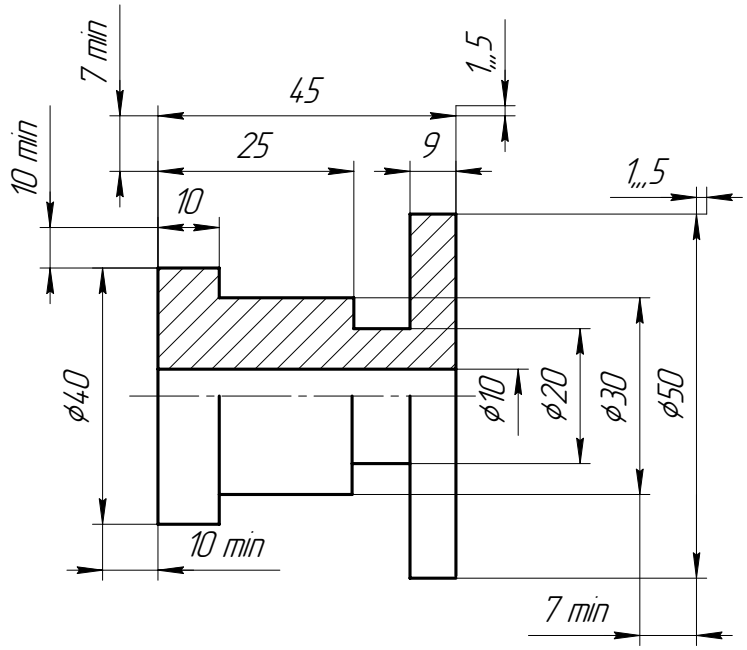


Рисунок 3.57 – Правила нанесения выносных и размерных линий

При нанесении нескольких (параллельных) размерных линий следует избегать взаимного пересечения выносных и размерных линий (пересечение выносных пиний допускается). Стрелки, ограничивающие размерные линии, должны упираться острием в соответствующие линии контура, или выносные, или осевые линии. Выносные линии должны выходить за концы размерных стрелок на 1...5 мм. Минимальное расстояние между параллельными размерными линиями должно быть 7 мм, а между размерной и линией контура – 10 мм и выбраны в зависимости от размеров изображения и насыщенности чертежа.

Не допускается использовать линии контура, осевые, центровые и выносные линии в качестве размерных. Категорически запрещается выносить меньший размер за больший.

Допускается проводить размерные линии непосредственно к линиям видимого контура, осевым, центровым и другим линиям.

Перед размерным числом диаметра во всех случаях следует наносить знак диаметра Ø, а перед размерным числом радиуса – букву *R*.

Размер радиуса или диаметра сферической поверхности может сопровождаться знаком О «сфера» в случае, когда это не ясно из чертежа.

Все эти обозначения упрощают чтение чертежа и иногда дают возможность уменьшить число изображений.

Не рекомендуется проставлять размеры внутреннего контура детали, изображенного на чертеже штриховыми линиями. Размеры, относящиеся к одному и тому же элементу, детали, группировать на том изображении данного элемента, на котором достигается наиболее ясное его изображение. Так, на левом рисунке 3.58 размеры, нужные для изготовления отверстия, сосредоточены на виде сверху, а размеры паза – на виде спереди (на котором этот паз изображен наиболее ясно), и нет нужды их разыскивать на разных изображениях, как это пришлось бы делать, если нанести размеры по правому рисунку.

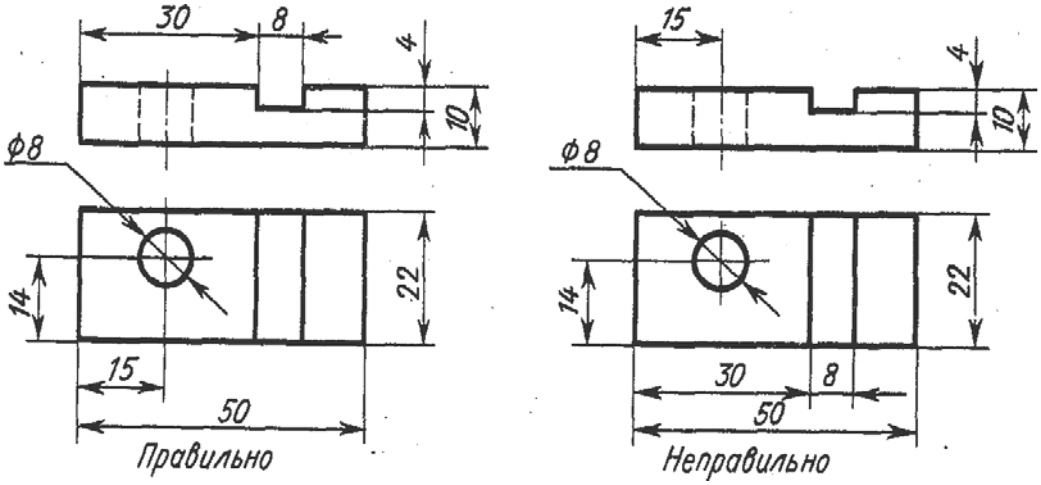


Рисунок 3.58 – Примеры простановки размеров

Числовые величины размеров должны соответствовать ГОСТ 6636-69 Нормальные линейные размеры. На чертежах и эскизах проставляются только натуральные размеры деталей, независимо от масштаба чертежа или размеров изображения на эскизе.

Простановку размеров на деталях, имеющих внутренние формы, по возможности группируют: размеры, относящиеся к внутренним очертаниям, отдельно от размеров, относящихся к наружным очертаниям.

Пример такой группировки размеров дан на рисунке 3.59, где размеры длин, относящиеся к наружным очертаниям, нанесены внизу, а размеры длин, характеризующие внутреннюю форму, расположены наверху.

Для деталей тел вращения или сочетания различных тел вращения размеры диаметров следует проставлять на изображении, полученном проецированием на плоскость, параллельную оси тела. При такой простановке размеров можно легко прочитать форму детали. Угловые размеры осей отверстий Ø10 равномерно расположенных по окружности, обычно не проставляют, а указывают только их количество (рисунок 3.60).

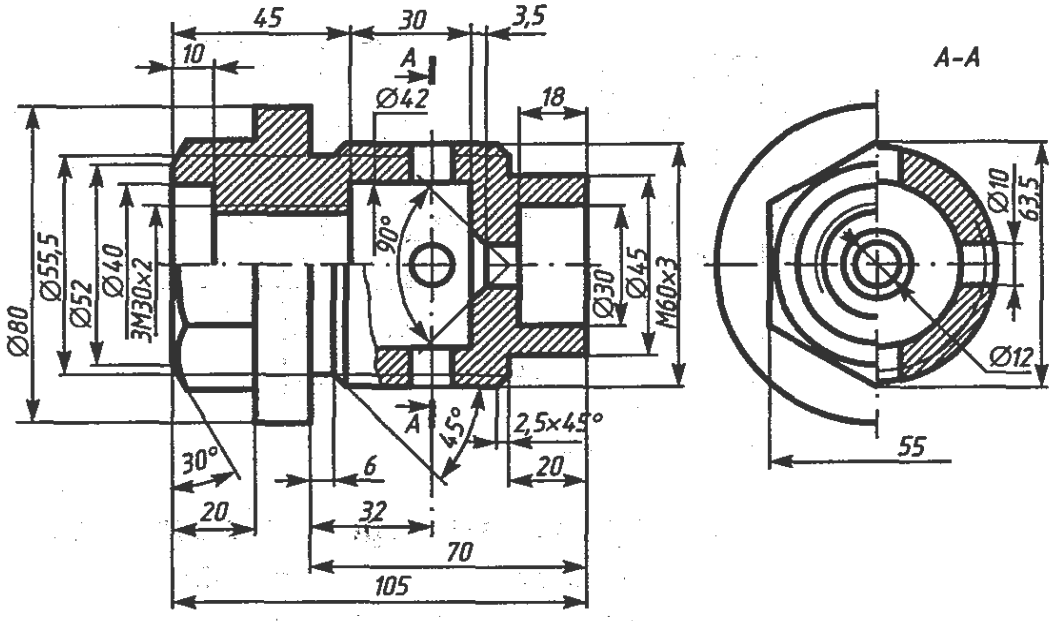


Рисунок 3.59 – Пример группировки размеров

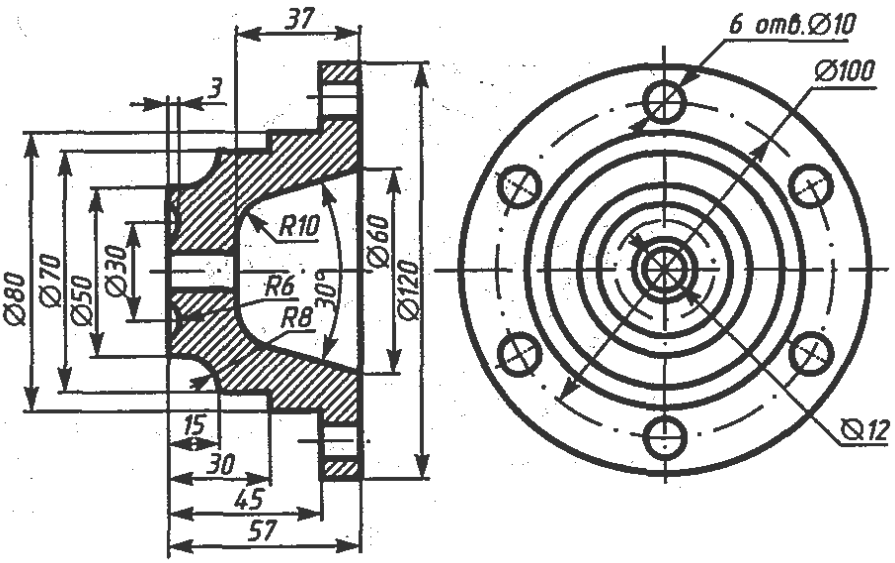


Рисунок 3.60 – Простановка размеров для деталей типа тел вращения

Для деталей, представляющих собой часть тела вращения, полученных разрезкой заготовки на две или несколько частей, размеры проставляют также на изображении, полученном проецированием на плоскость, параллельную оси, а размерные линии выполняют с обрывом (рисунок 3.61).

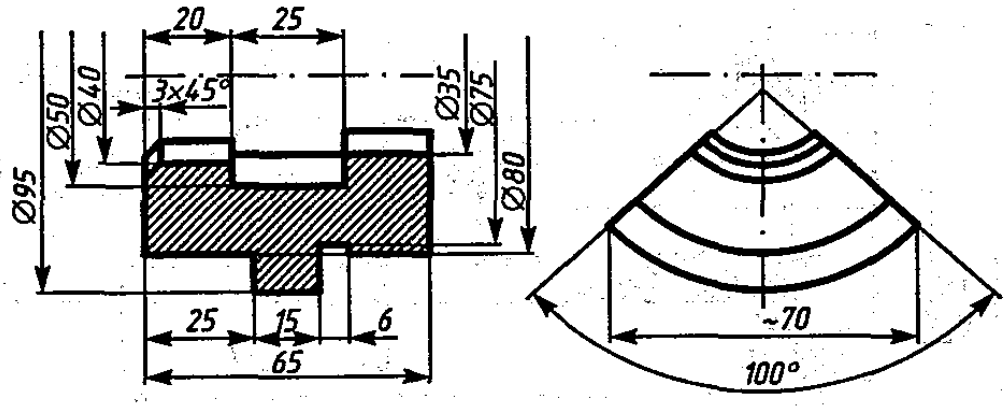


Рисунок 3.61 – Простановка размеров для деталей,
представляющих собой часть тела вращения

При отсутствии на чертеже места для простановки размерных чисел на изображении мелких элементов последние следует выносить на свободное место поля чертежа в увеличенном масштабе и проставлять размеры, как показано на рисунке 3.62.

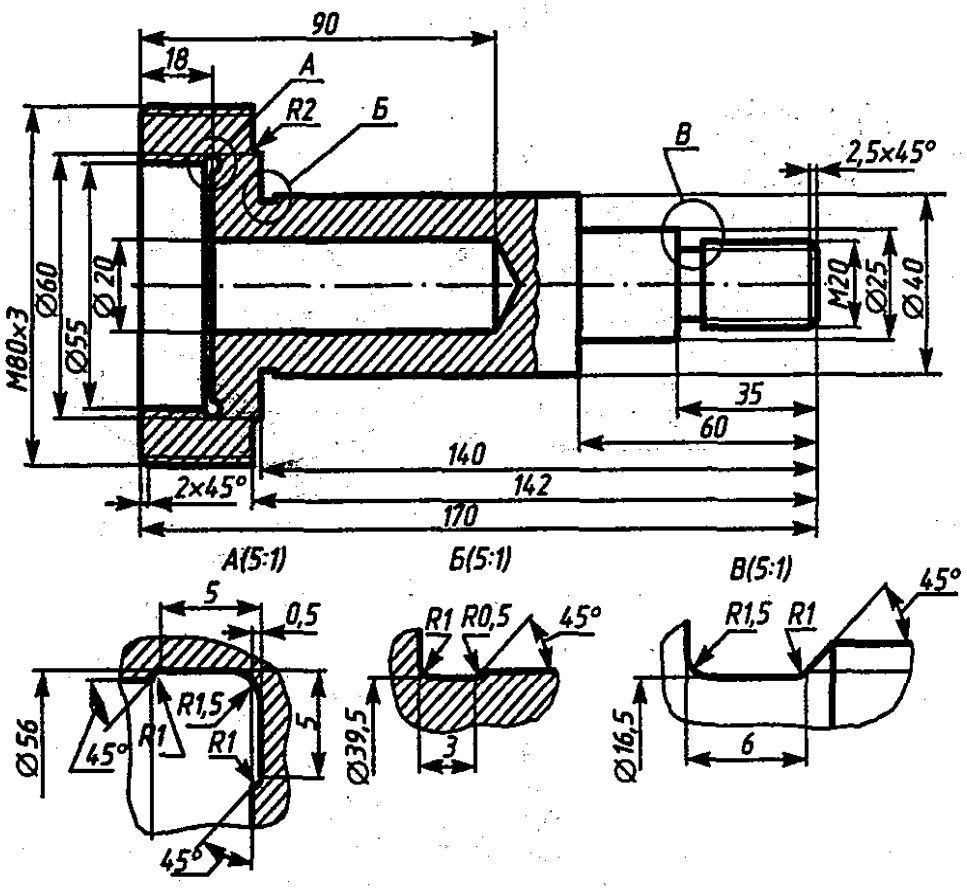
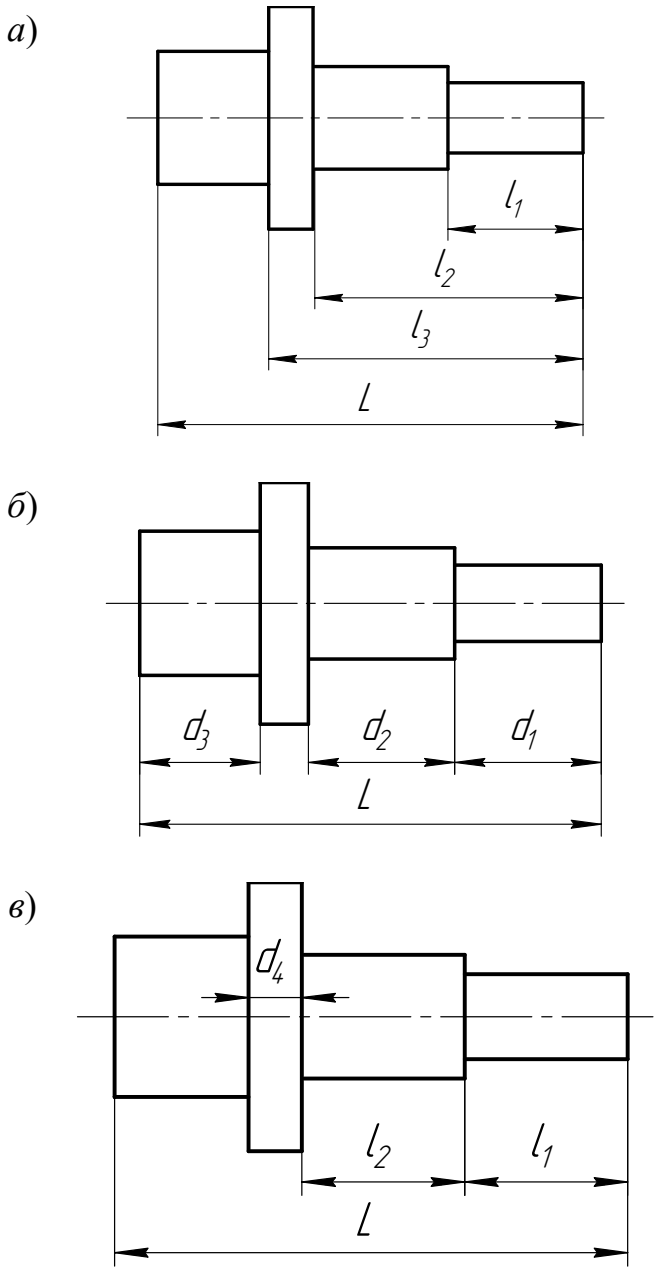


Рисунок 3.62 – Пример простановки размеров
с применением выносных элементов

Дополним теперь эти сведения с учетом условий обработки, технологии изготовления, конструирования и т. п. Правильное нанесение размеров – одно из важных условий повышения производительности труда. Непродуманная или небрежная простановка размеров затрудняет изготовление детали и может явиться причиной брака.

На чертеже может быть отдельно расположенный размер – он называется **звеном**. Несколько размеров, нанесенных в одном направлении по одной линии, образуют **размерную цепь**.

В машиностроении размеры на чертежах наносят тремя способами: координатным, цепным и комбинированным (рисунок 3.63).



а) координатный; *б*) цепной; *в*) комбинированный.

Рисунок 3.63 – Способы простановки размеров

Координатный способ – когда все размеры наносят от одной и той же базовой поверхности независимо друг от друга. Этот способ отличается повышенной точностью, но удорожает стоимость изготовления детали. Нанесение размеров по координатному способу связано с так называемыми базами. *База* – это поверхность детали (или ее элемент), от которой ведут отсчет размеров других элементов детали. Различают конструкторские и технологические базы. *Конструкторскими* базами являются поверхности, линии или точки, по отношению к которым ориентируются другие детали изделия. *Технологические* базы – базы, от которых в процессе обработки удобнее и легче измерять размеры. Базами могут быть:

– плоскости, с которых начинается обработка;

– прямые линии (взаимно перпендикулярные оси симметрии, кромки детали и др.);

– точки (например, как база для отсчета радиусов).

Цепной способ – когда все размеры наносят по одной линии (цепочкой) один за другим. Этот способ применяют, когда наименее точным должны быть суммарные размеры звеньев цепочки, например, при нанесении размеров между центрами отверстий деталей, не подвергающихся механической обработке, заготовок и т. д.

Комбинированный способ – когда размеры наносят цепным и координатным способами. Этот способ наиболее выгодный. С учетом уменьшения суммарной погрешности при измерении длин по возможности нужно пользоваться координатным способом. Выбор способа нанесения размеров зависит также от способа изготовления детали (отливки, поковки, сварки, обточки и т. п.). Оформляя чертеж, надо показывать размеры между осями отверстий, между плоскостью, принятой за базу и параллельной ей осью отверстия и т. п.

Следует обязательно указывать расстояние между осевыми линиями, между осевыми линиями и параллельными им обработанными плоскостями, принятыми за базы для отсчета размеров, и между параллельными обработанными плоскостями.

В качестве примера на рисунке 3.64 показан чертеж кронштейна. Известно, что этот кронштейн должен примыкать к станине некоторой машины плоскостями *B* и *C* и укрепляться на ней двумя болтами. Относительно этих привалочных плоскостей *B* и *C*, являющихся в данном случае сборочными базами, должны быть указаны:

1) расстояние *a* между осью отверстиями для вала и параллельной ей привалочной плоскостью *C*;

2) расстояние *b* между параллельными плоскостями *A* и *B* (это расстояние характеризует так называемый вылет кронштейна);

3) расстояние *c* между осями отверстий для болтов и параллельной им плоскостью *C*;

4) расстояние *d* между осями отверстий для болтов.

От этих же баз, за некоторыми исключениями, ориентированы и остальные размеры детали.

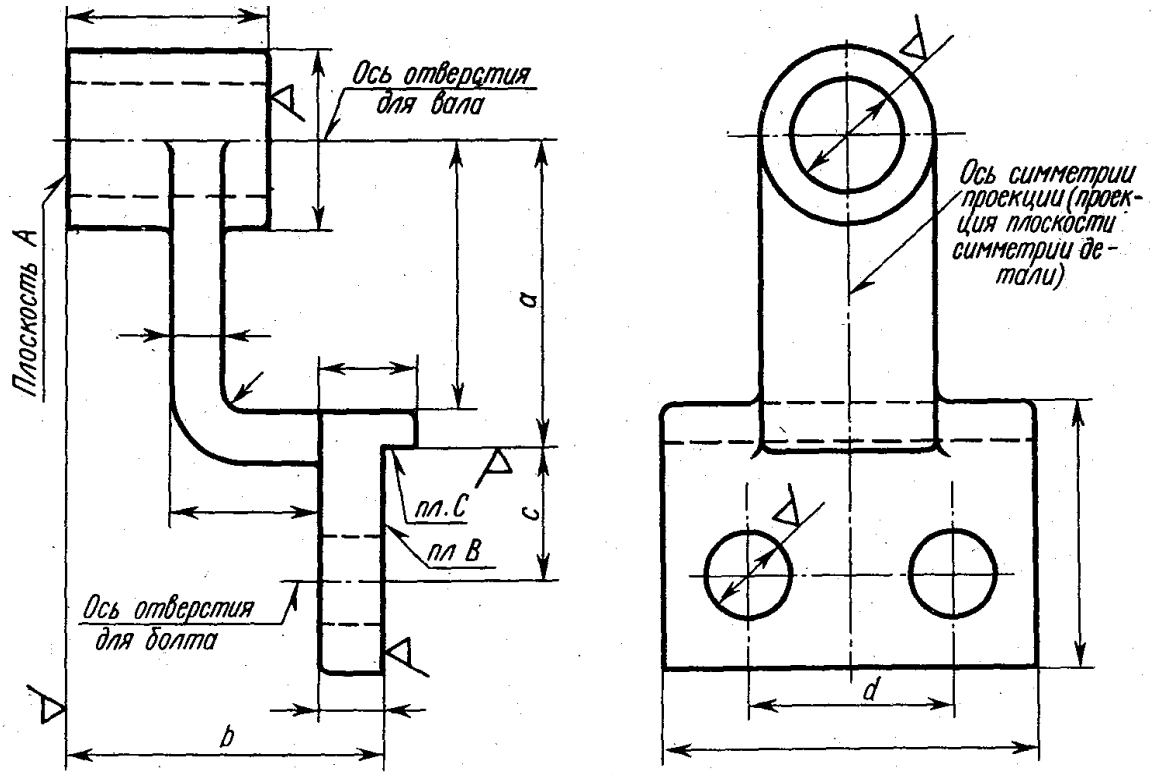


Рисунок 3.64 – Пример простановки размеров

Расчетный размер, проставляемый на чертеже, называется *номинальным*. Точно изготовить деталь по этим размерам невозможно вследствие неточности оборудования, приспособлений, инструментов и т. д. Фактический размер изготовленной детали называется *действительным*. Размеры, между которыми допускается изменение действительного размера, называются *предельными*. Разность между предельным и номинальным размерами называется п*редельным отклонением размера*.

Номинальный размер служит началом отсчета отклонений. Например: (50,00 ± 0,02) мм, где +0,02 мм – верхнее предельное отклонение; –0,02 – нижнее предельное отклонение. В этом случае минимальный размер детали должен быть 49,98 мм (наименьший предельный размер), максимальный размер детали должен быть 50,02 мм (наибольший предельный размер). Если действительный размер находится в этих пределах, то деталь изготовлена правильно, т. е. в пределах допуска. Предельное отклонение, равное нулю, не указывают.

Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами называется *допуском на изготовление детали*. Итак, в нашем примере допуск равен (50,02 – 49,98 = 0,04) мм.

Поле, ограниченное верхним и нижним предельными отклонениями, называется *полем допуска*. Поле допуска обозначается цифрами, например как указано выше или буквами, например *H*6 или *f*4.

Внимательно просмотрите выполненные чертежи и аккуратно обведите все линии (линии контура видимые 0,8–1,0 мм, линии невидимого контура 0,4–0,5 мм, все остальные 0,2–0,3 мм).

Заполните основные надписи. Четко напишите свою фамилию (обязательно ручкой), рядом поставьте свою подпись и дату окончания чертежа по типу: *12.10.2010*. Укажите материалы; нанесите обозначения чертежей детали.

3.5.3.4 Допуски формы и расположения поверхностей. Основные определения допусков формы и расположения поверхностей устанавливает ГОСТ 24642-81, числовые величины допусков – ГОСТ 24643-81, ГОСТ 14140-81, ГОСТ 25069-81, указание на чертежах – ГОСТ 2.308-79.

– **Допуск формы** – это наибольшее допускаемое отклонение формы элемента, детали от формы номинальной (идеальной) поверхности, заданной чертежом. Например, отклонение от прямолинейности, цилиндричности и т. д.

– **Допуск расположения** – отклонение реального расположения рассматриваемого элемента (оси, плоскости, поверхности) от его номинального расположения. При определении допуска расположения могут рассматриваться две поверхности или две геометрические оси (допуск пересечения осей, допуск соосности), ось или плоскость (допуск перпендикулярности) и т. д.

– **Допуски на симметричность, на пересечение осей** назначают исходя из условия работы механизма.

– **Допуски формы и расположения поверхностей** указывают на чертеже условными обозначениями в соответствии с ГОСТ 2.308-79, в прямоугольной рамке, разделенной на две или три части (рисунок 3.65).

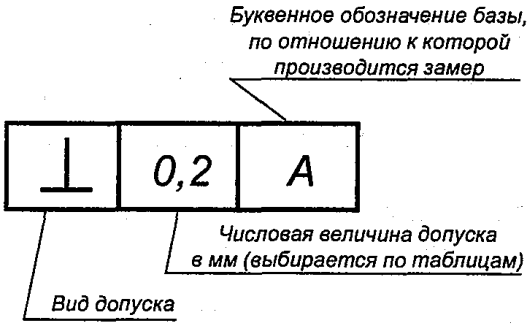
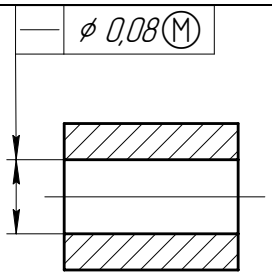
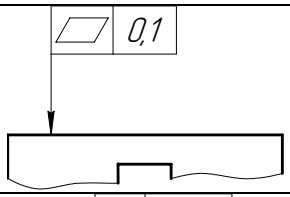
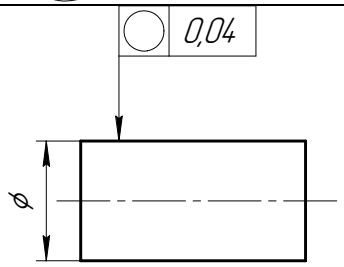
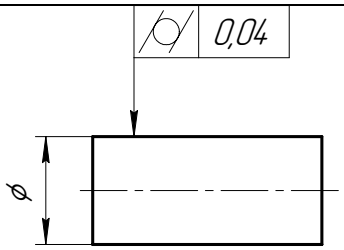
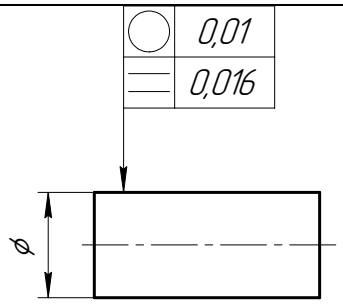
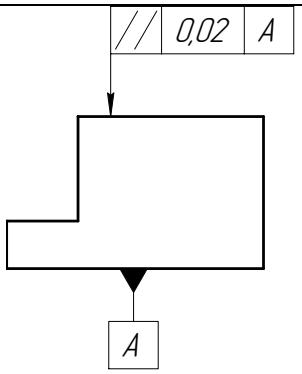


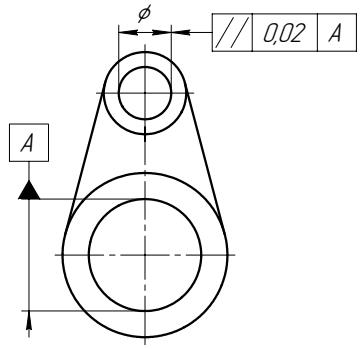
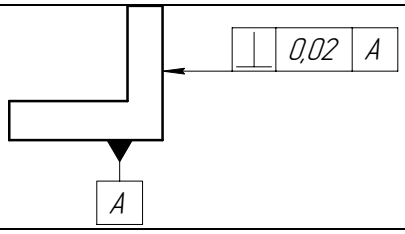
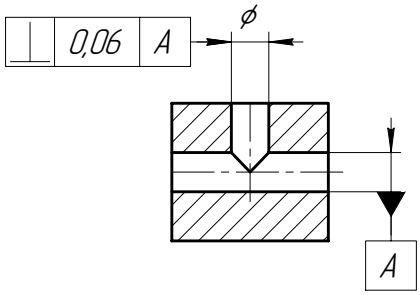
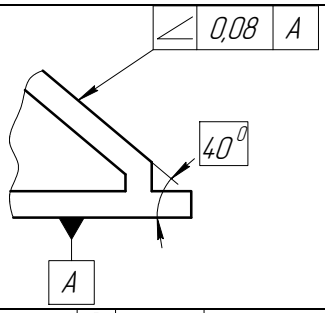
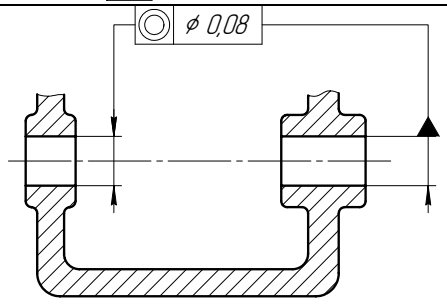
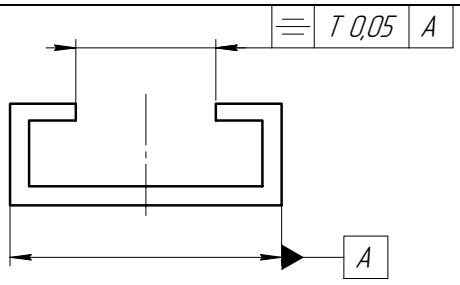
Рисунок 3.65 – Условное обозначение допуска формы и расположения поверхностей

Допуски формы и расположения поверхностей по ГОСТ 2.308-79 представлены в таблице 3.12.

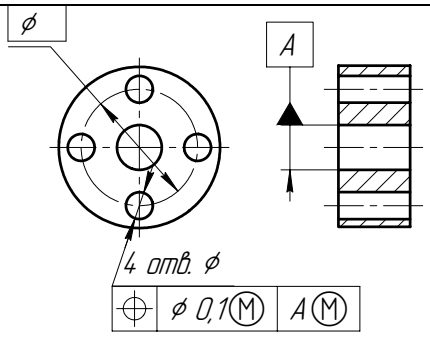
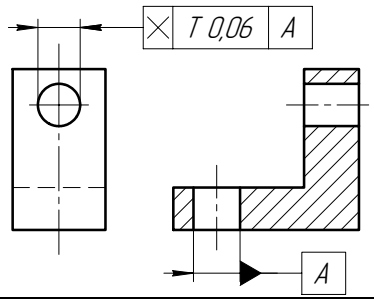
Таблица 3.12 – Допуски формы и расположения поверхностей

Вид допуска	Условное обозначение	Пояснения
Допуск прямолинейности		Допуск прямолинейности оси отверстия ∅0,08 мм (допуск зависимый)
Допуск плоскостности		Допуск плоскостности поверхности 0,1 мм
Допуск круглости		Допуск круглости вала 0,02 мм
Допуск цилиндричности		Допуск цилиндричности вала 0,02 мм
Допуск профиля продольного сечения		Допуск круглости вала 0,01 мм; допуск профиля продольного сечения вала 0,016 мм
Допуск параллельности		Допуск параллельности поверхности *А* 0,02 мм

Продолжение таблицы 3.12

		Допуск параллельности осей отверстий 0,1 мм; допуск перекоса осей отверстий 0,2 мм; база – ось отверстия *А*
Допуск перпендикулярности		Допуск перпендикулярности поверхности относительно поверхности *А* 0,02 мм
		Допуск перпендикулярности оси отверстия *А* 0,06 мм
Допуск наклона		Допуск наклона поверхности относительно поверхности *А* 0,08 мм
Допуск соосности		Допуск соосности отверстия ∅0,08 мм
Допуск симметричности		Допуск симметричности паза *Т* 0,05 мм; база – плоскость симметрии поверхностей *А*

Продолжение таблицы 3.12

Позиционный допуск		Позиционный допуск осей 4 отверстий ∅0,1 мм (допуск зависимый); база – ось отверстия *А* (допуск зависимый)
Допуск пересечения осей		Допуск пересечения осей отверстий *Т* 0,06 мм

3.5.3.5 Шероховатость поверхности. В зависимости от способа изготовления детали (рисунок 3.66) ее поверхности могут иметь различную шероховатость.

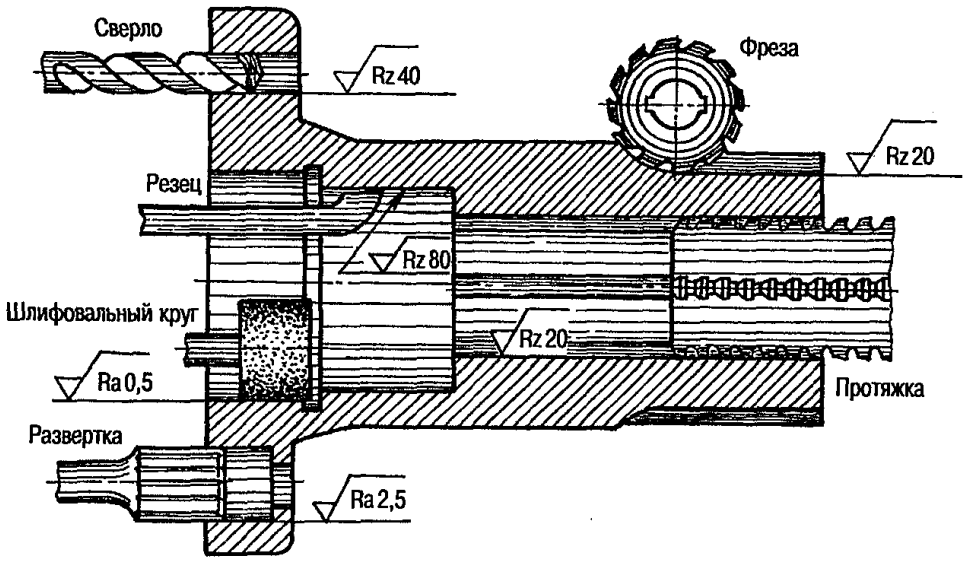


Рисунок 3.66 – Различные способы обработки детали

Шероховатость поверхности – это совокупность микронеровностей обработанной поверхности, рассматриваемых на участке стандартизованной длины (*L*). Эту длину называют *базовой*, и она выбирается в зависимости от характера измеряемой поверхности. Чем больше высота микронеровностей, тем больше берется базовая длина *L*.

Для определения шероховатости поверхности ГОСТ 2789-73 предусматривает шесть параметров:

- *высотные*

1) *Ra* – среднее арифметическое отклонения профиля;

2) *Rz* – высота неровностей профиля по десяти точкам;

3) R_{max} – наибольшая высота профиля;

- *шаговые*

4) *S* – средний шаг местных выступов профиля;

5) S_m – средний шаг неровностей;

6) *относительная опорная длина* t_p, где *p* – значение уровня сечения профиля.

Наиболее распространены параметры высотные.

Средняя высота микронеровностей Rz определяется как сумма средних арифметических абсолютных значений отклонений точек пяти наибольших минимумов и пяти наибольших максимумов профиля в пределах базовой длины l (рисунок 3.67):

$$Rz = \frac{1}{5}\sum_{i=1}^{5}|H_i \max| + \sum_{i=1}^{5}|H_i \min|,$$

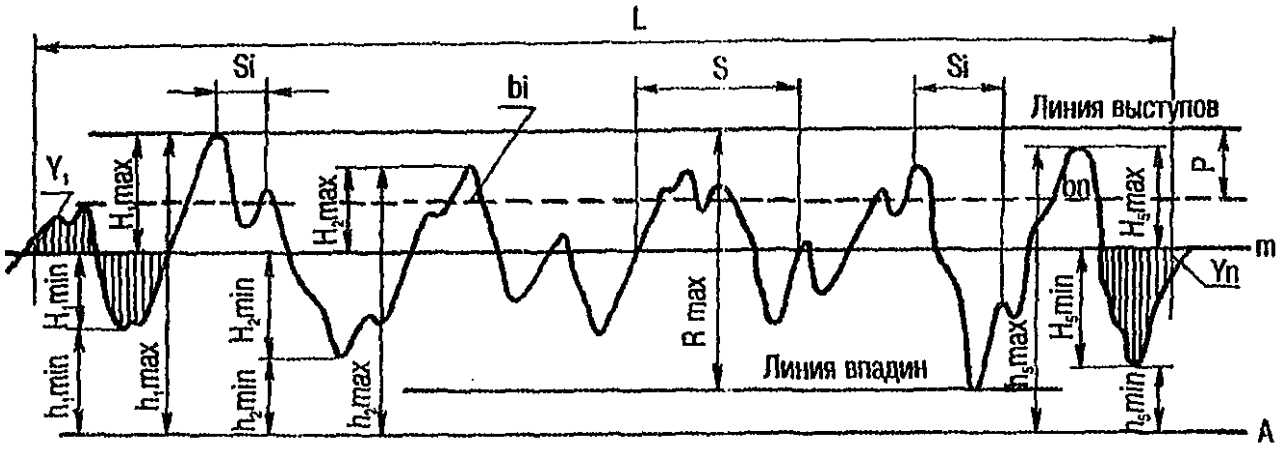


Рисунок 3.67 – Определение шероховатости поверхности

Среднее арифметическое значение отклонения профиля Ra – среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины l

$$Ra = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|y_i|.$$

Средняя линия m лежит в плоскости профиля и делит профиль на равные по площади части (т. е. площадь профиля, расположенного выше средней линии, равна площади профиля, расположенного ниже средней линии, см. рисунок 3.67).

Чем меньше значение *Ra* и *Rz*, тем меньше величина шероховатости, т. е. тем качественнее обработана поверхность.

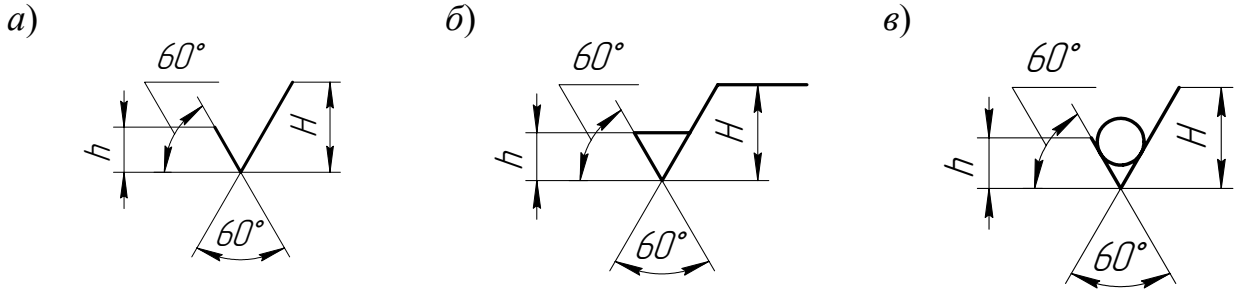
Шероховатость поверхности контролируется двумя основными методами: качественным и количественным. *Качественный метод* основан на сравнении проверяемой поверхности с образцом (эталоном). Эталон изготавливается из

тех же материалов, что и проверяемая деталь. *Количественный метод* заключается в том, что неровность поверхности измеряют специальными приборами (профилометрами, профилографами, двойными микроскопами, микроинтерферометрами, приборами светового сечения и др.). Параметр *Ra* измеряется обычно профилометром, *Rz* – профилографом или оптическими приборами одновременного преобразования профиля. Измерение производят выборочным путем в нескольких местах поверхности детали (на малых участках) и подсчитывают среднюю высоту микронеровностей.

Шероховатость обрабатываемых поверхностей является одним из показателей качества детали, характеризующим ее долговечность и надежность в работе.

3.5.3.6 Обозначение шероховатости. В обозначении шероховатости поверхности, способ обработки которой конструктором не устанавливается, применяют знак $\sqrt{}$ (рисунок 3.68, *а*). Если шероховатость поверхности должна быть образована удалением слоя материала (например, точением, фрезерованием, сверлением, шлифованием, полированием, травлением и т. п.), применяют знак $\sqrt{}$ (рисунок 3.68, *б*).

При обозначении шероховатости поверхности, образуемой без удаления слоя материала (например, литьем, ковкой, объемной штамповкой, прокатом, волочением и т. д.), применяют знак $\sqrt{}$ (рисунок 3.68, *б*). Этим же знаком обозначают и поверхности, не обработанные по данному чертежу.



а) без установления способа обработки; *б*) с установлением способа обработки; *в*) без удаления слоя материала.

Рисунок 3.68 – Обозначение шероховатости поверхности

Высота знаков должна быть приблизительно равна высоте размерных чисел, применяемых на данном чертеже, а толщина линий знаков равна половине толщины сплошной основной линии, применяемой на данном чертеже. Исключение составляет знак, наносимый в правом верхнем углу, толщина линий и высота которого должны быть в 1,5 раза больше всех остальных знаков на чертеже (рисунок 3.69).

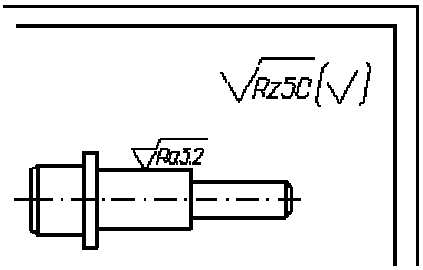


Рисунок 3.69 – Указание шероховатости,
одинаковой для части поверхностей изделий

Знаки шероховатости поверхности должны касаться контурных, или выносных, или штрихпунктирных линий (рисунок 3.69). При изображении детали с разрывом (рисунок 3.70) обозначение шероховатости наносят только на одной части детали, по возможности ближе к месту указания размеров. Если шероховатость всех поверхностей детали должна быть одинаковой, то в правом верхнем углу чертежа наносят общее обозначение шероховатости (рисунок 3.71).

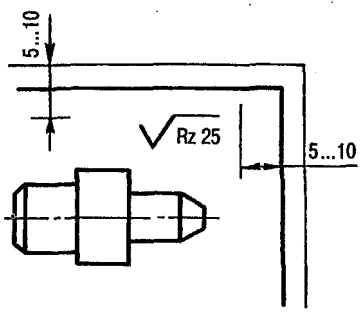


Рисунок 3.70 – Указание
шероховатости на изделии с разрывом

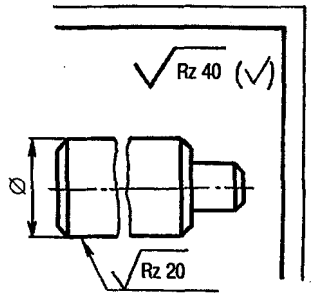
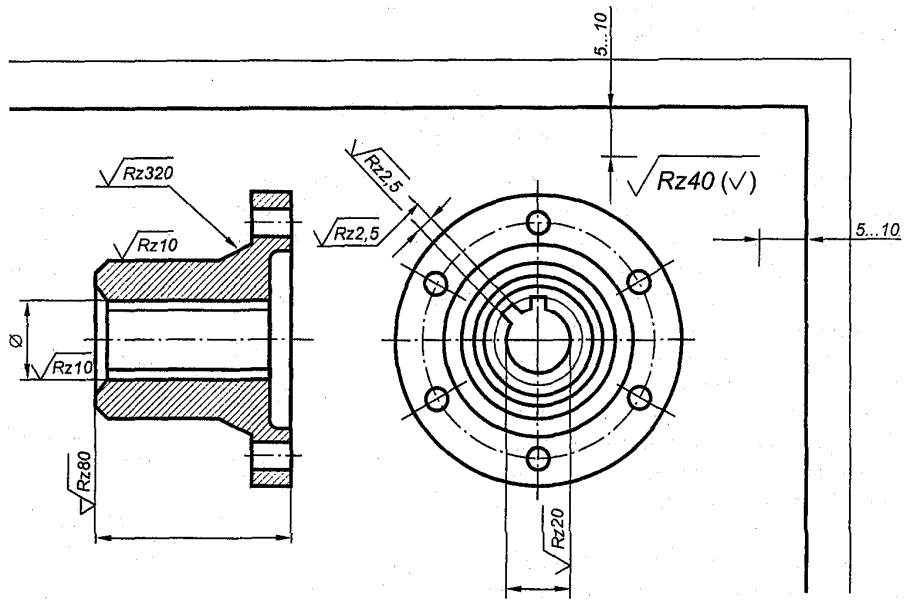


Рисунок 3.71 – Указание
одинаковой шероховатости

Если шероховатость поверхности детали должна быть разной, то в правом верхнем углу чертежа наносят обозначение преобладающей по числу поверхностей шероховатости и знак (√) в скобках, который означает, что все остальные поверхности детали, кроме обозначенных на изображении, должны иметь шероховатость, указанную перед скобкой (рисунок 3.72).



Неуказанные шероховатости поверхностей на изделии вынесены в правый верхний угол

Рисунок 3.72 – Обозначение неуказанных шероховатостей поверхностей на изделии

Если шероховатость на одной и той же поверхности должна быть различной, то эти участки разделяются тонкой сплошной линией (рисунок 3.73).

Рисунок 3.73 – Обозначение различной шероховатости на одной и той же поверхности

Обозначение шероховатости рабочих поверхностей зубьев зубчатых колес и эвольвентных шлиц условно наносят на линии делительной поверхности (рисунок 3.74). Если шероховатость контура должна быть одинаковой, то обозначение наносится один раз со знаком окружности О (рисунок 3.75). Диаметр знака равен 4...5 мм.

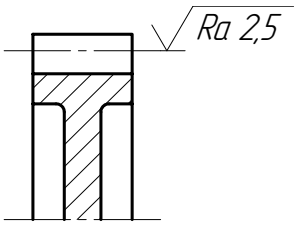


Рисунок 3.74 – Обозначение шероховатости рабочих поверхностей зубьев

Рисунок 3.75 – Обозначение шероховатости по контуру

В обозначении одинаковых шероховатостей поверхностей, плавно переходящих одна в другую, знак окружности не наносят (рисунок 3.76).

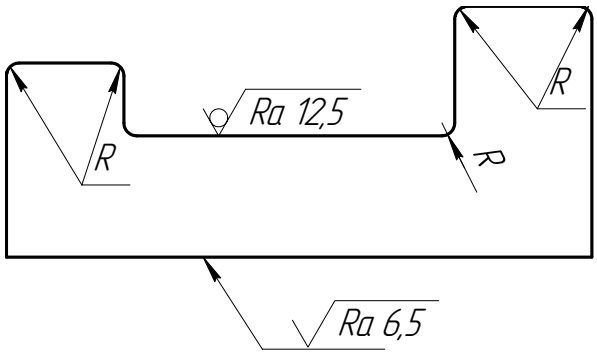


Рисунок 3.76 – Обозначение одинаковых шероховатостей поверхностей

Нанесение знака шероховатости на поверхностях с различным расположением показано на рисунке 3.77.

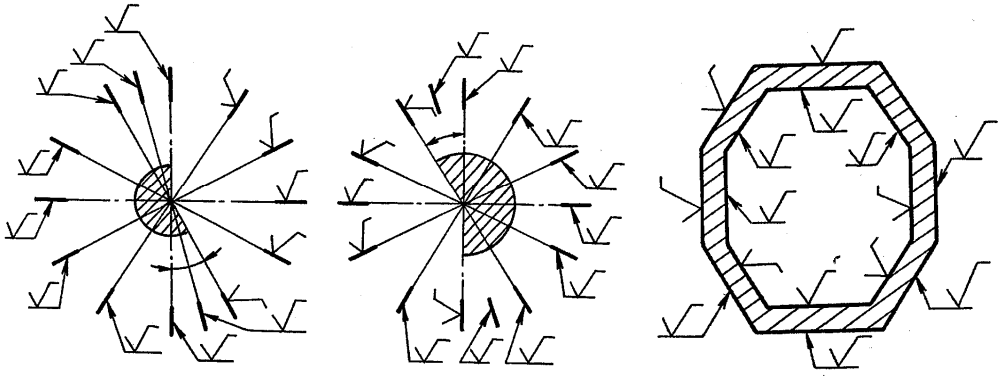


Рисунок 3.77 – Нанесение знака шероховатости на поверхностях с различным расположением

Обозначение шероховатости поверхности профиля резьбы наносят по общим правилам при изображении профиля (рисунок 3.78) или условно на выносной линии для указания размера резьбы (рисунок 3.79, 3.80, 3.81), на размерной линии или на ее продолжении (рисунок 3.81).

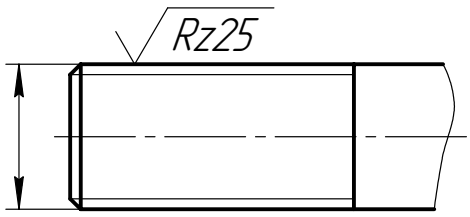


Рисунок 3.78 – Пример обозначения шероховатости наружной резьбы

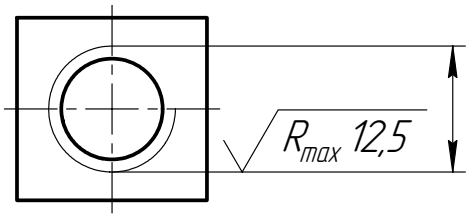


Рисунок 3.79 – Пример обозначения шероховатости внутренней резьбы

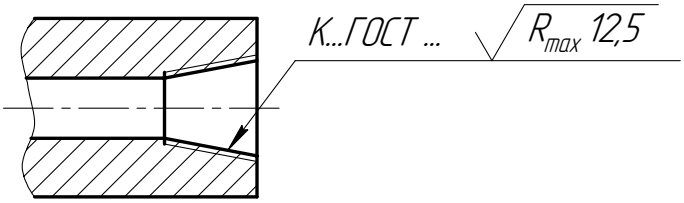


Рисунок 3.80 – Пример обозначения шероховатости внутренней конической резьбы

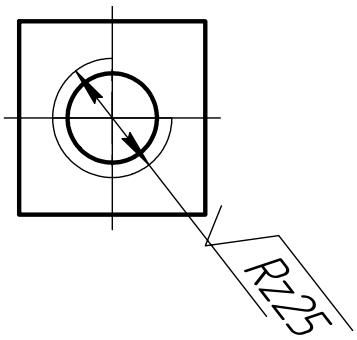


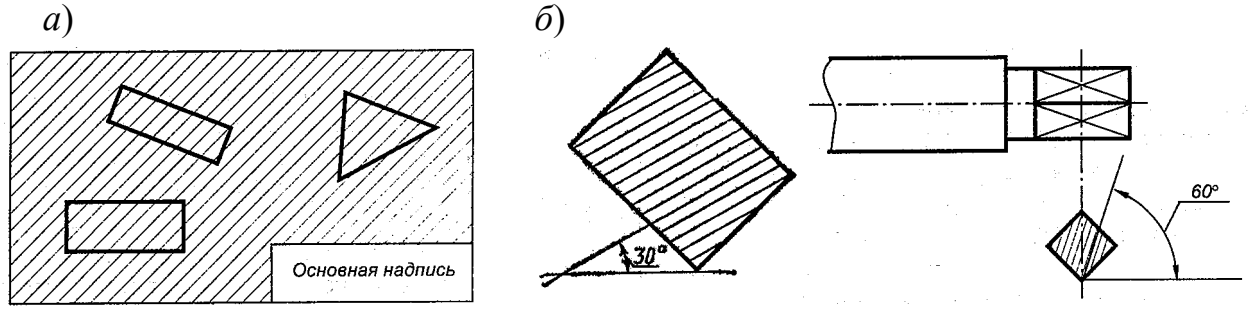
Рисунок 3.81 – Пример обозначения шероховатости внутренней резьбы

3.5.4 Графические изображения материалов и правила нанесения их на чертежах. Графические обозначения различных материалов в сечениях должны соответствовать обозначениям, указанным в таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Графические обозначения материалов

Материал	Обозначение	Материал	Обозначение
Металл и твердые сплавы		Стекло и другие светопрозрачные материалы	
Неметаллические материалы*		Жидкости	
Древесина		Грунт естественный	
Камень естественный		Засыпка из любого материала	
Керамика и силикатные материалы		Сетка	
Бетон		Железобетон	

Линии штриховки проводятся под углом 45° к линиям рамки чертежа с наклоном влево или вправо в одну сторону на всех сечениях, относящихся к данной детали (рисунок 3.82, *а*). Если же наклон линий контура или осевых линий детали составляет 45°, то штриховка выполняется в ту же сторону, но под углом 30 или 60° (рисунок 3.82, *б*).



а) линии штриховки на всех сечениях данной детали; *б*) линии штриховки в сечениях, где линии контура сечения наклонены.

Рисунок 3.82 – Наклон линий штриховки

При штриховке в клетку сечений двух смежных деталей расстояние между линиями штриховки в каждом сечении должно быть разным.

При больших площадях сечений допускается наносить штриховку лишь у контура сечения узкой полоской равномерной ширины.

Расстояние между линиями штриховки для учебных чертежей выбирается от 1 до 4 мм в зависимости от величины изображения детали и принимается одинаковым для всех сечений данной детали. При вычерчивании смежных сечений двух деталей наклон штриховки выполняют в разных направлениях или изменяют расстояние между линиями штриховки (рисунок 3.83).

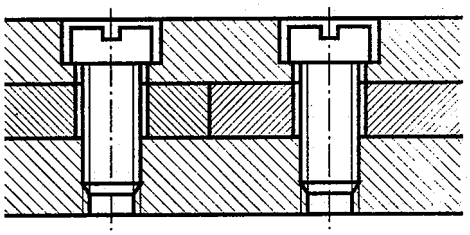


Рисунок 3.83 – Наклон линии штриховки
смежных деталей

4 ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Работа состоит из заданий по темам 10–11.

Тема 10 – Выполнение сборочного чертежа машиностроительного изделия.

Тема 11 – Деталирование чертежа общего вида.

4.1 Тема 10 – Выполнение сборочного чертежа машиностроительного изделия

В инженерной графике чертежи сборочных единиц имеют большое значение, поэтому в практике обучения этой дисциплине работа по выполнению чертежа сборочной единицы занимает важнейшее место, так как является одной из основных тем курса.

Цель задания. Ознакомиться с видами изделий и конструкторскими документами, закрепить навыки выполнения эскизов деталей и умение выполнять и оформлять сборочные чертежи машиностроительных изделий.

Предлагаемое методическое пособие призвано облегчить эту работу, методически правильно подойти к ее выполнению. Кроме того, оно подготовит к выполнению следующей работы курса – «Деталирование чертежа общего вида».

Порядок выполнения. В состав задания по выполнению сборочного чертежа входят:

– составление структурной схемы;

– составление спецификации;

– выполнение эскизов всех нестандартных деталей;

– выполнение сборочного чертежа.

Структурная схема изделия выполняется на отдельном листе бумаги формата *А4*. Спецификация – на отдельном формате *А4*, или на готовом бланке формата *А4*. Эскизы деталей выполняются на миллиметровой бумаге форматов *А4* и *А3* в зависимости от сложности и размеров детали. Сборочный чертеж следует выполнять на листе чертежной бумаги формата *А2* в соответствующем масштабе, заняв изображением и размерами 70–75 % поля чертежа.

Структурная схема, эскизы, сборочный чертеж должен быть оформлен по ГОСТ 2.104-68, т. е. иметь основную надпись и дополнительные графы по форме 1. Спецификация выполняется по ГОСТ 2.108-68 с основной надписью и дополнительными графами согласно форме 2 ГОСТ 1.104-68.

Рекомендуемая литература. ГОСТ 2.101-68; 2.102-68; 2.103-68; 2.104-68; 2.108-68; 2.109-68; [1, глава 12]; [2, глава 14]; [6, раздел 6].

Методические указания по выполнению задания

4.1.1 Понятие об изделии и его составных частях. *Изделием* называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии. ГОСТ 2.101-68 устанавливает следующие виды изделий: детали, сборочные единицы, комплексы, комплекты.

$$Изделия, в зависимости от наличия или отсутствия в них составных частей, делят:

а) на неспецифицированные (детали, не имеющие составных частей);

б) специфицированные (сборочные единицы, комплексы, комплекты), состоящие из двух и более составных частей.

Деталью называется изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций.

Сборочной единицей называют изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сочленением; сваркой, пайкой, опрессовкой, склеиванием и т. д.).

Комплексом называются два или более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций.

Комплектом называется два или более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера (например, комплект запасных частей).

Структура различных видов изделий приведена на рисунке 4.1.

Рисунок 4.1 – Структура различных видов изделий

4.1.2 Виды конструкторских документов. К конструкторским документам относят графические (чертежи, схемы) и текстовые (спецификации, технические условия и т. д.) документы, которые в отдельности или в совокупности определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки или изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта.

В связи с тем, что студенты в начале обучения не сталкиваются со всеми видами конструкторской документации, ниже приведены только некоторые из них:

– **чертеж детали**, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля;

– **сборочный чертеж**, содержащий изображение изделия и другие данные, требующиеся для его сборки (изготовления) и контроля;

– **чертеж общего вида**, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы изделия;

– **схема**, на которой показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними;

– **спецификация**, определяющая состав сборочной единицы, комплекса и комплекта.

Более подробные сведения о видах конструкторских документов содержатся в ГОСТ 2.102-68.

В зависимости от способа выполнения и характера использования, конструкторские документы подразделяются:

– на *оригиналы*, выполненные на любом материале и предназначенные для изготовления по ним подлинников;

– *подлинники* – чертежи, выполненные на любом материале, позволяющем многократное воспроизводство с них копий, оформленные подлинными установленными, подписями;

– *копии*, выполненные способом, обеспечивающим их идентичность с подлинником и предназначенные для непосредственного использования при разработке, в производстве, эксплуатации и ремонте изделий.

Конструкторские документы, предназначенные для разового использования в производстве, допускаются выполнять в виде эскизных документов.

В учебной практике под эскизами подразумевается конструкторские документы, выполняемые без применения чертежных инструментов (от руки), без соблюдения масштаба, но с сохранением пропорций отдельных элементов детали.

Комплект конструкторской документации для учебных чертежей обычно состоит: из структурной схемы, спецификации, эскизов деталей и сборочного чертежа.

Конструкторским документам присваиваются шифры:

– чертежу общего вида – шифр ВО;

– сборочному чертежу – шифр СБ;

– монтажному чертежу – шифр МЧ;

– габаритному чертежу – шифр ГЧ;

– схемам – шифры по ГОСТ 2.701-84;

– пояснительной записке – ПЗ.

Рабочий чертеж и спецификация шифра не имеют.

4.1.3 Требования, предъявляемые к выполнению структурной схемы. ГОСТ 2.701-84 устанавливает виды и типы схем и общие требования к их выполнению. В курсе «Инженерная графика» для общего ознакомления с издели-

ем используется структурная схема – шифр *Е*1. Она определяет составные части изделия, их наименование, назначение и взаимосвязь. Составляется схема по разделам спецификации. Выполняют ее в виде прямоугольников или плоских геометрических фигур со вписанными в них наименованиями составных частей изделий. Линии связи поясняют процесс сборки или разборки изделий. Пример выполнения структурной схемы приведен на рисунке 4.2.

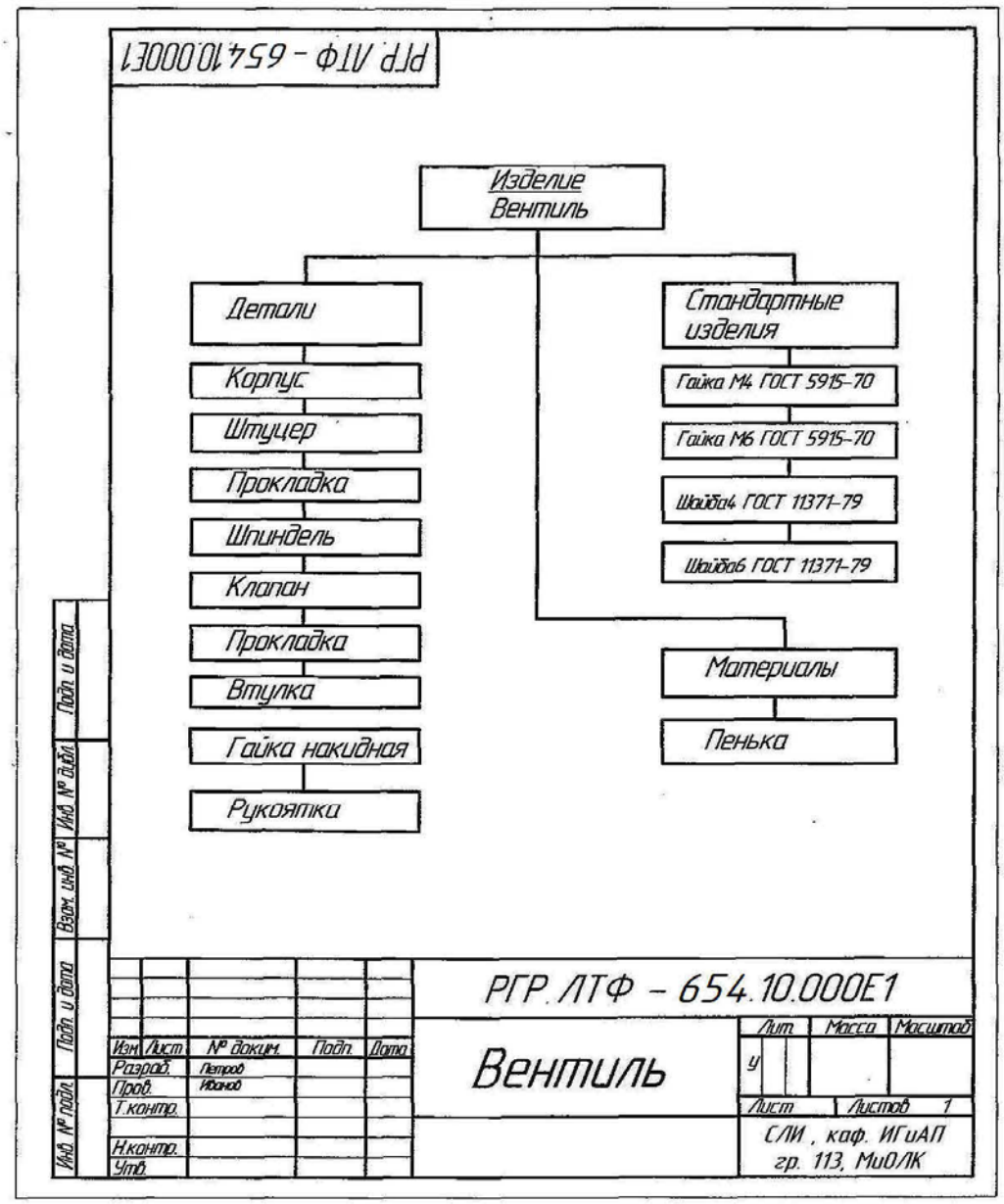
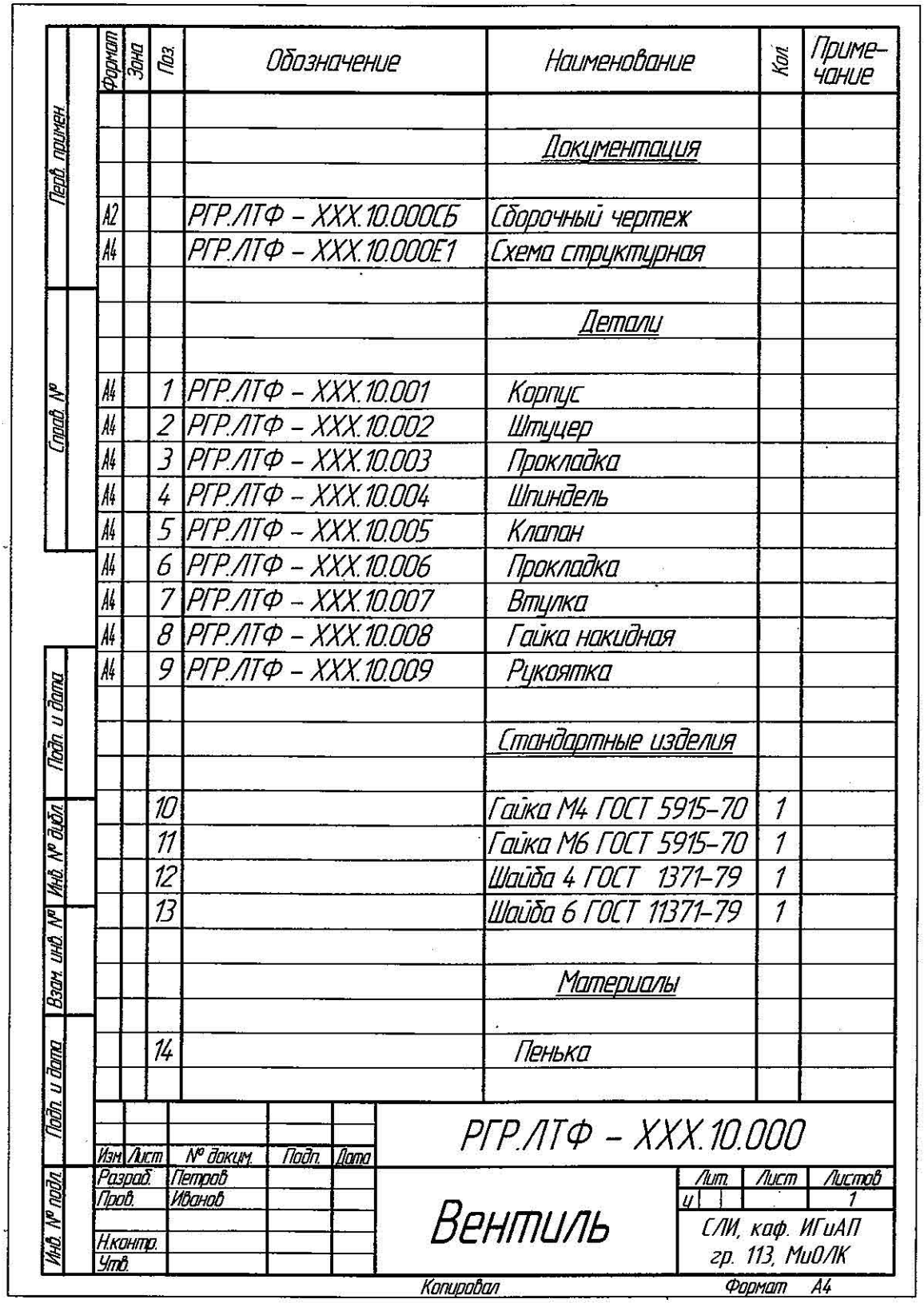


Рисунок 4.2 – Пример выполнения структурной схемы изделия

4.1.4 Составление спецификации и ее заполнение. *Спецификация* представляет собой текстовой документ, определяющий состав изделия, состоящего из двух и более частей. Она выполняется, согласно ГОСТ 2.108-68, на формате *А4* и имеет определенную форму с основной надписью, принятой по ГОСТ 2.104-68 для текстовых документов (рисунок 4.3).



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
А2			РГР.ЛТФ – ХХХ.10.000СБ	Сборочный чертеж		
А4			РГР.ЛТФ – ХХХ.10.000Е1	Схема структурная		
				Детали		
А4		1	РГР.ЛТФ – ХХХ.10.001	Корпус		
А4		2	РГР.ЛТФ – ХХХ.10.002	Штуцер		
А4		3	РГР.ЛТФ – ХХХ.10.003	Прокладка		
А4		4	РГР.ЛТФ – ХХХ.10.004	Шпиндель		
А4		5	РГР.ЛТФ – ХХХ.10.005	Клапан		
А4		6	РГР.ЛТФ – ХХХ.10.006	Прокладка		
А4		7	РГР.ЛТФ – ХХХ.10.007	Втулка		
А4		8	РГР.ЛТФ – ХХХ.10.008	Гайка накидная		
А4		9	РГР.ЛТФ – ХХХ.10.009	Рукоятка		
				Стандартные изделия		
		10		Гайка М4 ГОСТ 5915–70	1	
		11		Гайка М6 ГОСТ 5915–70	1	
		12		Шайба 4 ГОСТ 1371–79	1	
		13		Шайба 6 ГОСТ 11371–79	1	
				Материалы		
		14		Пенька		

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист.	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Петров		
Пров.		Иванов		
Н.контр.				
Утв.				

РГР.ЛТФ – ХХХ.10.000

Вентиль

Лит.	Лист	Листов
у		1

СЛИ, каф. ИГиАП
гр. 113, МиОЛК

Копировал

Формат А4

Рисунок 4.3 – Пример заполнения спецификации на изделие

Спецификация в общем случае состоит из разделов, которые располагают в такой последовательности:

– документация;

– комплексы;

– сборочные единицы;

– детали;

– стандартные изделия;

– прочие изделия;

– материалы;

– комплекты.

При выполнении учебных чертежей спецификация обычно состоит из следующих разделов:

– документация;

– детали;

– стандартные изделия;

– материалы.

Наименование каждого раздела записывается в графе «Наименование» и подчеркивается. Перед наименованием каждого раздела, а также после наименования оставляется по одной свободной строке.

В графе «Наименование» указывается:

а) в разделе «Документация» – наименование документа, например:

«*Сборочный чертеж*»;

б) в разделе «Детали» – наименование изделия в соответствии с основной надписи его чертежа, например «*Гайка накидная*»;

в) в разделе «Стандартные изделия» записывается условное обозначение изделия по соответственному стандарту, например: «*Болт М10×50 ГОСТ 7798-70*». Запись в пределах каждой группы производится в алфавитном порядке, например: «*Болт*», «*Винт*», «*Гайка*», «*Шайба*». В пределах каждого наименования одного и того же стандарта – в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия, например размера резьбы;

г) в разделе «Материалы» указывают обозначение материалов, установленные стандартами на эти материалы (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Обозначение и назначение материала

Материал	Марка	ГОСТ	Назначение марки материала
Чугун серый	СЧ 10 СЧ 15 СЧ 20	1412-85	Корпуса, кожухи, крышки, тихоходные колеса
	СЧ 25 СЧ 30 СЧ 35		Станины металлорежущих станков
Чугун ковкий	КЧ 30–6 КЧ 38–8 КЧ 35–10		Червячные шестерни, тормозные колодки, рукоятки, соединительные части трубопроводов

Продолжение таблицы 4.1

Сталь углеродистая обыкновенного качества	Ст 0 Ст 1 Ст 2 Ст 3 Ст 4	380-94	Болты, гайки, крюки, шатуны, валы, оси, детали металлоконструкций
	Ст 5 Ст 6		Ответственные болты, тяги, крюки, валы, зубчатые колеса.
Сталь углеродистая качественная конструкционная	Сталь 10 Сталь 15 Сталь 20	1050-88	Болты, винты, гайки, втулки, вкладыши, соединительные муфты
	Сталь 45 Сталь 50		Оси, штоки, коленчатые валы, зубчатые колеса и рейки, фрикционные диски, болты, шпильки, шестерни.
Сталь хромоникелевая	Сталь 40ХН Сталь 50ХН	4543-71	Валы, шестерни, диски, роторы, болты шатунов, штифты, шпонки
Бронза	БрОЦС	613-79	Крупные отливки, втулки, сальники, мелкие подшипники, отливки арматуры
Латунь	Л68	15527-70	Листы, ленты, прутки
Баббиты	Б16	1320-74	Крупные подшипники тяжелых и средних станков
	Б6		Подшипники металлорежущих станков
Алюминиевые литейные сплавы	АЛ-2	2685-75	Ответственное литье: ползуны, шкивы
	АЛ-4		Блоки головок, картеры
	АЛ-9		Отливки деталей сложной конфигурации (корпуса топливных насосов, карбюраторов и т. п.)

Если наименование отдельных позиций не размещается на одной строке, то его следует располагать на двух или нескольких строках.

В графе «*Формат*» указывают обозначение формата, на котором выполнена соответствующая запись в разделе «Наименование» деталь. Для деталей, на которые не выполнены чертежи, проставляется «*БЧ*» (без чертежа).

В графе «*Поз.*» указывают порядковые номера составных частей, непосредственно входящих специфицированное изделие.

В графе «*Обозначение*» проставляется принятое обозначение для составных частей разделов «Документация» и «Детали». В разделах «Стандартные изделия» и «Материалы» графа «*Формат*» не заполняется.

В графе «*Кол.*» указывается количество деталей на одно специфицированное изделие.

В графе «*Примечание*» указываются дополнительные сведения для организации и планирования производства.

Принятое на кафедре ИГиАП утвержденное в Положении о дипломном проектировании обозначение для сборочного чертежа, эскизов и чертежей де-

талей составляется следующим образом: студентами лесотранспортного факультета – как показано на примере ниже, студенты технологического и сельскохозяйственного факультетов пишут индексы своих факультетов):

РГР.ЛТФ – ХХХ.ХХ.ХХХ,

где РГР – расчетно-графическая работа;
ЛТФ – лесотранспортный факультет;
ХХХ – три последние цифры зачетки;
ХХ – номер темы;
ХХХ – номер сборочной единицы и детали

Индексы факультетов:
ЛТФ – лесотранспортный;
ТФ – технологический;
СХФ – сельскохозяйственный.

4.1.5 Требования к эскизам деталей. Эскизы деталей, как любой чертеж, выполняются по методу прямоугольных проекций, с соблюдением правил проекционного черчения, особенно проекционной связи между видами. Эскиз должен содержать изображение детали, размеры и другие данные для ее, изготовления я контроля. Выполнять эскизы следует аккуратно и тщательно. Чем более эскиз похож на чертеж, тем выше его ценность. Выполняются эскизы карандашами ТМ, М или 2М с соблюдением толщины линий по ГОСТ 2.303-68. Клетки бумаги облегчают проведение горизонтальных и вертикальных линий, а также выполнение штриховки в разрезах и сечениях.

Изображения на эскизе, так же, как и на чертеже, могут быть увеличены или уменьшены по сравнению с натурой. Эскиз должен содержать минимальное, но достаточное количество изображений (виды, разрезы, сечения, выносные элементы), полностью отображающих форму детали и всех ее элементов (проточки, фаски, скругления и т. д.). Большое значение имеет выбор главного вида детали, который должен давать наиболее полное представление о форме и размерах детали. Корпусные детали изображают на главном виде в таком положении, которое они занимают в механизме во время работы (рисунок 4.4).

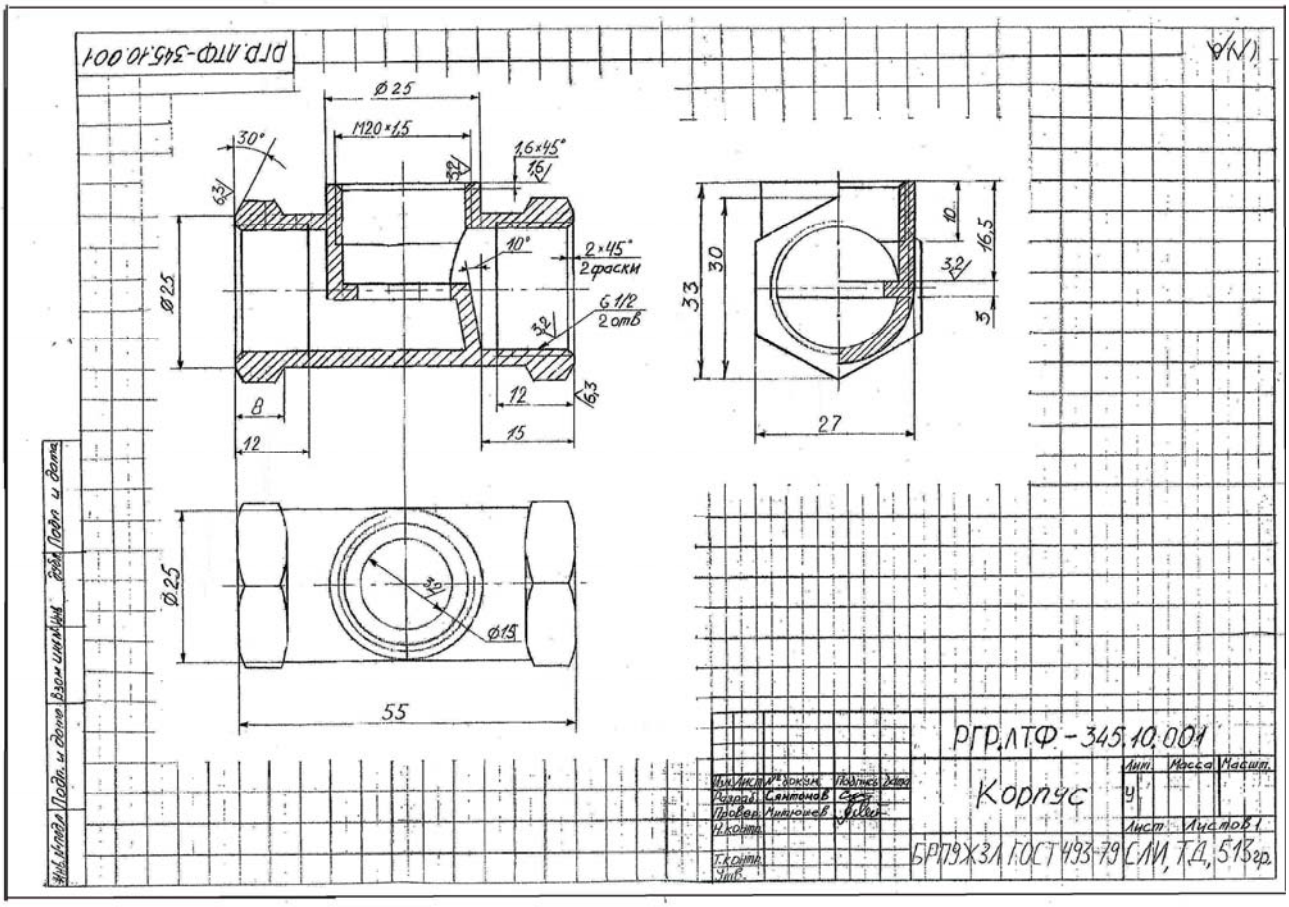


Рисунок 4.4 – Пример выполнения эскиза детали

Все детали, ограниченные поверхностями вращения, – валы, оси, втулки, фланцы, штуцера и т. д. на главном виде располагаются так, чтобы их продольная ось была горизонтальной (параллельна основной надписи) (рисунки 4.5 и 4.6). Размеры на эскиз детали наносят в полном соответствии с ГОСТ 2.307-68. Последовательно наносят выносные и размерные линии, определяющие форму отдельных элементов детали и их взаимное расположение.

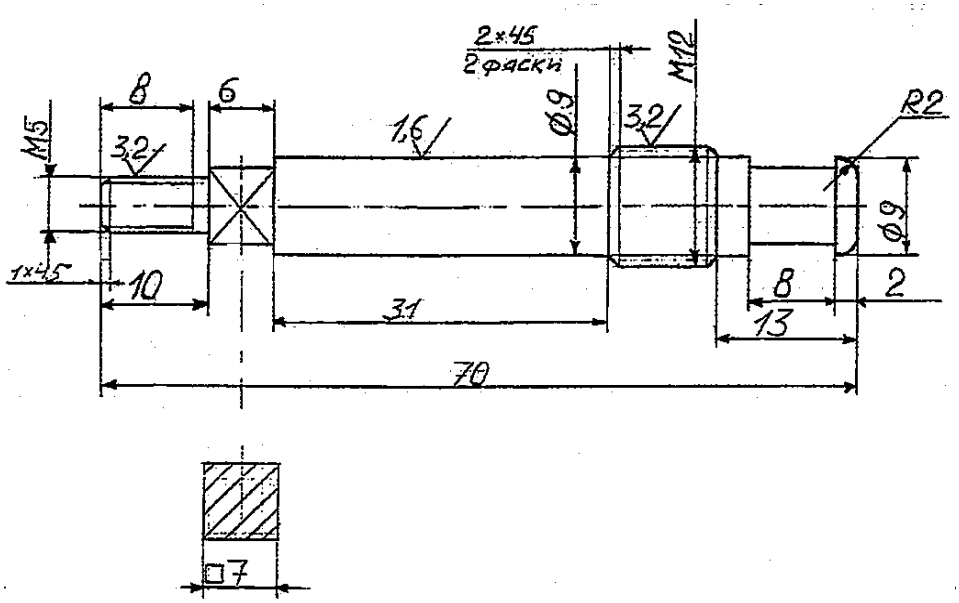


Рисунок 4.5 – Эскиз шпинделя

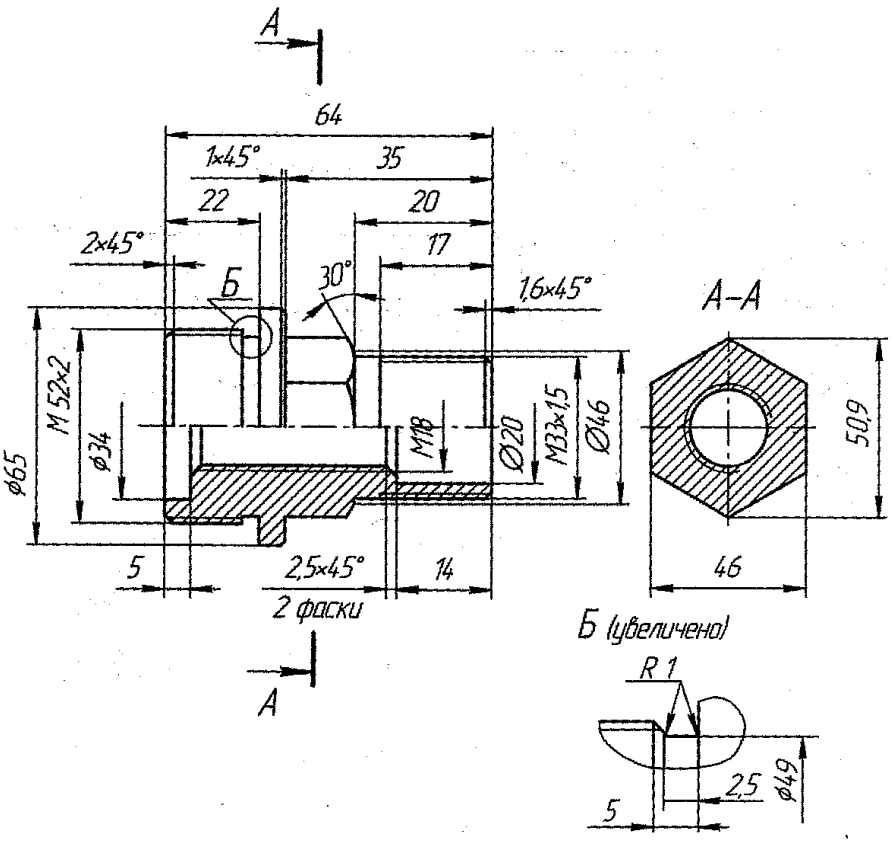
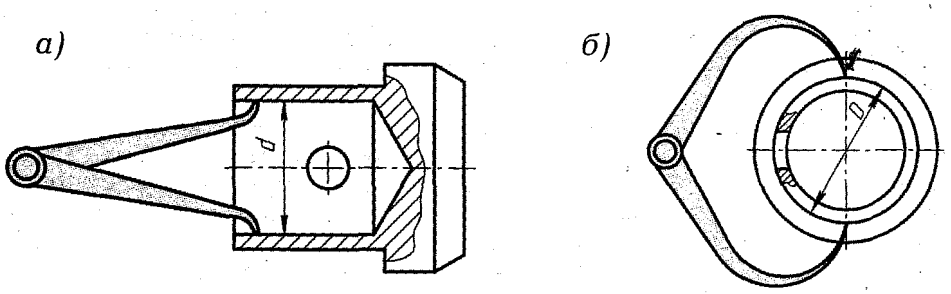


Рисунок 10.6 – Эскиз штуцера

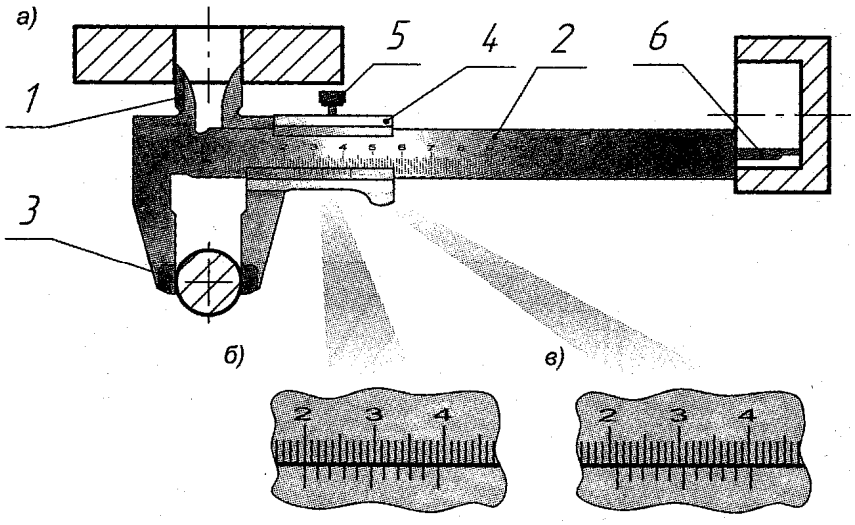
Измерение деталей производится с помощью измерительных инструментов и приспособлений, позволяющих производить измерения с различной точностью. В учебном процессе используют в основном следующие измерительные инструменты: 1) стальную линейку и угольник; 2) нутромер (рису-

нок 4.7, *а*); 3) кронциркуль (рисунок 4.7, *б*); 4) штангенциркуль (рисунок 4.8); 5) резьбомеры (рисунок 4.9). Производится обмер детали и ее элементов согласно с нанесенными размерными линиями. Так, линейные размеры, где точность измерения не превышает 0,5…1 мм, замеряют с помощью масштабной линейки, кронциркуля и нутромера.



а) измерение диаметра отверстия нутромером; *б*) измерение диаметра стержня кронциркулем.

Рисунок 4.7 – Измерение диаметра



а) штангенциркуль; *б*) подвижная рамка с нониусом показывает размер ровно 20 мм; *в*) подвижная рамка с нониусом показывает размер 21,1 мм.

Рисунок 4.8 – Устройство и прием определения размеров штангенциркулем

Штангенциркуль (рисунок 4.8, *а*) имеет штангу (линейку с делениями в миллиметрах), на конце которой под прямым углом к ней размещаются две измерительные губки: верхняя *1* для измерения внутренних и нижняя *3* – наружных размеров и диаметров. По штанге перемещается рамка *4* с такими же двумя измерительными губками. Фиксация рамки на штанге производится установочным винтом *5* в любом положении. Снизу на скошенной части рамка имеет специальную шкалу с делениями – нониус, рисунок 4.8, *б*, *в*. У нониуса на длине 19 мм расположено 10 равных делений. Таким образом, каждое деление нониуса меньше двух делении штанги на 0,1 мм. Точность такого штангенциркуля 0,1 мм.

Измеряя диаметр наружной или внутренней цилиндрической поверхности детали, надо измерительные губки слегка прижать к поверхности детали, закрепить винтом рамку с нониусом на штанге и по шкалам штанги и нониусу выполнить измерение. Если, например, диаметр отверстия будет равен 30 мм, то нулевое деление нониуса точно совпадает с тридцатым делением штанги. Если диаметр отверстия будет больше 30 мм, например 30,2 мм, то нулевое деление нониуса будет сдвинуто вправо от тридцатого деления штанги на 0,2 мм, и, следовательно, второе деление нониуса совпадет с тридцать четвертым делением штанги. При диаметре отверстия детали менее 30 мм, например 29,6 мм, нулевое деление сдвигается влево от тридцатого деления штанги, и шестое деление нониуса будет совпадать с сорок первым делением штанги.

Следовательно, для определения размера измеряемой величины необходимо найти целое число миллиметров по линейке штанги, а по нониусу – число десятых и сотых долей миллиметра. Десятых долей миллиметра будет столько, сколько делений нониуса от нулевого деления до штриха, совпадающего с каким-либо штрихом штанги.

С обратной стороны штанги *2* в пазу располагается глубиномер, представляющий собой узкую линейку *6*, соединенную с рамкой *4*. Когда измерительные губки штанг сомкнуты, торцы глубиномера и штанги совпадают. При измерении уступа детали (или глубины отверстия) торец штанги упирается в торец детали, а глубиномер вместе с рамкой перемещается до упора в уступ или дно отверстия детали. Размер измеренной длины или глубины определяется, как и ранее, по делениям штанги и нониуса.

Резьбомер применяется для определения шага резьбы с метрической и дюймовой резьбой. На рисунке 4.9 показан резьбомер, представляющий собой набор стальных шаблонов – «гребенок». Резьбомером можно измерить шаг резьбы в пределах от 0,4 до 5 мм. Величина шага определяется подбором подходящего шаблона.

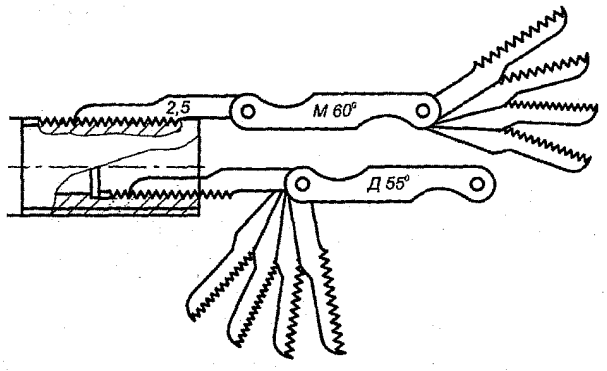


Рисунок 4.9 – Определение шага резьбы резьбомером

Резьбомеры для определения шага метрической резьбы имеют на обойме клеймо – «М 60°», а на каждом шаблоне – цифру, обозначающую величину ша-

га в мм, соответствующую данному шаблону. Резьбомеры для определения шага дюймовой резьбы имеют на обойме клеймо – «Д 55°».

При отсутствии резьбомера шаг резьбы *S* может быть определен по отпечатку, полученному на полоске бумаги.

Заканчивается выполнение эскиза заполнением основной надписи. Наименование детали записывается в именительном падеже. В наименовании, состоящем из двух и более слов, на первом месте ставится имя существительное (Гайка накидная). В графе «Материалы» записывается марка материала, из которого выполнена деталь, и стандарт на этот материал. Пример выполнения дан на рисунке 4.4.

4.1.6 Требования к сборочному чертежу. Сборочный чертеж должен содержать, согласно ГОСТ 2.109-68:

а) изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу и обеспечивающих возможность сборки и контроля сборочной единицы;

б) размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые должны быть проконтролированы или выполнены по сборочному чертежу;

в) указания о характере сопряжения и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается при сборке подбором деталей, пригонкой и т. д., а также о способе выполнения неразъемных соединений (сварных, паяных, клееных и т. д.);

г) номера позиций составных частей, входящих в изделие;

д) основные характеристики изделия;

е) габаритные размеры изделия;

ж) установочные, присоединительные, а также справочные размеры.

Изображения на сборочном чертеже, как правило, располагаются в проекционной связи, что облегчает чтение чертежа.

В разрезах и сечениях смежные детали штрихуются в разные стороны или в одну сторону, но с различным расстоянием между пиниями штриховки (рисунок 4.10). На различных изображениях наклон и частота штриховки каждой детали сохраняется одинаковыми: элементы, толщина которых на чертеже 2 мм и менее, в разрезах и сечениях зачерняются независимо от вида материала, из которого они изготовлены.

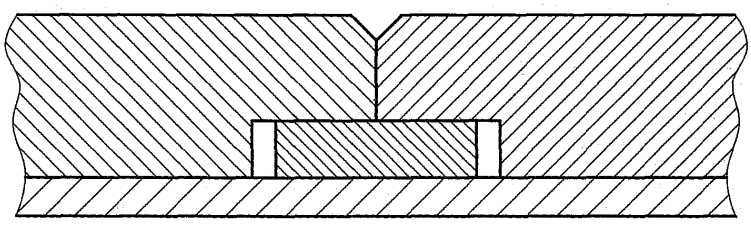


Рисунок 4.10 – Пример нанесения штриховки на смежные детали

Сборочные чертежи допускается выполнять упрощенно в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. Так, на сборочных чертежах допускается не показывать фаски, проточки, углубления и другие мелкие элементы. Не показывается зазор между стержнем и отверстием. Если крышки, шкивы, маховики и т. д. закрывают составные части изделия, то их на изображении не показывают, о чем над изображением делается соответствующая запись.

Винты, болты, заклепки, шпильки, штифты, гайки и другие стандартные крепежные изделия при продольном разрезе показываются нерассеченными. Также нерассеченными показывают при продольном разрезе непустотелые валы, шпиндели и т. д.

Для большей наглядности спицы маховиков, зубчатых колес, шкивов, тонкие стенки типа ребер жесткости в разрезе не штрихуют, если секущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны этого элемента. На сборочных чертежах изображение крепежных деталей в соединениях выполняются упрощенно, согласно ГОСТ 2.315-68. Пружины допускается, вычерчивать только сечением витков. Изделия, расположенные за винтовой пружиной, изображенной сечениями витков, показывают только до зоны, условно закрывающей эти изделия определяемой осевыми линиям сечений витков (рисунок 4.11).

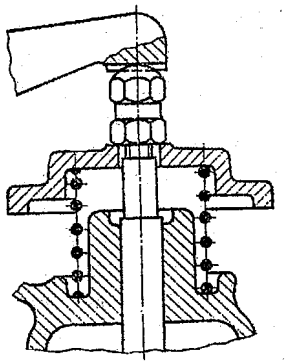


Рисунок 4.11 – Изображение пружины на сборочном чертеже

4.1.7 Нанесение номеров позиций составных частей изделий. Каждая составная часть изделия должна иметь свой порядковый номер – *позицию*. Номера позиций наносят на сборочном чертеже в соответствии с порядком записи составных частей в спецификации. Номера позиций ставятся на полках линий выносок, проводимых от изображений составных частей. Линии-выноски должны пересечь контур изображения составной части и заканчивается точкой (рисунок 4.12). Номера позиций следует указывать на том изображении, на котором часть изделия проецируется как видимая. Линии-выноски не должны пересекаться между собой, не должны быть параллельны линиям штриховки, по возможности не должны пересекать изображение других составных частей, а также размерные линий чертежа.

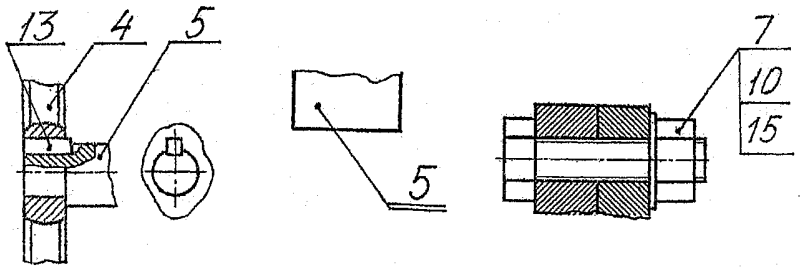


Рисунок 4.12 – Пример нанесения позиций деталей на сборочных чертежах

Номера позиций располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируют их в колонку или строчку по возможности на одной линии (вертикальной или горизонтальной). Размер шрифта номеров позиций должен быть больше размера шрифта размерных чисел (на 1–2 номера шрифта). Номера позиций наносят на чертеже, как правило, один раз. Допускается повторно указывать номера позиций одинаковых составных частей. При этом все повторяющиеся номера позиций выделяют двойной полкой (рисунок 4.12). Для группы крепежных деталей, относящихся к одному и тому же месту крепления, допускается проводить общую линию-выноску. В этом случае полки для номеров позиций должны располагаться колонкой и соединяться тонкой линией (рисунок 4.12). Пример выполнения сборочного чертежа вентиля представлен на рисунке 4.13.

4.1.8 Последовательность выполнения сборочного чертежа. Сборочный чертеж выполняется в следующей последовательности:

1) выбирается количество изображений;
2) выбирается масштаб изображений;
3) выбирается формат листа (формат *А2*, определен в задании);
4) компонуются изображения;
5) выполняются изображения;
6) нанесение штриховки на разрезы и сечения;
7) наносятся габаритные и присоединительные разрезы;
8) наносятся позиции;
9) оформляется чертеж (основная надпись, дополнительные графы).

При выполнении сборочного чертежа необходимо руководствоваться требованиями настоящего методического пособия, изложенными в разделах 4.1.6, 4.1.7, 4.1.8.

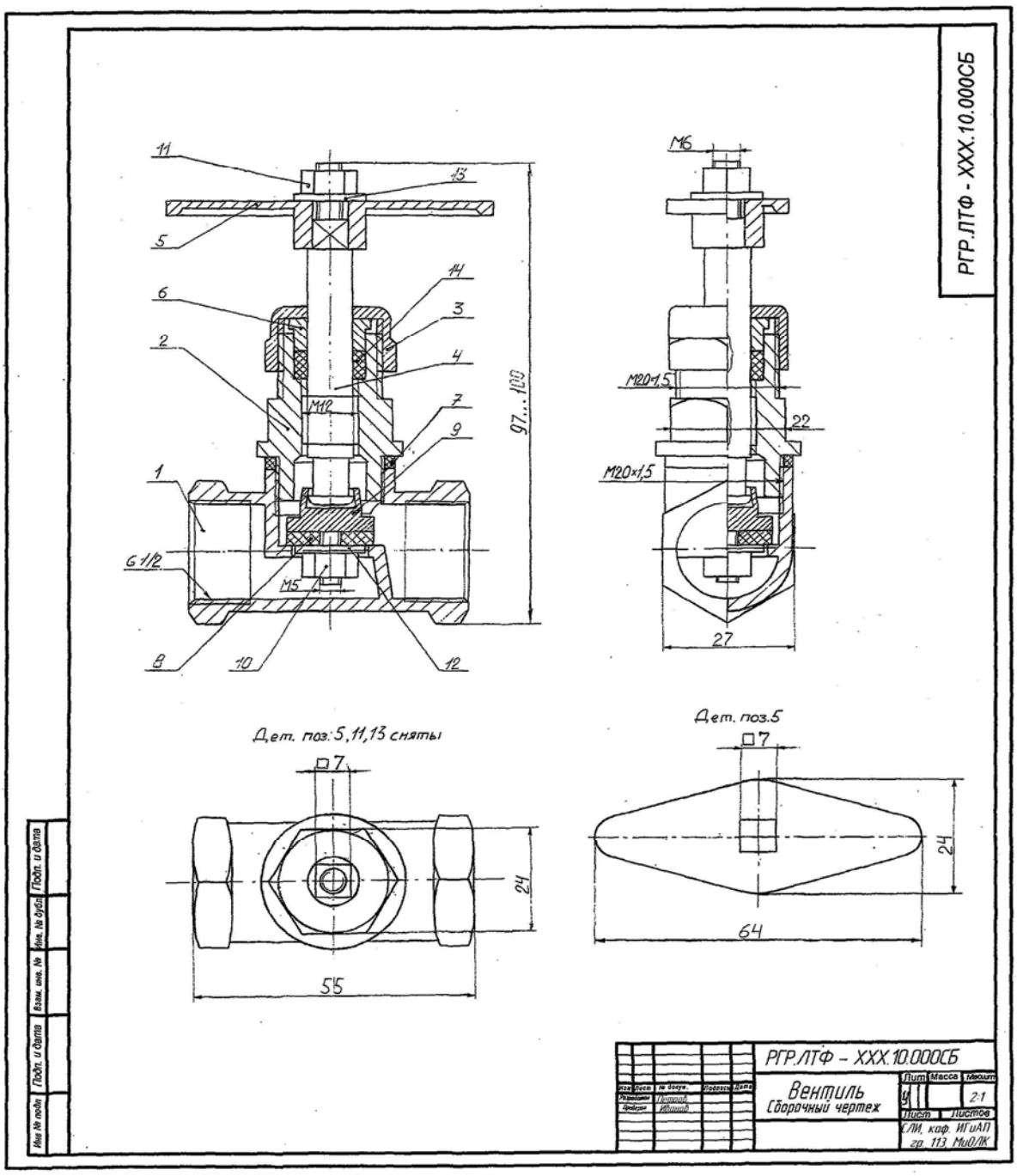


Рисунок 4.13 – Пример выполнения сборочного чертежа вентиля запорного

4.1.9 Некоторые конструктивные элементы пробковых кранов и вентилей. Пробковый кран вычерчивается в открытом состоянии, а вентиль – в закрытом. Для взятого в качестве примера вентиля необходимы три изображения: главный вид, вид слева и вид сверху. Их достаточно, чтобы выявить устройство, принцип действия, установить составные части изделия и их соединения между собой. Главный вид вентиля выбран с учетом его рабочего положения. На изображениях намечаются необходимые разрезы – это фронтальный, профильный и горизонтальный, выполненные с учетом симметрии сборочной единицы.

По заданию сборочный чертеж выполняется на формате *А2*. Исходя из того, что изображения, позиции, размеры должны занимать 70–75 % поля чертежа, устанавливается масштаб чертежа.

Компоновку чертежа начинают с разметки площадей отводимых для каждого изображения, с учетом габаритов и выбранного масштаба. Площади эти наносят тонкими линиями в виде прямоугольников находящихся в проекционной связи, между собой.

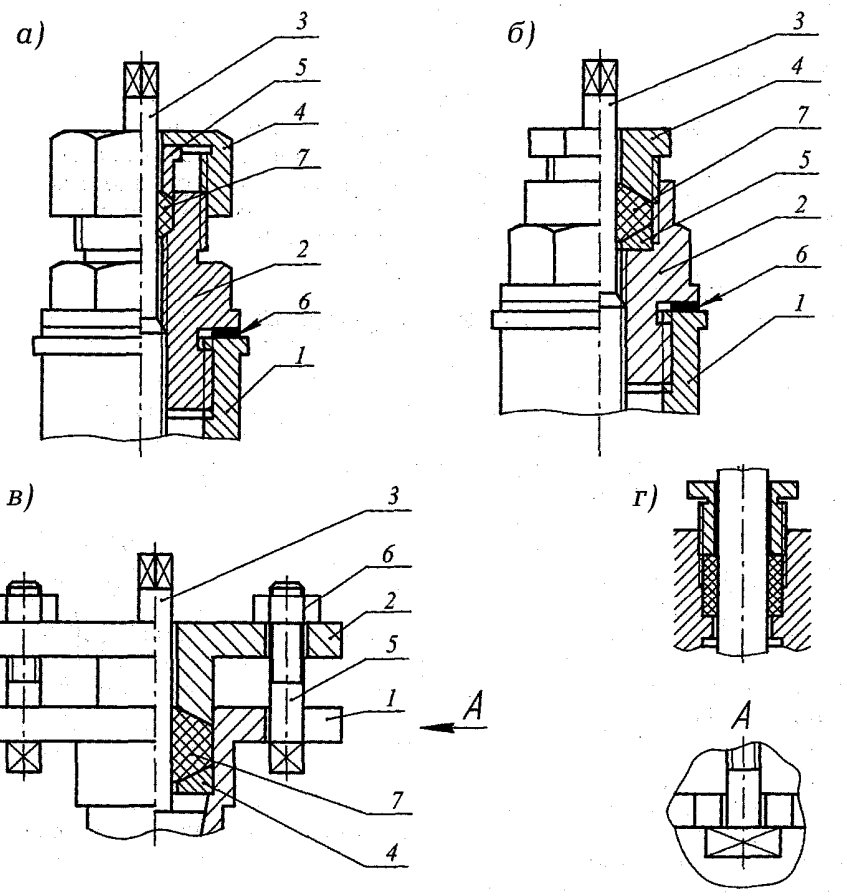
Построения ведутся одновременно на всех изображениях, обязательно увязывая проекции деталей на них между собой. Вычерчивание отдельных деталей на сборочном чертеже производится на основе выполненных эскизов. Первой вычерчивается базовая деталь – для вентиля это корпус. Порядок вычерчивания составных частей вентиля определяется последовательностью сборки.

Необходимо помнить, что при вычерчивании вентиля между верхним торцом штуцера, поз. 2, и втулкой, поз. 6, должен быть зазор, благодаря которому длительное время можно сохранять плотную посадку штока в сальниковой набивке, периодически накручивая накидную гайку, поз. 3 (рисунок 4.13).

После выполнения изображений на чертеж наносят номера позиций (согласно спецификации), габаритные, установочные и присоединительные размеры. Заполняется основная надпись и дополнительные графы. Полностью выполненный сборочный чертеж вентиля показан на рисунке 4.13.

4.1.9.1 Варианты сальниковых уплотнений. Сальниковые устройства предназначены для обеспечения герметичности при соединении движущихся деталей сборочной единицы. Эти устройства встречаются в таких изделиях, как вентили, задвижки, пробковые краны и др., рисунок 4.14.

На рисунке 4.14, *а* показана конструкция сальникового устройства с накидной гайкой. В верхней части крышки *2* имеется цилиндрическая расточка проходного отверстия для шпинделя *3*, называемая сальниковой камерой. Дно сальниковой камеры может быть коническим или плоским. В последнем случае на дно сальниковой камеры устанавливают кольцо поднабивочное *5*, имеющее коническую поверхность, обращенную к набивке *7*. Кольцо поднабивочное препятствует попаданию набивки в резьбу, соединяющую шпиндель *3* и крышку *2*. Сальниковая камера плотно заполняется набивкой *7*, изготавливаемой из мягких материалов (асбестового шнура, пеньки, пакли и т. п.). На шпиндель *3* свободно надевается втулка сальниковая *5*, имеющая на своей нижней, соприкасающейся с набивкой части коническую поверхность. На сальниковую втулку сверху нажимает гайка накидная *4*, соединяющаяся резьбой с крышкой *2* корпуса *1*. При завинчивании гайки накидной втулка сальниковая опускается, давит на набивку *7* и уплотняет ее.



а) сальник 7 уплотняется втулкой 5 и накидной гайкой 4; *б*) сальник 7 уплотняется прижимной гайкой 4; *в*) сальник 7 уплотняется флянцем 2 с помощью двух болтов 5 и гаек 6; *г*) сальник уплотняется прижимной гайкой.

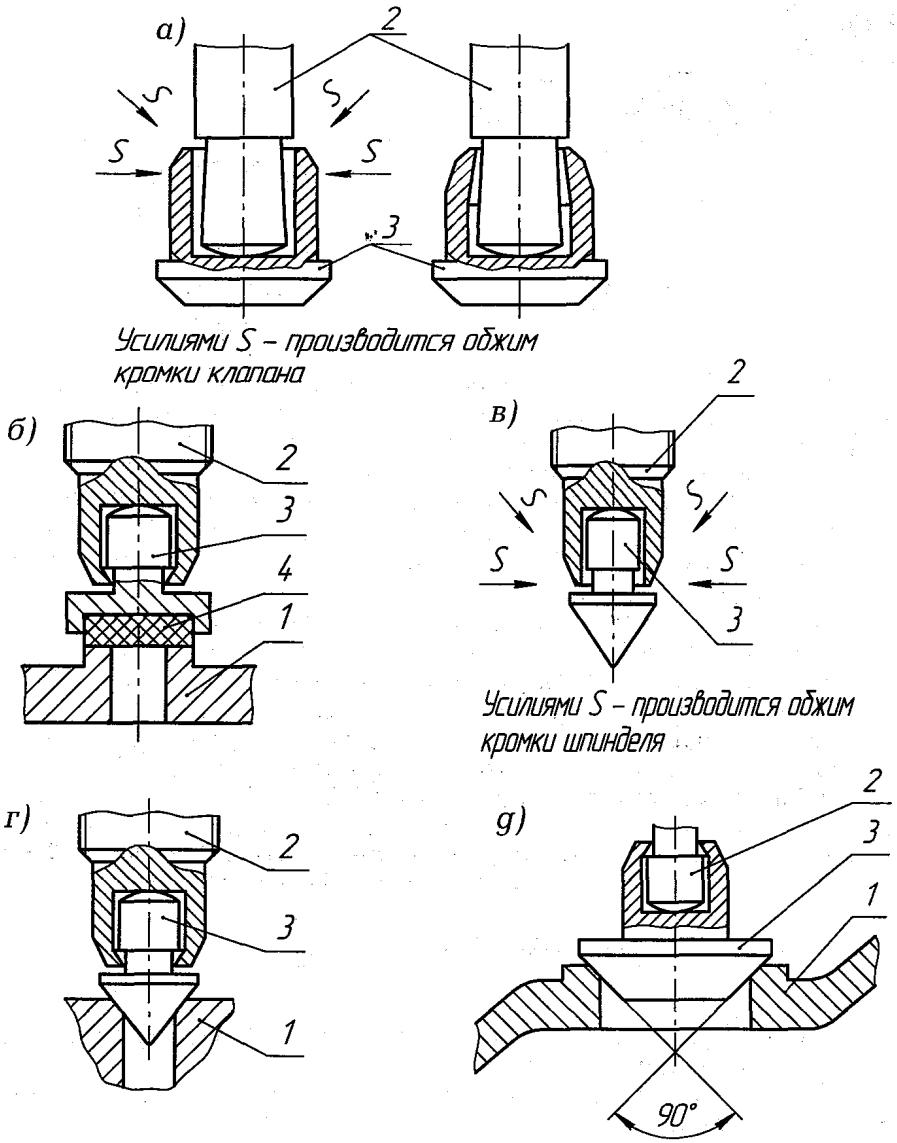
Рисунок 4.14 – Конструкция сальникового устройства

На рисунке 4.14, *б* показана конструкция сальникового устройства, в котором роль втулки сальниковой и гайки накидной играет одна деталь – втулка резьбовая *4*, нажимающая на набивку *7* и соединяющаяся с крышкой *2* при помощи резьбы. Наличие конических поверхностей на цилиндрическом конце втулки сальниковой и на кольце поднабивочном *5*, рисунок 4.14, *в* (угол при вершине конуса 120°), заставляет набивку перемещаться к шпинделю, плотно прижиматься к нему и предотвращать проход рабочей среды через зазоры в соединении шпинделя и крышки. На рисунке 4.14, *в* показана конструкция сальникового устройства с закладными болтами *5*. Сальниковая втулка *2* уплотняет набивку *7* при завинчивании двух гаек *6* и двух болтов *5*. Головки этих болтов имеют Т-образную форму и закладываются в углубления на выступах корпуса *1*. Допускается установка сальниковой втулки без скоса нижней кромки и без размещения поднабивочного кольца под сальниковой набивкой, рисунок 4.14, *г*.

На сборочном чертеже условность при изображении сальниковых уплотнений заключается в том, что втулку сальниковую *5*, рисунок 4.14, *а*, или втулку резьбовую *4*, рисунок 4.14, *б*, вычерчивают в верхнем (поднятом) положении. Набивка при этом полностью заполняет сальниковую камеру.

Для обеспечения герметичности резьбового соединения крышки *2* и корпуса *1*, рисунок 4.14, а, б, применяется прокладка *6*, выполняемая в виде цилиндрического кольца из таких материалов, как кожа, резина, технический картон и т. п. Если прокладка имеет толщину 2 мм и менее, на чертеже в разрезе ее допускается зачернять (ГОСТ 2.306-68).

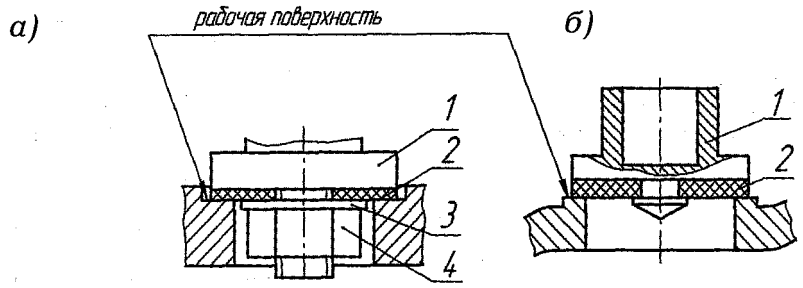
4.1.9.2 Варианты соединения шпинделя с клапаном. Рассмотрим простейшую сборочную единицу, входящую в состав более сложной конструкции – вентиля. В практике применяются различные конструкции крепления клапана на шпинделе и в шпинделе. При креплении клапана на головке шпинделя необходимо обеспечить свободный поворот и небольшое перемещение, т. е. шпиндель закрепляется в клапане с зазором. На рисунке 4.15 представлены способы соединения клапана и шпинделя.



1 – корпус; *2* – шпиндель; *3* – клапан; *4* – уплотнительное кольцо.
а), *д*) обжим клапана к шпинделю; *б*), *в*), *г*) обжим шпинделя к клапану.

Рисунок 4.15 – Варианты соединений с обжимом

На рисунке 4.16 показаны варианты установки уплотнительных колец. Кольцо уплотнительное *2* на клапане *1* обеспечивает герметичность при перекрытии проходного отверстия в корпусе. Крепление уплотнительного кольца *2* на клапане *1* осуществляется при помощи шайбы *3* и гайки *4* (рисунок 4.16, *а*). Мягкие уплотнительные кольца изготавливаются из резины, кожи, эбонита; твердые – из бронзы Бр. 08Ц4С3. Второй вариант крепления уплотнительного кольца *2* на корпусе клапана *1* показан на рисунке 4.16, *б*.



1 – клапан; *2* – уплотнительное кольцо; *3* – шайба; *4* – гайка.

а) крепление кольца уплотнительного *2* к клапану *1* с помощью шайбы *3* и гайки *4*; *б*) кольцо уплотнительное *2* держится на клапане *1* в кольцевой канавке.

Рисунок 4.16 – Варианты установки уплотнительных колец

4.1.9.3 Трубные резьбы, нарезанные на патрубках кранов и вентилей. Трубную цилиндрическую резьбу применяют в трубопроводах, цилиндрических резьбовых соединениях, на корпусах водопроводных кранов и вентилей.

Размеры и параметры трубной цилиндрической резьбы даны в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Параметры трубной цилиндрической резьбы

Условный проход D_y, мм	Резьба		
	обозначение, дюймы	наружный диаметр, мм	внутренний диаметр, мм
8	*G* 1/4	13,158	11,446
10	*G* 3/8	16,663	14,951
15	*G* 1/2	20,956	18,632
20	*G* 3/4	26,442	24,119
25	*G* 1	33,250	30,292
32	*G*1 1/4	41,912	38,954
40	*G*1 1/2	47,805	44,847
50	*G*2	59,616	56,659

4.2 Тема 11 – Деталирование чертежа общего вида

Цель задания. Изучить положения ГОСТ 2.109-73 Основные требования к чертежам. Приобрести навыки разработки рабочих чертежей деталей изделия.

Деталирование чертежа предусматривает два этапа работы:

– чтение сборочного чертежа (чертежа вида общего);

– выполнение рабочих чертежей деталей.

Порядок выполнения. Каждому студенту на кафедре выдается индивидуальный вариант задания на деталирование. Оно состоит из сборочного чертежа изделия, спецификации и технического описания конструкции и работы данного изделия.

Объем работы:

1) чтение сборочного чертежа;
2) выполнение 6–8 рабочих чертежей деталей;
3) выполнение аксонометрической проекции одной детали;
4) выполнение 1–2 эскизов деталей;
5) ответы на поставленные вопросы.

4.2.1 Чтение сборочного чертежа. *Прочитать сборочный чертеж* означает определить устройство, принцип работы, назначение изображенного на нем изделия, представить взаимодействие деталей, их форму и способы соединения между собой. Последовательность чтения сборочного чертежа:

– **ознакомление с изделием.** По основной надписи определить наименование изделия, обозначение чертежа, масштаб изображения, массу сборочной единицы;

– **чтение изображения.** Определить главный вид, дополнительные и местные виды, разрезы и сечения, назначение каждого из них;

– **изучение составных частей изделия.** Определить по спецификации количество и наименование входящих в сборочную единицу деталей, а по чертежу определить их форму, взаимное расположение и назначение. Изображение детали найти сначала на том виде, на котором указан номер позиции, а затем на остальных. При этом необходимо помнить, что одна и та же деталь на любом разрезе (сечении) штрихуется в одну и ту же сторону с одинаковым шагом;

– **изучение функционального назначения изделия и его конструктивного решения.** Установить способ соединения отдельных деталей между собой, взаимодействие составных частей в процессе работы, внешнюю взаимосвязь с другими сборочными единицами и изделиями. Для разъемных соединений выявить все крепежные детали. Определить сопрягаемые поверхности и размеры, по которым осуществляется сопряжение деталей;

– **изучение конструкции изделия.** Установить характер соединения деталей, их функциональное взаимодействие в процессе работы, соединение и взаимодействие с другими сборочными единицами. Для подвижных деталей установить процесс их перемещения при работе механизма, определить трущиеся поверхности и способы осуществления смазки;

– **определение порядка сборки и разборки изделия –** завершающая стадия чтения чертежа.

4.2.2 Пример чтения сборочного чертежа. Рассмотрим последовательность чтения сборочного чертежа изделия на примере вала приводного: **01.013.000 – Вал приводной.**

Приводной вал – узел машины, который передает вращение от электродвигателя к рабочим органам машины (рисунок 4.17). Вращение с вала электродвигателя передается через приводную цепь и звездочку *2* на вал *1* машины. Звездочка *2* соединена болтами *10* со ступицей *3* и имеет три паза для регулирования ее положения относительно вала. Ступица сидит на валу на шпонке *19*. Вал *1* передает вращение звездочке *7*, закрепленной на нем шпонкой *20* и установочным винтом *11*. Со звездочкой *7* тремя винтами *14* и двумя штифтами *21* соединен шкив *8* транспортера. Со звездочки *7* и шкива 8 движение передается рабочим органам машины. Вал *1* вращается в шарикоподшипниках *22*, установленных в корпусах *5*. Шарикоподшипники смазываются густой смазкой при установке. Крышки *25* и *26* и уплотнительные кольца *23* предохраняют подшипники от попадания пыли и вытекания масла. Корпуса *5* крепятся к станине машины винтами *14* и гайками *15*.

Вопросы для чтения чертежа

1. Найдите проекции точек *A*, *B*, *C*. Объясните, на каких поверхностях они находятся.
2. Как подразделяются сечения? Как они изображаются и обозначаются на чертежах?
3. Какой разрез называется местным? Как он изображается на чертежах?
4. Какие детали на сборочных чертежах показываются нерассеченными?
5. Объясните назначение кольца *23* в деталях *5* и *26* (рисунок 4.17).
6. Объясните назначение пазов в детали *2* (рисунок 4.17).
7. Расшифруйте надпись «Винт М8×20 ГОСТ 11738-72».
8. Выполните эскизно чертеж детали *3* (рисунок 4.17).
9. Выполните эскизно чертеж детали *5* (рисунок 4.17).
10. Расскажите о последовательности разборки узла для замены детали *4* (рисунок 4.17).

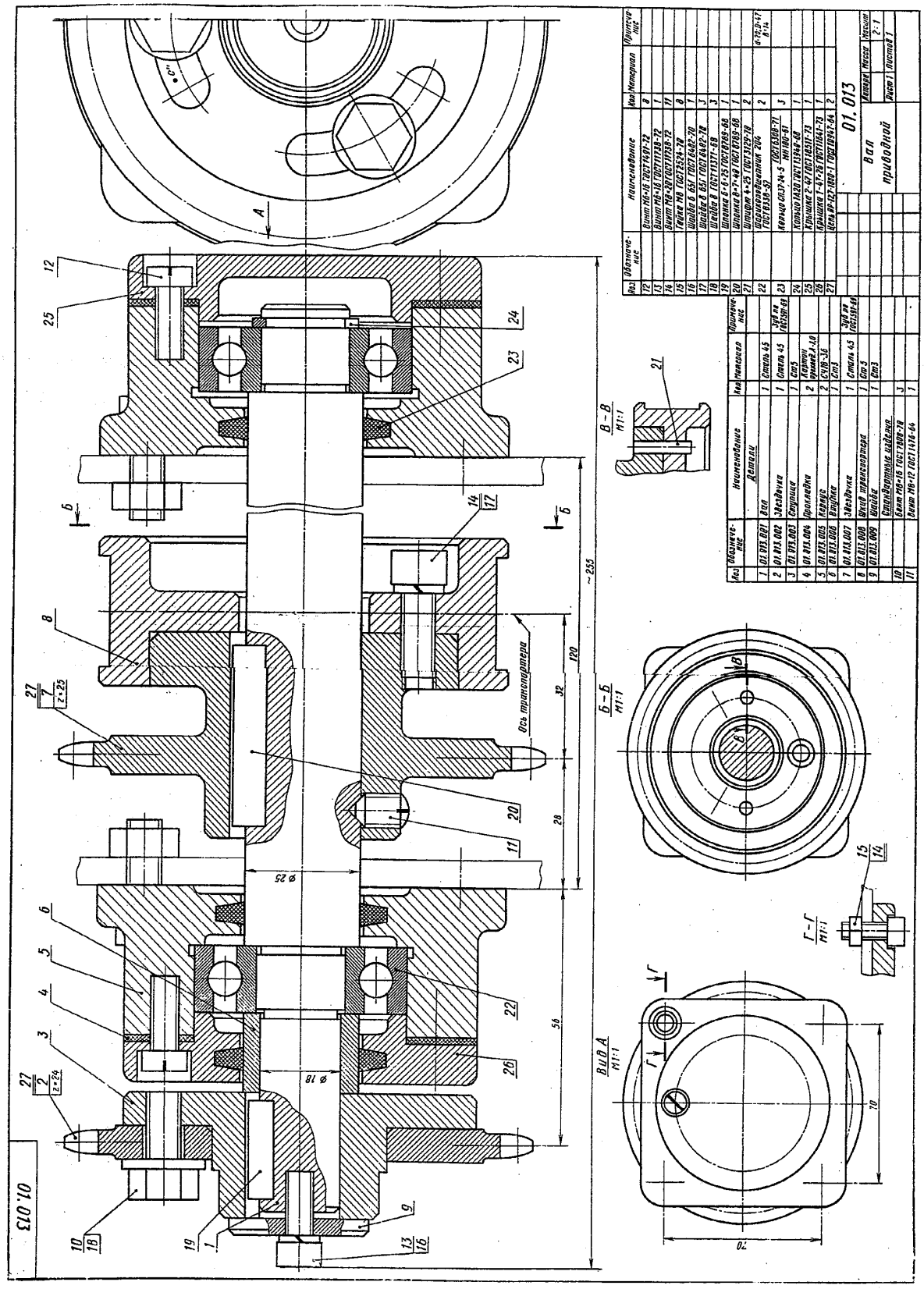


Рисунок 4.17 – Вал приводной

4.2.3 Выполнение рабочих чертежей деталей. Выполнение рабочих чертежей деталей по чертежам общих видов или сборочным чертежам называется *деталированием*. *Рабочим чертежом детали* называется графический конструкторский документ, содержащий необходимое и достаточное количество изображений детали, все размеры, необходимые для ее изготовления и контроля, предельные отклонения размеров, формы и расположения поверхностей, данные о материале, шероховатости поверхности, указания о термообработке, защитных или декоративных покрытиях, технические требования, а также данные основной надписи.

4.2.3.1 Оформление рабочих чертежей.

- Каждая деталь должна быть выполнена на отдельном формате (ГОСТ 2.301-68). Размер формата выбирается в зависимости от сложности детали, т. е. от необходимого количества изображений.
- Масштаб (ГОСТ 2.302-68) желательно применять натуральный *М 1 : 1*.
- Линии чертежа – по ГОСТ 2.303-68.
- Шрифт чертежный – по ГОСТ 2.304-85.
- Графические обозначения материалов и правила их нанесения на чертежах – по ГОСТ 2.306-68.
- Технические требования – по ГОСТ 2.316-68.
- Основная надпись дополнительные графы – по ГОСТ 2.104-68.
- Шероховатость поверхности – по ГОСТ 2.309-68.
- Предельные отклонения размеров, шероховатости поверхности – по ГОСТ 2.308-68.

4.2.3.2 Требования к рабочим чертежам. Рабочие чертежи выполняются с учетом следующих требований.

– Деталь на рабочем чертеже вычерчивается в том же положении, какое она занимает при ее изготовлении на основной технологической операции. Корпусные детали располагаются в положении, соответствующем положению детали в сборочной единице.

– Главный вид детали должен давать наиболее полное представление о форме и размерах детали, т. е.

a. по возможности большее количество осей отверстий и других элементов ориентируют параллельно фронтальной плоскости проекций, на которой изображается главный вид;

b. привалочная плоскость детали (плоскость, по которой деталь соединяется с другой деталью) должна, быть расположена горизонтально или параллельно профильной плоскости проекций, если изображается вид слева.

– Количество изображений определяется только формой детали, а не количеством ее изображений на сборочном чертеже.

– Разрезы, сечения, выносные элементы определяются только формой детали, а не теми изображениями, которые даны на сборочном чертеже. Детали,

имеющие плоскости симметрии, изображаются не полностью рассеченными, а в соединении с видом.

– Выносные элементы при изображении не поворачиваются, а имеют такое же положение, какое занимает изображаемый элемент на детали. Масштаб выносного элемента следует выбирать таким, чтобы можно было свободно показать его форму и нанести все размеры (*М 4 : 1; М 5 : 1*).

– Размеры на сопряженных деталях, следует проставлять одновременно, чтобы обеспечить увязку размеров.

– Размеры формы элементов деталей указываются по возможности на одном изображении, на котором данный элемент имеет более полное изображение. Размеры диаметров отверстий проставляются на разрезах этих отверстий. Размеры некруглых отверстий и пазов проставляются на тех изображениях, на которых показана форма отверстий.

– Размеры положения элементов деталей проставляются от технологических и конструкторских баз.

– Размеры деталей следует определять по сборочному чертежу измерителем и линейкой с учетом масштаба, указанного в основной надписи сборочного чертежа. Размер резьбы определяют по наружному диаметру резьбы, взятому со сборочного чертежа, и округляют до ближайшего стандартного размера по ГОСТ.

4.2.3.3 Выполнение рабочих чертежей. Деталирование. Процесс деталирования рекомендуется начинать с выполнения чертежей основных деталей изделия. Чертеж каждой детали выполняется в следующем порядке.

1. Установить необходимое (наименьшее) число изображений детали и наметить, какое из них будет главным. Главное изображение (изображение на фронтальной плоскости проекций) должно давать наиболее полное представление о форме и размерах детали.

2. Установить расположение разрезов, сечений, дополнительных видов и других изображений на чертеже; при этом необязательно соблюдать такое же расположение, как на чертеже общего вида, а следует руководствоваться соображениями удобства изготовления детали по выполняемому чертежу. Правила выполнения изображений предметов изложены в ГОСТ 2.305-68. Требования, предъявляемые к чертежам деталей, изложены в ГОСТ 2.109-73.

3. Выбрать масштаб для изображения детали, руководствуясь ГОСТ 2.302-68. Предпочтительным масштабом выполнения изображений является *М 1 : 1*. В необходимых случаях можно применять масштабы уменьшения или увеличения.

4. Отдельные элементы небольших размеров на детали часто бывает целесообразно изобразить в виде выносных элементов.

5. Установить для чертежа детали необходимый формат листа по ГОСТ 2.301-68.

6. Вычертить изображения, нанести обозначения шероховатости поверхностей, выносные и размерные линии, проставить размерные числа.

Одним из самых ответственных моментов в процессе выполнения рабочего чертежа детали является простановка размеров и задание шероховатости ее поверхностей. Простановку размеров на чертеже детали можно разбить на два этапа:

а) задание размеров;

б) нанесение размеров.

Задать размеры на чертеже детали – значит определить необходимый минимум размеров, который обеспечил бы изготовление детали в соответствии с требованиями конструкции.

Нанести размеры на чертеже детали – значит так расположить выносные и размерные линии, размерные числа, соответствующие заданным размерам, чтобы полностью исключить возможность их неправильного толкования и обеспечить удобство чтения чертежа. Правила задания и нанесения размеров изложены в ГОСТ 2.307-68.

Размеры, определяющие расположение сопрягаемых поверхностей, поставляют от конструктивных баз с учетом возможности выполнения и контроля этих размеров.

Все остальные (свободные) размеры должны быть заданы от технологических баз, обеспечивающих удобство обработки и контроля.

При нанесении обозначений шероховатости поверхностей детали следует руководствоваться ГОСТ 2.309-73.

7. Размерные числа, проставляемые на чертеже и характеризующие тот или иной размер, определяют путем обмера изображения детали на чертеже общего вида с учетом масштаба.

4.2.3.4 Выполнение рабочих чертежей. Порядок действий. Непосредственное выполнение рабочих чертежей сводится к следующим действиям.

– Определяют форму (наружную и внутреннюю) и габариты деталей. Для каждой детали намечают число изображений, определяют масштаб и формат. Главный вид детали должен давать наиболее полное представление о ее форме и размерах.

– Выполняют чертежи. Выбрав формат и оформив рамки формата и основной надписи, изображают необходимое количество видов (оно должно быть минимальным), разрезов и сечений для данной детали. Каждая деталь вычерчивается на отдельном формате.

– Наносят размеры, параметры шероховатости и другие технические требования. Производят обводку и штриховку. Размеры элементов детали определяются из сборочного чертежа с учетом масштаба. Высота размерных чисел – 5 мм.

– Заполняют основную надпись, при этом подписи разработчика и проверяющих, а также даты изготовления документа производятся чернилами. Оформляют технические требования.

Далее приведены примеры выполнения рабочих чертежей (рисунки 4.18, 4.19, 4.20, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24).

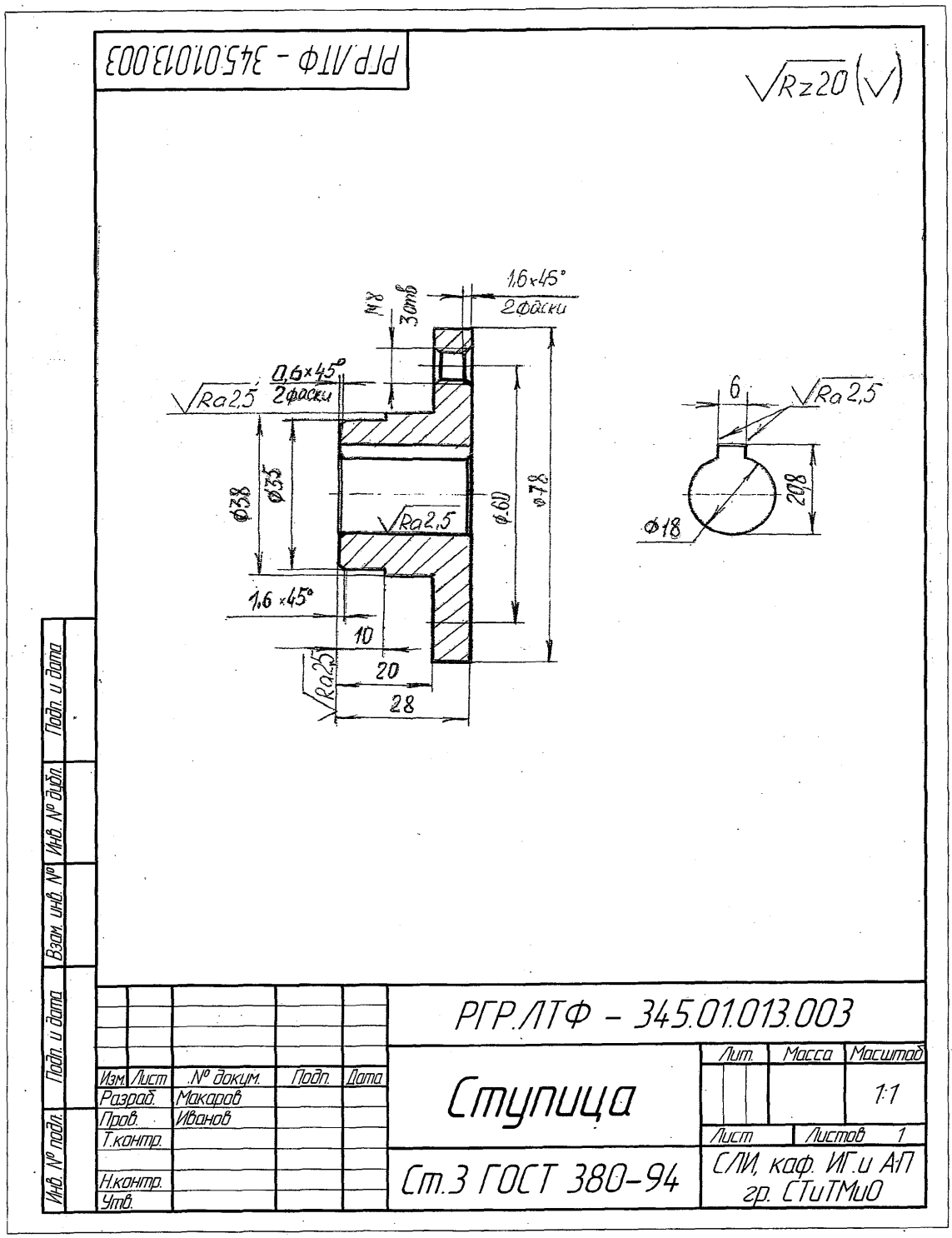


Рисунок 4.18 – Рабочий чертеж ступицы

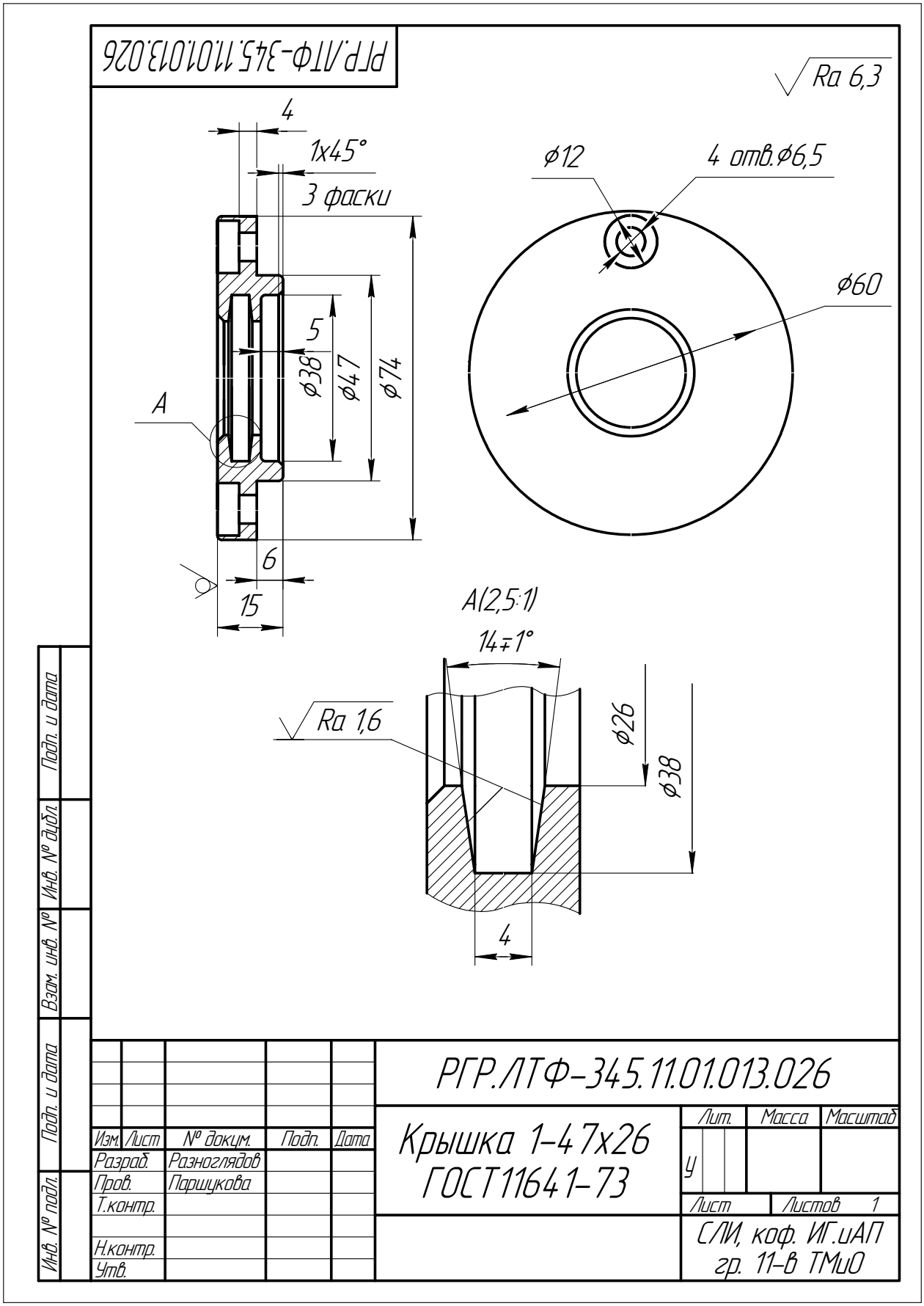


Рисунок 4.19 – Рабочий чертеж крышки

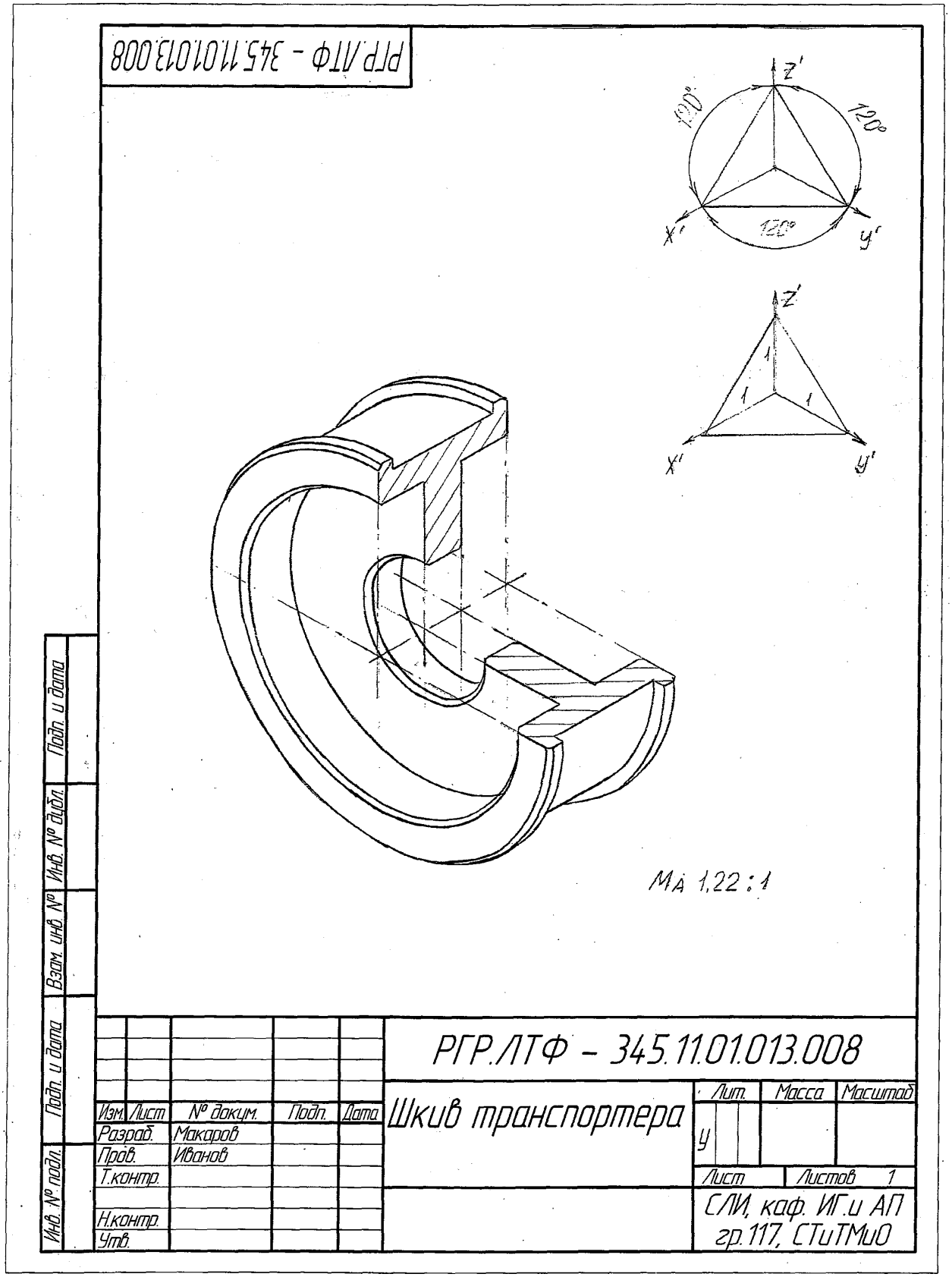


Рисунок 4.20 – Аксонометрическая проекция шкива

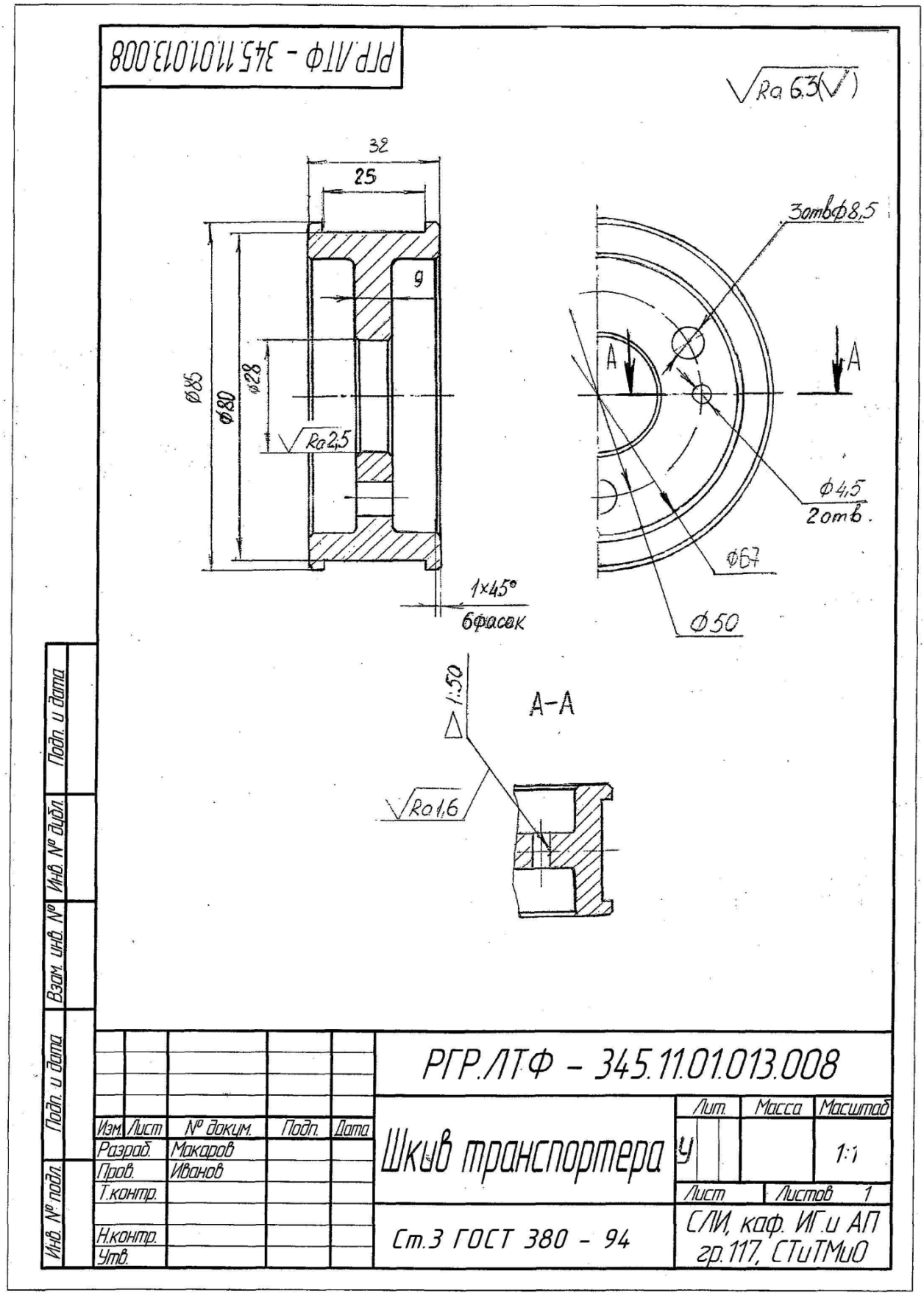


Рисунок 4.21 – Рабочий чертеж шкива транспортера

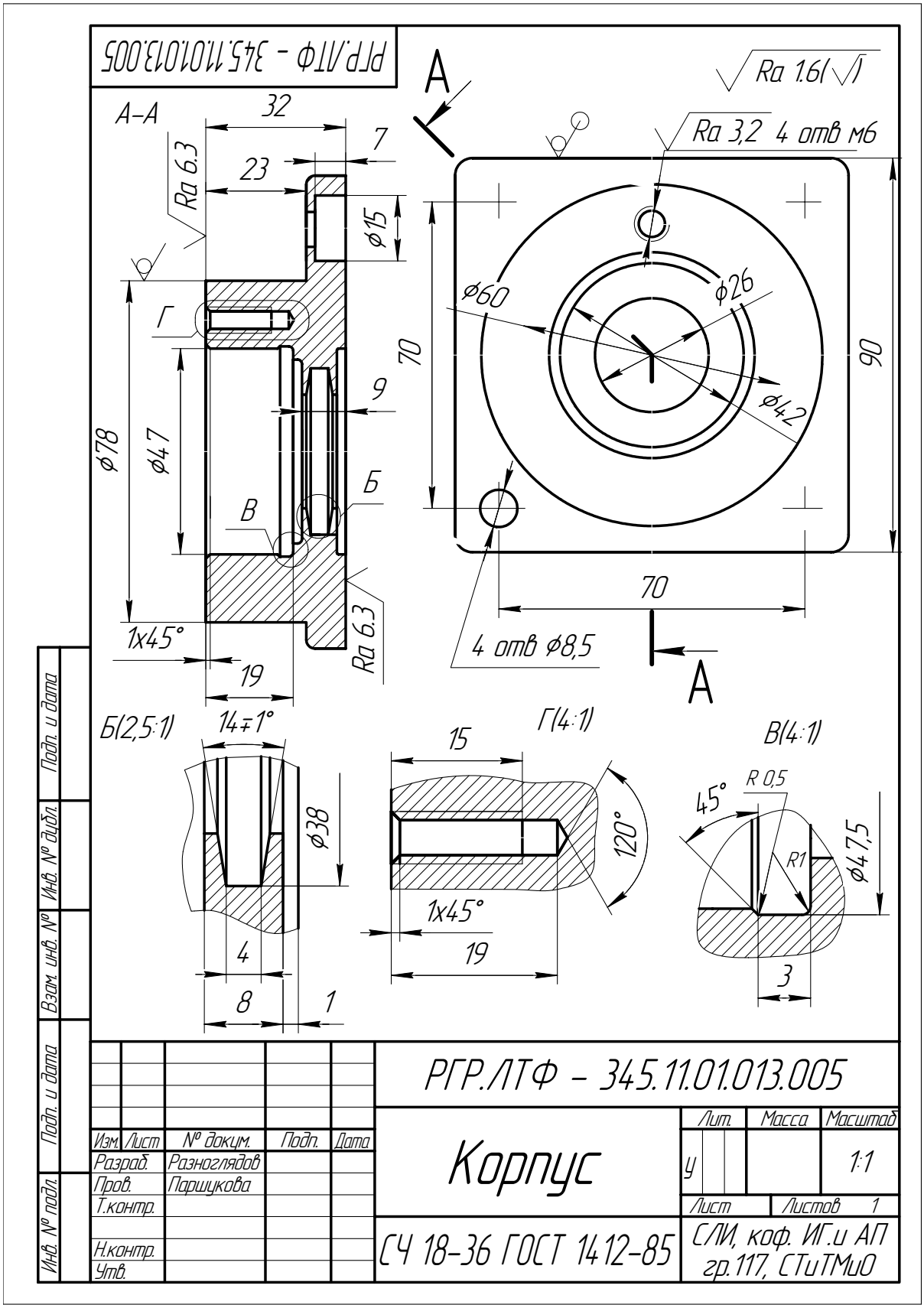


Рисунок 4.22 – Рабочий чертеж корпуса

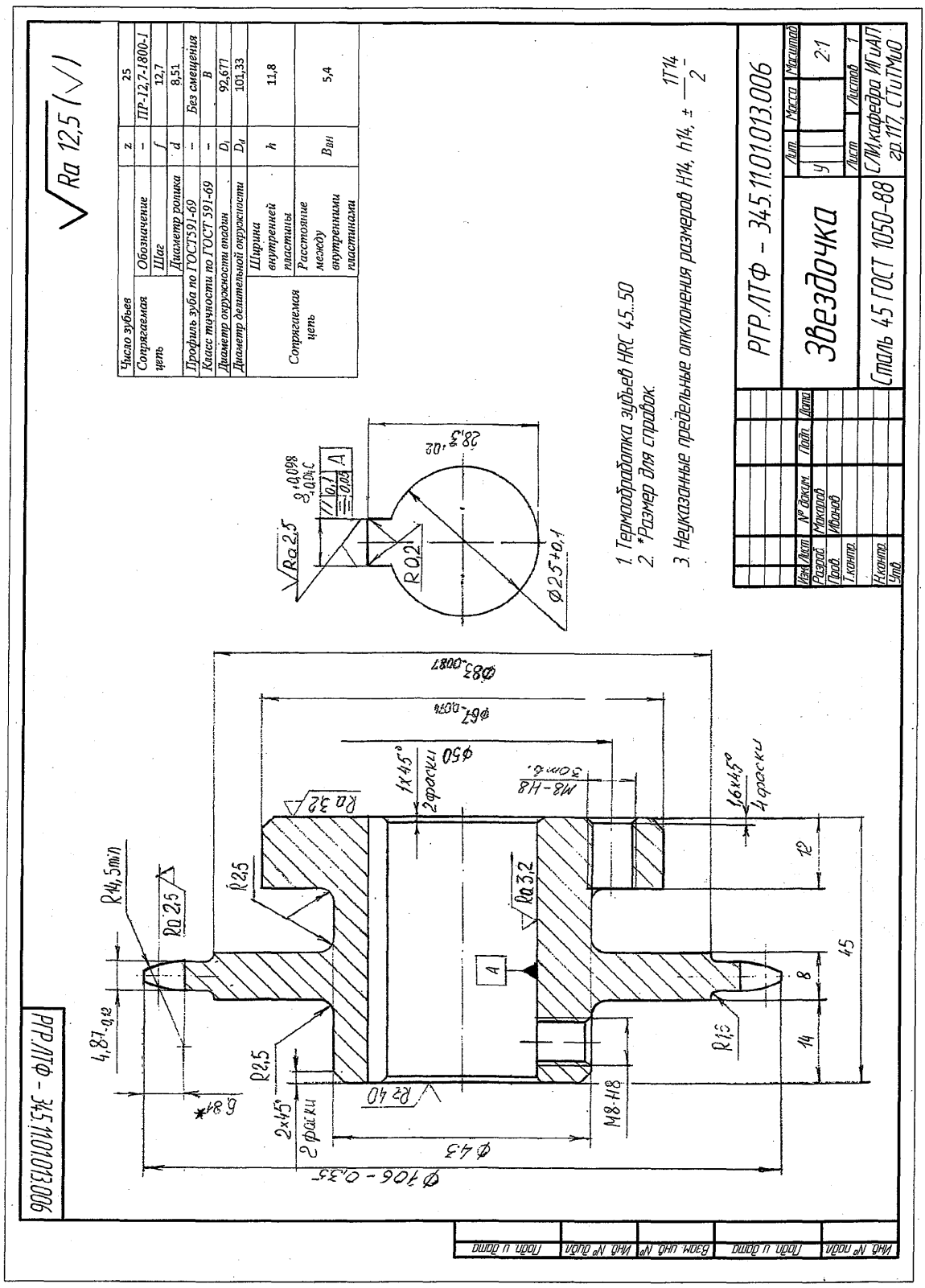


Рисунок 4.23 – Рабочий чертеж звездочки

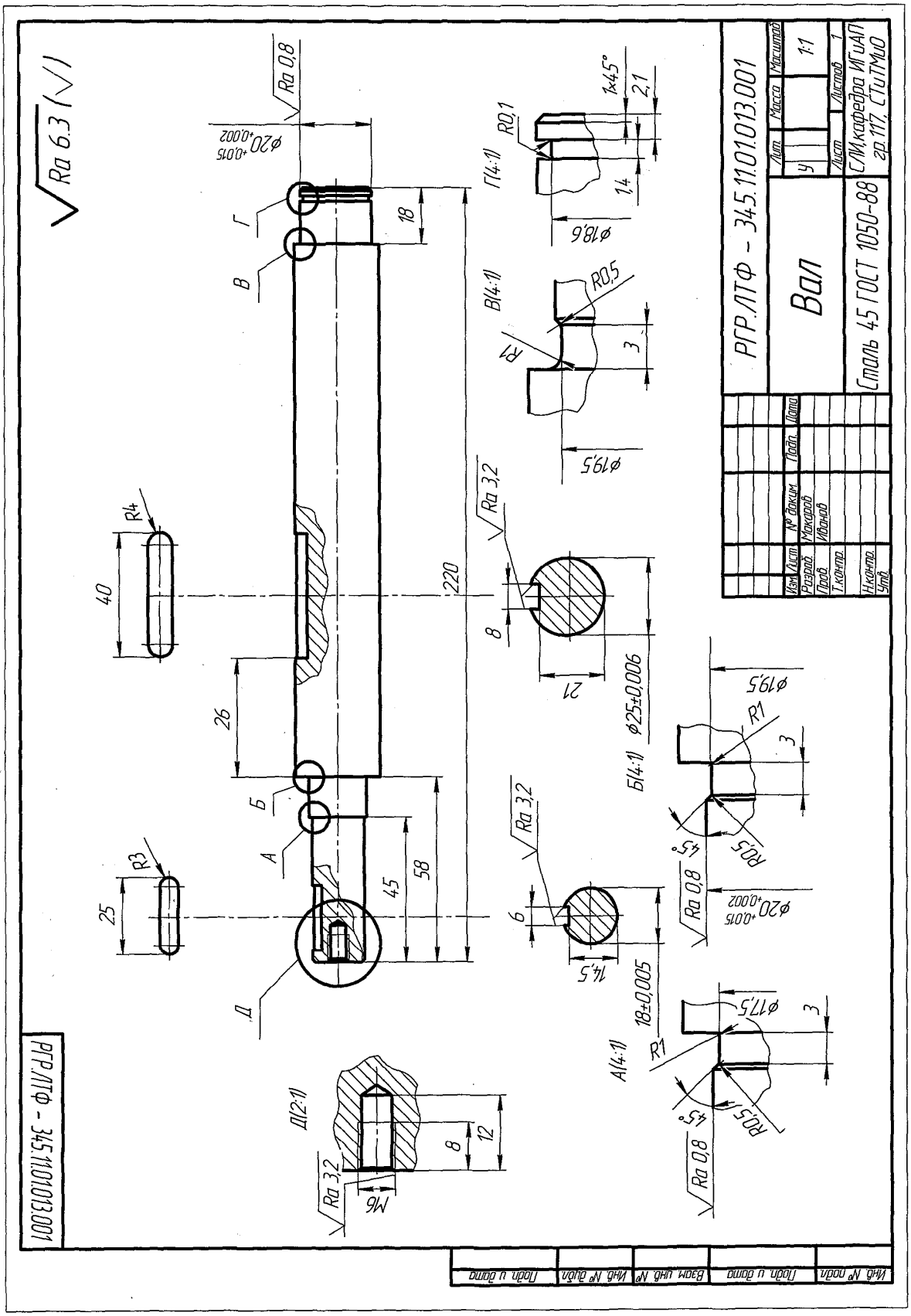


Рисунок 4.24 – Рабочий чертеж вала

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, выполнены чертежи последней темы. Полезно оглянуться на пройденный путь и подвести некоторые итоги:

1) способы построения проекционных чертежей основаны на положениях начертательной геометрии. При выполнении курсовых и дипломных проектов, вероятно, будет небесполезным заглянуть иногда и в учебник по начертательной геометрии. Инженер любой специальности должен свободно «читать» проекционные чертежи;

2) чертеж должен «рассказывать» простым, ясным, лаконичным языком. Следует помнить, что лишние изображения (проекции), надписи, условные знаки и т. п., перегружая чертеж ненужной информацией, затрудняют пользование им.

Составление чертежей, полностью отвечающих требованиям производства, возможно только после изучения еще ряда общетехнических и специальных дисциплин. А твердое знание материала, изученного в курсе черчения, облегчает вам движение вперед.

Ниже приведен перечень части стандартов ЕСКД, которыми следует руководствоваться студентам не только при выполнении ими учебных заданий, но и в их производственной деятельности. Для справки приводим обозначения стандартов.

ГОСТ 2.101-95 Виды изделий.

ГОСТ 2.103-95 Стадии разработки.

ГОСТ 2.104-68 Основные надписи.

ГОСТ 2.108-68 Спецификации.

ГОСТ 2.109-73 Основные требования к чертежам.

ГОСТ 2.301-68 Форматы.

ГОСТ 2.302-68 Масштабы.

ГОСТ 2.303-68 Линии.

ГОСТ 2.304-81 Шрифты чертежные.

ГОСТ 2.305-68 Изображения. Виды, разрезы, сечения.

ГОСТ 2.306-68 Обозначения графические материалов и правила их нанесения на чертежах.

ГОСТ 2.307-68 Нанесение размеров и предельных отклонений.

ГОСТ 2.309-73 Обозначение шероховатости поверхностей.

ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхностей. Параметры и характеристики.

ГОСТ 2.311-68 Изображение резьбы.

ГОСТ 2.313-82 Условное изображение неразъемных соединений.

ГОСТ 2.316-68 Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований таблиц.

ГОСТ 2.317-69 Аксонометрические проекции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Рекомендуемая литература

Учебники

1 *Сорокин, Н. П.* Инженерная графика [Текст] : учебник для студентов строительных вузов и инженеров / Н. П. Сорокин, Е. Д. Ольшевский, А. Н. Заикина, Е. И. Шибанова. – 2-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2006. – 392 с.

2 *Чекмарев, А. А.* Начертательная геометрия и черчение [Текст] : учебник для высших учебных заведений / А. А. Чекмарев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ВЛАДОС, 2003. – 472 с.

3 *Болтухин, А. К.* Инженерная графика [Текст] : учебник для студентов высших учебных заведений / А. К. Болтухин, С. А. Васин, Г. П. Вяткин, А. В. Пуш. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2005. – 555 с.

Нормативные издания

4 Положение о дипломном проектировании [Текст] : ч. 1. Единые требования к текстовым документам / сост. В. А. Паршукова, А. А. Митюшев ; СЛИ. – Сыктывкар, 2009. – 36 с.

5 Положение о дипломном проектировании [Текст] : ч. 2. Единые требования к структуре, оформлению и представлению дипломных проектов и дипломных работ / сост. В. А. Паршукова, А. А. Митюшев ; СЛИ. – Сыктывкар, 2009. – 80 с.

Справочники

6 Федоренко, В. А. Справочник по машиностроительному черчению [Текст] : для инженерно-технических работников / В. А. Федоренко, А. И. Шошин. – 16-е изд., стер. – М. : Альянс, 2007. – 416 с.

7 Новчихина, Л. И. Справочник по техническому черчению [Текст] : для студентов высших учебных заведений / Л. И. Новчихина. – Минск : Книжный Дом, 2004. – 320 с.

Использованная литература

Начертательная геометрия и черчение [Текст] : методические указания и контрольные задания для студентов-заочников инженерно-технических специальностей / сост. С. А. Фролов. – М. : Высш. шк., 1990. – 108 с.