

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Инженерная графика машиностроительного профиля»

П. В. Зелёный

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Учебно-методическое пособие
для обучающихся по направлению образования 37 «Транспорт»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области транспорта и транспортной деятельности*

Минск
БНТУ
2022

УДК 744.4:621(075.8)
ББК 30.11я7
3-48

Рецензенты:

кафедра «Инженерная и компьютерная графика»
Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники
(зав. кафедрой, канд. техн. наук, доцент *В. А. Столер*);
канд. техн. наук, доцент *З. Н. Уласевич*

Зелёный, П.В.

3-48 Инженерная графика : учебно-методическое пособие для обучающихся по направлению образования 37 «Транспорт» / П. В. Зелёный. – Минск : БНТУ, 2022. – 311 с.

ISBN 978-985-583-790-0.

Учебно-методическое пособие разработано на основе обзора стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), знание которых предусмотрено стандартами специальностей и учебными программами по инженерной графике в технических вузах. Материал пособия содержит всю необходимую информацию по выполнению и оформлению машиностроительных чертежей, начиная от требований к их форматам, к масштабам изображений, к линиям, к шрифтам, к правилам выполнения изображений – видам, разрезам, сечениям. Приведена также информация по графическому обозначению материалов, нанесению размеров и др. В пособие включен и материал, относящийся к выполнению графических построений – сопряжению линий дугами окружностей, определению центров сопрягающих дуг и точек сопряжения. Кроме того, приведена необходимая информация по изучению правил выполнения изображения резьб, соединений с их помощью и зубчатых передач, применяемым при этом условиям и упрощениям, предусмотренных стандартами ЕСКД.

По каждой теме приведены графические задания по вариантам для индивидуального практического закрепления получаемых знаний.

Для студентов технических специальностей высших учебных заведений.

УДК 744.4:621(075.8)
ББК 30.11я7

ISBN 978-985-583-790-0

© Зелёный П. В., 2022
© Белорусский национальный
технический университет, 2022

ВВЕДЕНИЕ

«Инженерная графика» – учебная дисциплина, входящая в цикл общенаучных и общепрофессиональных дисциплин подготовки специалистов с высшим образованием по техническим специальностям и являющаяся объединительным курсом, предусматривающим согласно образовательным стандартам углубленное изучение следующих разделов: «Начертательная геометрия», «Проекционное черчение», «Машиностроительное черчение», «Инженерная компьютерная графика и моделирование». Она несет основную нагрузку в графической подготовке инженера, являясь важным компонентом его общепрофессиональной подготовки.

Начертательная геометрия как основополагающий раздел учебной дисциплины «Инженерная графика» изучается вначале. Предметом начертательной геометрии является научная разработка и обоснование, теоретическое и практическое изучение способов построения изображений пространственных форм на плоскости и графических способов решения различных позиционных и метрических задач.

Способы построения изображений предметов методом проецирования (образование чертежа по методу Г. Монжа), изучаемые в начертательной геометрии, позволяют по чертежу создавать пространственные образы предметов, определять их взаимное расположение и размеры, исследовать и моделировать различные технические формы и конструкции. Начертательная геометрия развивает пространственное мышление геометрическими образами, необходимое для профессиональной деятельности инженера при решении различных технических задач, выполнении и чтении чертежей. Особое значение начертательная геометрия приобретает при переходе на компьютерное моделирование и автоматизированное выполнение чертежей, поскольку программное обеспечение основано на теоретических положениях, понятиях и способах решения различных задач, изучаемых исключительно в начертательной геометрии.

Последующие разделы «Проекционное черчение», «Машиностроительное черчение», «Инженерная компьютерная графика и моделирование» изучаются последовательно, как правило, позже, но могут изучаться и параллельно с начертательной геометрией.

Проекционное черчение является логическим продолжением курса начертательной геометрии, так как в нем даются конкретные практические навыки построения проекционных изображений в масштабе. Оно ориентировано, преимущественно, на изучение основных требований действующих государственных стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) по выполнению и оформлению чертежей, выполнению разрезов и сечений, нанесению размеров, выполнению аксонометрических проекций, отрабатывается техника черчения.

Учебные задачи курса проекционного черчения заключаются в следующем:

– изучить основные сведения из общих правил выполнения и оформления чертежей, предусмотренных стандартами ЕСКД (форматы, масштабы, линии, шрифты чертежные, изображения – виды, разрезы, сечения, нанесение размеров и др.);

– развить навыки геометрического черчения – выполнение сопряжений различных геометрических элементов, наиболее часто встречающихся в очертаниях изображений деталей на чертежах, выполнение и обозначение уклонов, конусности и др. в соответствии со стандартами ЕСКД;

– обучить технике выполнения проекционных изображений геометрических тел на основе начертательной геометрии и требований стандартов ЕСКД – видов, разрезов, сечений с учетом применяемых на чертежах условностей и упрощений;

– изучить правила и развить навыки выполнения аксонометрических проекций в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Проекционное черчение предваряет курс «Машиностроительное черчение».

Машиностроительное черчение как раздел инженерной графики ставит своей целью изучение в соответствии со стандартами ЕСКД основных правил выполнения и чтения конструкторской машиностроительной документации, а также навыков изложения технических идей с помощью чертежей, понимания принципа действия изображаемого технического изделия.

Традиционное изучение разделов инженерной графики и раздела компьютерной графики и моделирования должно быть согласовано с изучением предшествующего им или изучаемого параллельно раздела начертательной геометрии. На протяжении всего периода изучения дисциплины должна постоянно подчеркиваться взаимосвязь обоих разделов черчения и компьютерной графики с начертательной геометрией, а изучение тех или иных тем должно вестись после окончательного изучения соответствующей темы начертательной геометрии.

Инженерная графика – это первая ступень обучения студентов основным правилам выполнения, оформления и чтения конструкторской документации и решения на чертежах геометрических и инженерно-технических задач, получения для этого необходимых знаний, умений и навыков, что является конечной целью ее изучения как объединительной дисциплины в соответствии с образовательными стандартами. Полное овладение чертежом как средством выражения технической мысли и производственными документами различного назначения достигается в результате усвоения всего комплекса технических дисциплин соответствующего профиля, подкрепленного практикой курсового и дипломного проектирования по специальности.

1. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ В СООТВЕТСТВИИ СО СТАНДАРТАМИ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ (ЕСКД)

1.1. ГОСТ 2.301-68 «Форматы»

Краткое содержание:

- основные и дополнительные форматы;
- образование основных и дополнительных форматов;
- оформление форматов и расположение основной надписи на поле формата.

Настоящий стандарт устанавливает форматы листов чертежей и других документов, выполненных в электронной и (или) бумажной форме, предусмотренных стандартами на конструкторскую документацию всех отраслей промышленности и строительства.

Форматы листов определяются размерами внешней рамки (выполненной тонкой линией) оригиналов, подлинников, дубликатов, копий (рис. 1.1).

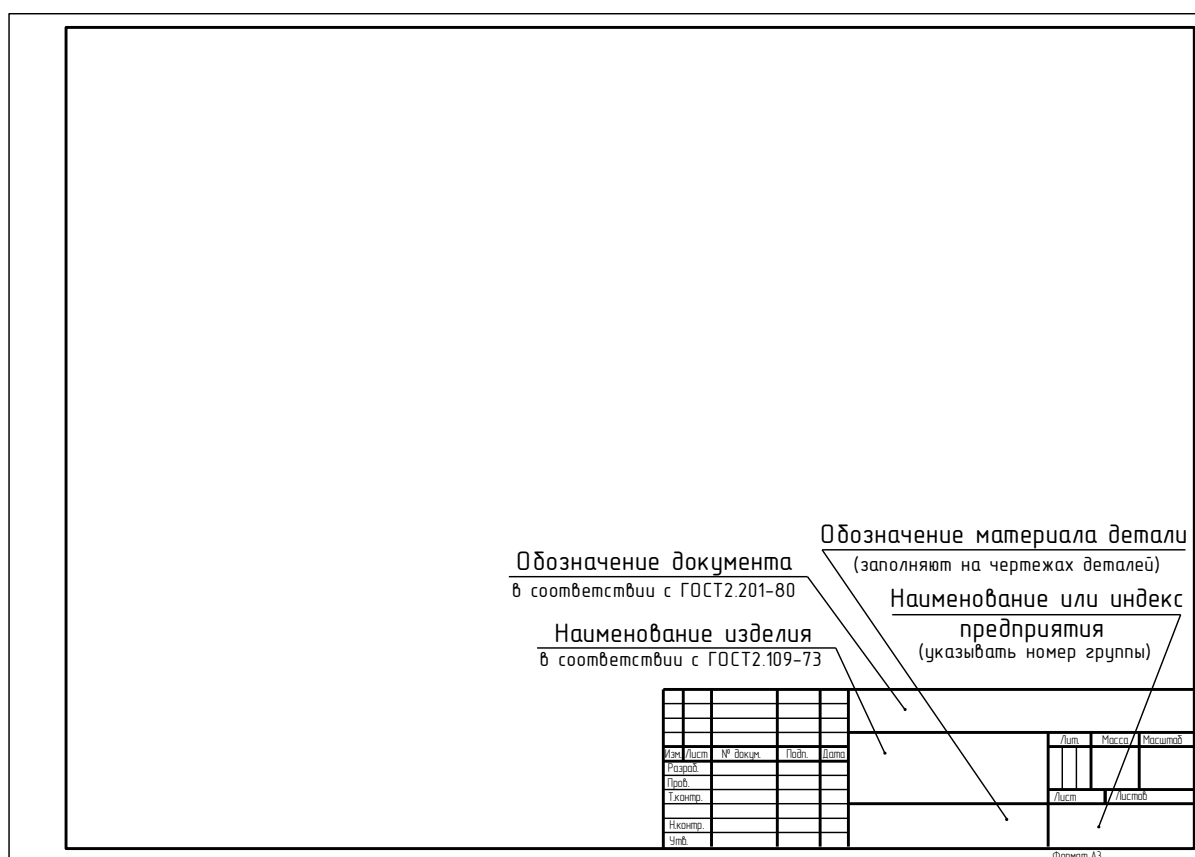


Рис. 1.1. Оформление формата А3 при его *горизонтальном* расположении, назначение граф основной надписи формы 1

При выводе документа в электронной форме на бумажный носитель с размерами сторон листа, совпадающими с указанными в табл. 1.1, внеш-

ную рамку формата допускается не выполнять. Если размеры сторон листа больше указанных в табл. 1.1, то внешняя рамка формата должна быть воспроизведена. Формат с размерами сторон 1189×841 мм, площадь которого равна 1 м², и другие форматы, полученные путем последовательного деления его на две равные части параллельно меньшей стороне соответствующего формата, принимаются за основные.

Обозначения и размеры сторон основных форматов должны соответствовать указанным в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Обозначение формата	Размеры сторон формата, мм
A0	841 × 1189
A1	594 × 841
A2	420 × 594
A3	297 × 420
A4	210 × 297

При необходимости допускается применять формат A5 с размерами сторон 148 × 210 мм.

Допускается применение дополнительных форматов, образуемых увеличением коротких сторон основных форматов на величину, кратную их размерам. Размеры производных форматов, как правило, следует выбирать по табл. 1.2.

Обозначение производного формата составляется из обозначения основного формата и его кратности согласно табл. 1.2, например, A0×2, A4×8 и т. д.

Таблица 1.2

Кратность	Формат, мм				
	A0	A1	A2	A3	A4
2	1189 × 1682	–	–	–	–
3	1189 × 2523	841 × 1783	594 × 1261	420 × 891	297 × 630
4	–	841 × 2378	594 × 1682	420 × 1189	297 × 841
5	–	–	594 × 2102	420 × 1486	297 × 1051
6	–	–	–	420 × 1783	297 × 1261
7	–	–	–	420 × 2080	291 × 1471
8	–	–	–	–	297 × 1682
9	–	–	–	–	297 × 1892

Предельные отклонения сторон форматов – по табл. 1.3.

Таблица 1.3

Размеры сторон форматов, мм	Предельные отклонения, мм
до 150	± 1,5
св. 150 до 600	± 2,0
св. 600	± 3,0

Документы в электронной форме в своей реквизитной части должны содержать обозначение формата листа бумажного носителя, при выводе на который масштаб отображения будет соответствовать указанному.

Вопросы и задания

1. Какие форматы принимают за *основные* и как они получаются?
2. Приведите *обозначения и размеры* основных форматов.
3. Как образуются *дополнительные форматы*?
4. Какими *линиями* выполняют внешнюю и внутреннюю рамку формата, какое расстояние между этими линиями?
5. Охарактеризуйте назначение широкого *поля* с левой стороны формата.

1.2. ГОСТ 2.104-2006 «Основные надписи»

Краткое содержание:

- формы, размеры, номенклатура реквизитов, расположение, порядок выполнения и заполнения основной надписи (форма 1).

Настоящий стандарт устанавливает формы, размеры, номенклатуру реквизитов и порядок заполнения основной надписи и дополнительных граф к ней в конструкторских документах, предусмотренных стандартами Единой системы конструкторской документации.

Содержание, расположение и размеры граф основной надписи, а также размеры рамок на чертежах и схемах должны соответствовать форме 1 (рис. 1.1 и 1.2), а в текстовых конструкторских документах – форме 2 (рис. 1.3, первый или заглавный лист). Последующие листы текстовых конструкторских документов выполняются по форме 2а (рис. 1.4) и 2б (рис. 1.5).

Допускается для последующих листов чертежей и схем применять форму 2а.

Основная надпись и рамки выполняют сплошными основными и сплошными тонкими линиями по ГОСТ 2.303 «Линии».

Основную надпись располагают в правом нижнем углу конструкторских документов (рис. 1.1).

На листах формата А4 по ГОСТ 2.301 «Форматы» основную надпись располагают исключительно вдоль короткой стороны листа (рис. 1.2).

В графах основной надписи (номера граф на формах показаны в скобках) указывают значения нижеперечисленных реквизитов или атрибутов:

– в графе 1 – наименование изделия и наименование документа, если этому документу присвоен код. Для изделий народнохозяйственного назначения допускается не указывать наименование документа, если его код определен ГОСТ 2.102 «Виды и комплектность конструкторских документов», ГОСТ 2.601 «Эксплуатационные документы», ГОСТ 2.602 «Ремонт-

ные документы», ГОСТ 2.701 «Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению».

Наименование изделия должно соответствовать принятой терминологии и быть по возможности кратким. Наименование изделия записывают *в именительном падеже* единственного числа. В наименовании, состоящем из нескольких слов, на первом месте помещают *имя существительное*, например: «Колесо зубчатое». В наименование изделия не включают, как правило, сведения о назначении изделия и его местоположении.

– в графе 2 – обозначение документа по ГОСТ 2.201 «Обозначение изделий и конструкторских документов» и код, если его код определен ГОСТ 2.102, ГОСТ 2.601, ГОСТ 2.602, ГОСТ 2.701. Допускается применять ранее принятую систему обозначений документов;

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

– в графе 4 – литеру, присвоенную данному документу (на документе в бумажной форме графу заполняют последовательно, начиная с крайней левой клетки);

– в графе 5 – массу изделия по ГОСТ 2.109 «Основные требования к чертежам»;

– в графе 6 – масштаб (проставляется в соответствии с ГОСТ 2.302 «Масштабы» и ГОСТ 2.109);

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

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

– в графе 9 – наименование или код организации, выпускающей документ (графу не заполняют, если код содержится в обозначении документа);

– в графе 10 – характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ, в соответствии с формами 1 и 2. Свободную строку заполняют по усмотрению разработчика, например: «Начальник отдела», «Начальник лаборатории», «Рассчитал».

Допустимые значения атрибута устанавливает организация;

– в графе 11 – фамилии лиц, подписавших документ;

– в графе 12 – подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11.

При отсутствии титульного листа допускается подпись лица, утвердившего документ, размещать на свободном поле первого или заглавного листа документа в порядке, установленном для титульных листов по ГОСТ 2.105 «Общие требования к текстовым документам»;

– в графе 13 – дату подписания документа;

– в графах 14 – 18 – сведения об изменениях, которые заполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 2.503 «Правила внесения изменений».

Подписи лиц, разработавших данный документ и ответственных за нормоконтроль, являются обязательными.

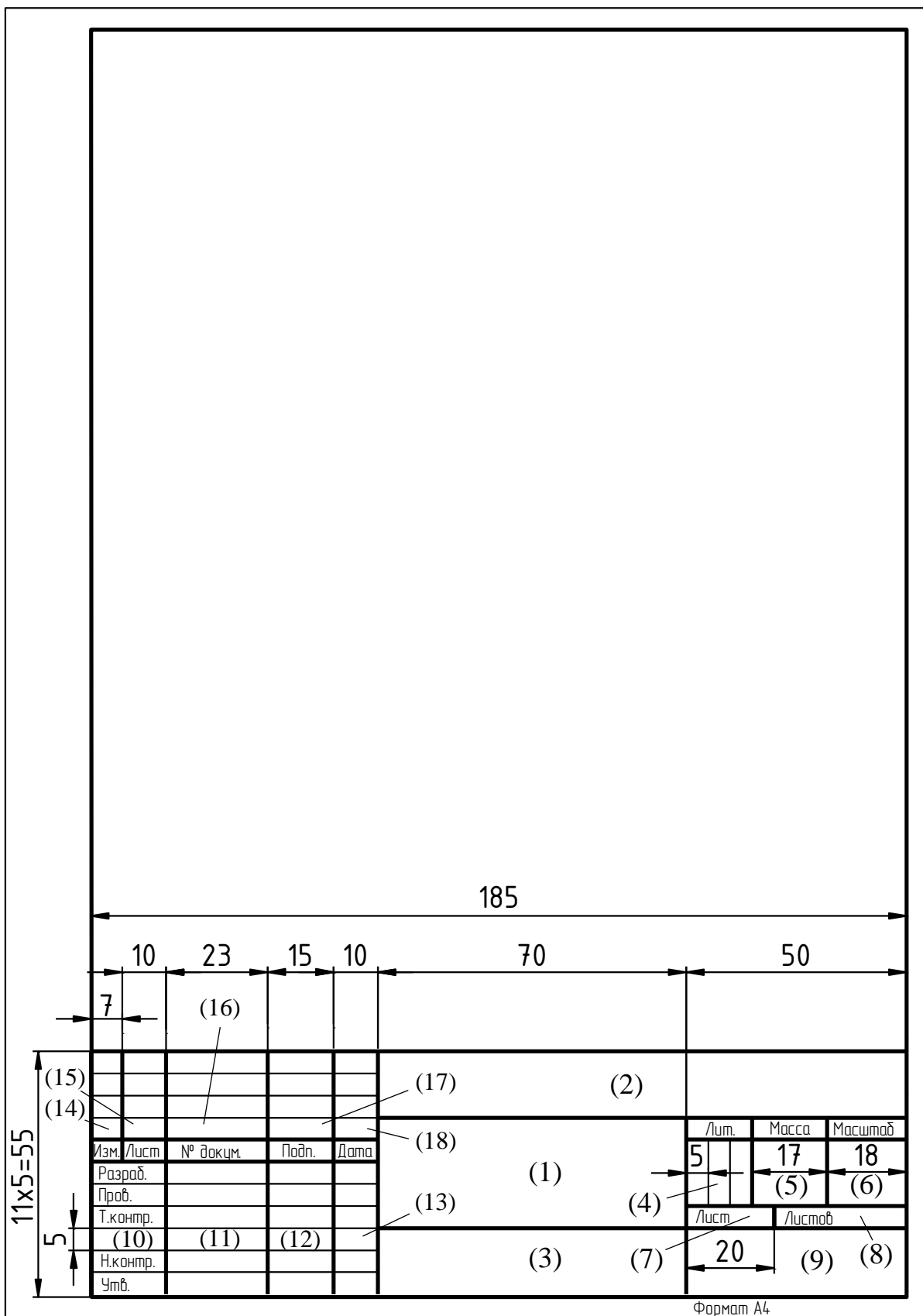


Рис. 1.2. Допустимое расположение основной надписи формы 1 на чертежах и схемах, выполненных на формате А4 – по короткой стороне формата (приведены размеры и расположение граф основной надписи)

(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(2)		
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата		(7)		
Разраб.				(13)	Лист	Лист/	Листов
Пров.							
(10)	(11)	(12)			(9)	(8)	
Н.контр.							
Утв.							

Рис. 1.3. Содержание и расположение граф основной надписи на *текстовых* конструкторских документах – форма 2 (*первый* или заглавный лист)

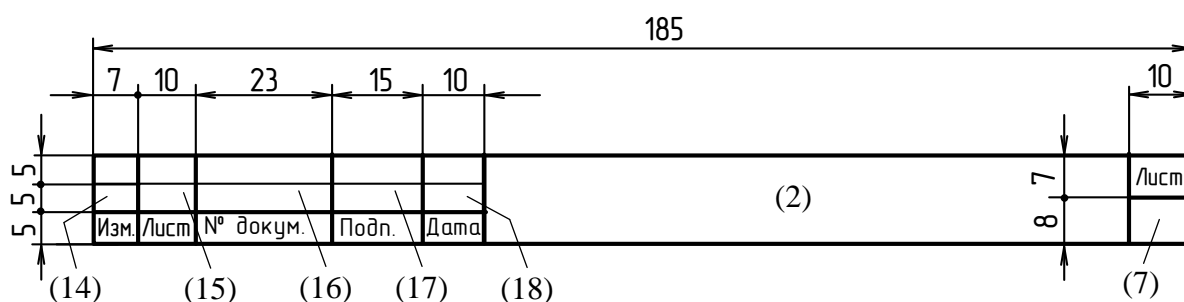


Рис. 1.4. Размеры, содержание и расположение граф основной надписи на *текстовых* конструкторских документах – форма 2а (*последующие* листы, а при двустороннем светокопировании – нечетный последующий лист)

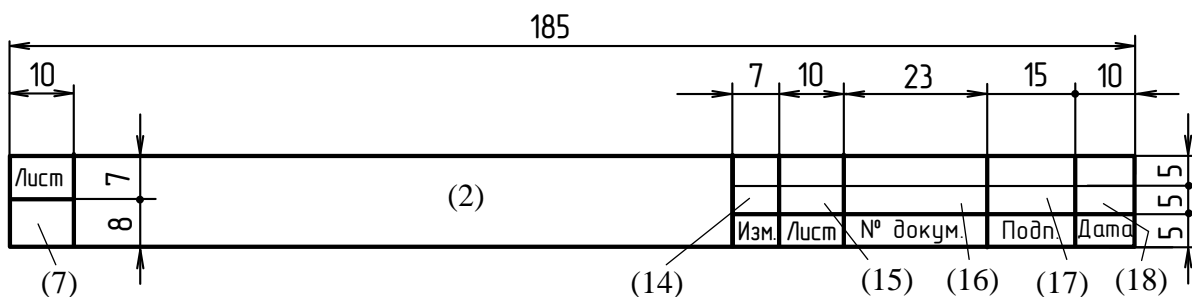


Рис. 1.5. Размеры, содержание и расположение граф основной надписи на *текстовых* конструкторских документах – форма 2б (*последующие четные* листы при двустороннем светокопировании)

Вопросы и задания

1. Содержание и размеры граф *основной надписи* (форма 1, 2, 2а, 2б).
2. Как *располагают* основную надпись на различных форматах?

1.3. ГОСТ 2.302-68 «Масштабы»

Краткое содержание:

- ряды масштабов уменьшения и увеличения и их значение на чертежах.

Настоящий стандарт устанавливает масштабы изображений и их обозначение на чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

Стандарт не распространяется на чертежи, полученные фотографированием, а также на иллюстрации в печатных изданиях и т. п.

В настоящем стандарте применяют следующие термины с соответствующими определениями:

Масштаб: отношение линейного размера отрезка на чертеже к соответствующему линейному размеру того же отрезка в натуре;

Масштаб натуральной величины с отношением 1:1;

Масштаб увеличения: масштаб с отношением большим, чем 1:1 (2:1 и т. д.);

Масштаб уменьшения: масштаб с отношением меньшим, чем 1:1 (1:2 и т. д.).

Масштабы изображений на чертежах должны выбираться из следующего ряда:

Таблица 1.4

Масштабы 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; 1:800; 1:1000
Натуральная величина	1:1
Масштабы увеличения	2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1

При проектировании генеральных планов крупных объектов допускается применять масштабы 1:2000; 1:5000; 1:10000; 1:20000; 1:25000; 1:50000.

В необходимых случаях допускается применять масштабы увеличения $(100n):1$, где n – целое число.

Масштаб, указанный в предназначенной для этого *графе основной надписи чертежа* (см. на рис. 1.6 чертеж крышки, приведенной на рис. 1.7 и 1.8), должен обозначаться по типу 1:1; 1:2; 2:1 и т.д. (табл. 1.4).

Документы в электронной форме в своей реквизитной части должны содержать реквизит, указывающий на принятый масштаб изображения.

При выводе документов в электронной форме на бумажный носитель масштаб изображения должен соответствовать указанному.

Вопросы и задания

1. Приведите *масштабы увеличения и уменьшения* изображений на чертежах.

2. Как *указывают* масштабы изображений на чертеже?

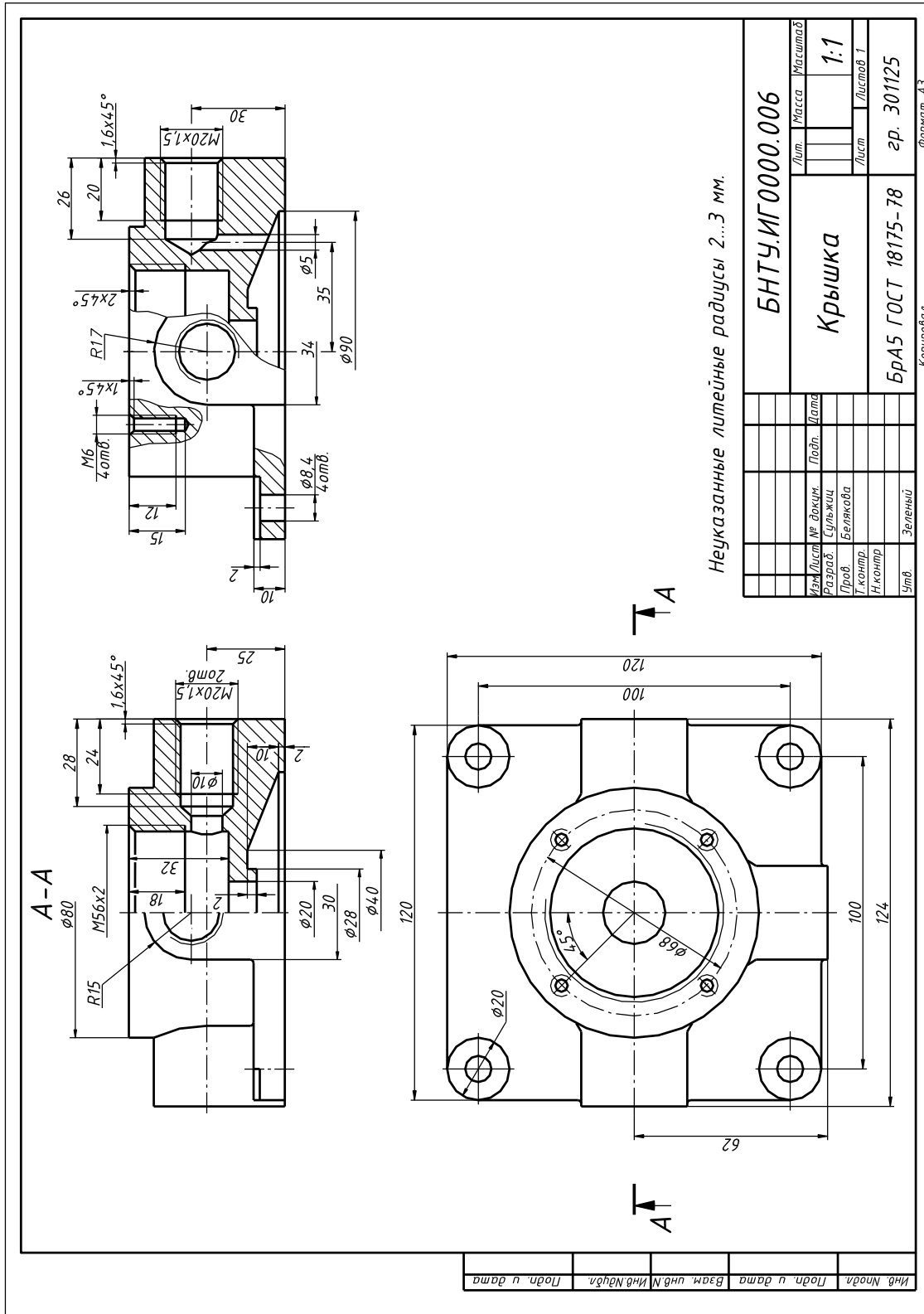


Рис. 1.6. Применение линий на чертеже в соответствии со стандартом – чертеже крышки, представленной на рис. 1.7 и 1.8

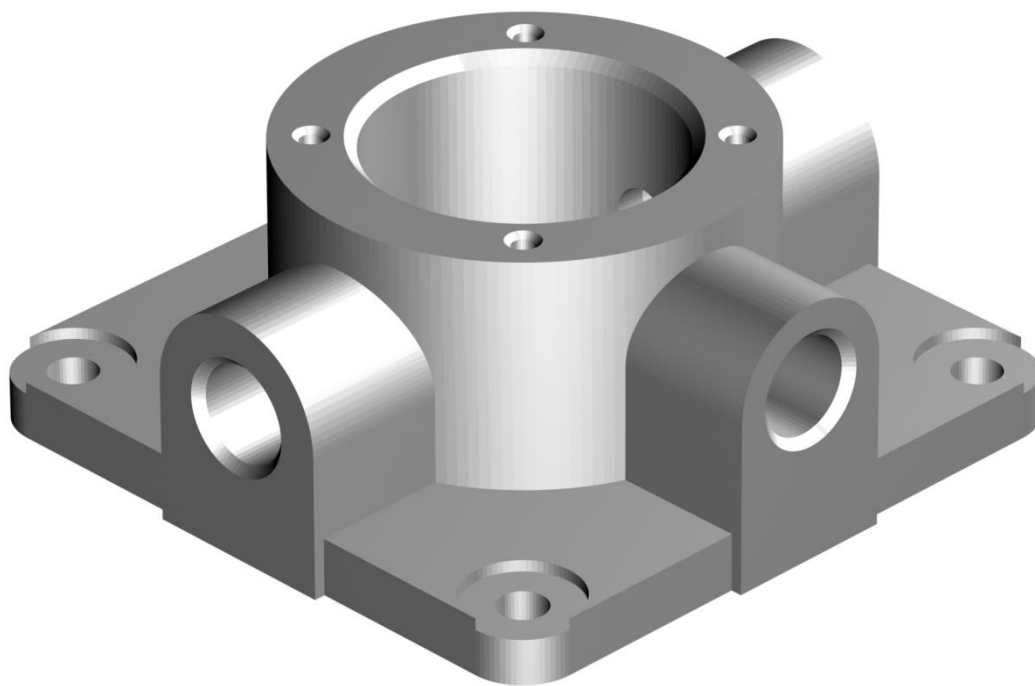


Рис. 1.7. Трехмерное изображение крышки (к чертежу на рис. 1.6)

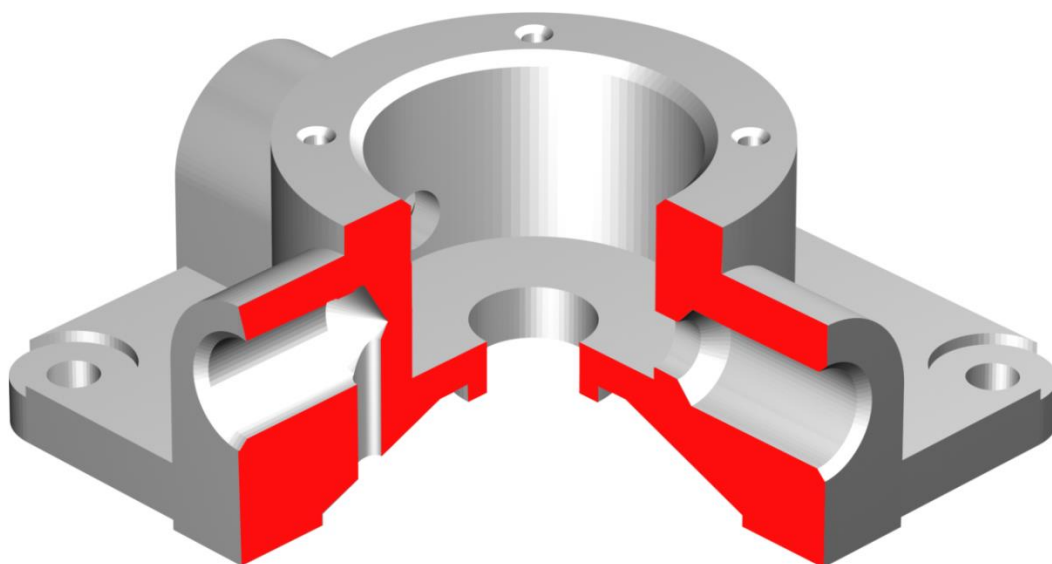


Рис. 1.8. Образование *простого* разреза, соединяемого с частью вида (к чертежу на рис. 1.6)

1.4. ГОСТ 2.303-68 «Линии»

Краткое содержание:

- ряды линий на чертежах, их начертание, толщина и назначение;
- особенности начертания штриховых и штрихпунктирных линий.



Настоящий стандарт устанавливает начертания и основные назначения линий на чертежах всех отраслей промышленности и строительства, выполняемых в бумажной и (или) электронной форме.


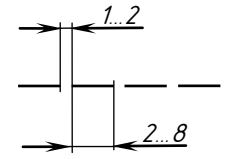
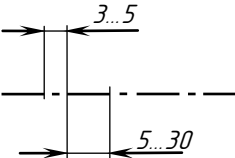
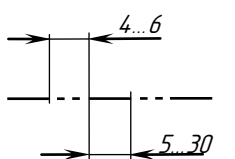

Линия является основным элементом чертежа. Различаются линии между собой по типу и по толщине.

Специальные назначения линий (изображение резьбы, шлицев, границы зон с различной шероховатостью и т. д.) определены в соответствующих стандартах Единой системы конструкторской документации.

Наименование, начертание, толщина *других линий* по отношению к толщине основной линии и основные назначения линий должны соответствовать указанным в табл. 1.5.

Таблица 1.5

Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии	Основное назначение
1	2	3	4
1. Сплошная толстая основная		$s = 0,5 \dots 1,4$ мм	Линии видимого контура Линии перехода видимые Линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза)
2. Сплошная тонкая		От $s/3$ до $s/2$	Линии контура наложенного сечения Линии размерные и выносные Линии штриховки Линии-выноски Полки линий-выносок и подчеркивание надписей Линии для изображения граничных деталей («обстановка») Линии ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях Линии перехода в воображаемые Следы плоскостей, линии построения характерных точек при специальных построениях

1	2	3	4
3. Сплошная волнистая		От $s/3$ до $s/2$	Линия обрыва изображения. Линии разграничения вида и разреза
4. Штриховая		От $s/3$ до $s/2$	Линии невидимого контура
5. Штрихпунктирная тонкая		От $s/3$ до $s/2$	Линии осевые и центровые Линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений
6. Штрихпунктирная с двумя точками		От $s/3$ до $s/2$	Линии сгиба на развертках. Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях
7. Разомкнутая		От s до $1\frac{1}{2} s$	Линии сечений

Примеры применения линий показаны на рис. 1.6–1.10.

Толщина s сплошной толстой основной линии должна быть в пределах от 0,5 до 1,4 мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа, а толщина всех прочих линий на чертеже берется в зависимости от выбранной для чертежа сплошной толстой основной линии.

Толщина линий одного и того же типа должна быть одинакова для всех изображений на данном чертеже, вычерчиваемых в одинаковом масштабе.

Наименьшая толщина линий и наименьшее расстояние между линиями в зависимости от формата чертежа должна соответствовать указанным в табл. 1.6.

Таблица 1.6

Формат чертежа	Наименьшая толщина линий, мм, выполненных		Наименьшее расстояние между линиями, мм, выполненными	
	в туши	в карандаше	в туши	в карандаше
С размером большей стороны 841 мм и более	0,3		0,8	1,0
С размером большей стороны менее 841 мм	0,2	0,3	0,8	

Длину штрихов в штриховых и штрихпунктирных линиях следует выбирать в зависимости от величины изображения.

Штрихи в линии должны быть приблизительно *одинаковой длины*.

Промежутки между штрихами в линии также должны быть приблизительно *одинаковыми* (рис. 1.9).

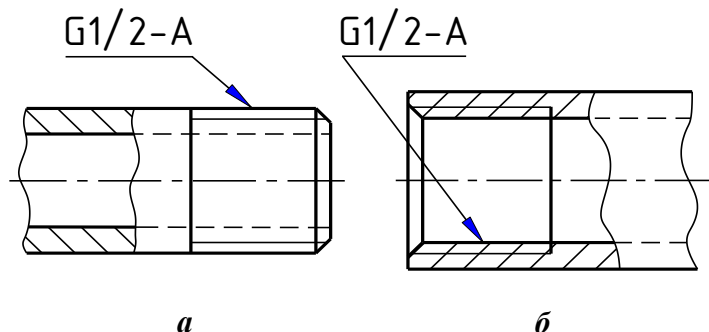


Рис. 1.9. Применение *штриховых* и *тонких линий* при изображении трубной цилиндрической резьбы и нанесении ее размеров: *а* – наружной резьбы; *б* – внутренней резьбы (в обоих случаях в обозначении резьбы свинчиваемых деталей в дюймах указывается диаметр проходного отверстия в трубе, на которой выполнена наружная резьба, то есть изображенной слева)

Штрихпунктирные линии должны *пересекаться и заканчиваться штрихами* (рис. 1.10).

Штрихпунктирные линии, применяемые в качестве центровых, следует заменять *сплошными тонкими линиями*, если диаметр окружности или размеры других геометрических фигур в изображении *менее 12 мм* (рис. 1.10).

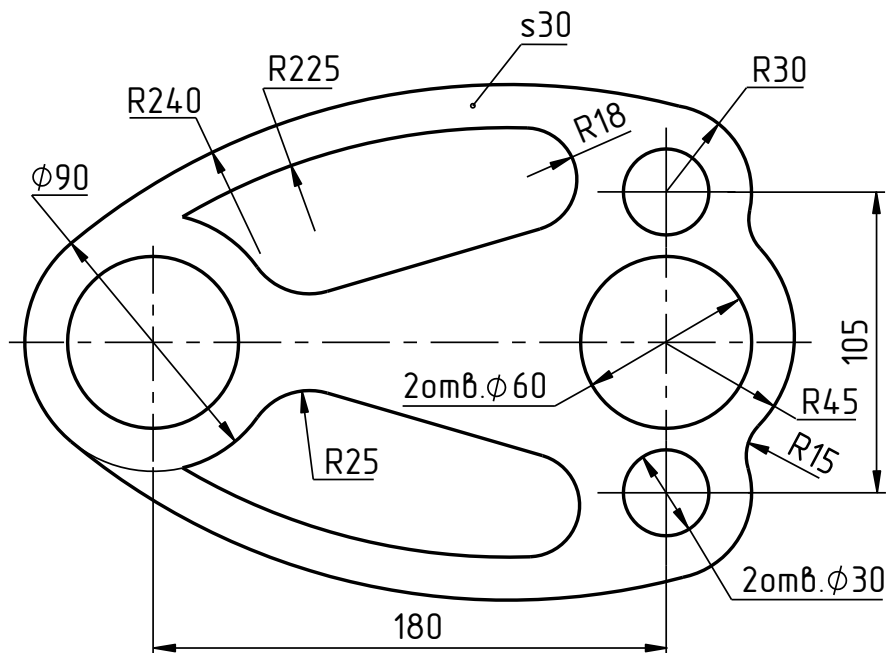


Рис. 1.10. Применение осевых и центровых *штрихпунктирных* линий на чертеже плоской детали, приведенной на рис. 1.11, в соответствии со стандартом (*s30* – толщина детали в мм)



Рис. 1.11. Деталь плоской формы (к чертежу на рис. 1.10)

Для разрезов и сечений допускается *концы разомкнутой линии* соединить штрихпунктирной тонкой линией (рис. 1.12).



Рис. 1.12. Использование штрихпунктирной линии вкпе с *разомкнутой линией* в обозначении разрезов и сечений

В *строительных чертежах* в разрезах видимые линии контуров, не попадающие в плоскость сечения, допускается выполнять сплошной тонкой линией.

Рекомендуемая толщина линий различного назначения и их начертание для выполнения графических работ по инженерной графике на формате А3:

- а) сплошная толстая основная – $s = 0,7 - 0,9$ мм;
- б) все тонкие линии – $s/3 \dots s/2$ (но не менее 0,3 мм согласно табл. 1.6);
- в) начертание штриховой линии:
 - длина штрихов – 4 мм;
 - разрывы между штрихами – 1 мм.

На чертеже:

- штрихи этой линии должны касаться линий видимого контура;
- на изгибах линии ее штрихи должны касаться друг друга;

з) начертание *штрихпунктирной линии*:

- длинные штрихи – 12 мм;
- между длинными штрихами *под короткий пунктир* расстояние 3 мм;
- длина *пунктира* – 1 мм.

На чертеже:

- штрихпунктирные линии должны *пересекаться длинными штрихами*;
- за видимый контур изображения длинные штрихи этой линии *выступают* на 2 мм.

д) начертание *разомкнутой линии*:

- длина штрихов разомкнутой линии – 10 мм.

Вопросы и задания

1. Приведите *назначение* сплошной толстой основной линии, сплошной тонкой, сплошной волнистой, штриховой, штрихпунктирной тонкой, штрихпунктирной утолщенной, разомкнутой и штрихпунктирной с двумя точками.

2. В каких пределах должна находиться *толщина сплошной основной линии*, из каких соображений выбирают ее конкретное значение?

3. Приведете *соотношения линий* на чертеже – тонких и разомкнутой толстой линий относительно сплошной толстой основной линии.

4. В каких пределах должны находиться расстояния между штрихами и длина штрихов *штриховой линии*, из каких соображений выбирают их конкретные значения?

5. В каких пределах должны находиться расстояния между штрихами и длина штрихов *штрихпунктирной линии*, из каких соображений выбирают их конкретные значения?

6. Приведите *минимальное значение* толщины линии на чертеже и минимальное значение расстояния между линиями.

7. Как должны *пересекаться и заканчиваться* штрихпунктирные линии?

8. На какое расстояние может *выступать* штрихпунктирная линия за контур изображения?

1.5. ГОСТ 2.304-81 «Шрифты чертежные»

Краткое содержание:

- типы и размеры шрифта, начертание букв и цифр;
- начертание знаков диаметра, квадрата, уклона и конусности.

Настоящий стандарт устанавливает чертежные шрифты, наносимые на чертежи и другие технические документы всех отраслей промышленности и строительства.

Размер h шрифта – величина, определенная высотой прописных букв в миллиметрах. Высота h прописных букв измеряется перпендикулярно к основанию строки. Высота c строчных букв (без отрошков k) определяется из отношения к размеру шрифта h (рис. 1.13), например: $c = 7/10h$; $c = 5/7h$; $c = 5/3,5h$.

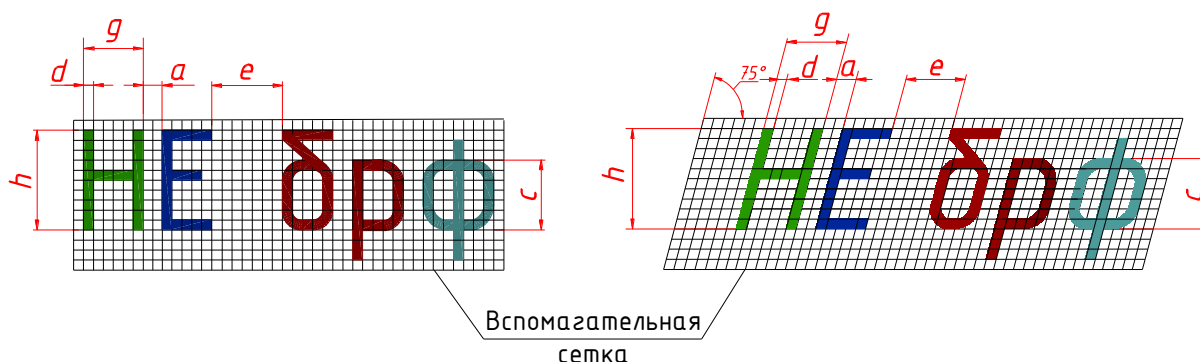


Рис. 1.13. Начертание шрифта по относительным размерам – с помощью вспомогательной сетки с шагом d

Стандартом установлены следующие размеры h шрифта: 1,8*; 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40.

Ширина g буквы – это наибольшая ее ширина, измеренная согласно рис. 1.13, определяемая по отношению к размеру h шрифта или по отношению к толщине d линии шрифта. Она одинакова для отдельных букв, распределенных по группам. Для одних групп она меньше, для других – больше, и может составлять: $5d$, $6d$, $7d$, $8d$ и $9d$ (рис. 1.14–1.17).

Толщина d линии шрифта определяется в зависимости от высоты h и типа шрифта.

ГОСТ 2.304-81 «Шрифты чертежные» устанавливает два типа шрифтов: тип А имеет толщину линии $d = 1/14h$; тип Б – $d = 1/10h$.

Оба типа шрифта могут не иметь наклона, но могут писаться и с наклоном в 15° по часовой стрелке от вертикали (рис. 1.14–1.17). Таким образом, по отношению к горизонтальной линии буквы и цифры располагают под углом в 75° (рис. 1.13).

Указанный ГОСТ дает представление и о вспомогательной сетке для написания шрифта. Образующие ее вспомогательные линии располагаются с шагом, равным толщине d линий шрифта (рис. 1.13).

Расстояние между буквами, равное $2d$, для соседних букв, которые не параллельны между собой (например, ГА, АТ), может быть уменьшено наполовину, то есть на толщину d линий шрифта (рис. 1.18).

Минимальное расстояние e между словами, составляющие величину в $6d$, в том случае, если они разделены знаком препинания, должно определяться от этого знака до следующего за ним слова (рис. 1.18).

* Применение шрифта размером 1,8 не рекомендуется и допускается в исключительных случаях для шрифта типа Б.

Конкретные значения в миллиметрах параметров h , c , a , b , e и d шрифтов типа **Б** (наиболее употребительных) приведены в табл. 1.7. Это позволяет наносить надписи и размеры на чертежи без использования вспомогательной сетки.

Таблица 1.7

Параметры шрифта	Обозначение	Относительный размер	Размеры, мм									
			1,8	2,5	3,5	5	7	10	14	20		
Размер шрифта: высота прописных букв	h	$(10/10) h$	$10d$	1,8	2,5	3,5	5	7	10	14	20	
высота строчных букв	c	$(7/10) h$	$7d$	1,3	1,8	2,5	3,5	5	7	10	14	
Расстояние между буквами	a	$(2/10) h$	$2d$	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0	
Минимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки)	b	$(17/10) h$	$17d$	3,1	4,3	6,0	8,5	12,0	17,0	24,0	34,0	
Минимальное расстояние между словами	e	$(6/10) h$	$6d$	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4	12,0	
Толщина линий шрифта	d	$(1/10) h$	d	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	

На рис. 1.19 и 1.20 приведены чертежные шрифты типа **Б** латинского и греческого алфавитов соответственно.

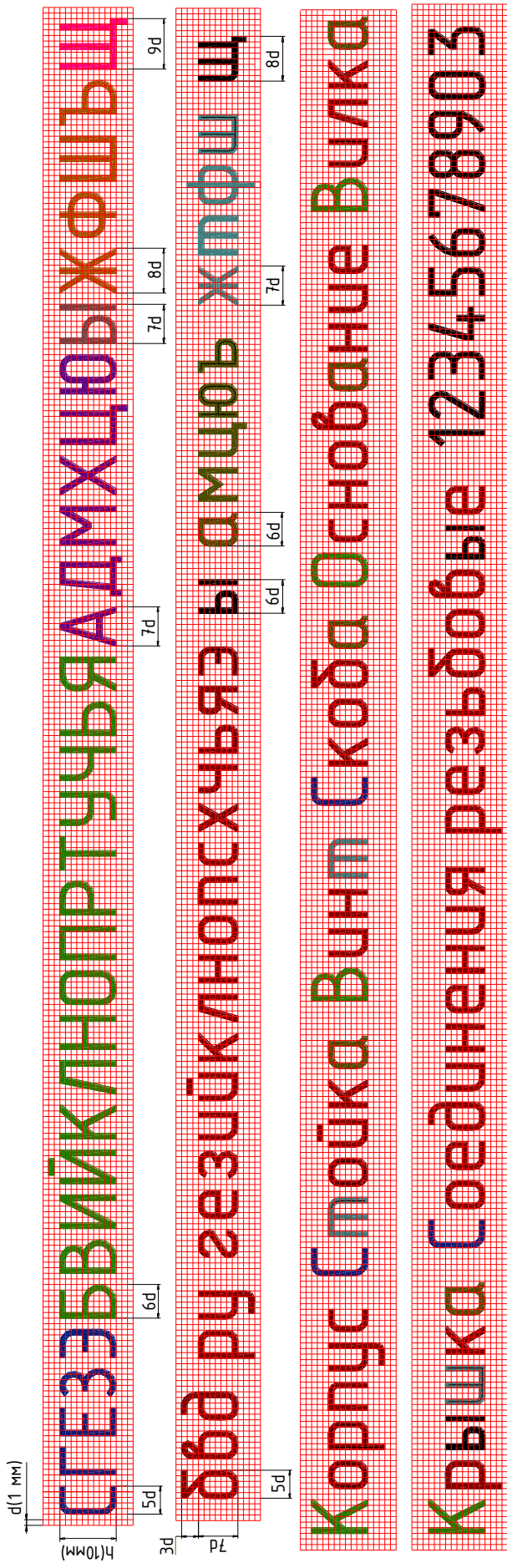


Рис. 1.14. Относительные размеры вертикального шрифта типа Б – широкого № 10 с шагом сетки $d=1\text{ мм}$ (1/10h)

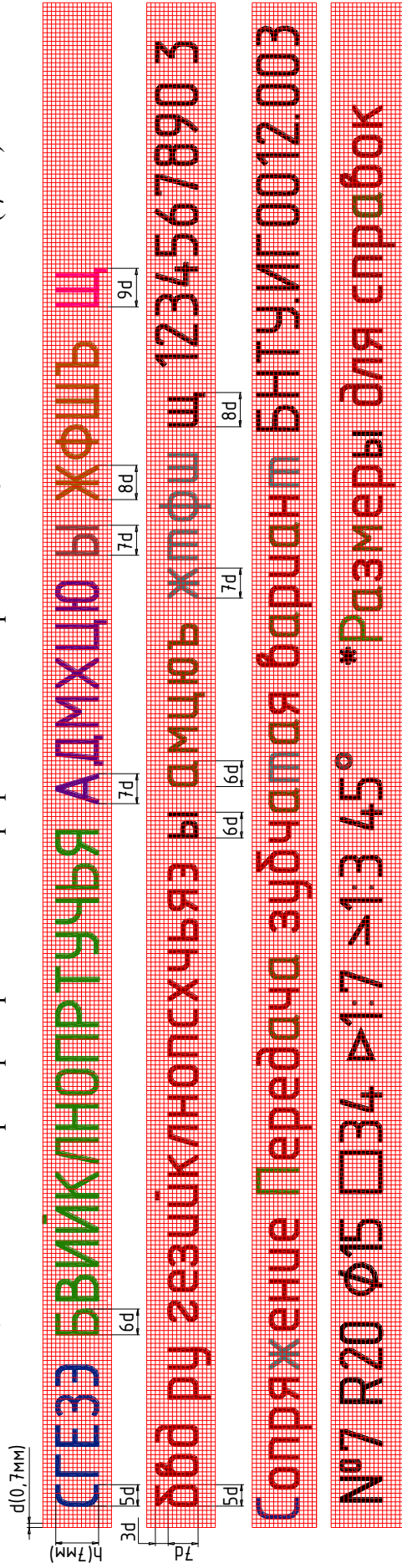


Рис. 1.15. Относительные размеры вертикального шрифта типа Б – широкого № 7 с шагом сетки $d=0,7\text{ мм}$ (1/10h)

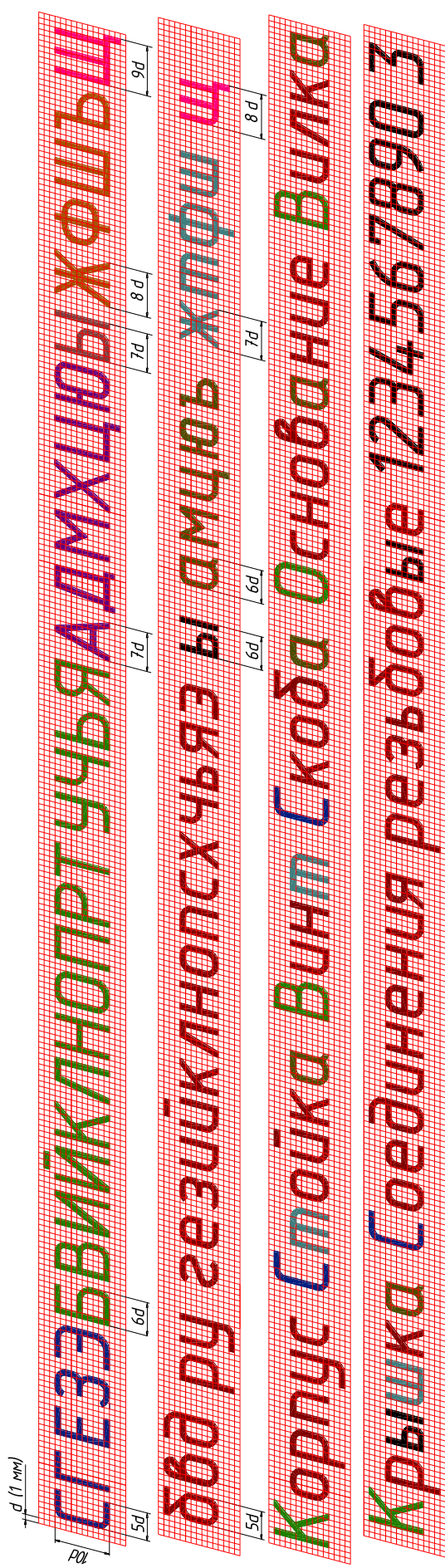


Рис. 1.16. Относительные размеры наклонного шрифта типа Б – широкого № 10 с шагом вспомогательной сетки $d=1 \text{ мм}$ (1/10h)

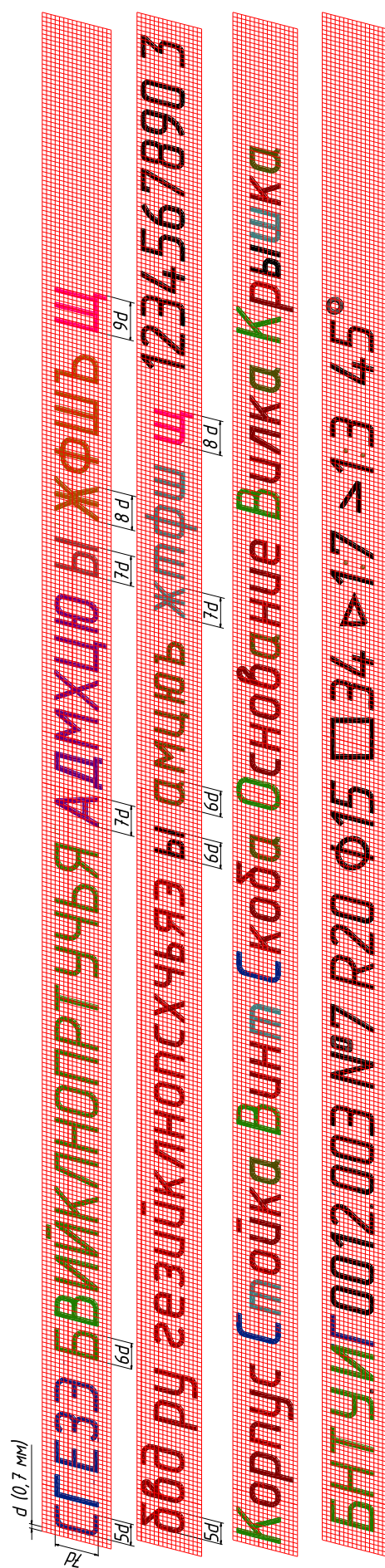


Рис. 1.17. Относительные размеры наклонного шрифта типа Б – широкого № 7 с шагом вспомогательной сетки $d=0,7 \text{ мм}$ (1/10h)

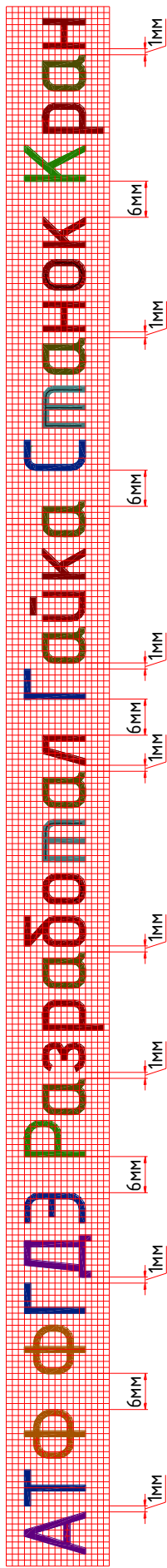


Рис. 1.18. Пример уменьшения расстояния между буквами, соседние линии которых не параллельны – шрифт типа Б № 10 вертикальный с шагом вспомогательной сетки $d=1$ мм (1/10h)

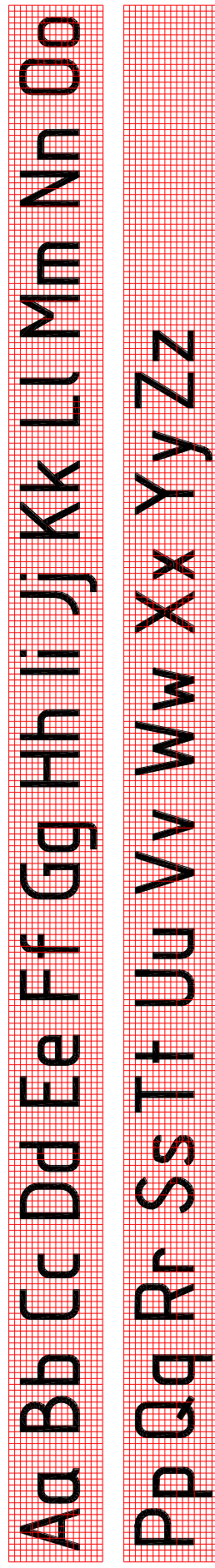


Рис. 1.19 Начертание букв латинского алфавита – шрифт типа Б № 10 вертикальный с шагом вспомогательной сетки $d=1$ мм (1/10h)

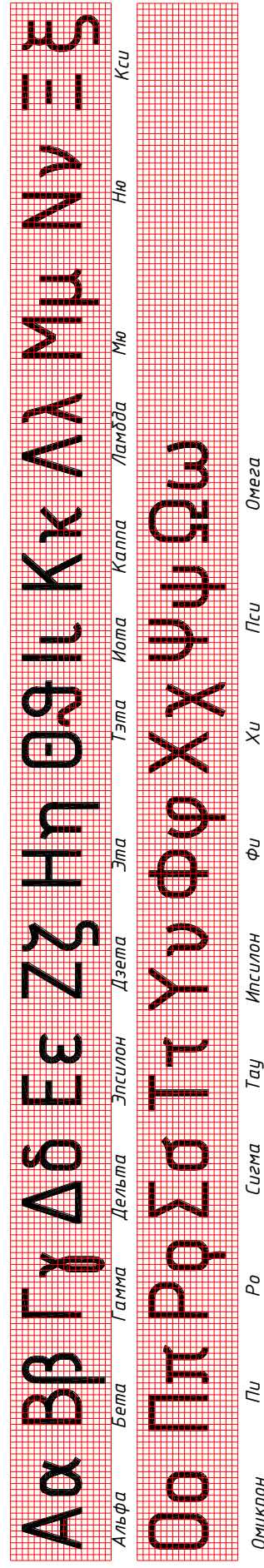
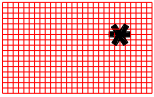
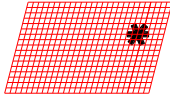
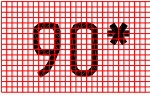
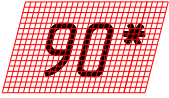
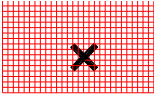
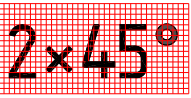
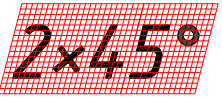


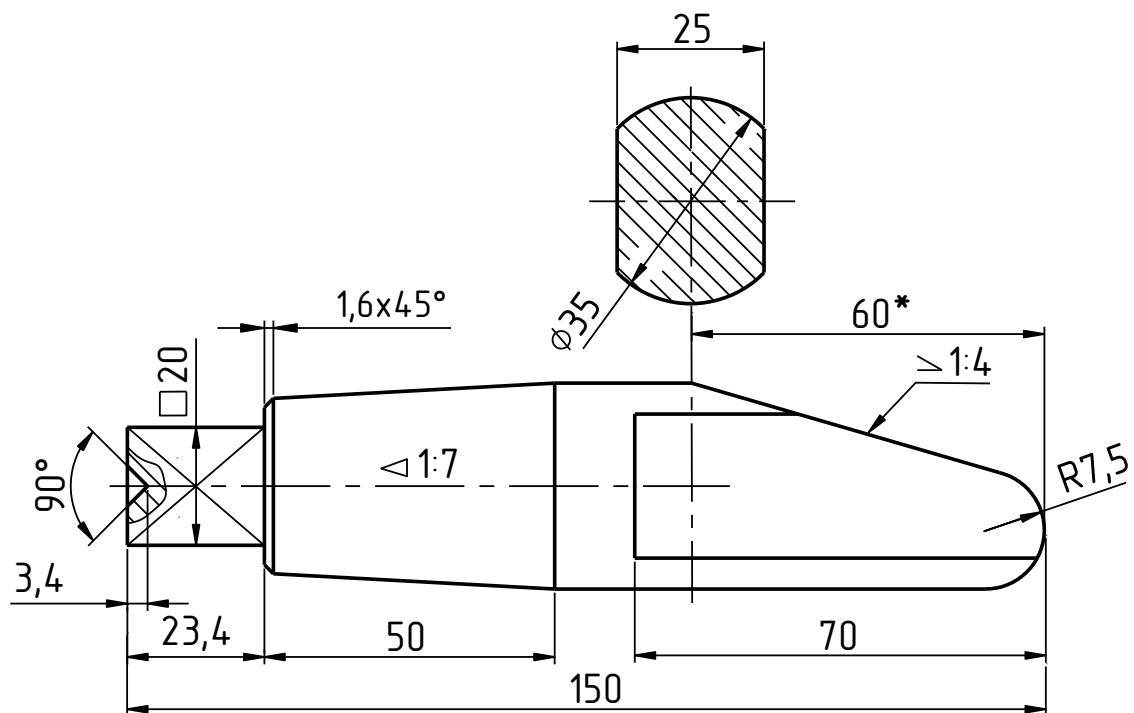
Рис. 1.20. Начертание букв греческого алфавита – шрифт типа Б № 10 вертикальный с шагом вспомогательной сетки $d=1$ мм (1/10h)

В табл. 1.8 приведены некоторые знаки и буква латинского алфавита, используемые на чертежах при нанесении размеров (рис. 1.21).

Таблица 1.8

Знаки на основе шрифта типа Б		Наименование знака, описание его формы и размеров	Назначение знака и образец написания	
Без наклона	С наклоном			
1	2	3	4	
		Прописная буква R латинского алфавита		
			Указание радиуса дуги окружности (скругления) при ее величине не более 180°	
		Диаметр – знак в виде окружности диаметром 7d и проходящей через его центр отрезка прямой линии длиной 10d, отклоненной от вертикали по часовой стрелке на угол в 15°		
			Указание диаметра отверстия, цилиндра или закругления при его величине более 180°	
		Квадрат – знак с величиной стороны, равной размеру шрифта, то есть 10d, согласно ГОСТ 2.307-2011		
			Указание размера призматической поверхности	
		Конусность – знак в форме равнобедренного треугольника длиной 7d и высотой 6d		
			Указание величины стандартной конусности	
		Уклон – знак в форме острого угла длиной 7d и высотой 5d		
			Указание величины уклона поверхности	
		Градус – знак в виде окружности диаметром 4d		
			Указание углов в градусах	
		Номер		
			Указание порядкового номера	

1	2	3	4
		Звездочка – знак в виде трех пересекающихся под равными углами отрезков длиной $4d$ каждый, расположенный так, что один из отрезков – горизонтален	  Используется в качестве пометки примечаний
		Умножение – знак высотой и длиной $5d$ в виде пересекающихся под прямым углом отрезков прямых линий	  Используется при указании двух и более размеров – как линейных, так и в сочетании линейного размера с угловым, например, размера фаски



*Размер для справок

Рис. 1.21. Применение некоторых знаков стандартного шрифта при нанесении размеров

На рис. 1.22 приведена вспомогательная сетка, используемая для написания шрифтов в учебных целях при выполнении графической работы, образец которой приведен на рис. 1.23 (на примере шрифтов типа Б размеров 10, 7 и 5).

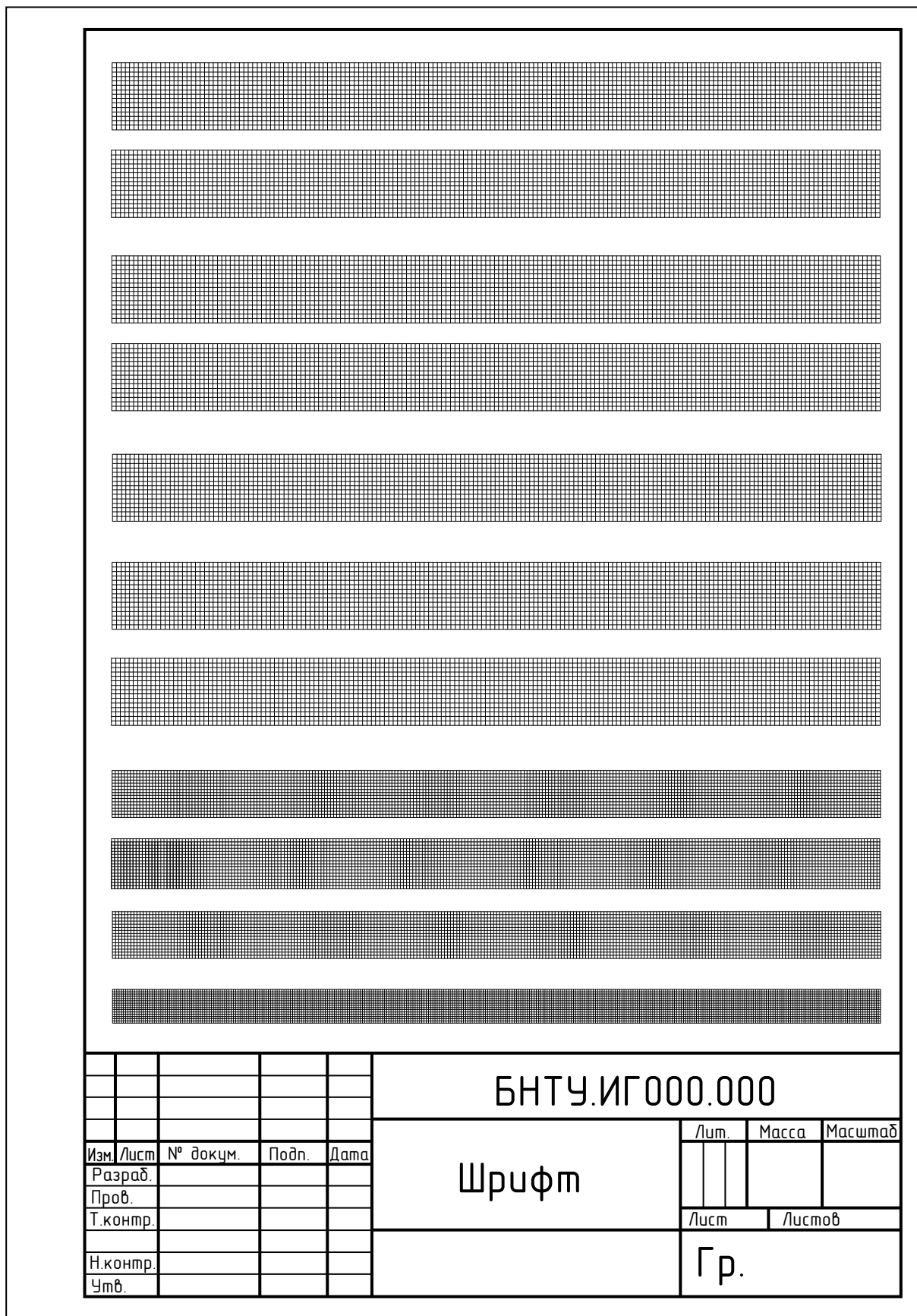


Рис. 1.22. Вспомогательная сетка для написания шрифта типа «Б» размерами: 10, 7 и 5 (к графической работе № 1, выполняемой на формате А4)

А Б В Г Д Е Ж З И Й К Л М Н О П Р С Т У						
Ф Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я						
а б в г д е ж з и й к л м н о п р с т у ф х ц ч						
ш щ ъ ы ь э ю я 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0						
А(2:1) Б ϕ В-В(1:2,5) Г-Г ϕ						
Корпус Стойка Винт Скоба						
Основание Крышка Вилка						
Неуказанные литейные радиусы 3..5 мм						
*Размеры для справок А(2:1) Б ϕ В-В(1:4)						
1234567890 БНТУ зр.10107112						
1234567890 №8 R12 ϕ 9 □124 >14 >17 45° OR9 Сфера ϕ 7						
БНТУ.ИГО00.000						
Шрифт				Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Гр.	
Разраб.	Зеленый П.В.					
Проб.					Лист Листов	
Т.контр.						
Н.контр.					Гр.	
Утв.						

Рис. 1.23. Графическая работа «Шрифты» по написанию шрифта типа «Б» размерами 10, 7 и 5 на вспомогательной сетке

Вопросы и задания

1. Что такое *размер* (номер шрифта) чертежного шрифта и как он определяется?
2. Приведите *рекомендуемые* стандартом размеры шрифта.
3. Чему равна *высота* прописных и строчных букв и высота цифр в том или ином выбранном для написания номере шрифта?
4. Назовите *типы шрифта*, чем они отличаются?
5. От чего зависит *толщина линии* шрифта?
6. Какое назначение имеет *вспомогательная сетка* для написания шрифта, какой ее шаг?
7. Как измеряется *ширина букв* шрифта, и на какие группы разбиты буквы, от чего зависит ширина букв?
8. Написание шрифта без наклона и с наклоном. В каком направлении осуществляется наклон шрифта и чему равен *угол наклона*?
9. Какие строчные буквы имеют *отростки*, их величина?
10. Как определяется высота строчных букв, имеющих отростки?
11. Чему равно *расстояние между буквами*, и для каких букв оно может быть уменьшено вдвое?
12. Чему равно *расстояние между словами* и как исчисляется расстояние, если между словами находится знак препинания?
13. Приведите *основные знаки*, используемые при нанесении размеров, и их назначение.
14. В каком направлении и под каким углом повернута наклоненная черта у *знака диаметра* окружности?
15. Какая прописная или строчная буква используется в качестве знака при указании *радиуса дуги* окружности?
16. Что собой представляет знак для указания *величины угла*?
17. Как обозначают размер *конусности* или *уклона* на чертеже – что собой представляют используемые при этом знаки?
18. Как определить значение соотношений – *числовые значения конусности* или *уклона*, наносимые на чертеже рядом с соответствующим знаком?
19. С какой стороны *относительно знака* наносится числовое значение соотношения, указывающее величину конусности или уклона?
20. Куда должно быть направлено острие знака при указании *конусности* или *уклона* поверхности?
21. Какие размеры имеет *знак призматической* поверхности – квадрат – в соответствии с ГОСТ 2.304-81 «Шрифты чертежные» и ГОСТ 2.307-2011 «Нанесение размеров»?
22. Как наносить шрифты без использования вспомогательной сетки?
23. Что собой представляет знак «звездочка» – как располагают изображающие его линии и сколько их?
24. Как располагают знак «звездочка» относительно букв или цифр?

1.6. Графическая работа «Шрифт»

Выполните начертание прописных и строчных букв, цифр, специальных знаков и надписей по образцу.

Задание:

1. Изучите: *типы и размеры шрифта*, определяющие высоту прописных букв и цифр в миллиметрах, размеры строчных букв, ширину букв и цифр, толщину линий обводки букв и цифр, расстояния между буквами, цифрами и словами; шрифты прямой и наклонный. Начертание прописных и строчных букв, цифр и знаков должно соответствовать ГОСТ 2.304-81 «Шрифты чертежные».

2. Получите навыки выполнения *надписей на чертежах* согласно ГОСТ 2.316-2008 «Правила нанесения надписей, технических требований и таблиц на графических документах», ГОСТ 2.109-73 «Основные требования к чертежам» и ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам», а также навыки начертания *специальных знаков*, применяемых при нанесении размеров согласно ГОСТ 2.307-2011 «Нанесение размеров и предельных отклонений».

3. Научитесь оформлять *основную надпись* на чертежах согласно ГОСТ 2.104-2006 «Основные надписи», соблюдая порядок ее выполнения и заполнения, а также основные термины, определения, сокращения и реквизиты.

Графическую работу «Шрифты» выполните по образцу (см. рис. 1.23) на листе формата А4, на который предварительно должна быть нанесена *вспомогательная сетка* с шагом 1, 0,7 и 0,5 миллиметров (см. рис. 1.22). Расстояние между параллельными линиями сетки должно соответствовать толщине линий шрифта типа «Б» наиболее применяемых размеров – 10, 7 и 5 миллиметров. Сетка позволит также легко определять расстояния между буквами в словах, ширину букв и цифр, минимальное расстояние между словами и расстояние между основаниями строк, регламентируемые ГОСТ 2.304-81 «Шрифты чертежные».

Желательно, чтобы сетка была нанесена на лист белой плотной чертежной бумаги *типографским способом* (такую заготовку, содержащую, помимо вспомогательной сетки и образец шрифта можно приобрести в книжном магазине, или выполнить самостоятельно остро заточенным карандашом твердостью 2Н, или *распечатать на принтере* рис. 1.24).

Примечание:

При выполнении этой и последующих графических работ необходимо соблюдать следующее:

– размер бумаги согласно указываемому в каждой выполняемой графической работе обозначению формата должен соответствовать ГОСТ 2.301-68 «Форматы» (см. рис. 1.2);

– размеры таблицы под основную надпись должны соответствовать ГОСТ 2.104-2006 «Основные надписи» (см. рис. 1.2).

2. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ

2.1. Построение параллельных и перпендикулярных прямых, деление на равные части отрезков прямых и углов, деление их на части

Краткое содержание:

- построение параллельных и перпендикулярных прямых;
- деление отрезка прямой на равные части и в заданном отношении;
- деление углов.

На рис. 2.1 показано построение прямой линии, *параллельной* заданной прямой линии. Параллельную прямую необходимо построить через точку C . Построение основано на свойствах параллелограмма. И для этого сначала на заданной прямой линии выбирают две точки A и B . Расстояние между точками – произвольное. Затем из заданной точки C проводят дугу радиусом, равным расстоянию между выбранными точками ($R_1 = AB$). А из точки A проводят вторую дугу радиусом, равным расстоянию между точкой A и точкой C ($R_2 = AC$). На пересечении указанных дуг будет находиться точка D , через которую и проводят искомую параллельную прямую.

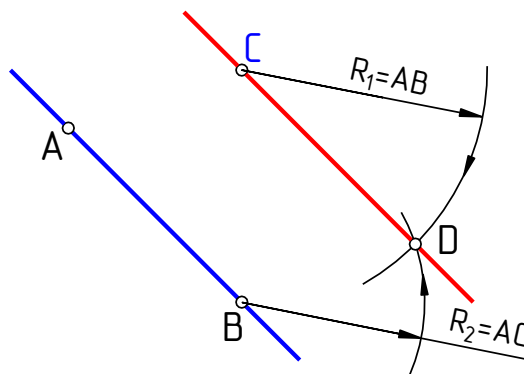


Рис. 2.1. Построение прямой линии через точку C параллельно заданной прямой линии

На рис. 2.2 показано построение прямой линии, *перпендикулярной* к заданной прямой линии. Перпендикуляр должен проходить через точку C на заданной прямой. Для его построения по обе стороны от точки C на равном удалении на заданной прямой выбирают две точки – A и B . Из них как из центров проводят две дуги такого произвольного радиуса R , чтобы они пересекались между собой в точках, удаленных от заданной прямой на некоторое расстояние. Через эти точки и следует провести прямую, которая пройдет через заданную точку C перпендикулярно заданной прямой, как это и требовалось.

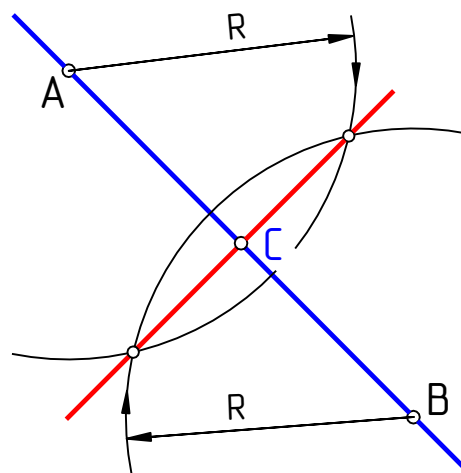


Рис. 2.2. Построение через точку C , лежащую на заданной прямой, перпендикулярной прямой

На рис. 2.3 также показано построение прямой линии, *перпендикулярной* к заданной прямой, но другим способом, больше подходящим для случая, когда точка C будет находиться на конце заданной прямой. В этом случае через за-

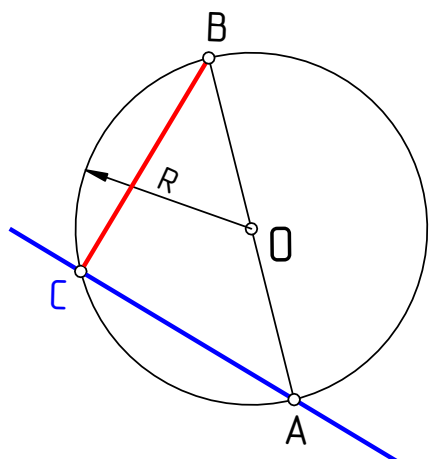


Рис. 2.3. Построение через точку C , лежащую на заданной прямой с края, перпендикулярной прямой

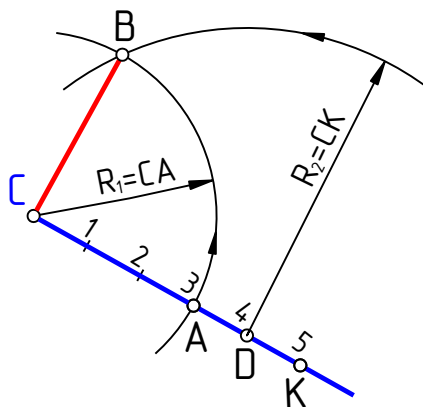


Рис. 2.4. Построение через точку C , лежащую на конце заданной прямой, перпендикулярной прямой с использованием свойств египетского треугольника

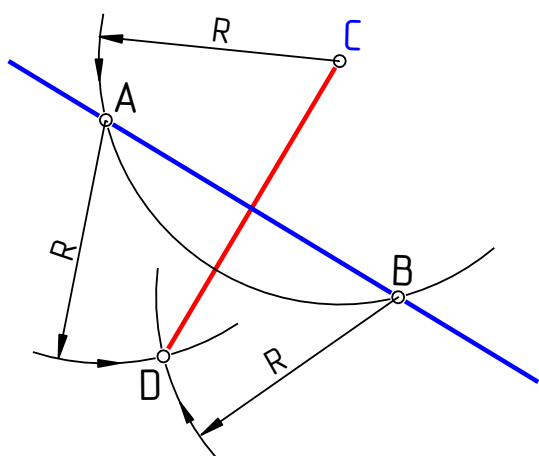


Рис. 2.5. Построение перпендикуляра к заданной прямой через точку C , лежащую вне этой прямой

данную точку C проводят окружность произвольным радиусом с центром в точке O , расположенной на некотором удалении от заданной прямой. Затем через этот центр O и точку A , в которой окружность пересекает заданную прямую, проводят вторую прямую до пересечения с окружностью в точке B . Точку B и C соединяют прямой линией. Она то и будет перпендикулярна к заданной прямой, как это и было необходимо.

На рис. 2.4 показано построение *перпендикуляра* к прямой линии на основе свойств так называемого египетского треугольника, стороны которого относятся как 3:4:5. Способ подходит для случая, если точка C , через которую должен пройти перпендикуляр, будет находиться на конце заданной прямой. Построения следует начать с разметки на заданной прямой от точки C пяти равных отрезков произвольной величины (произвольных, но равных между собой). Затем из точки C следует построить дугу радиусом R_1 , равным трем таким отрезкам, то есть $R_1 = CA$, а из точки D , находящейся на расстоянии, равном четырем таким отрезкам, следует провести вторую дугу радиусом, равным пяти указанным отрезкам, то есть $R_2 = CK$. Через полученную точку B пересечения дуг и заданную точку C проводят прямую линию. Она и будет перпендикулярной к заданной прямой линии.

На рис. 2.5 показано построение *перпендикуляра* к прямой линии из точки C , находящейся вне нее. Для этого проводят дугу произвольного радиуса R , а из полученных точек A и B пересечения ее с заданной прямой проводят еще две дуги произволь-

ного радиуса до пересечения друг с другом. Затем через полученную точку **D** пересечения дуг и заданную точку **C** проводят прямую линию. Она и окажется перпендикулярной заданной прямой линии, как это требуется.

На рис. 2.6 показано деление отрезка **AB** прямой линией на две равные части. Для этого из точек **A** и **B** на концах отрезка проводят дуги такого произвольного радиуса **R**, чтобы они пересеклись в точках по обе стороны от заданного отрезка на некотором удалении. Через точки пересечения дуг проводят прямую линию. Она пересечет заданный отрезок в точке **C**, которая и будет делить его на две равные части, как это и требуется.

На рис. 2.7 показано деление отрезка **AB** прямой линией на две части в отношении $3/2$, считая от точки **A**. Для такого деления необходимо из этой точки под любым углом провести вспомогательную прямую линию и отложить на ней пять ($3+2$) произвольных, но равных между собой отрезков удобной длины, например, измеряемых целым числом. Затем следует соединить второй конец заданного отрезка – точку **B** с точкой **5**, находящейся на вспомогательной линии, и из ее точки **3** параллельно линии, соединяющей точки **B** и **5**, провести прямую до пересечения с заданным отрезком – точка **C**.

На рис. 2.8 показано деление угла на две равные части. Для этого из его вершины – точки **O** проводят дугу произвольного радиуса **R**, а из точек **A** и **B** ее пересечения со сторонами угла также проводят дуги произвольного радиуса, но равной

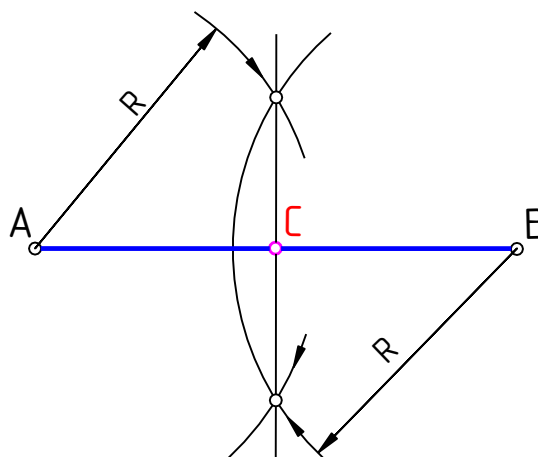


Рис. 2.6. Деление отрезка **AB** на две равные части (точка **C** – середина отрезка)

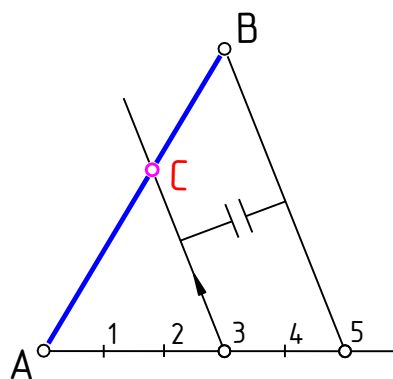


Рис. 2.7. Деление отрезка **AB** в заданном отношении, например $3/2$ (точка **C** делит отрезок в указанном отношении)

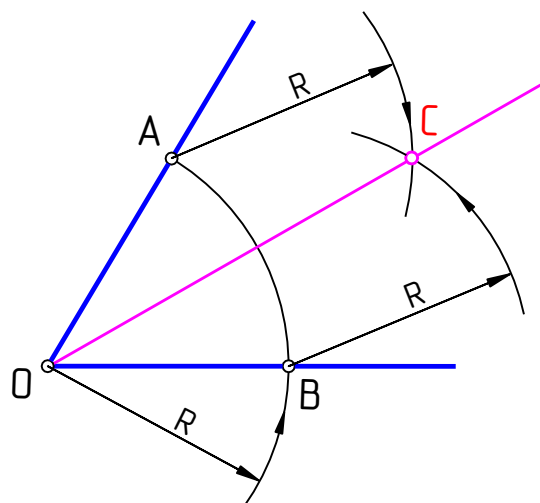


Рис. 2.8. Деление угла на равные части – построение биссектрисы

величины. Через точку C их пересечения и вершину угла – точку O проводят прямую линию – биссектрису, которая, по определению, делит заданный угол на две равные части.

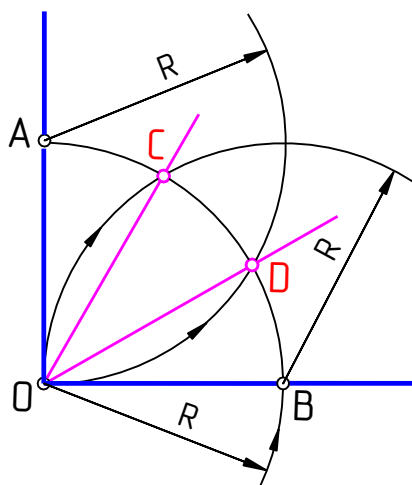


Рис. 2.9. Деление прямого угла на 3 равные части

На рис. 2.9 показано деление прямого угла на *три равные части*. Для этого из его вершины – точки O проводят дугу произвольного радиуса R , и из точек A и B ее пересечения со сторонами заданного прямого угла вновь проводят дуги тем же радиусом R (радиусы дуг в первом и во втором случаях должны быть одинаковы, чтобы две последние дуги проходили через вершину угла – точку O). Эти обе дуги пересекут первую дугу, построенную из точки O , в точках C и D , и если через них и вершину угла – точку O провести прямые линии, то эти линии и поделят заданный прямой угол на три равные части, что и требовалось выполнить.

Вопросы и задания

1. Как построить прямую *параллельно* заданной прямой через точку, лежащую вне заданной прямой, используя свойства параллелограмма?
2. Как построить *перпендикуляр* к прямой из заданной на ней точки для разных случаев, в том числе при расположении точки на краю прямой или на самом ее конце?
3. Как построить перпендикуляр к прямой с использованием свойств *египетского треугольника*?
4. Как построить перпендикуляр к прямой *через точку, лежащую вне нее*?
5. Как *разделить отрезок* прямой на равные части?
6. Как разделить отрезок прямой в *любом заданном отношении*?
7. Как *разделить угол* на две и три равные части?

2.2. Уклон и конусность

Краткое содержание:

- определения;
- построение уклона и конусности и их обозначение на чертеже.

Уклон характеризует наклон плоскости по отношению к другой плоскости. В проекции на чертеже это выглядит, как некоторый угол между двумя прямыми линиями, когда плоскости занимают проецирующее положение. Чтобы определить уклон одной такой линии по отношению к другой

линии на чертеже, из двух точек **A** и **B**, взятых на наклонной линии, проводят взаимно перпендикулярные прямые до их пересечения в некоторой точке **O** (рис. 2.10). Уклон рассматриваемой прямой линии определяется как отношение катетов полученного таким образом прямоугольного треугольника **AOB**, в котором наклонная линия – это гипотенуза, то есть – **OB/OA** или **OB:OA**.

Для призматических деталей значения чисел, входящих в обозначение уклонов и соответствующих им углов, необходимо выбирать по таблицам ГОСТ 8908-81 «Нормальные углы и допуски углов».

Чтобы при выполнении чертежей построить прямую линию с определенным уклоном, например, 1:3 по отношению к другой линии, то на этой другой линии откладывают от некоторой точки **A** три любые единицы длины, и из полученной точки **O** возводят перпендикуляр длиной в одну такую же единицу. Через полученную таким образом точку **B** и изначальную точку **A** проводят прямую линию – гипотенузу. Ее уклон как раз и составит величину 1:3 (рис. 2.10, *a*).

Уклон может задаваться также в процентах (на строительных чертежах и топографических картах). Так, на рис. 2.10, *б* гипотенуза **AB** прямоугольного треугольника **AOB** проведена к горизонтальному катету **AO** под уклоном 25 %, то есть отношение вертикального катета **OB** к горизонтальному **OA** составляет 1:4.

Для указания на машиностроительном чертеже уклона плоскости используются специальный знак в форме острого угла и две цифры через дробь (табл. 1.8), указывающие отношение воображаемых катетов. Острый угол знака должен быть всегда направлен в сторону уклона, а за ним приводится упомянутое отношение катетов. Для нанесения этой надписи используется выносная линия со стрелкой и полкой (рис. 1.21).

Конусностью называется отношение диаметра **D** основания конуса к его высоте **L**. В случае усеченного конуса, его конусность может быть определена как отношение разности диаметров (**D-d**) оснований конуса к расстоянию **l** между ними (рис. 2.11). Числовое значение конусности записывается на полке линии-выноски со стрелкой к образующей поверхности конуса (рис. 1.21 и 2.12) или непосредственно над осевой линией конуса (рис. 2.11). Перед размерным числом конусности ставится знак конусности – равнобедренный треугольник (табл. 1.8), направленный своей вершиной в сторону вершины конуса. Допускается указывать дополнительные размеры как справочные.

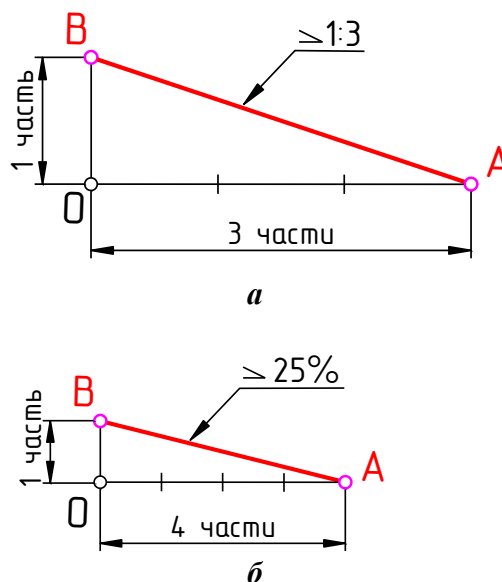


Рис. 2.10. Указание уклонов на чертеже: *a* – через отношение катетов; *б* – в процентах

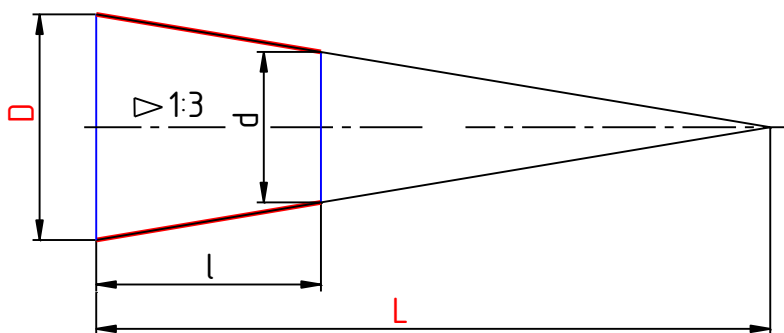
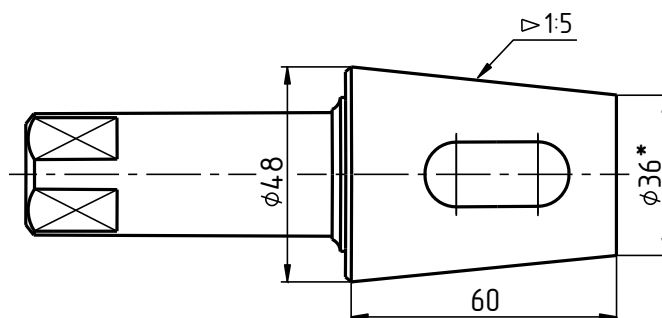


Рис. 2.11. Определение конусности по чертежу



*Размер для справок

Рис. 2.12. Образмеривание рабочей поверхности пробки – основной детали пробкового крана (рабочая поверхность пробки выполнена со стандартной конусностью 1:5, и угол ее конуса равен $11^{\circ}25'16,3''$ согласно ГОСТ 8593-81)

Вопросы и задания

1. Дайте определение *уклона*.
2. Как *вычислить* уклон?
3. Дайте определение *конусности*.
4. Как *вычислить* конусность?
5. Как *обозначают* на чертеже уклон и конусность – куда должно быть направлено острие их знаков?

2.3. Многоугольники

Краткое содержание:

- построение многоугольников;
- способ триангуляции;
- построение правильных многоугольников, вписанных в окружность – деление окружности на равные части;
- построения по определению центра дуги окружности.

На рис 2.13 показано построение самой простой многоугольной фигуры – *треугольника*. Исходным условием может явиться только одна сторо-

на, если треугольник будет *равносторонний* (рис. 2.13, *а*). Для его построения достаточно выполнить циркулем две дуги из концов заданной стороны как двух вершин *А* и *В* будущего треугольника. В точке пересечения дуг будет находиться его третья вершина *С*. Равносторонние фигуры еще называют – правильными.

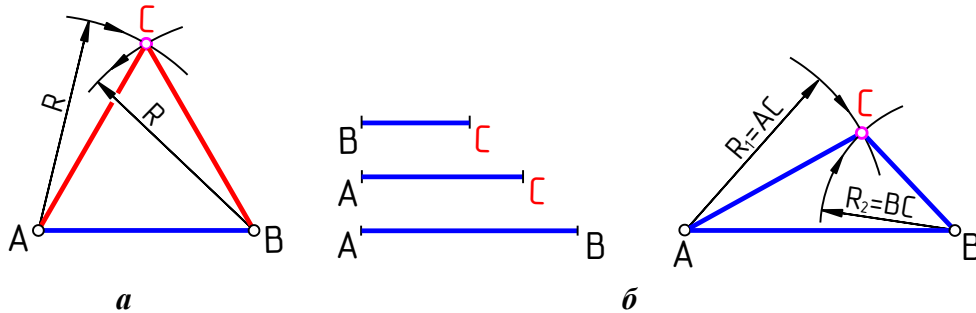


Рис. 2.13. Построение равностороннего треугольника по одной заданной стороне (*а*) и не равностороннего треугольника по трем заданным сторонам (*б*)

На рис. 2.13, *б* показано построение не равностороннего треугольника по трем сторонам – отрезков разной длины, что также выполняется посредством циркуля. Единственным условием в этом случае является то, чтобы сумма двух коротких отрезков превышала длину самого длинного из них – длинной стороны будущего треугольника. В данном случае должно быть следующее: $AC + BC > AB$. Если длины заданных трех отрезков не будут удовлетворять этому условию, дуги, выполняемые с концов большого отрезка как двух вершин строящегося треугольника радиусами, равными длинам малых сторон, не будут пересекаться, и точка *С* не будет найдена. В общем, треугольник с такими размерами сторон не будет иметь место.

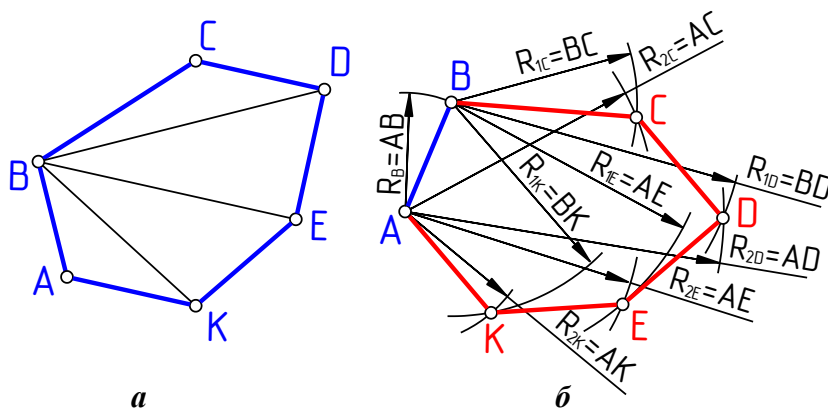


Рис. 2.14. Построение многоугольника **ABCDEK** (*б*), равного заданному **ABCDEK** (*а*) способом триангуляции

На рис. 2.14 показано построение *многоугольника* (расположен справа), равного заданному многоугольнику (расположен слева). В основе по-

строения лежит известный с древних времен метод так называемой *триангуляции*. Согласно ему, любую многоугольную фигуру следует разбить на треугольники (рис. 2.14, а), то есть она вся будет состоять из примыкающих друг к другу треугольников. А поскольку построение треугольника, если известны все три его стороны, можно осуществлять при помощи циркуля – проведением дуг до пересечения друг с другом, как это показано на рис. 2.13, б, то новый многоугольник так и строят последовательным переносом циркулем полученных треугольников на новое место. Для этого необходимо взять за основу любую сторону заданного многоугольника, например, сторону **АВ**, расположить ее в необходимое положение в новом месте, и от ее концов выполнить все указанные построения (рис. 2.14, б).

На рис. 2.15 приведены построения по определению *центра дуги*

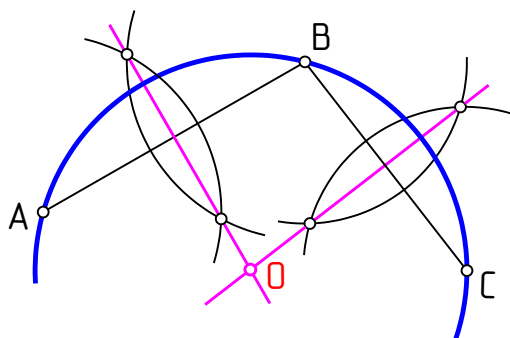


Рис. 2.15. Определение центра дуги окружности посредством хорд

окружности посредством двух вспомогательных произвольных хорд **АВ** и **ВС** и серединных перпендикуляров к ним. Построение перпендикуляра через середину отрезка с помощью парных дуг равного радиуса было рассмотрено выше (рис. 2.6). Чем длиннее будут хорды, используемые в построениях, тем точнее будет выполнено данное построение по определению точки **О** – центра дуги.

На рис. 2.16–2.18 показано деление окружности на три, четыре, шесть и пять частей, используемое для точного построения соответствующих равносторонних многоугольников.

Квадрат может занимать два возможных частных положения относительно центровых линий описанной окружности: вершины его углов находятся на центровых линиях (рис. 2.16, а); стороны квадрата – параллельны центровым линиям (рис. 2.16, б). В первом случае построение квадрата очевидно – точки пересечения центровых линий с описанной окружностью соединяют последовательно одну за другой прямыми линиями. Во втором случае следует построить вначале диагонали будущего квадрата, используя две произвольные, но равные дуги радиусом **R**, как это показано на рис. 2.16, б. Через точку **С** пересечения дуг и центр окружности проводят прямую линию. Точки пересечения ее с окружностью и будут определять местоположение вершин прямых углов квадрата. Стороны построенного таким образом квадрата будут параллельны центровым линиям описанной окружности, являющимися так же осями симметрии построенного квадрата.

На рис. 2.17 показано деление окружности на три и шесть равных частей, которое производят посредством построения дуг окружности того же радиуса **R**, что и сама окружность.

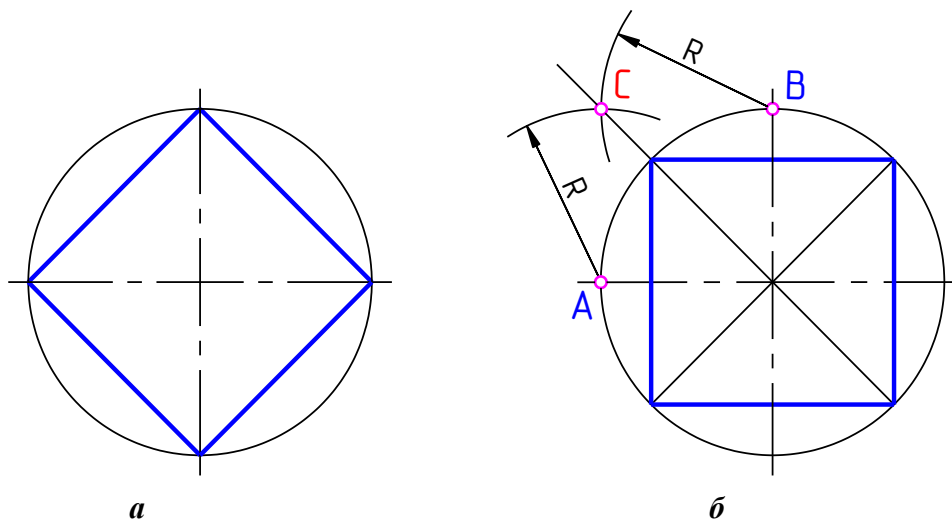


Рис. 2.16. Точное построение правильного (равностороннего) квадрата посредством описанной окружности: *a* – при расположении вершин его углов на центровых линиях описанной окружности; *б* – при расположении сторон квадрата параллельно центровым линиям

Деление окружности на три равные части позволяет вписать в нее *равносторонний треугольник*. Для этого циркуль устанавливают в точку пересечения одной из центровых линии с окружностью – например, в точку **A** – и делают две засечки на самой окружности (рис. 2.17, *a*). В местах расположения этих засечек и в точке пересечения центральной линии с окружностью на диаметрально противоположной точке **A** стороне этой окружности и будут находиться вершины углов искомого равностороннего треугольника.

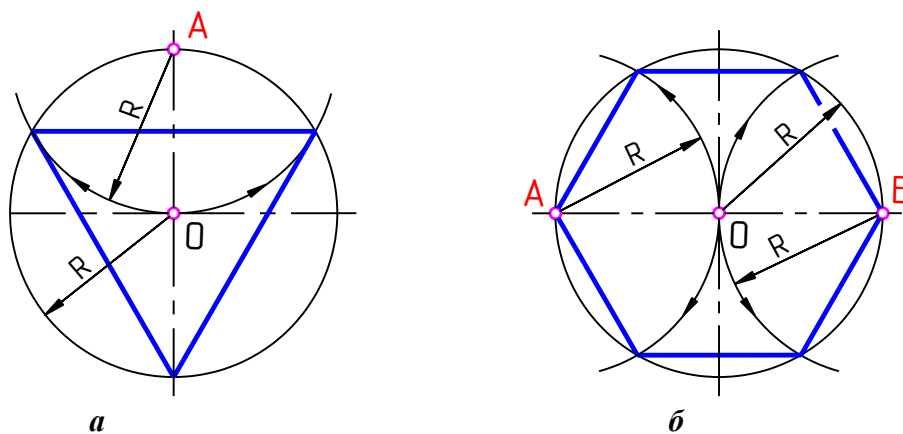


Рис. 2.17. Точное построение правильного (равностороннего) треугольника (*a*) и шестиугольника (*б*) посредством описанной окружности

Деление окружности на шесть равных частей позволяет вписать в нее *равносторонний шестиугольник*. Для того циркуль устанавливают в две диаметрально противоположно расположенные точки пересечения одной из центровых линий с окружностью – например, в точки **A** и **B** – и делают четыре засечки

на самой окружности (рис. 2.17, б). В местах расположения этих засечек и точках **A** и **B** пересечения центральной линии с окружностью и будут находиться вершины углов искомого равностороннего шестиугольника.

На рис. 2.18 показано деление окружности на пять равных частей, которое производят посредством построения трех дуг окружности различных радиусов.

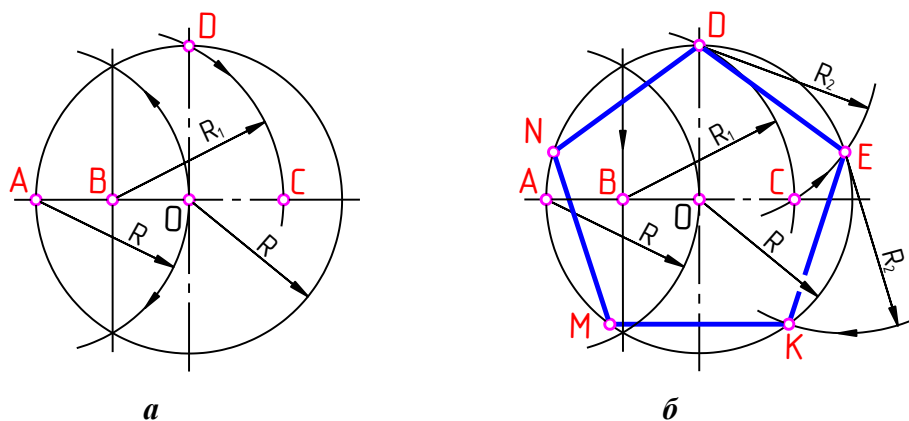


Рис. 2.18. Точное построение правильного (равностороннего) пятиугольника при помощи циркуля: **a** – определение длины его стороны; **б** – вписывание всей равносторонней фигуры в окружность

Прежде всего, из точки пересечения одной из центральных линий с заданной окружностью, например, из точки **A** проводят дугу того же радиуса R , что и сама окружность (рис. 2.18, **a**). Через точки пересечения дуги и окружности проводят прямую линию. Отмечают точку **B** в том месте, где эта линия пересекает центральную линию и из нее проводят дугу таким радиусом R_1 , чтобы она прошла через точку пересечения второй центральной линии с окружностью – точку **D** – и пересекла первую центральную линию в точке **C** (рис. 2.18, **a**). Расстояние между этими точками **D** и **C** будет равно стороне равностороннего пятиугольника, который необходимо построить. И поэтому, для нахождения его вершин, радиусом R_2 , равным указанному расстоянию **DC**, из точки **D** делают засечки на заданной окружности в двух местах. Это будут точки **E** и **N** – будущие вершины углов строящегося пятиугольника. Первая же вершина – это точка **D**, естественно. Остальные две вершины находят делая засечки на заданной окружности уже из найденных точек **E** и **N** тем же радиусом R_2 , равным длине стороны равностороннего пятиугольника. Найденные точки как вершины его углов соединяют прямыми линиями. Равносторонний пятиугольник готов.

Вопросы и задания

1. Как построить многоугольник, равный заданному, *способом триангуляции*?
2. Как найти *центр дуги* окружности?

3. Как построить *правильный многоугольник* – равносторонний – квадрат, треугольник, шестиугольник?

4. Как разделить окружность на 5 равных частей для построения *правильного пятиугольника*?

2.4. Построение касательных прямых

Краткое содержание:

- построение *касательных* прямых к дугам и окружностям в заданной на них точке;
- построение *касательной* прямой к окружности из точки, находящейся за пределами окружности;
- построение общей касательной к двум окружностям – *внешнее и внутреннее касание*.

На рис. 2.19 показано построение касательной прямой линии \dagger к дуге окружности в двух случаях. Точка касания указана – это A . Рассмотрено два возможных случая: слева (a) – случай, когда центр дуги известен и его соединяют с точкой касания A , к ней перпендикулярно строят прямую линию \dagger , которая и будет касательной прямой к заданной дуге; справа (b) – случай, когда центр дуги не известен, и поэтому из точки касания A строят вспомогательную дугу произвольного радиуса R , затем через точки B и C ее пересечения с заданной дугой проводят прямую линию, и параллельно ей через точку A проводят вторую прямую линию, которая и будет искомой касательной к заданной дуге окружности.

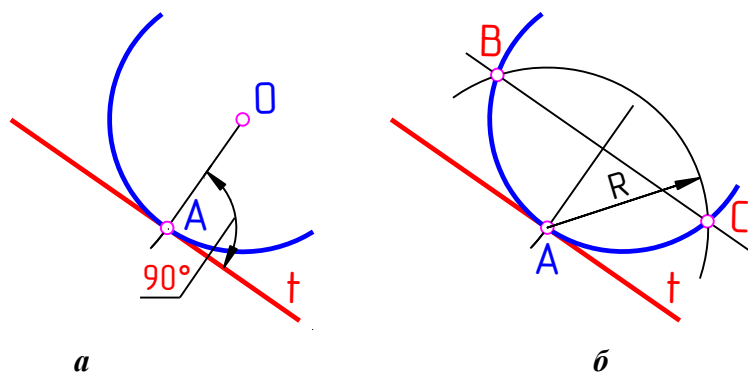


Рис. 2.19. Построение касательной к дуге окружности для двух случаев:
 a – центр дуги известен; b – центр дуги не известен

На рис. 2.20 показано построение касательной прямой линии \dagger к дуге окружности для случая, если точка касания A будет находиться на одном из концов дуги, например, слева, и центр дуги не будет обозначен. Построение начинают со вспомогательной дуги произвольного радиуса R , которую проводят из точки A , а из точки B ее пересечения с заданной дугой

проводят вторую дугу такого же радиуса и получают точку **C** на заданной дуге. Эту точку соединяют с точкой **A** прямой линией, отмечают на ней точку **D** пересечения с ней указанной первой дуги радиуса R , выполненной из точки **A**. Далее, из точки **B** строят дугу радиусом R_1 , то есть таким радиусом, чтобы она проходила через только что найденную точку **D**, и отмечают на этой дуге точку **E** ее пересечения с уже упоминавшейся первой дугой радиуса R , выполненной из точки **A**. Через заданную точку **A** и найденную точку **E** проводят прямую линию \dagger , являющуюся касательной к заданной дуге окружности.

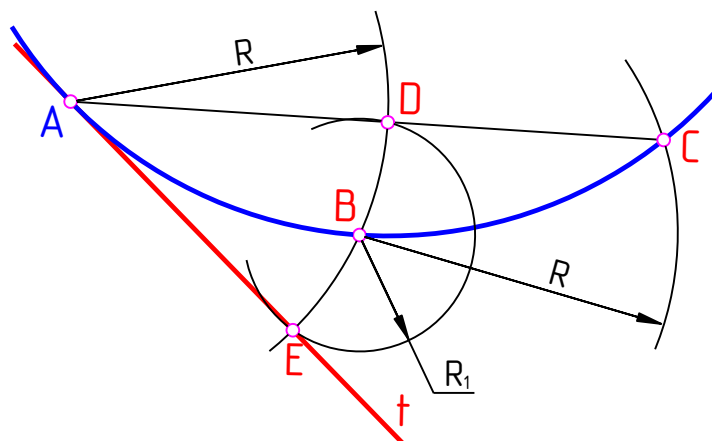


Рис. 2.20. Построение касательной к дуге окружности при расположении точки касания на одном из концов дуги

На рис. 2.21 показано построение касательной прямой линии к заданной окружности через точку **A**, расположенную за ее пределами.

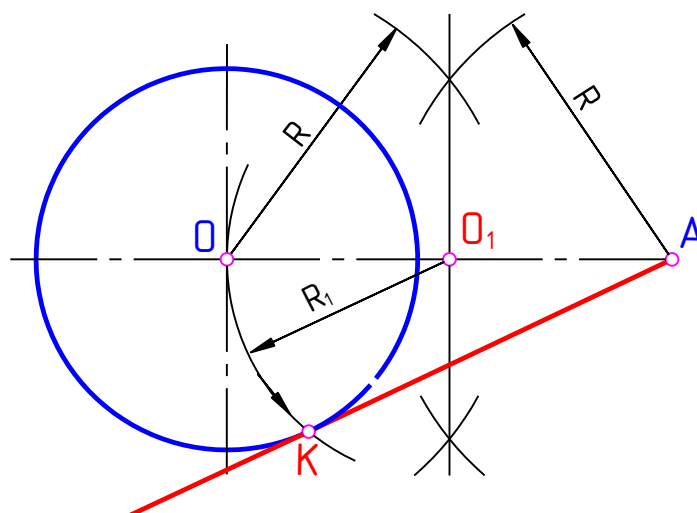


Рис. 2.21. Построение касательной прямой линии к окружности через точку, расположенную за ее пределами

Для этого расстояние между центром O окружности и заданной точкой A делят поровну пополам посредством дуг произвольного радиуса R , согласно аналогичным вспомогательным построениям, представленным на рис. 2.6. Из найденной точки O_1 проводят дугу радиусом $R_1 = O_1O$ до пересечения с заданной окружностью в точке K . Через эту точку K и заданную точку A проводят прямую линию. Она и будет касательной к окружности.

На рис. 2.22 и 2.23 показано построение касательной прямой линии к двум окружностям – внешней касательной и внутренней касательной соответственно.

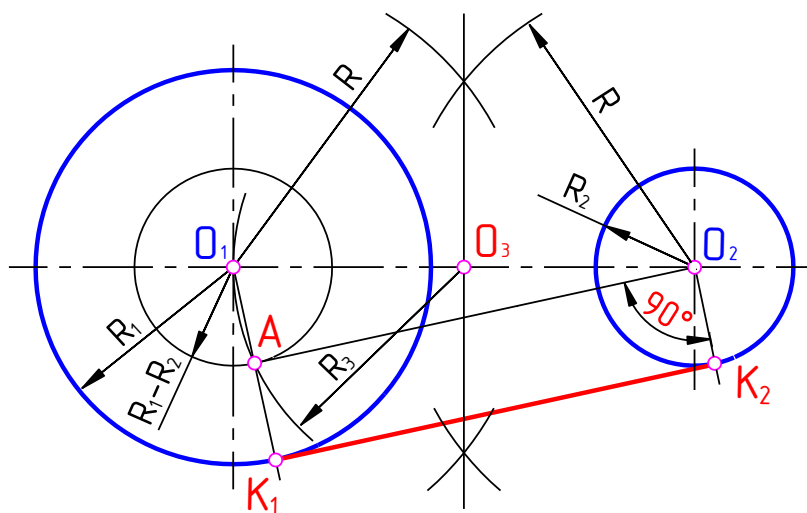


Рис. 2.22. Построение касательной прямой линии к двум окружностям – внешнее касание

В первом случае из центра большой окружности, в данном случае из центра O_1 , строят еще одну окружность – вспомогательную – радиусом, равным разности радиусов заданных окружностей $R_1 - R_2$ (рис. 2.22). Затем из точки O_3 , расположенной на середине между центрами O_1 и O_2 (определить, согласно аналогичным построениям, приведенным на рис. 2.6), проводят дугу таким радиусом R_3 , чтобы она проходила через центр O_1 заданной большой окружности до пересечения с указанной вспомогательной окружностью. Через полученную на ней точку пересечения A проводят прямую линию до пересечения с заданной окружностью большого радиуса – это точка касания K_1 . Вторую точку касания, расположенную на окружности малого радиуса, найдем, построив из ее центра O_2 перпендикуляр к линии O_2A до пересечения с самой малой окружностью – это точка касания K_2 . Соединяют точки K_1 и K_2 . Полученная линия и будет общей внешней касательной прямой к обеим заданным окружностям.

Для построения внутренней касательной к двум окружностям (рис. 2.23) необходимо из центра O_1 большой окружности построить вспомогательную окружность еще большего радиуса, равного сумме $R_1 + R_2$ радиусов заданных окружностей. А из срединной точки O_3 между центрами O_1 и O_2 заданных окружностей (находят делением отрезка O_1O_2 на равные части, как это

показано на рис. 2.6) необходимо провести дугу таким радиусом R_3 , чтобы она прошла через центр O_1 большой окружности до пересечения со вспомогательной окружностью в точке A . Полученную точку A и центр O_1 соединят прямой линией. Она пересечет заданную большую окружность в точке K_1 . Таким образом будет получена первая точка касания – точка K_1 . Вторую точку касания получим, если вначале соединим найденную точку A на вспомогательной окружности и центр O_2 заданной окружности малого радиуса, а затем построим перпендикуляр к этой линии до пересечения с самой малой окружностью. Эта точка K_2 и будет второй точкой касания для построения общей касательной прямой линии к обеим заданным окружностям. Такое касание называют внутренним.

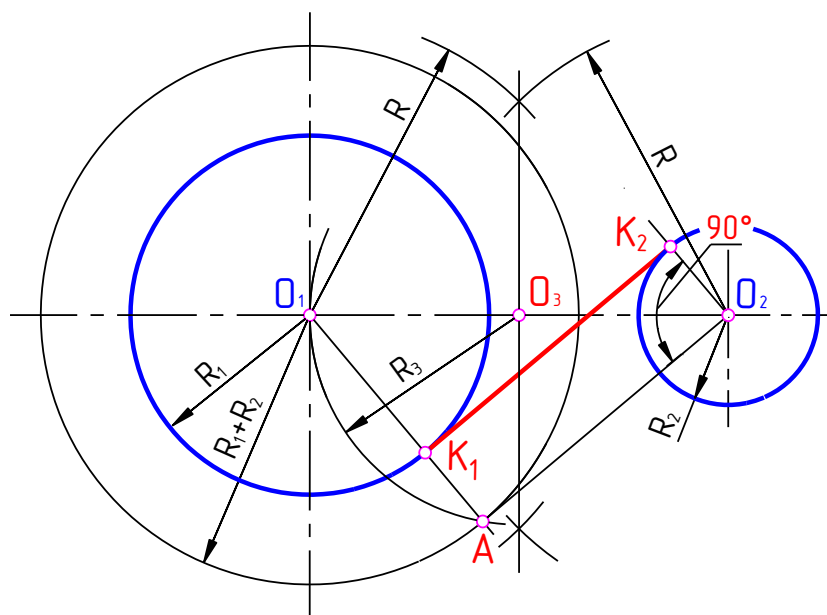


Рис. 2.23. Построение касательной прямой линии к двум окружностям – внутреннее касание

Вопросы и задания

1. Как построить касательную к дуге окружности через заданную на дуге точку?
2. Как построить касательную к дуге окружности через заданную на дуге точку в случае, если центр дуги не указан?
3. Как построить касательную к дуге окружности через заданную на дуге точку в случае, если центр дуги не указан и точка находится на конце дуги?
4. Как построить касательную к дуге окружности через точку, заданную за пределами окружности?
5. Как построить касательную к двум окружностям разного радиуса с внешней стороны – внешнее касание?
6. Как построить касательную к двум окружностям разного радиуса, находящуюся между ними – внутреннее касание?

2.5. Построение овалов, лекальных кривых и эллипсов

Краткое содержание:

- построение овалов, лекальных кривых, эллипсов;
- определение графическим путем большой и малой осей эллипса при построении прямоугольной изометрической проекции окружности.

При наклонном расположении окружности по отношению к плоскости проекций ее изображение по форме представляет собой эллипс. Его можно построить по целому ряду промежуточных точек. Но для ускорения построений изображение эллипса можно получить, используя другие известные правила. В том числе можно эллипс заменять и близким по форме овалом, если высокая точность его изображения не требуется. В любом случае, прежде всего необходимо знать размеры большой и малой осей эллипса.

На рис. 2.24 представлены построения по определению размеров осей эллипса, необходимые при изображении окружности в прямоугольной изометрической проекции, когда, как известно, в соответствии с ГОСТ 2.317-2011 «АксонOMETрические проекции» искажениями размеров вдоль аксонометрических осей можно пренебрегать. Это упрощает построения, но аксонометрическое изображение получают с увеличением в 1,22 раза. Теоретически определено, что большая и малая оси эллипсов в такой аксонометрической проекции должны быть равны 1,22 и 0,71 диаметра изображаемой окружности, соответственно.

У других видов аксонометрических проекций эти соотношения иные. Если строить изометрическую аксонометрическую проекцию с искажениями, чтобы она не выглядела увеличенной, то большая ось эллипса должна соответствовать диаметру изображаемой окружности, а малая равна 0,58 от его размера.

Приведенные построения позволяют определить размеры эллипса исключительно графическим путем, используя изображение окружности. Для этого на ней строят хорду AB , а из ее концов – две дуги радиусом R_1 , равным длине хорды, как это показано на рис. 2.24. Точки пересечения дуг соединяют. Полученный отрезок CD будет равен большой оси эллипса, то есть 1,22 диаметра окружности, а ранее построенная хорда – его малой оси, то есть 0,71 диаметра окружности. Точка O_1 на пересечении этих линий позволит измерять от нее радиусы окружностей, необходимых для по-

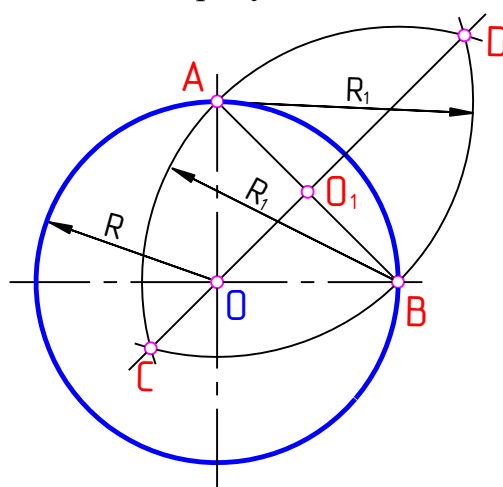


Рис. 2.24. Определение графическим путем размеров большой и малой осей эллипса при изображении окружности в прямоугольной изометрической проекции (рис. 2.25), выполняемой без искажения размеров по осям

строения эллипса или заменяющего его овала посредством построений, представленных на рис. 2.25.

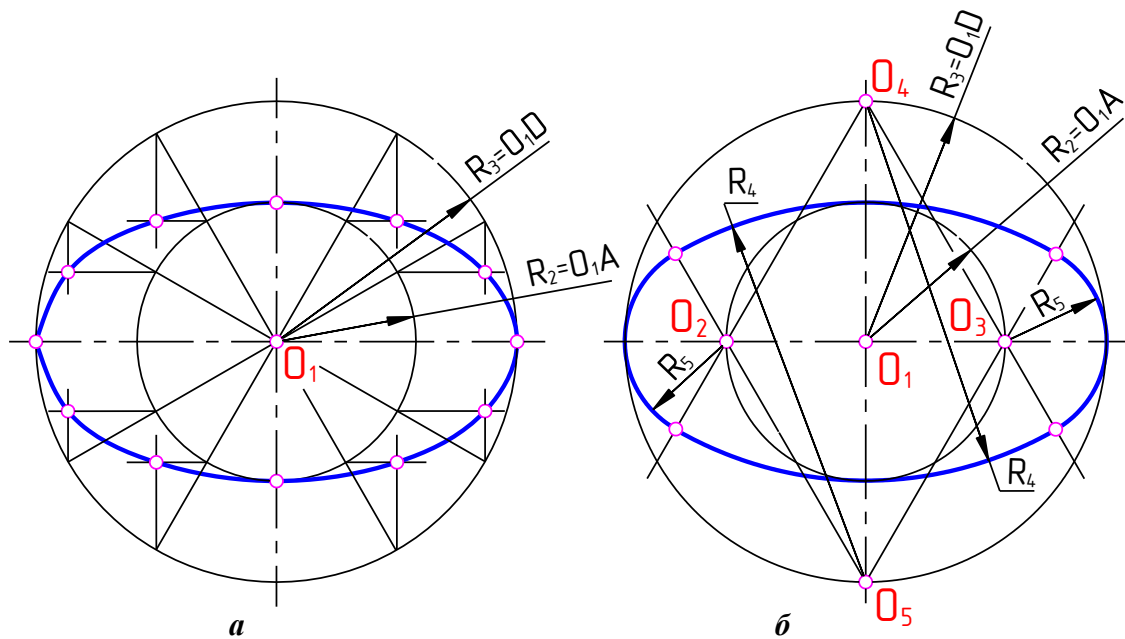


Рис. 2.25. Построение эллипса (а) и заменяющего его овала (б) с использованием большой и малой осей эллипса

Конкретно, на рис. 2.25, а показан один из способов построения эллипса, основанный на том, что: из некой точки O_1 строят две концентричные вспомогательные окружности диаметрами, найденными при помощи рассмотренных построений на рис. 2.24; затем обе окружности пересекают через их общий центр прямыми линиями – лучами (лучи могут располагаться равномерно, как показано рис. 2.25, а, то есть под равными углами, но это не обязательно – важно, чтобы их было побольше); из точек пересечения лучей с большой (внешней) окружностью строят линии, параллельные малой оси строящегося эллипса, а из точек пересечения лучей с малой (внутренней) окружностью строят линии, параллельные большой оси эллипса; отмечают точки их пересечения, через которые и пройдет искомая линия. Поскольку, как известно, эллипс не имеет на всем своем протяжении постоянной кривизны и использование циркуля исключено, его окончательно строят с использованием лекал.

На рис. 2.25, б приведены построения четырехцентрового овала, которым можно заменять, с некоторой степенью приближения, эллипс. Смысл такой замены в том, что овал строится циркулем из четырех центров. Это проще, чем построение большого количества промежуточных точек и последующее использование лекал для получения эллиптической линии.

Четырехцентровый овал строят в следующей последовательности: из некой точки O_1 строят две концентричные окружности – как и в первом случае – радиусами $R_2 = O_1A$ и $R_3 = O_1D$ (рис. 2.24 и рис. 2.25, б); затем, через

точки пересечения обеих вспомогательных окружностей с их общими центральными линиями O_4 и O_2 , O_4 и O_3 , O_5 и O_2 , O_5 и O_3 проводят четыре вспомогательные прямые линии, попарно пересекающиеся в точках пересечения малой окружности и большой оси строящегося овала (это точки O_2 и O_3 , рис. 2.25, б); затем, из точек O_4 и O_5 на большой вспомогательной окружности строят дуги такого радиуса R_4 , чтобы они касались малой вспомогательной окружности (внешнее касание), и проводят их до вспомогательных прямых линий, выходящих из этих же точек и проходящих через точки O_2 и O_3 ; после чего, из точек O_2 и O_3 проводят дуги таким радиусом R_5 , чтобы они касались изнутри большой вспомогательной окружности. Точки сопряжений построенных дуг окружностей – плавного перехода одной дуги в другую – будут находиться на упомянутых вспомогательных прямых линиях.

Вопросы и задания

1. Назовите пример, когда возникает необходимость в построении эллипсов.
2. Когда эллипс может быть заменен *четырёхцентровым овалом*, и какой смысл в такой замене?
3. С определения чего начинают построения эллипса или овала?
4. Как графически определить размеры *большой и малой осей* эллипса при построении окружности в прямоугольной изометрической проекции?
5. В чем суть построений эллипса при известной величине его осей?
6. В чем суть построений четырёхцентрового овала при известной величине его осей?

2.6. Сопряжения

Краткое содержание:

- *определение сопряжения*, точка сопряжения (перехода);
- положение *точки сопряжения* на сопрягаемой дуге;
- *сопряжение дуг* окружностей – внешнее и внутреннее касание;
- *общая касательная* в точке сопряжения дуг;
- сопряжение *двух прямых* линий, расположенных под прямым, острым или тупым углом, сопряжение параллельных прямых;
 - сопряжение *прямой линии с дугой* окружности – внешнее и внутреннее сопряжения;
 - сопряжение *двух дуг* окружностей – внешнее, внутреннее и смешенное сопряжения.

Сопряжением принято называть плавный переход одной линии в другую – прямой линии в дугу или одной дуги в другую. Общая точка для этих линий и называется сопряжением или точкой перехода.

Плавный переход прямой линии в дугу окружности обеспечивается лишь тогда, когда прямая линия является касательной к дуге, то есть когда точка K сопряжения лежит на перпендикуляре, опущенном на прямую из центра O дуги окружности (рис. 2.26, *a*). Если это условие не выполняется, переход будет не плавным, а с изгибом в точках (рис. 2.26, *б* и *в*).

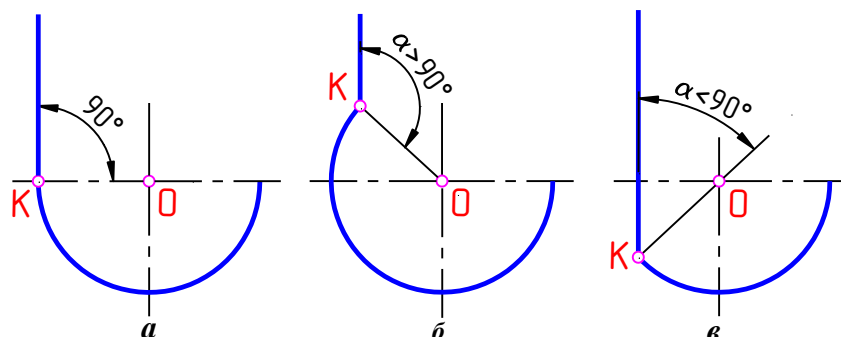


Рис. 2.26. Плавный переход (*a*) и переходы с изгибом (*б* и *в*) прямой линии в дугу окружности

Плавный переход одной дуги окружности в другую достигается только тогда, когда дуги окружности имеют общую касательную \dagger в точке сопряжения K , которая лежит на прямой, соединяющей центры дуг окружностей. Касание называется внешним, когда центры O и O_1 дуг окружностей лежат по разные стороны касательной \dagger (рис. 2.27, *a*) и внутренним – когда по одну (рис. 2.27, *б*). При внешнем касании дуг окружностей расстояние между их центрами равно сумме их радиусов, а при внутреннем – их разности.

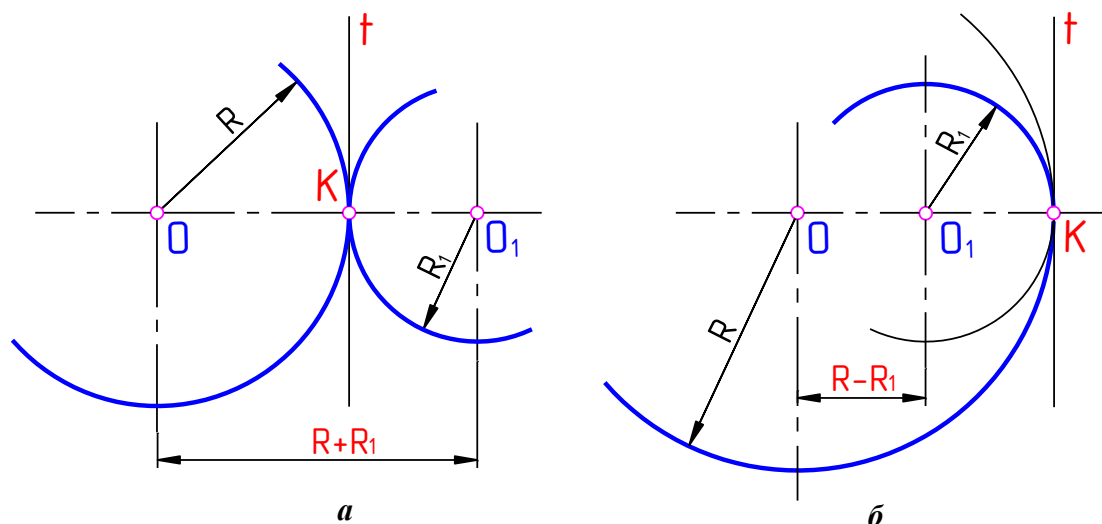


Рис. 2.27. Плавный переход одной дуги окружности в другую:
a – внешнее касание дуг; *б* – внутреннее касание дуг

Построение сопряжений двух прямых дуг окружности для разных случаев их относительного расположения приведено на рис. 2.28–2.30.

Сопряжение сторон прямого угла посредством дуги заданного радиуса R осуществляют следующим образом: из вершины угла строят вспомогательную дугу с указанным радиусом R , находя тем самым точки сопряжения A и B на сторонах a и b заданного прямого угла; из найденных точек строим еще две вспомогательные дуги тем же радиусом R , которые, пересекаясь, позволяют найти центр O для построения дуги сопряжения между точками A и B согласно поставленной задаче (рис. 2.28).

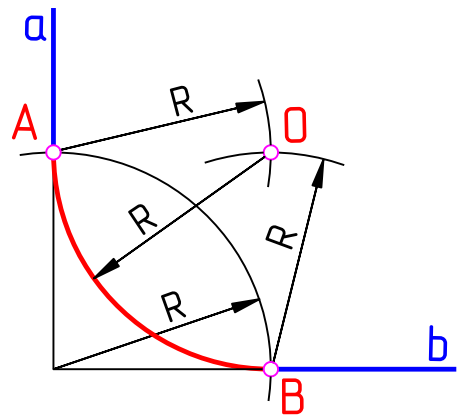


Рис. 2.28. Сопряжение сторон прямого угла

Сопряжение двух параллельных прямых согласно рис. 2.29, *a* выполняют следующим образом: через концы заданных параллельных прямых a и b строят перпендикулярную к ним линию, а в местах пересечения ее с параллельными прямыми отмечают точки A и B – это будущие точки сопряжения; затем из этих точек строят дуги произвольными, но равными радиусами R_1 , и через точки их пересечения друг с другом проводят прямую, которая, пересекаясь с ранее построенным перпендикуляром к заданным прямым, укажет центр сопряжения – точку O – для построения дуги сопряжения между точками A и B на параллельных прямых.

Сопряжение двух пересекающихся прямых согласно рис. 2.29, *б* выполняют следующим образом: строят биссектрису угла в соответствии с построениями, приведенными на рис. 2.8; затем, используя построенную биссектрису и заданный радиус R_1 дуги сопряжения, находят на ней центр O , а точки сопряжения A и B – на заданных пересекающихся прямых a и b . Построение перпендикуляров к пересекающимся прямым обеспечивает более точным нахождение точек A и B плавного перехода прямых в дугу сопряжения и нахождение ее центра O .

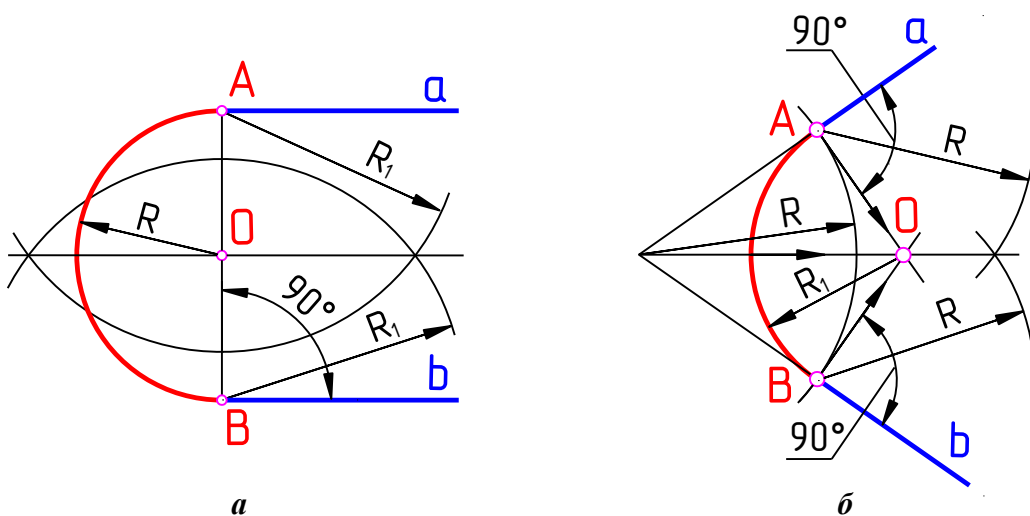


Рис. 2.29. Сопряжение параллельных (*a*) и пересекающихся (*б*) прямых

Сопряжение двух сторон острого и тупого угла дугой радиусом R приведено на рис. 2.30. При этом, в первую очередь, необходимо определить центр дуги сопряжения – точку O . Для этого параллельно сторонам a и b заданного острого (рис. 2.30, *a*) или тупого (рис. 2.30, *б*) угла проводят прямые линии на расстояниях, равных заданному радиусу дуги сопряжения сторон углов. Там, где они пересекутся, и будет расположен центр дуги сопряжения O . Из него строят перпендикуляры к сторонам a и b острого или тупого угла для определения точек сопряжения A и B их с дугой сопряжения радиусом R .

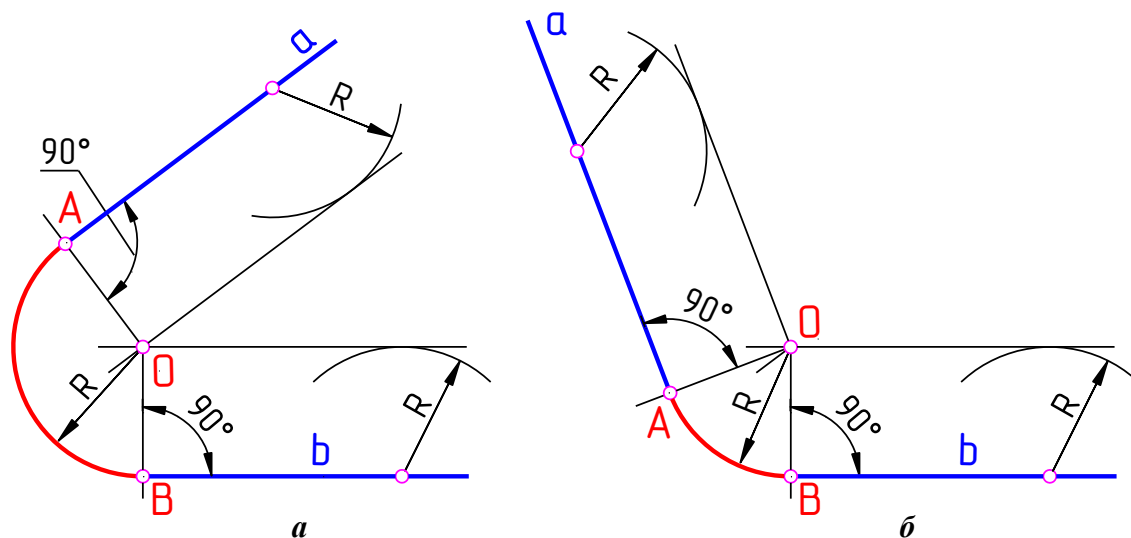


Рис. 2.30. Сопряжение сторон острого (*a*) и тупого (*б*) углов

Сопряжение дуги окружности с прямой линией a может иметь два варианта исполнения – внешнее и внутреннее, приведенные на рис. 2.31. Радиус дуги сопряжения R – задан.

При внешнем сопряжении, из центра O_1 заданной дуги проводят вспомогательную дугу радиусом, равным сумме радиусов заданной дуги и дуги сопряжения ($R_1 + R$), а параллельно заданной прямой a проводят вспомогательную прямую на расстоянии, равном заданному радиусу сопряжения R (рис. 2.31, *a*). Это определит точку O – центр сопряжения. Из него строят перпендикуляр к заданной прямой a , где и будет определена одна из точек сопряжения – точка B . Вторая точка сопряжения A будет определена, если соединить найденную точку O и заданную точку O_1 – центр заданной дуги. Построение завершают проведением из точки O дуги сопряжения между точками A и B .

При внутреннем сопряжении, из центра O_1 заданной дуги проводят вспомогательную дугу радиусом, равным разности радиусов заданной дуги и дуги сопряжения ($R_1 - R$), а параллельно заданной прямой a проводят вспомогательную прямую на расстоянии, равном заданному радиусу сопряжения R (рис. 2.31, *б*). Это определит точку O – центр сопряжения.

Из него строят перпендикуляр к заданной прямой a , где и будет определена одна из точек сопряжения – точка B . Вторая точка сопряжения A будет определена, если провести через найденную точку O и заданную точку O_1 – центр заданной дуги – прямую линию до пересечения с заданной дугой. Построение завершают проведением из точки O дуги сопряжения между точками A и B .

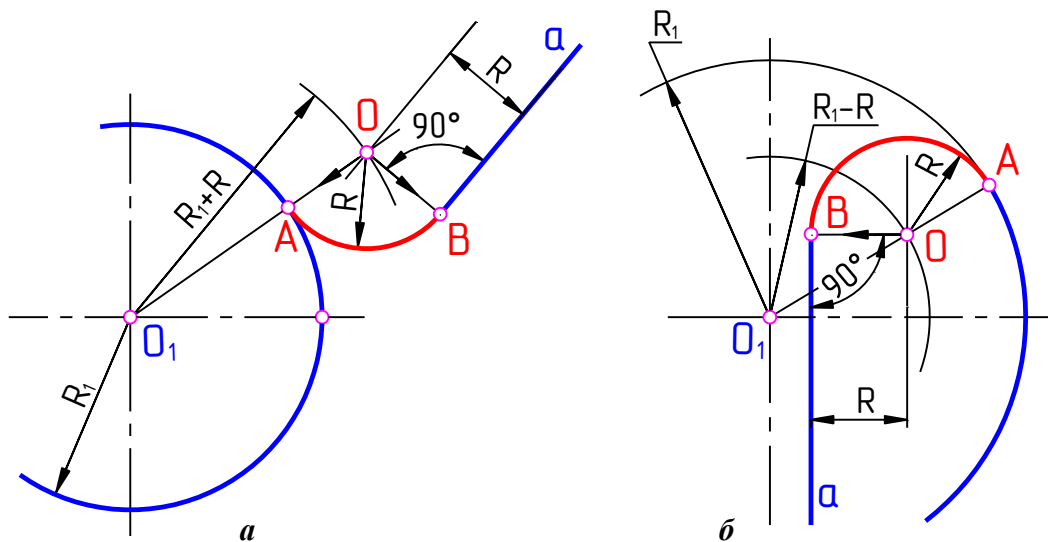


Рис. 2.31. Сопряжение прямой линии с дугой окружности:
 a – внешнее; b – внутреннее

Сопряжение двух дуг окружностей может иметь три варианта исполнения – внешнее (рис. 2.32), внутреннее (рис. 2.33) и смешанное (рис. 2.34). Радиусы дуг сопряжения R в каждом конкретном случае – известны.

При внешнем сопряжении (рис. 2.32), из центров O_1 и O_2 заданных дуг проводят вспомогательные дуги, каждая из которых больше радиуса заданной дуги R_1 или R_2 на величину радиуса R сопрягающей их дуги.

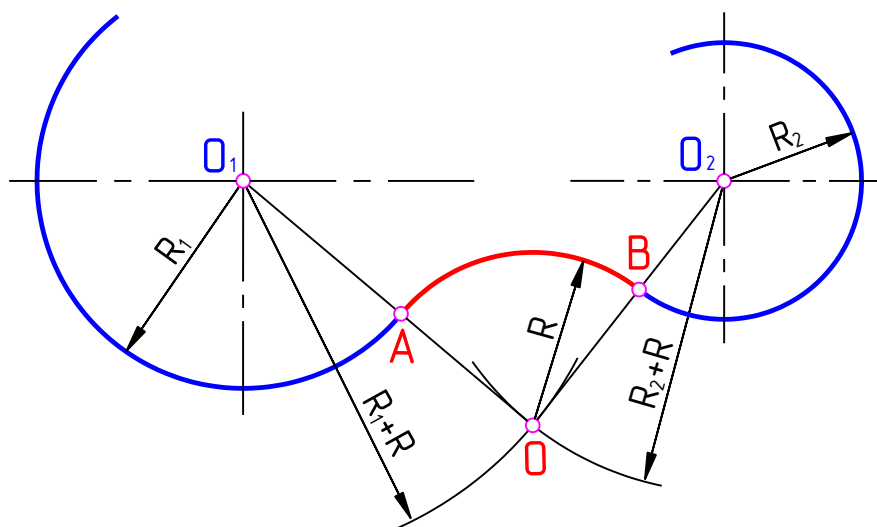


Рис. 2.32. Внешнее сопряжение двух дуг окружностей

Таким образом, из точки O_1 проводят дугу радиусом $R_1 + R$, а из точки O_2 – радиусом $R_2 + R$. Дуги пересекутся в точке O . Она и будет являться центром сопряжения заданных дуг. И чтобы найти еще и точки сопряжения на них – точки плавного перехода заданных дуг в сопрягающую дугу, необходимо соединить найденную точку O и заданные точки O_1 и O_2 прямыми линиями. Они пересекут заданные дуги в точках A и B . Это и будут искомые точки сопряжения, между которыми и необходимо провести дугу сопряжения радиусом R из центра сопряжения O , что и следовало выполнить.

При внутреннем сопряжении дуг (рис. 2.33), из центров O_1 и O_2 заданных дуг проводят вспомогательные дуги, каждая из которых меньше заданного радиуса R сопрягающей дуги на величину радиусов R_1 или R_2 заданных дуг.

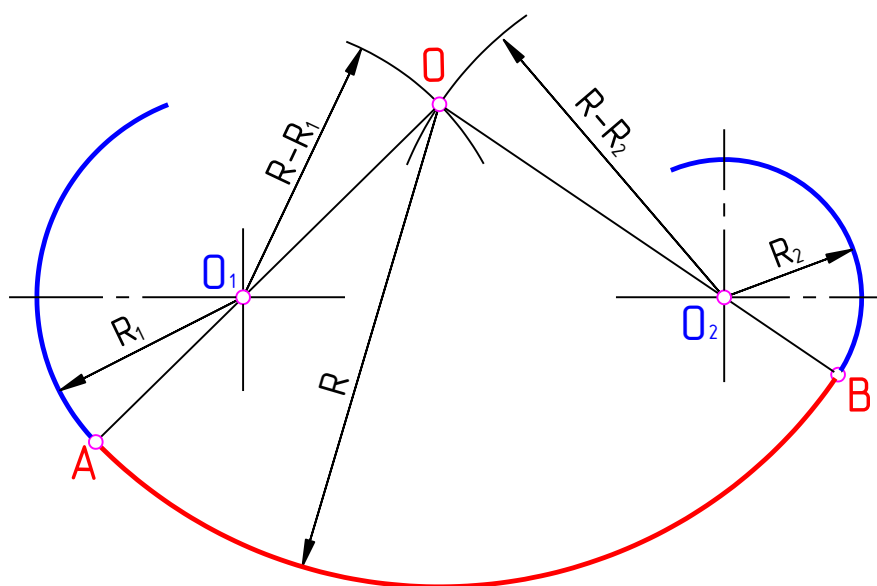


Рис. 2.33. Внутреннее сопряжение двух дуг окружностей

Таким образом, из точки O_1 проводят дугу радиусом $R - R_1$, а из точки O_2 – радиусом $R - R_2$. Дуги пересекутся в точке O . Она и будет являться центром сопряжения заданных дуг. И чтобы найти еще и точки сопряжения на них – точки плавного перехода заданных дуг в сопрягающую дугу, – необходимо провести через найденную точку O и заданные точки O_1 и O_2 прямые линии до пересечения заданных дуг в точках A и B . Это и будут искомые точки сопряжения, между которыми и необходимо провести дугу сопряжения радиусом R из центра сопряжения O , что и следовало выполнить.

При смешанном сопряжении дуг (рис. 2.34), из центров O_1 и O_2 заданных дуг проводят вспомогательные дуги, одна из которых (большая) меньше заданного радиуса R сопрягающей дуги на величину заданного радиуса сопрягаемой дуги, а вторая – больше заданного радиуса R сопрягающей дуги на величину радиуса второй сопрягаемой дуги.

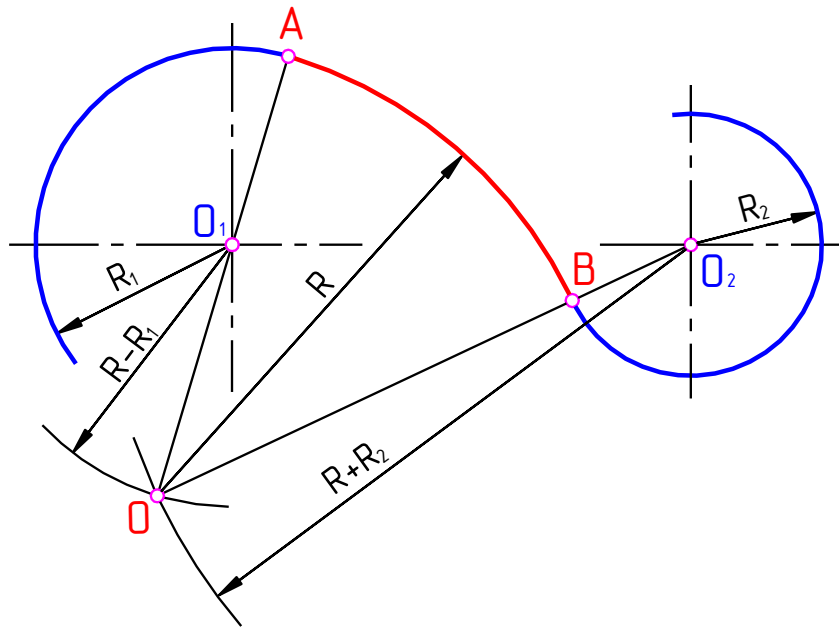


Рис. 2.34. Смешанное сопряжение двух дуг окружностей – внутреннее и внешнее

Таким образом, из точки O_1 проводят дугу радиусом $R - R_1$, а из точки O_2 – радиусом $R + R_2$. Дуги пересекутся в точке O . Она и будет являться центром сопряжения заданных дуг. И чтобы найти еще на них и точки сопряжения – точки плавного перехода заданных дуг в сопрягающую дугу, – из найденной точки O через точки O_1 и O_2 проводят прямые линии. Они пересекут заданные дуги в точках A и B . Это будут искомые точки сопряжения, между которыми и проводят дугу сопряжения радиусом R из центра сопряжения O , что и следовало выполнить.

На рис. 2.35 приведен чертеж, выполненный в учебных целях, некой плоской детали, сплошь содержащий сопряжения кривых и прямых линий ее внешнего и внутреннего контуров дугами окружностей. Из всех рассмотренных вариантов сопряжений, почти все представлены в этом примере. Поскольку внимание заострено на выполнении сопряжений, то на чертеже ограничились только одной проекцией детали. Вообще-то, их должно было бы быть больше для нанесения размеров, указывающих толщину разных элементов ее конструкции (см. рис. 2.36).

Для большей ясности на приведенном примере выполнения сопряжений сохранены все элементы их построения – вспомогательные линии, центры сопрягающих дуг и точки плавного перехода сопрягающих дуг в сопрягаемые линии.

Синим цветом представлены те линии контура, которые необходимо было сопрячь дугами указанного радиуса. Сами дуги сопряжения изображены линиями красного цвета. Размеры, центры дуг и точки плавного перехода выполнены тонкими линиями черного цвета. Все вспомогательные линии показаны тонкими линиями сиренево-розового цвета.

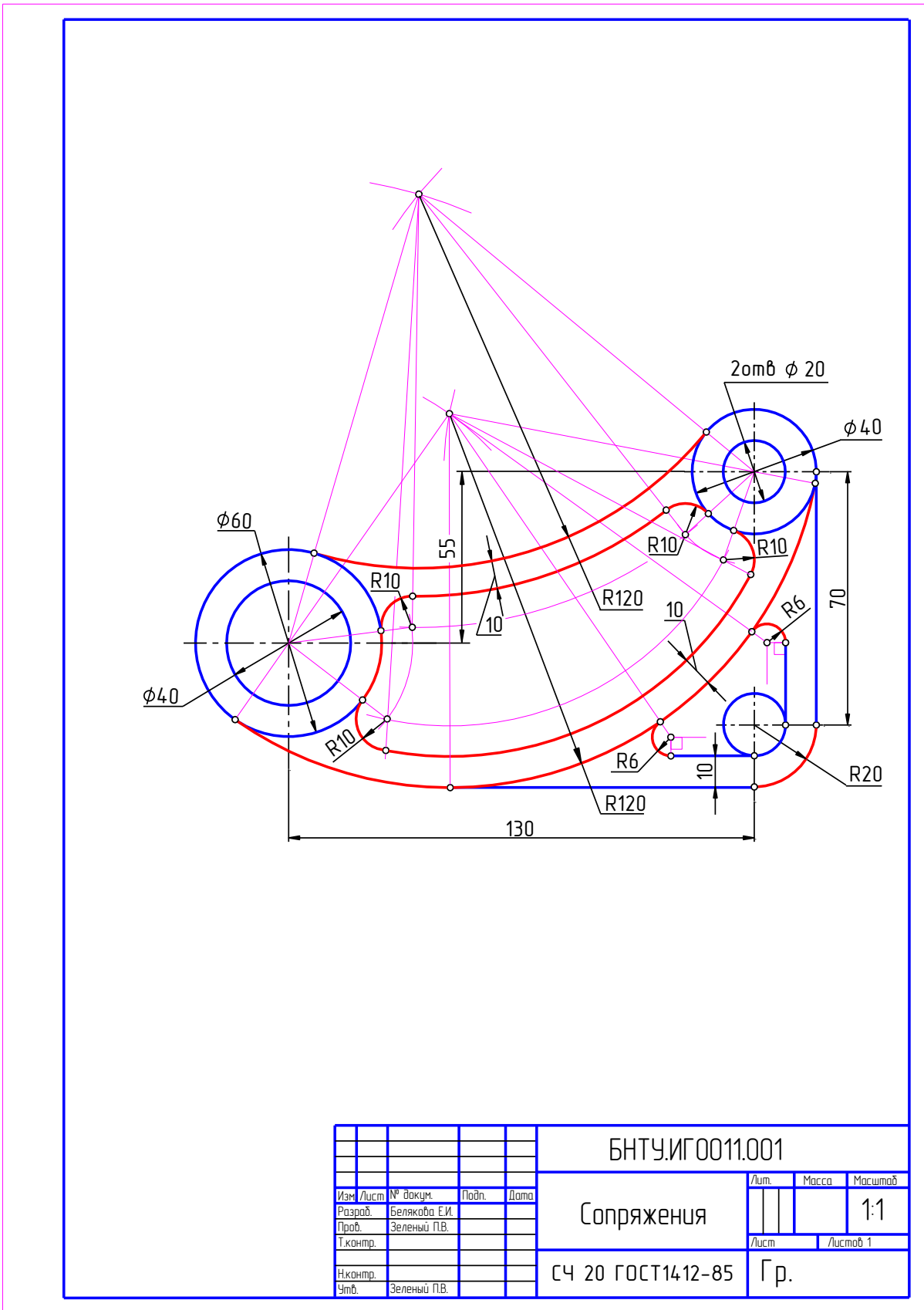


Рис. 2.35. Построение чертежа детали, содержащей сопряжения – определение точек сопряжений дуг окружностей между собой и прямых линий с дугами, определение центров сопрягающих дуг

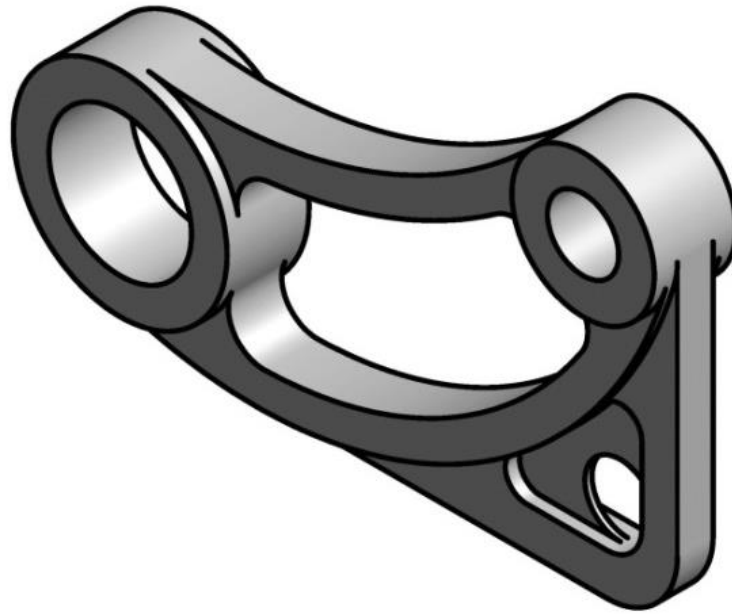


Рис. 2.36. Деталь, содержащая сопряжения – плавные переходы одной поверхности в другую (к чертежу на рис. 2.35)

Вопросы и задания

1. Дайте *определение* сопряжения.
2. Что такое *точка сопряжения* (точка перехода), *центр* и *дуга* сопряжения?
3. Назовите условия образования *плавного перехода* прямой линии в дугу окружности, одной дуги окружности в другую.
4. Как построить *сопряжения двух прямых линий*, расположенных под прямым, острым и тупым углами, двух параллельных прямых?
5. Как построить внешнее и внутреннее *сопряжения прямой и дуги окружности*?
6. Как построить внешнее и внутреннее *сопряжения двух дуг окружностей*?

2.7. Графическая работа «Сопряжения»

Выполните в соответствии с указанным вариантом чертеж плоской детали. Каждая деталь выполнена таким образом, что поверхности, образующие ее форму, *плавно переходят* одна в другую, что и следует отразить на чертеже. Нанесите необходимые размеры.

Исходные условия* для выполнения данной графической работы приведены по вариантам табл. 2.1. В каждом варианте приведен главный вид** плоской детали и ее размеры. Кроме того, для облегчения формирования представления вычерчиваемой детали как геометрического образа, приведено ее трехмерное изображение.

Образец выполнения графической работы, исходное условие которой соответствует 32 варианту, приведенному в указанной табл. 2.1, представлен на рис. 2.37.

Деталь (рис. 2.38) расположите на чертеже горизонтально и примените масштаб изображения 1:1 в соответствии с ГОСТ 2.302-68 «Масштабы».

Задание:

1. Научитесь выполнять *необходимые построения* для определения элементов сопряжений – плавного перехода линий, отображающих проекции наружного и внутреннего контура детали, одной к другой и их сочетаний. При этом постройте необходимые *циркульные сопряжения* этих линий, определив путем дополнительных построений *центр и радиус* каждого сопряжения, а также общие для сопрягаемых линий точки, называемые *точками сопряжения*, в которых одна линия переходит в другую.

2. Получите *навыки начертания линий* различного назначения и усвойте их роль на чертеже в соответствии с ГОСТ 2.303-68 «Линии».

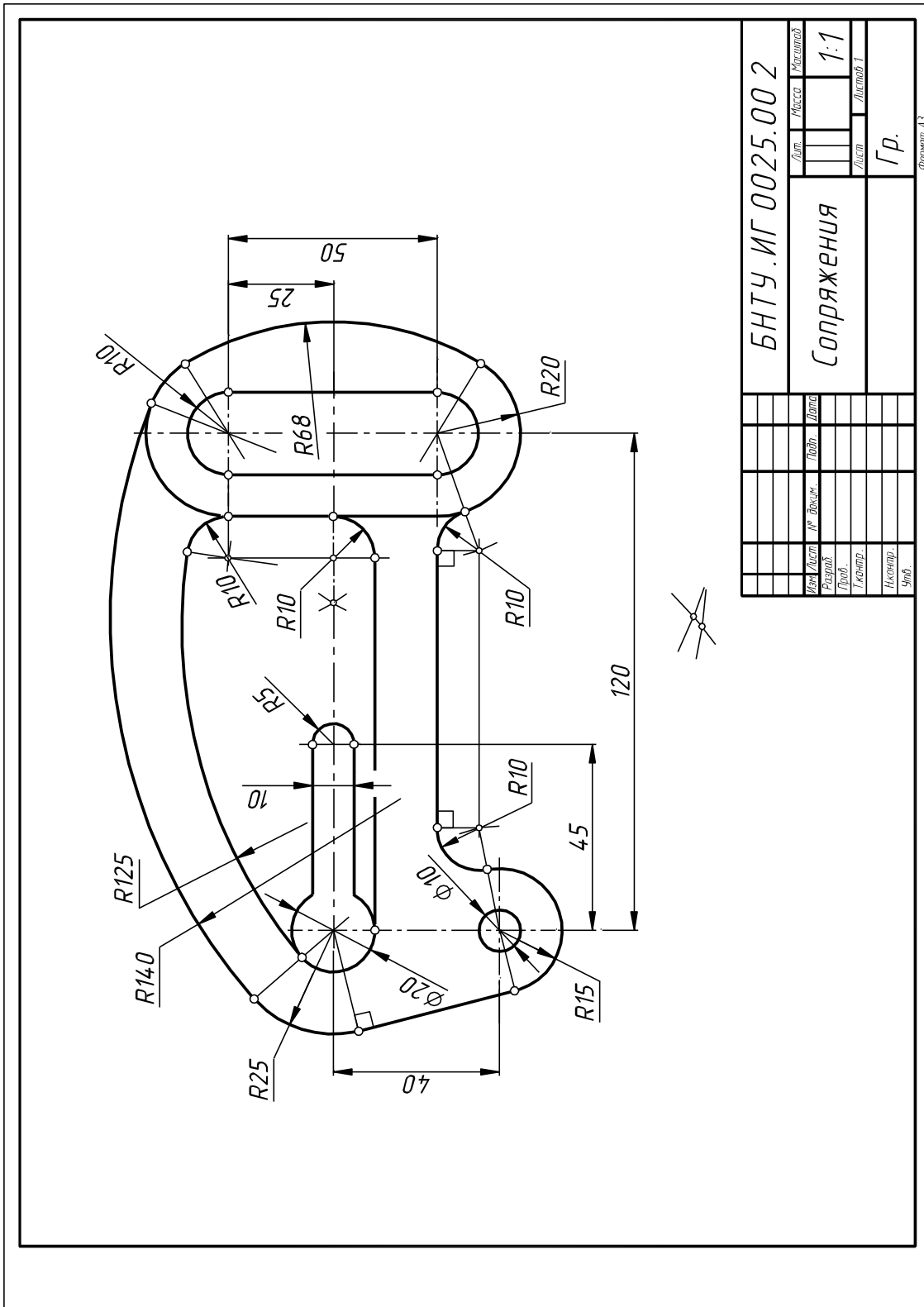
3. Получите первоначальные знания и *навыки нанесения размеров* на чертежах в соответствии с ГОСТ 2.307-2011 «Нанесение размеров» (начертание букв, цифр и знаков должно соответствовать ГОСТ 2.304-81 «Шрифты чертежные»).

Графическую работу «Сопряжения» выполните на белой чертежной бумаге формата А3 (рис. 1.1 и 2.37).

Примечания:

* Исходные данные и образец выполнения данной графической работы заимствованы из учебного пособия: Зеленый, П.В. Инженерная графика. Практикум по проекционному черчению : учебное пособие / П. В. Зеленый, Е. И. Белякова ; под ред. П. В. Зеленого. – Минск : БНТУ, 2014. – 200 с.: ил.

** Для акцентирования внимания на технике выполнения геометрических построений графическая работа в учебных целях ограничивается выполнением только одного изображения.



БНТУ. ИГ 0025.00 2		Лист	Масштаб
Сопряжения		1:1	
Изм.	Лист	№ Взам.	Подп.
Разработ.	Провер.	Контр.	Листов 1
Нач. отд.	Упр.	Гр.	

Рис. 2.37. Образец выполнения графической работы «Сопряжения» (к рис. 2.38)

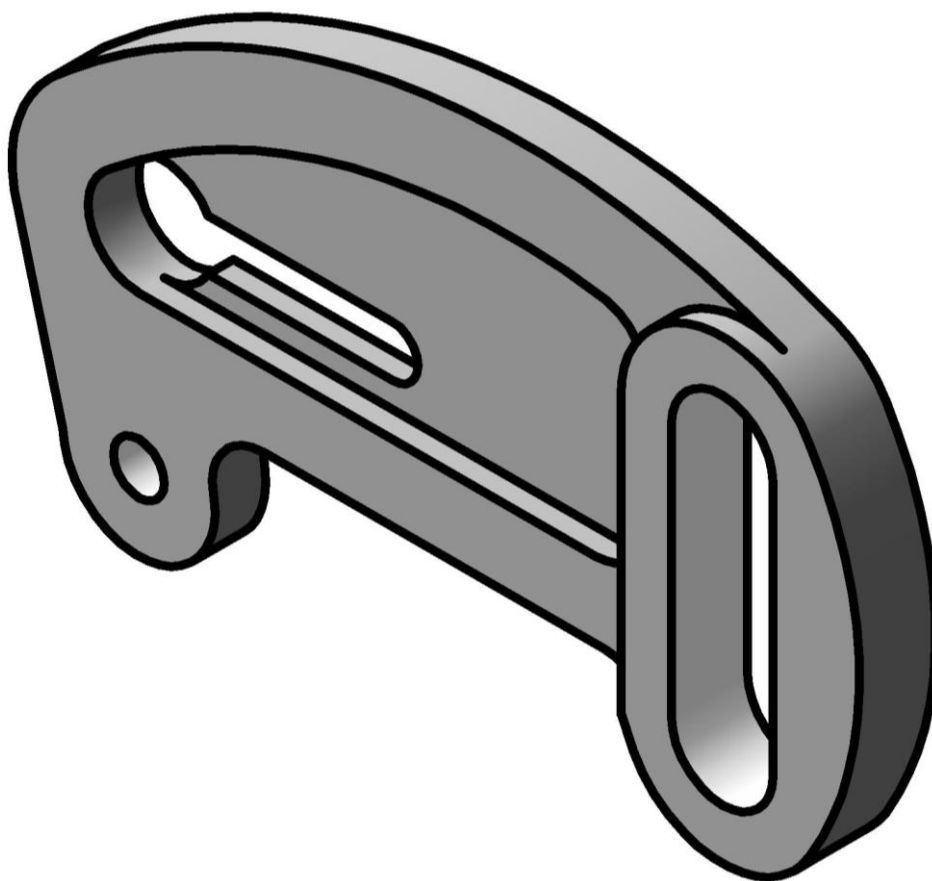
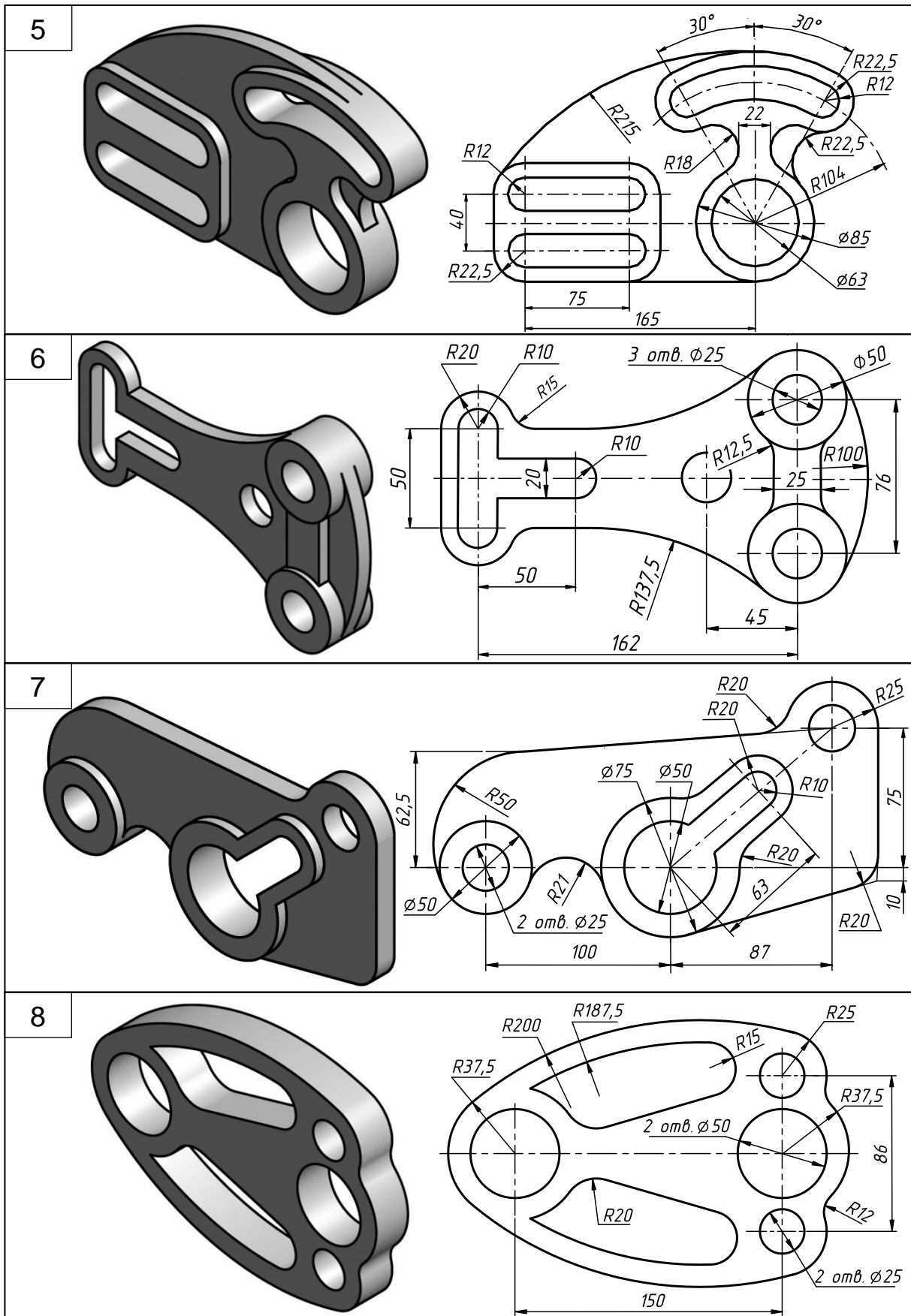
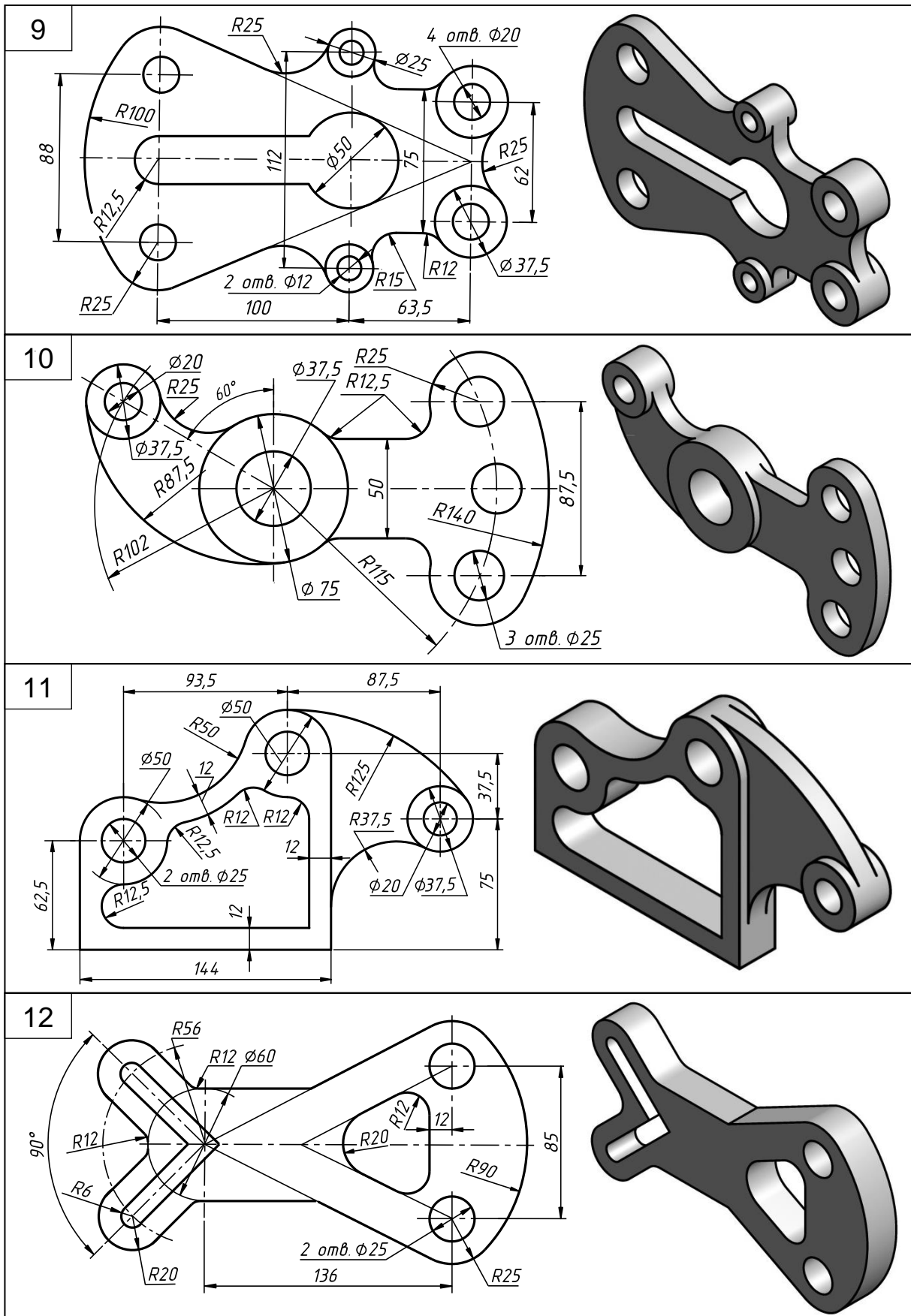


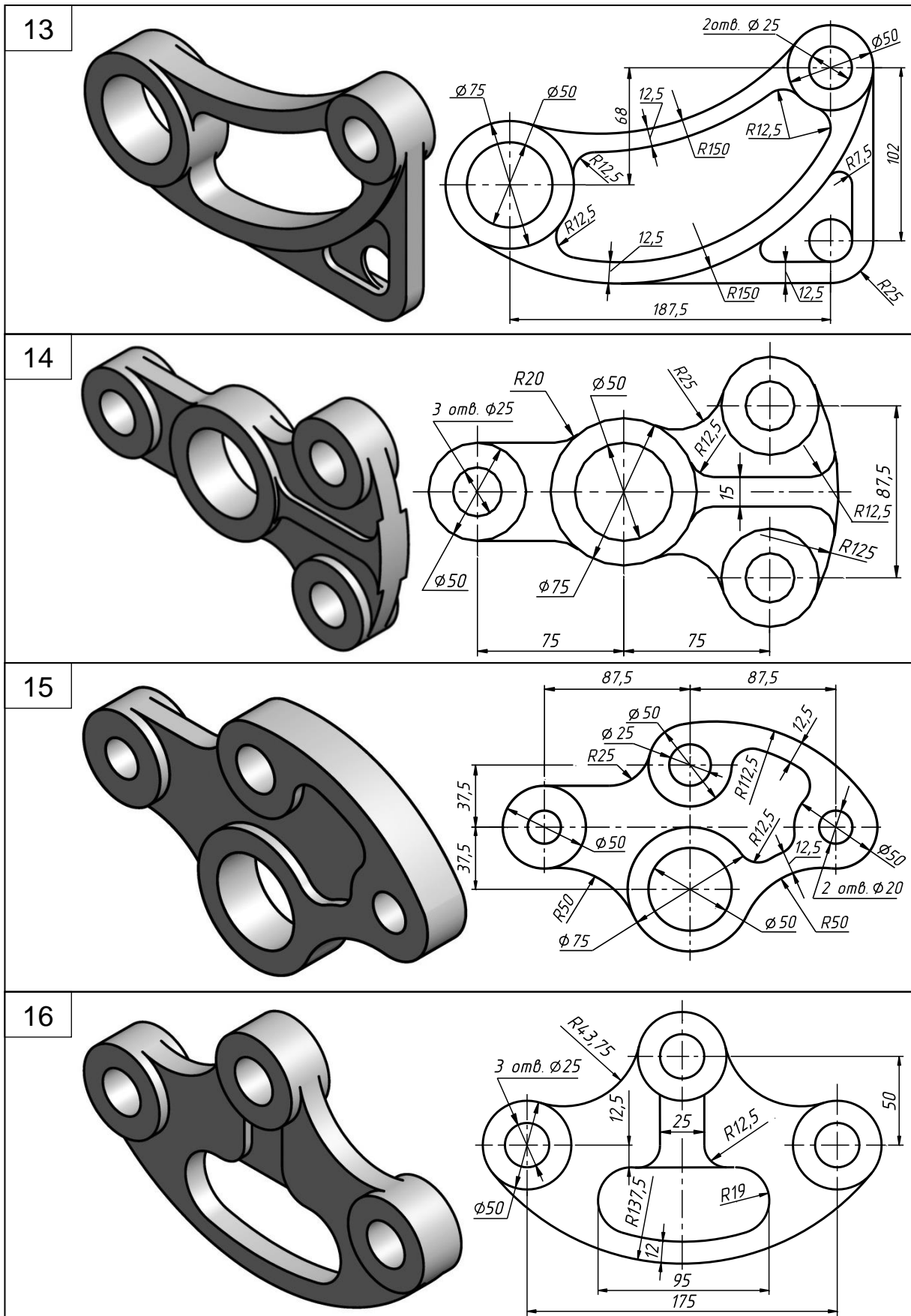
Рис. 2.38. Деталь, содержащая сопряжения – плавные переходы одной поверхности в другую (к чертежу на рис. 2.37)

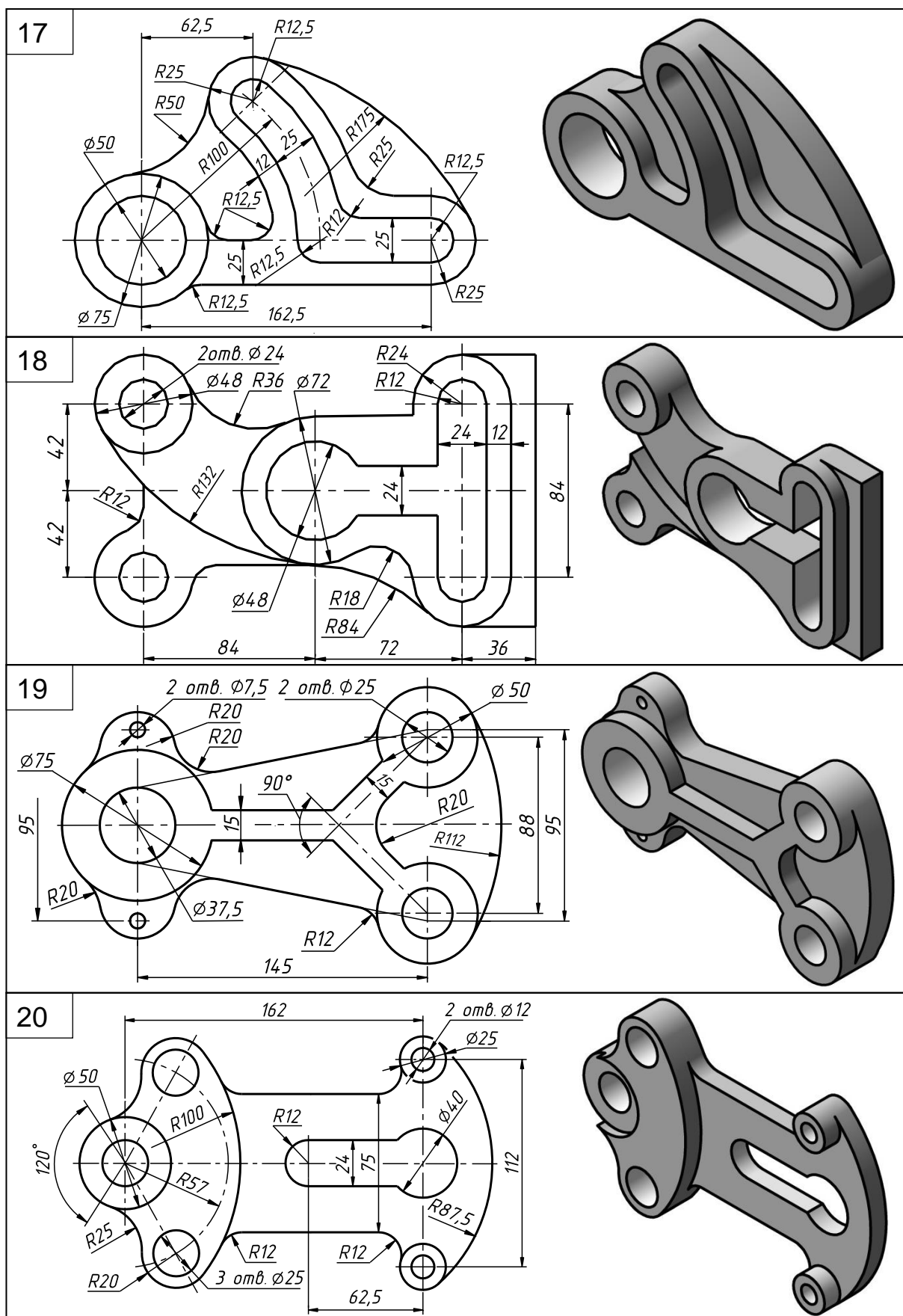
Исходные данные для графической работы «Сопряжения»

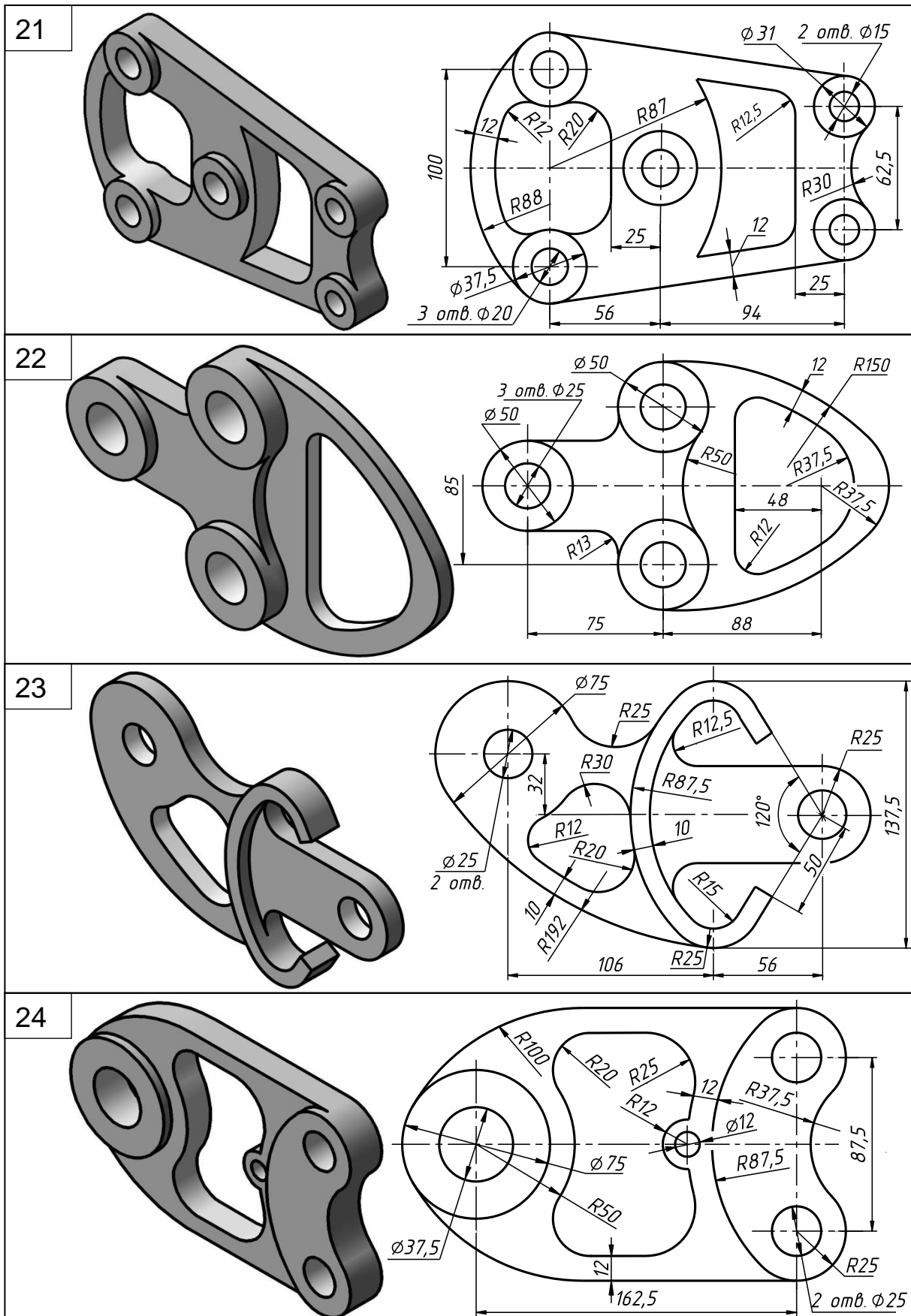
<p>1</p>		
<p>2</p>		
<p>3</p>		
<p>4</p>		

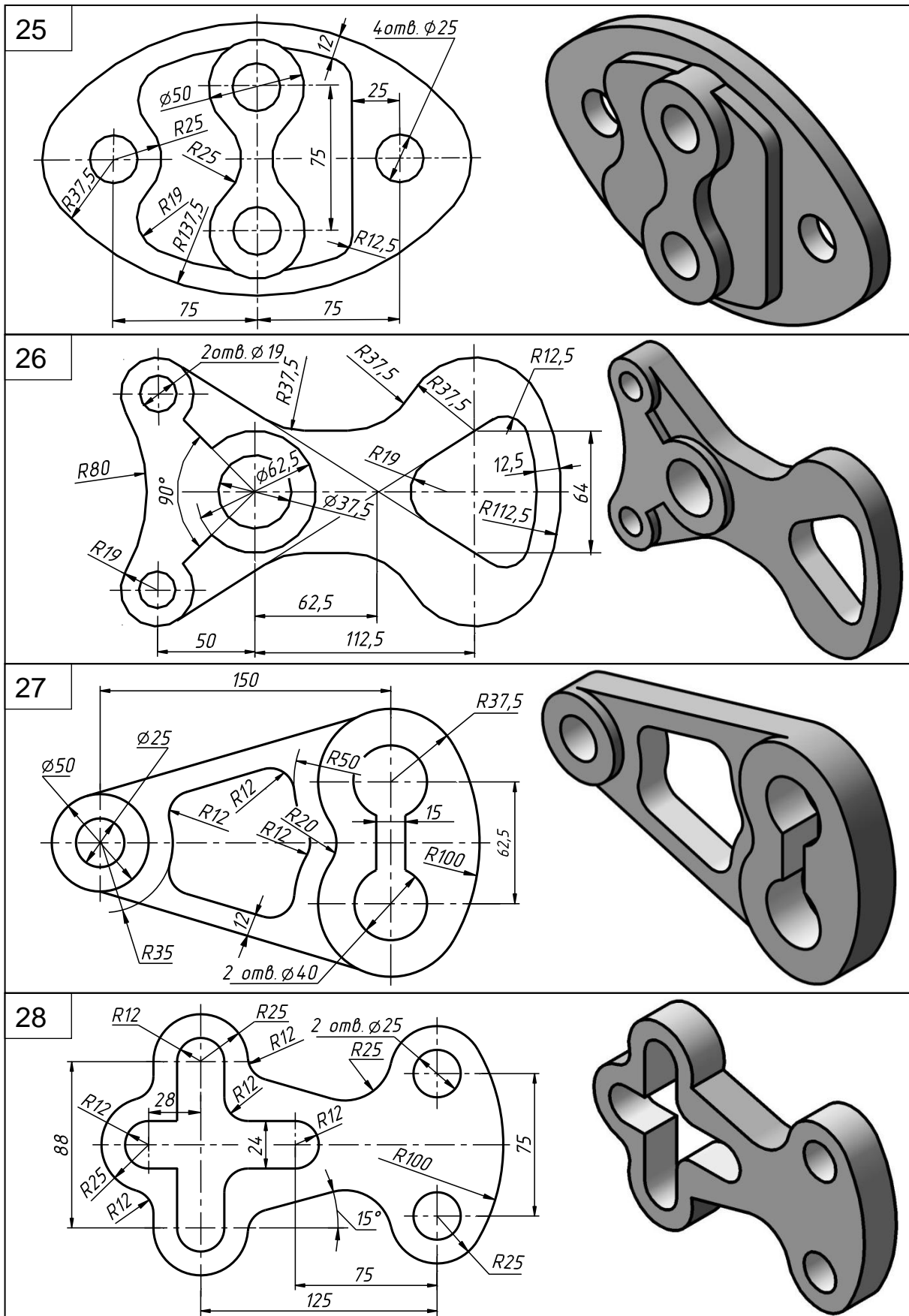


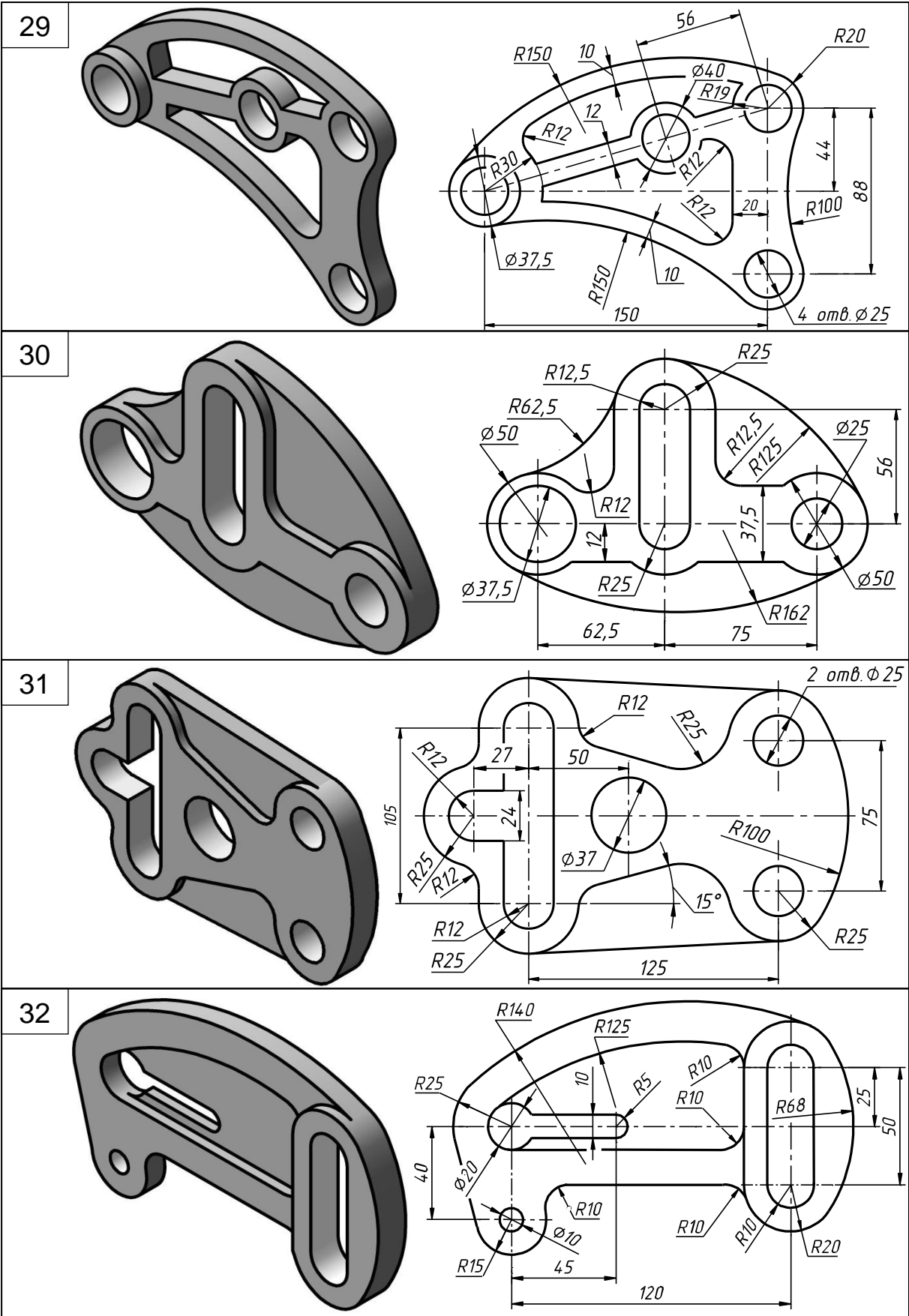












3. ВЫПОЛНЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ В СООТВЕТСТВИИ СО СТАНДАРТАМИ ЕСКД

3.1. ГОСТ 2.305-2008 «Изображения – виды, разрезы, сечения»

Краткое содержание:

- основные положения;
- определение вида;
- основные, дополнительные и местные виды и их определения;
- расположение видов и их обозначение на чертежах;
- разрезы – назначение и определение разреза;
- простые, сложные и местные разрезы – определения, применение и обозначение на чертежах;
- сечения – назначение и определение сечения;
- вынесенные и наложенные сечения;
- расположение сечений и их обозначение на чертежах;
- условности и упрощения на чертежах – соединение половины вида с половиной разреза, изображение ребер жесткости.

Изучаемый стандарт устанавливает правила изображения предметов (деталей или собранных из них изделий) на чертежах (электронных моделях) всех отраслей промышленности и строительства.

В стандарте используются следующие основные термины и определения применительно к выполняемым изображениям, в зависимости от их содержания:

Вид – это прямоугольная (ортогональная) проекция обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета на расположенную за ним (по направлению взгляда) плоскость проекций (рис. 3.1 и 3.2).

Разрез – это изображение предмета мысленно рассеченного, позволяющее судить о его внутреннем устройстве – невидимых поверхностях.

Сечение – это изображение контура предмета (внутреннего и внешнего) при мысленном рассечении его плоскостью в нужном месте.

3.1.1. Виды

В соответствии с основными положениями ГОСТ 2.305-2008 «Виды, разрезы, сечения» изображение предмета на чертеже выполняют по методу прямоугольного проецирования, основоположником которого считают французского ученого 18 века Г. Монжа. При этом предмет представляют расположенным между наблюдателем и плоскостью проекций. Всего, согласно настоящему стандарту, рассматривают 6 основных плоскостей проекций, расположенных вокруг предмета – за ним, слева и справа от него, под ним и над ним, а также перед ним. Это является полной аналогией с полым кубом, внутри которого находится проецируемый предмет, а проецирование осуществляется на внутренние стороны граней этого воображаемого куба (рис. 3.1).

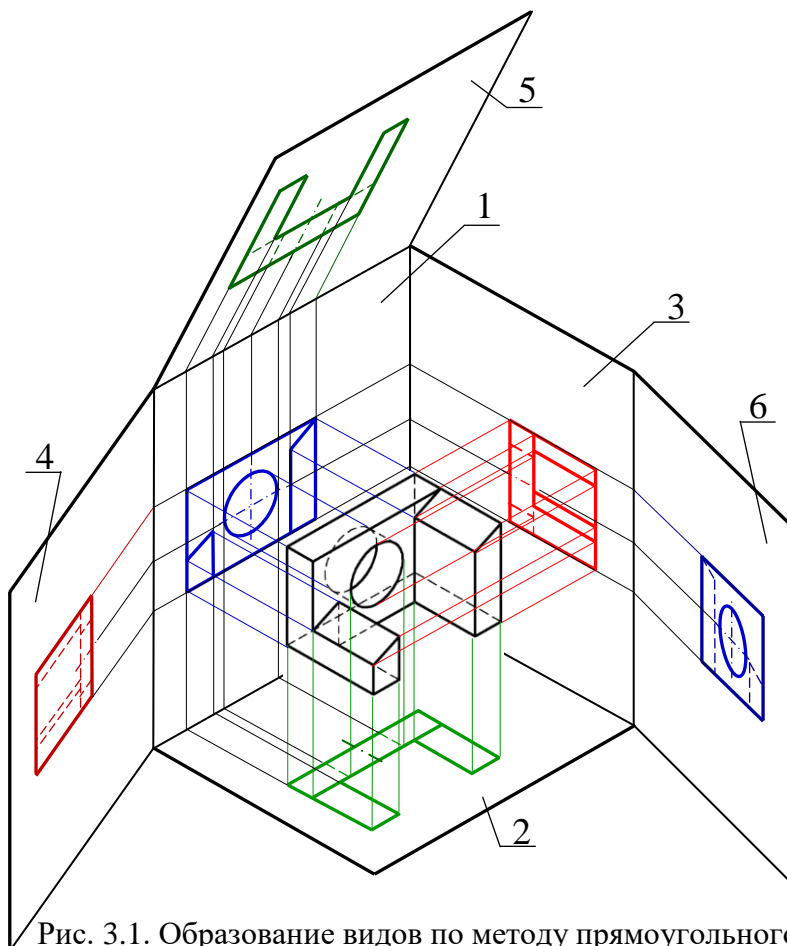


Рис. 3.1. Образование видов по методу прямоугольного проецирования на основные плоскости – внутренние стороны граней полого куба

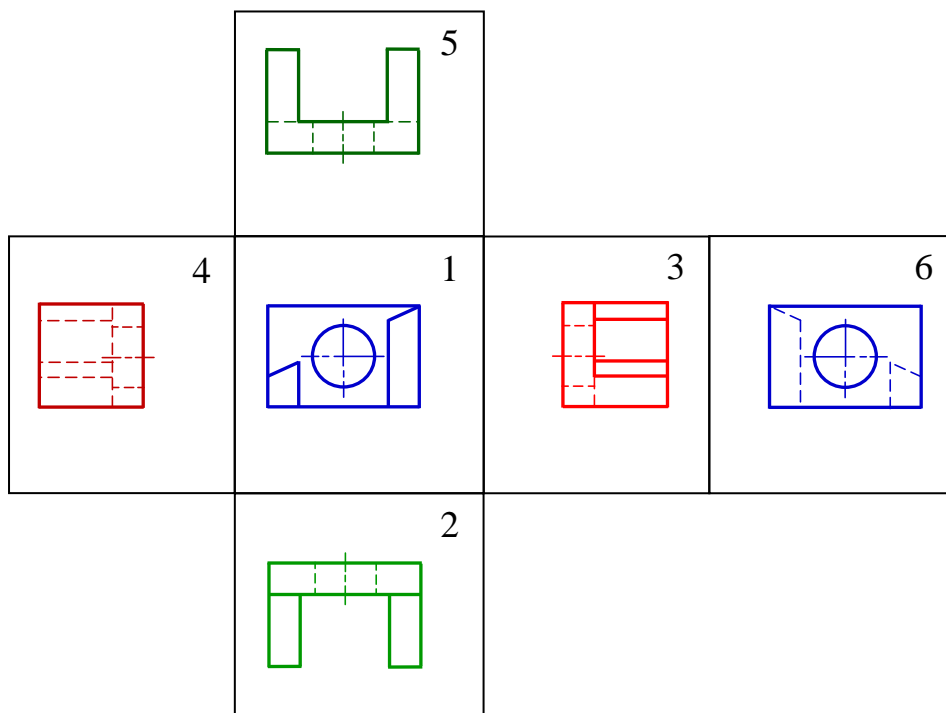


Рис. 3.2. Относительное расположение основных видов:
 1 – вид спереди (главный вид); 2 – вид сверху; 3 – вид слева;
 4 – вид справа; 5 – вид снизу; 6 – вид сзади

Все шесть получаемых таким образом изображений считают *основными видами* чертежа. Грани куба для получения плоского изображения (совмещения их с плоскостью) и проекционных связей поворачивают относительно его ребер таким образом, чтобы сзади расположенная грань осталась на месте, то есть ее не поворачивают (рис. 3.2). Получаемое на ней ортогональное изображение как фронтальное считают *главным видом* или *видом спереди*. Другие виды, получаемые по тому же правилу ортогонального проецирования, что и главный вид, выполняют только *по необходимости*.

Зачастую, если этого достаточно и при условии применения предусмотренных ГОСТ 2.304-81 и ГОСТ 2.307-2011 *знаков*, чертежи простых деталей так и состоят из одного изображения – главного вида, которым может явиться собственно сам вид (рис. 3.3), вид, соединенный с разрезом (рис. 3.4 и 3.5) или полный разрез (рис. 3.6).

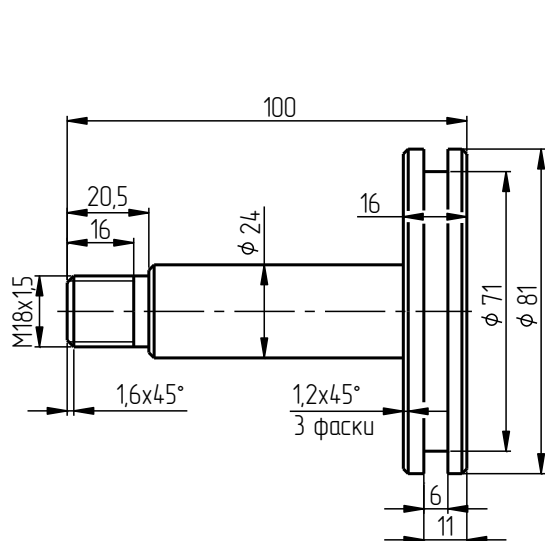


Рис. 3.3. Для указания размеров простой детали достаточно одного изображения – вида

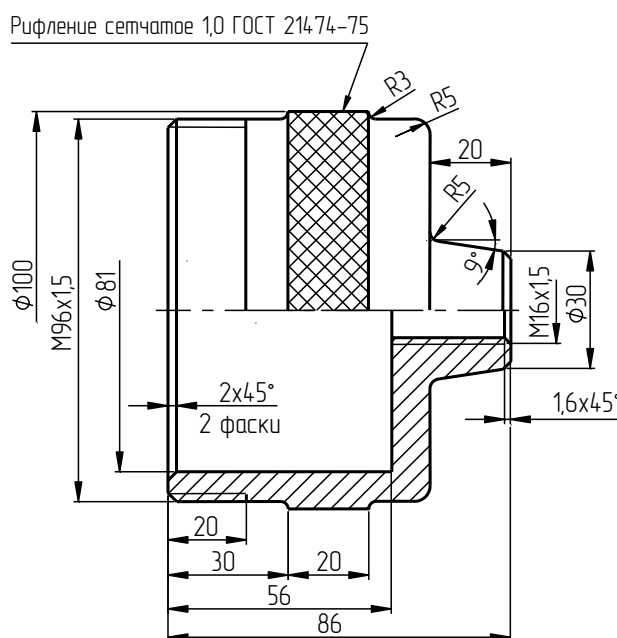
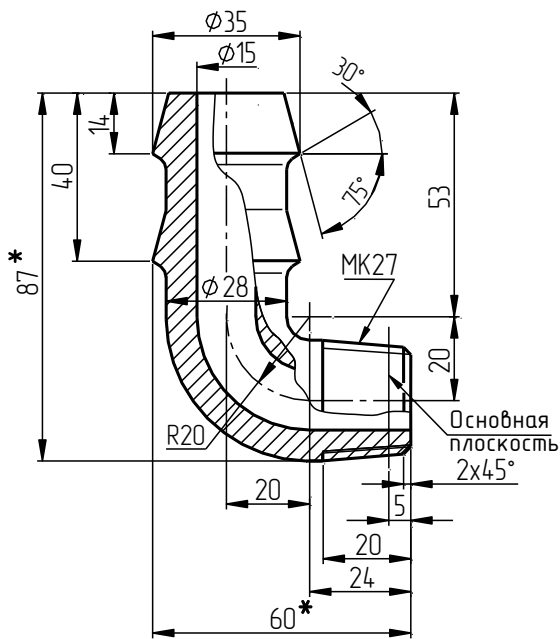


Рис. 3.4. Однопроекционный чертеж детали, на котором половина вида соединена с половиной разреза по горизонтальной оси симметрии

Расположение других пяти основных видов предмета, получаемых, как указывалось, в результате мысленного поворачивания граней воображаемого куба до совмещения их в одну общую плоскость, следующее: *вид слева* должен находиться справа от главного вида (*вида спереди*); *вид сверху* – под ним; *вид снизу* – над главным видом; *вид справа* – слева от главного вида; *вид сзади* – или справа, вслед за расположенным с этой же стороны видом слева, или слева, перед расположенным с этой стороны видом справа (рис. 3.1 и 3.2).



* Размеры для справок

Рис. 3.5. Однопроекционный чертеж детали, на котором часть вида соединена с частью разреза по тонкой волнистой линии

Так как изображение предмета на фронтальной плоскости проекций считается главным, предмет располагают так, чтобы это изображение давало максимальное представление о форме и размерах предмета, было максимально информативным. При этом выборе учитывают также положение детали на чертеже изделия, в которое она входит, позволяющего судить о функциональном назначении в целом изделия и о функциональном назначении основных деталей (рис. 3.7). Необходимо учитывать также и технологию изготовления детали – ее положение на операционных картах при выполнении основных технологических операций. Другие основные виды предмета зависят от того, каким выбран главный вид (рис. 1.6).

Названия основных видов на чертежах *надписывать не следует*, за исключением, если виды сверху, слева, справа, снизу, сзади не находятся в непосредственной проекционной связи с главным изображением (видом или разрезом, изображенным на фронтальной плоскости проекции). В таком случае направление проецирования (взгляда)

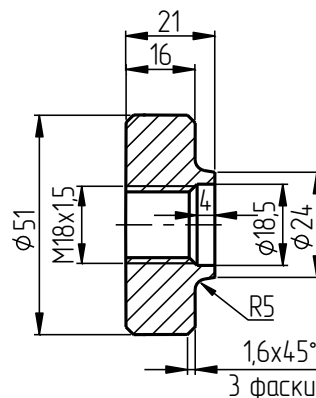


Рис. 3.6. Чертеж простой детали, для изображения и указания необходимых размеров которой достаточно одного изображения – разреза

Так как изображение предмета на фронтальной плоскости проекций считается главным, предмет располагают так, чтобы это изображение давало максимальное представление о форме и размерах предмета, было максимально информативным. При этом выборе учитывают также положение детали на чертеже изделия, в которое она входит, позволяющего судить о функциональном назначении в целом изделия и о функциональном назначении основных деталей (рис. 3.7). Необходимо учитывать также и технологию изготовления детали – ее положение на операционных картах при выполнении основных технологических операций.

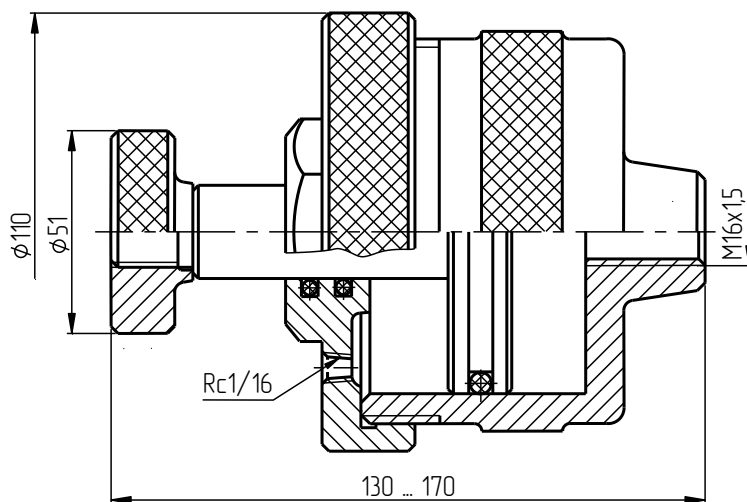


Рис. 3.7. Изображение изделия в положении, по которому можно судить о его функциональном назначении и которое предопределяет выбор главного вида на рабочих чертежах его деталей

должно быть *указано стрелкой* на соответствующую сторону исходного изображения. Возле стрелки и над полученным изображением (видом) следует нанести одну и ту же прописную букву (рис. 3.8 и 3.9).

Обозначение видов.

Вид обозначают прописной буквой русского алфавита, наносимой на чертеж возле стрелки, указывающей направление проецирования (взгляда на ту сторону детали, которую необходимо отобразить). Обозначение делают только тогда, когда изображаемый вид не находится в проекционной связи с основным видом (рис. 3.8 и 3.9). Буква должна располагаться справа относительно стрелки, если положение стрелки близко к вертикальному, или над стрелкой в иных случаях.

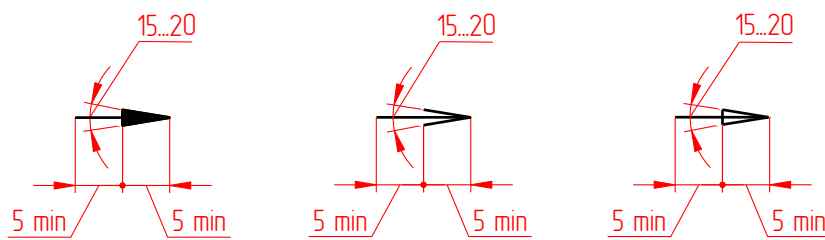
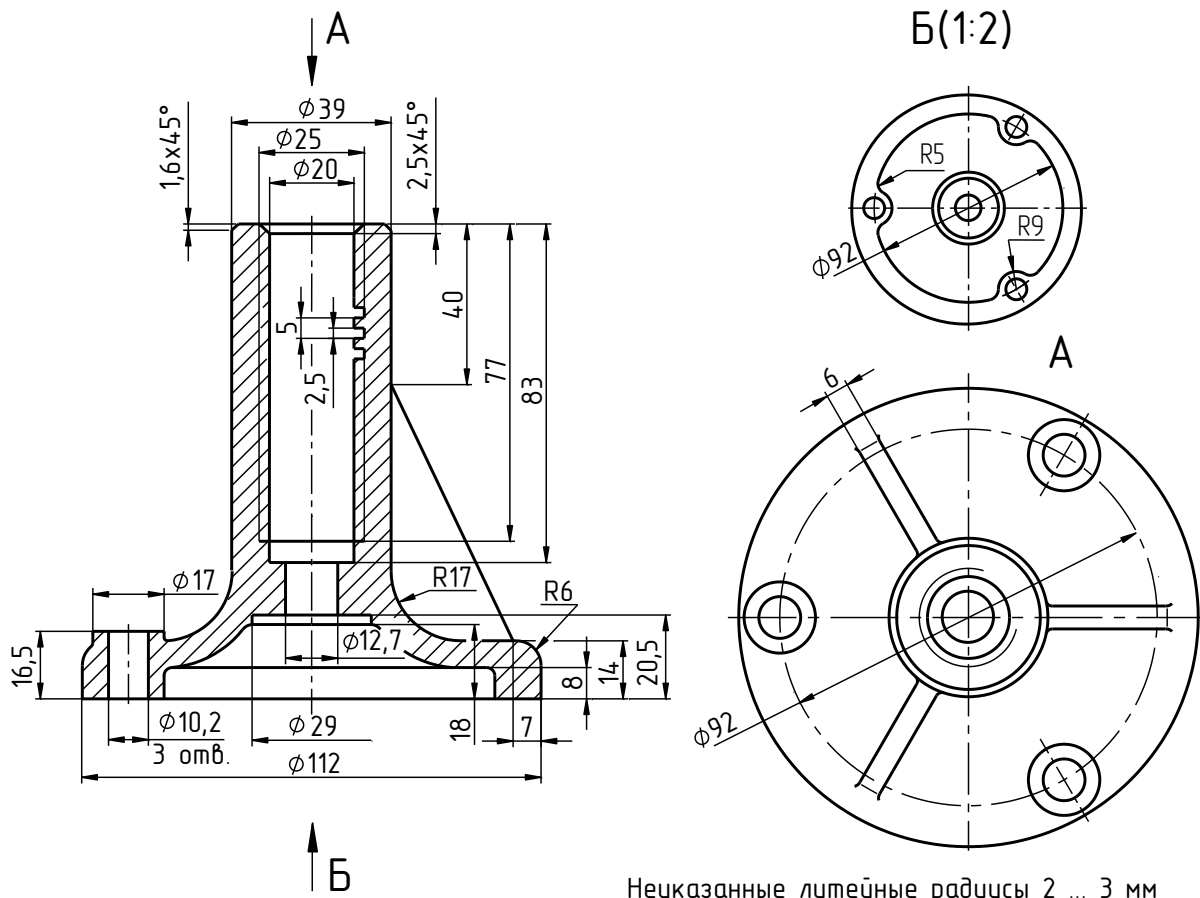


Рис. 3.8. Соотношение размеров стрелок, указывающих направление проецирования (взгляда)



Неуказанные литейные радиусы 2 ... 3 мм

Рис. 3.9. Обозначение видов, не находящихся в проекционной связи с главным видом (вид Б выполнен в масштабе уменьшения)

Над выполненным изображением указывают ту же букву, что и возле стрелки. Рядом с прописной буквой может находиться значок «повернуто», если вид выполнен с поворотом. Вид поворачивают, чтобы он не занимал наклонное положение, и его было удобно читать. Удобно, например, когда он находится в том же положении, что и соответствующий основной вид, на который направлена стрелка. Рядом в скобках, при необходимости, указывают масштаб, в котором выполнен вид, если он отличается от масштаба всего чертежа, указанного в основной надписи. Если прямо над изображением окажется недостаточно места, обозначение вида *смещают* несколько вправо.

Для обозначения видов используют прописные буквы русского алфавита, причем применяют их в алфавитном порядке без повторений и пропусков, за исключением букв *Й, О, Х, Ъ, Ы, Ь*, которые не используют.

Соотношение размеров стрелок, указывающих направление взгляда, должно соответствовать одному из образцов, приведенных на рис. 3.8.

Основные виды обозначают не только тогда, когда они не находятся в проекционной связи, но также, если они отделены от главного вида другими изображениями или расположены не на одном листе с ним.

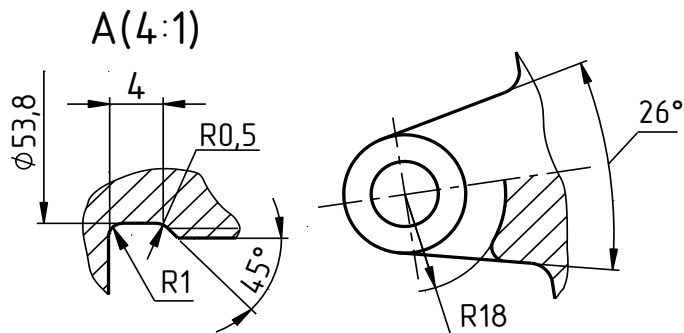
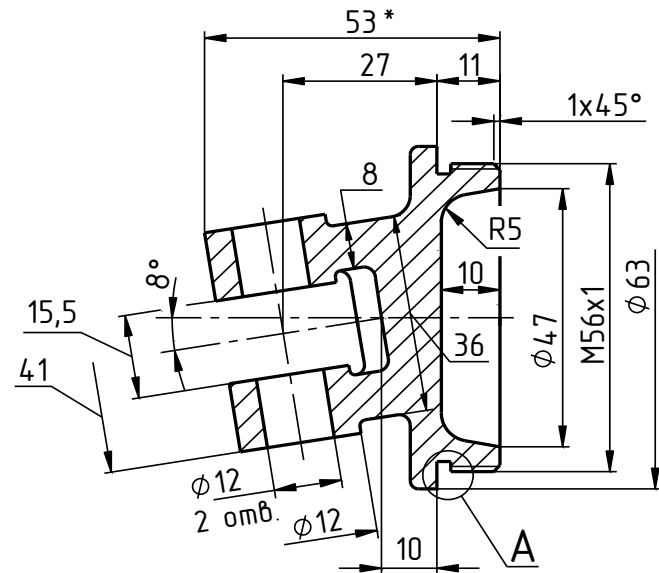
Когда отсутствует изображение, на котором может быть показано направление взгляда, *название вида подписывают*.

Помимо основных видов, различают также дополнительные и местные виды.

Дополнительный вид – это изображение предмета на плоскость, не параллельную ни одной из основных плоскостей проекций, применяемое для *неискаженного* изображения поверхности, если его нельзя получить ни на одном из основных видов (рис. 3.10–3.12). Дополнительный вид должен быть отмечен на чертеже прописной буквой, а у связанного с дополнительным видом изображения предмета должна быть поставлена стрелка, указывающая направление взгляда, с соответствующим буквенным обозначением (рис. 3.11 и 3.12). Когда дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, стрелку и обозначение вида не наносят (рис. 3.10).

Дополнительные виды располагают, как показано на рис. 3.10–3.12. Расположение дополнительных видов по рис. 3.10 предпочтительнее.

Дополнительный вид допускается поворачивать, но с сохранением, как правило, положения, принятого для данного предмета на главном изображении, при этом обозначение вида должно быть дополнено условным графическим обозначением – знаком «повернуто» (рис. 3.12). При необходимости указывают угол поворота. Несколько одинаковых дополнительных видов, относящихся к одному предмету, обозначают одной буквой и вычерчивают один раз. Если при этом связанные с дополнительным видом части предмета расположены под различными углами, то к обозначению вида условное графическое обозначение в виде знака «повернуто» не добавляют.



Неуказанные литейные радиусы 3 ... 4 мм
Литейные уклоны 7 град
*Размер для справок

Рис. 3.10. На чертеже детали дополнительный вид с разрезом получен ее проецированием на плоскость, не параллельную ни одной из основных плоскостей проекций, но находящуюся в проекционной связи с главным видом – он не обозначается

Местный вид – это изображение некоторой части предмета, то есть ограниченного его участка (рис. 3.10–3.12). Местный вид (вид **A**) на рис. 3.10 ограничен линией обрыва, по возможности в наименьшем размере. Местный вид может и не иметь ограничения волнистой линией, если изображен законченный элемент. Например, на рис. 3.11 показан целиком такой распространенный на разъемных корпусных деталях и крышках элемент, как фланец (вид **A**). То же самое имеет место и на рис. 3.12, где местный вид ограничен окружностью – проекцией цилиндра с выполненным на нем шестигранником. Местный вид обозначают на чертеже подобно дополнительному или основному виду, когда он не находится в проекционной связи с каким-нибудь другим видом (рис. 3.11 и 3.12).

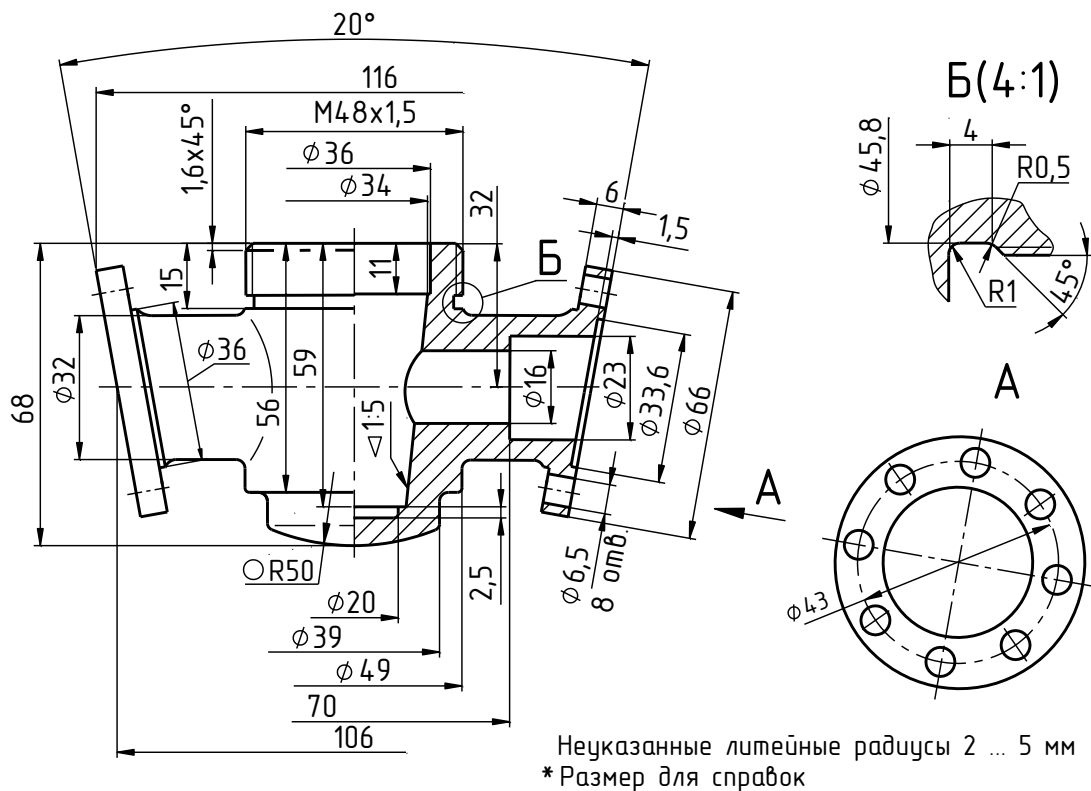


Рис. 3.11. Чертеж детали, дополнительный вид которой получен проецированием на плоскость, не параллельную ни одной из основных плоскостей проекций, не находящийся в проекционной связи с главным видом – он обозначен буквой А

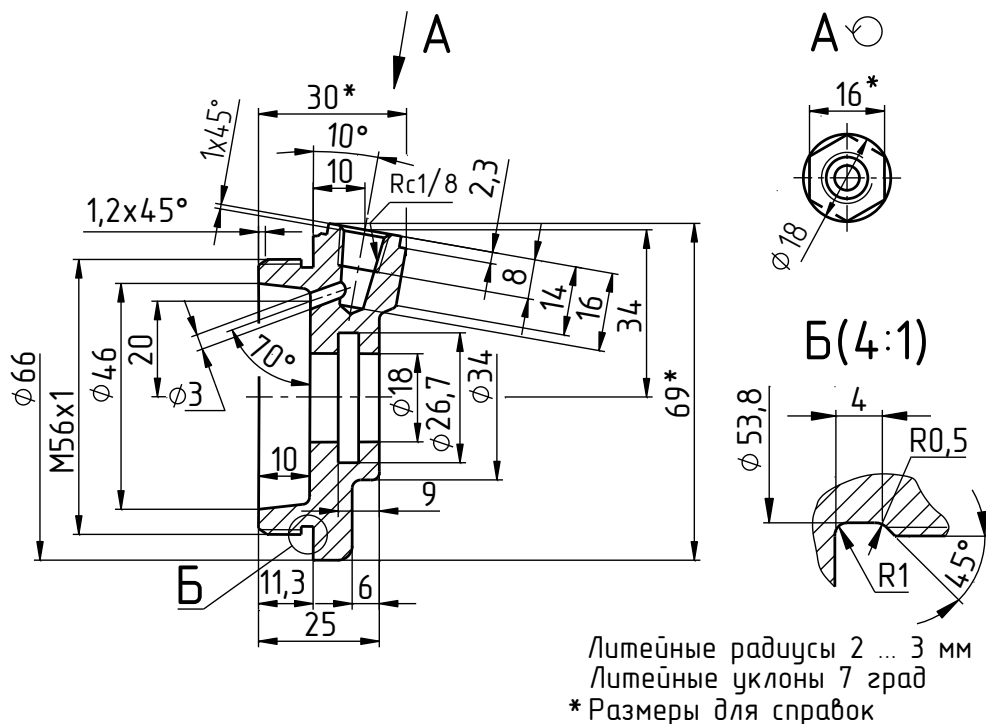


Рис. 3.12. Чертеж детали, дополнительный вид которой, полученный проецированием на плоскость, не параллельную ни одной из основных плоскостей проекций, и не находящийся в проекционной связи с главным видом, повернут – он обозначен буквой А со специальным значком «повернуто»

3.1.2. Разрезы

Разрез – это изображение предмета таким образом, чтобы были видны линии невидимого контура – контуры выполненных в нем полостей и отверстий. С этой целью воображают некую секущую плоскость, которой рассекают предмет в нужном месте. Затем, ту часть предмета, которая находится перед секущей плоскостью, мысленно удаляют, и изображают только то, что непосредственно попало в секущую плоскость – контур сечения, и то, что находится за ней (рис. 3.13 и 3.14).

При выполнении разреза мысленное рассечение предмета относится только к данному (изображаемому) разрезу и *не влечет за собой изменения других изображений* того же предмета (рис. 1.6, 3.9). Допускается изображать не все, что расположено за секущей плоскостью, если этого не требуется для понимания конструкции предмета (рис. 3.9).

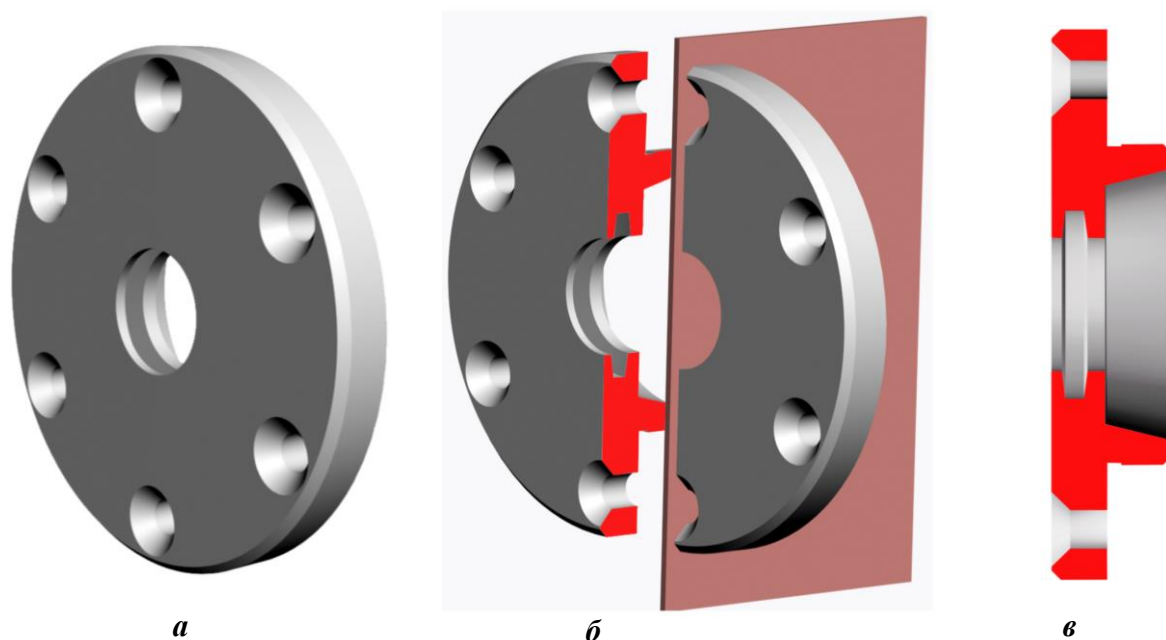


Рис. 3.13. Образование простого разреза на примере фланцевой крышки:
а – трехмерное изображение крышки; *б* – мысленный условный разъем крышки по воображаемой плоскости простого разреза; *в* – часть крышки, остающаяся после мысленного рассечения плоскостью для выполнения ее чертежа (см. рис. 3.15)

В зависимости от положения секущей плоскости относительно плоскостей проекций различают *вертикальные, горизонтальные и наклонные* разрезы.

Так, на чертеже, приведенном на рис. 3.15, изображены два *вертикальных* разреза – это разрезы **В-В** и **Г-Г**. Каждый из них выполнен секущей плоскостью, перпендикулярной горизонтальной плоскости проекций. При этом разрез **В-В** называют еще и *фронтальным*, так как его секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций, а разрез **Г-Г**, по аналогии, называют еще и *профильным*, так как его секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций.

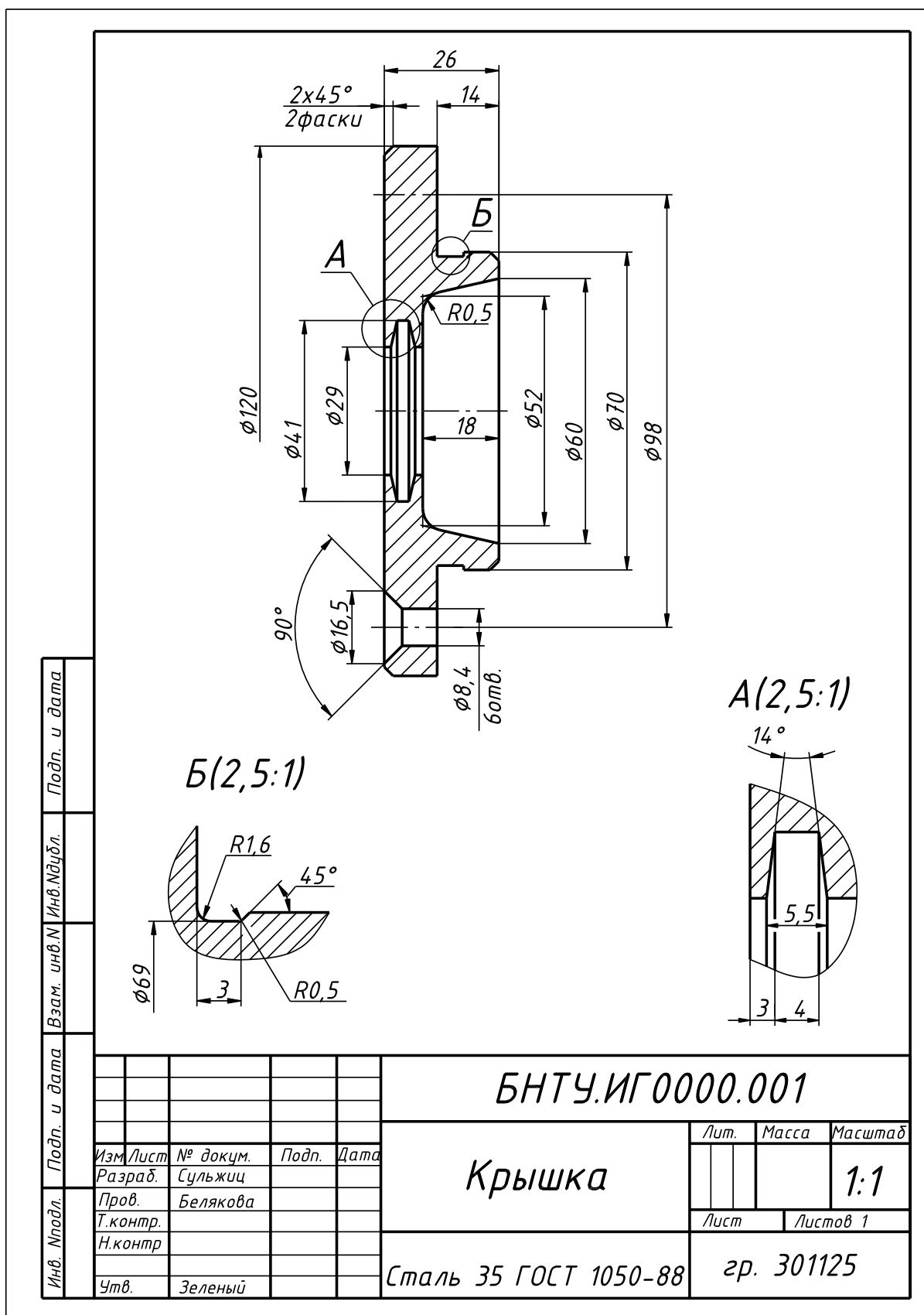


Рис. 3.14. Чертеж фланцевой крышки, приведенной на рис. 3.13, а, состоящий из простого полного разреза фронтальной плоскостью и двух выносных элементов, выполненных в масштабе увеличения, содержащий необходимые размеры

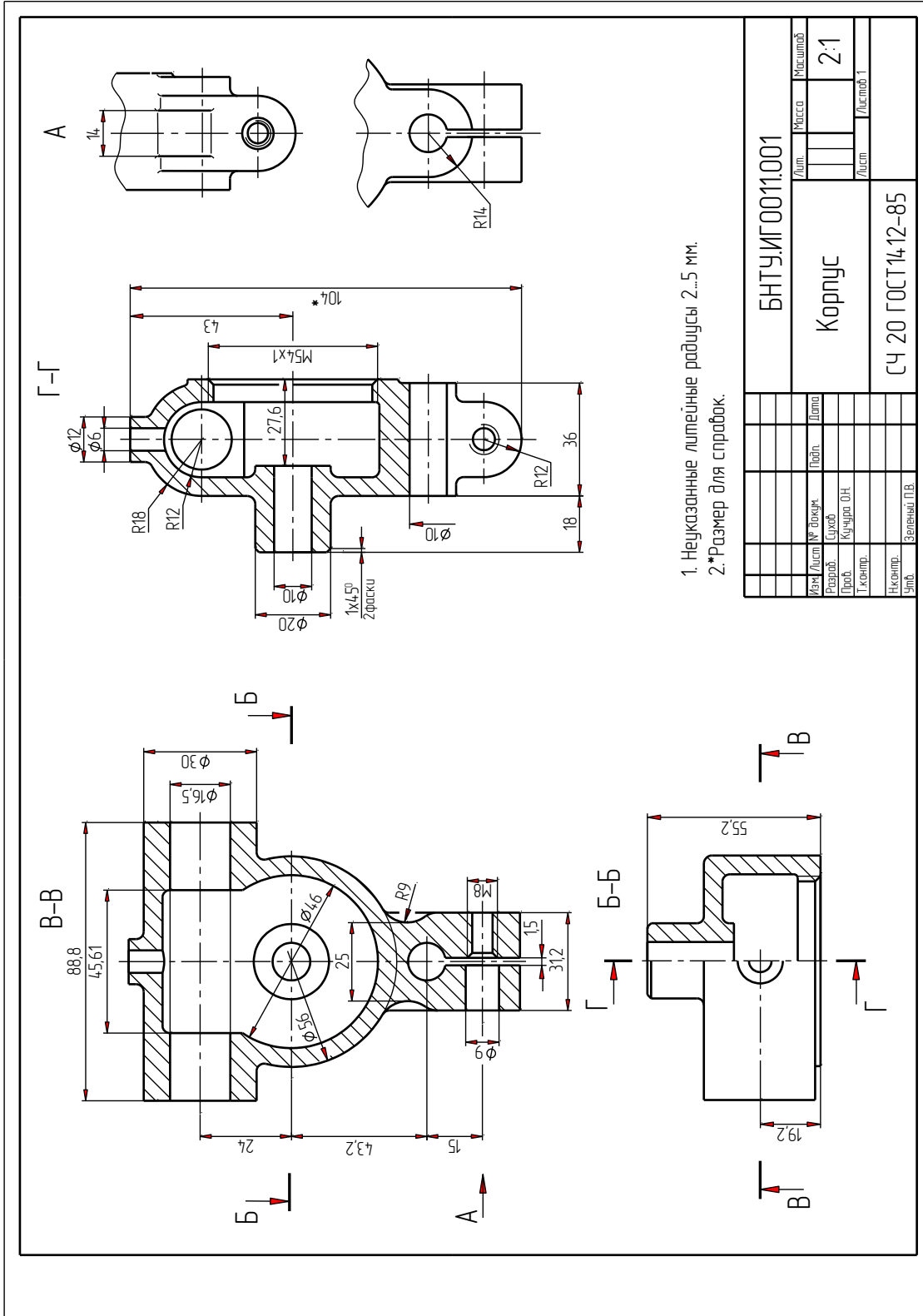


Рис. 3.15. Чертеж корпусной детали, представленный основными видами и разрезами на них (вид А не находится в проекционной связи)

Выполненный на этом же чертеже (рис. 3.15) разрез **Б-Б** называют *горизонтальным*, так как его секущая плоскость расположена параллельно горизонтальной плоскости проекций.

Наклонным называют разрез, выполненный секущей плоскостью, составляющей с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого угла. На рис. 3.16 показан наклонный разрез на чертеже фланцевого патрубка изогнутой формы, обозначенный **А-А**. Благодаря наклонному разрезу показана форма приливов под крепежные отверстия, выполненных на обратной стороне фланца патрубка.

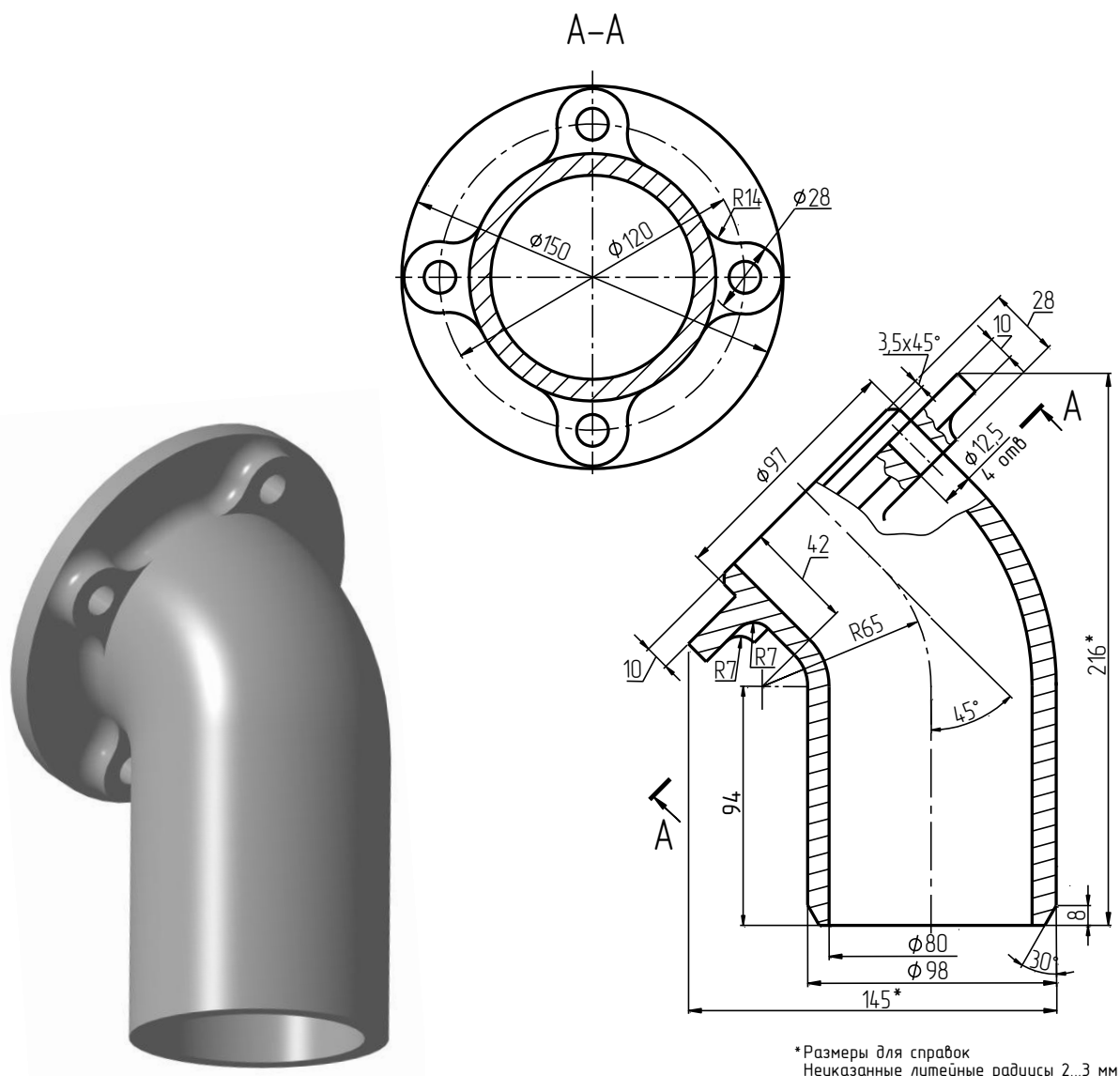


Рис. 3.16. Выполнение наклонного разреза (расположен сверху) на примере чертежа детали (расположена слева), представляющей собой угловой патрубок с фланцем: секущая плоскость **А-А** разреза наклонена к горизонтальной плоскости проекций (на месте главного вида, который расположен справа, приведен фронтальный продольный разрез и фрагмент вида с местным разрезом)

В зависимости от положения секущей плоскости относительно основных измерений изображаемого предмета, различают также разрезы *продольные* и *поперечные*.

Поперечный разрез выполняют плоскостью, перпендикулярной к длине или высоте предмета (рис. 3.16 и 3.17), а *продольный* – вдоль его длины или высоты (рис. 3.9, 3.16–3.19).

На рис. 3.16 к поперечному разрезу следует отнести рассмотренный наклонный разрез А-А. Таким образом, его полное название – наклонный поперечный разрез. На рис. 3.17 поперечным разрезом является профильный разрез, секущая плоскость которого проходит по крепежным отверстиям данной детали, позволяя вскрыть также и форму поднутрения в ней снизу.

К продольным разрезам следует отнести, например, разрез, выполненный на чертеже детали, приведенном на рис. 3.9, где он изображен вместо главного вида. Деталь представляет собой стойку вытянутой вверх цилиндрической формы с вертикальным осевым отверстием под резьбу почти по всей длине детали, что и показано благодаря продольному разрезу – разрезу вдоль оси резьбового отверстия. Как правило, разрезы, выполняемые вдоль осей деталей (преимущественно, цилиндрической формы), относят к продольным разрезам, хотя по факту в осевом направлении деталь может быть и короче (рис. 3.18).

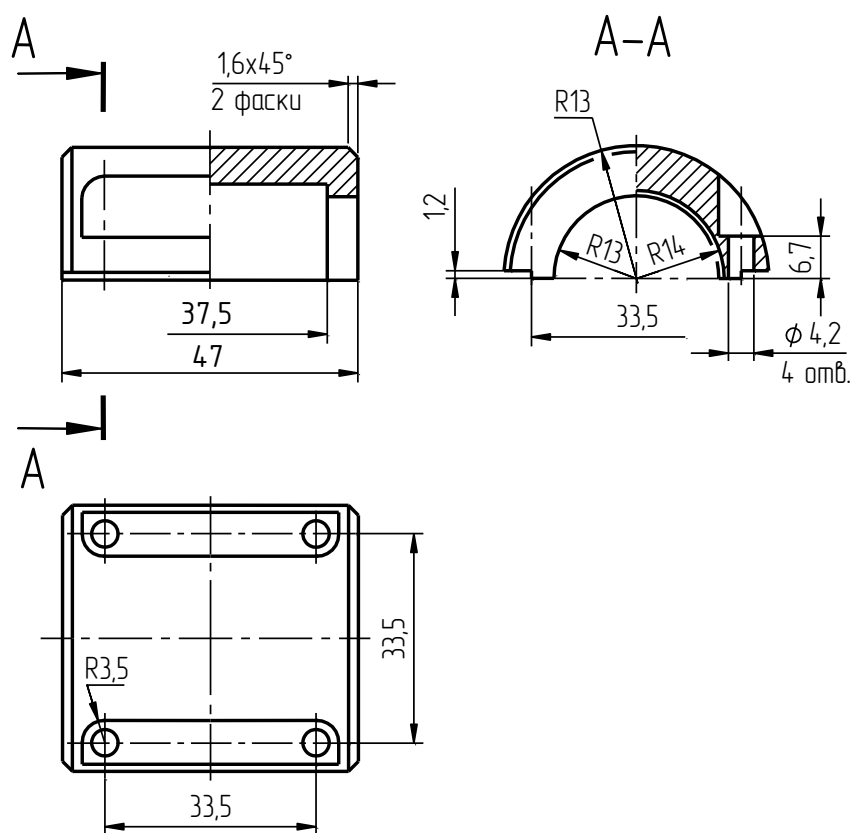
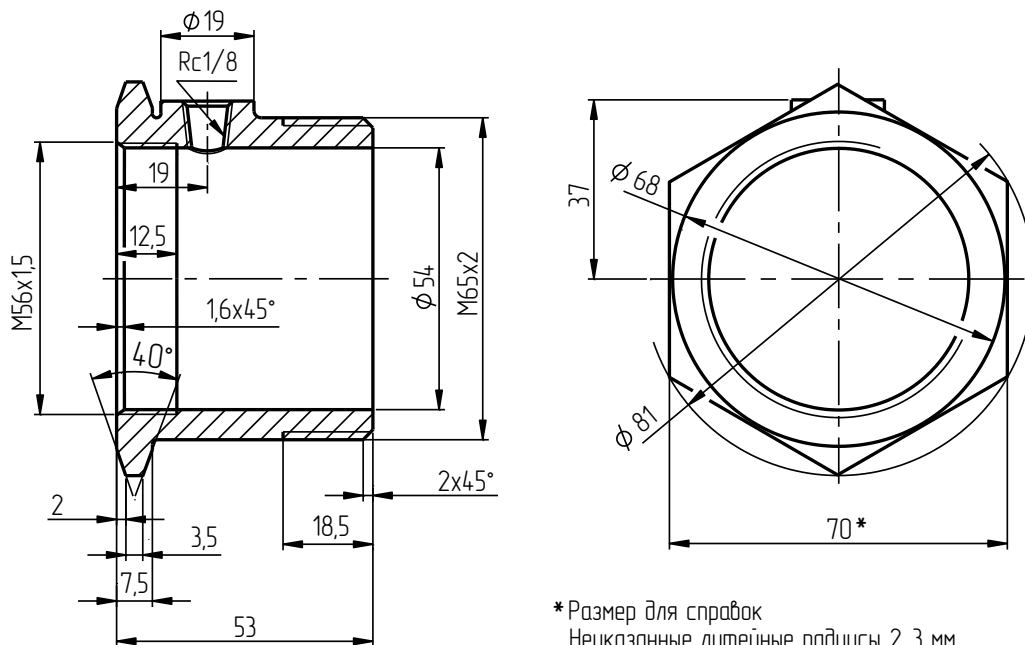


Рис. 3.17. Продольный фронтальный и поперечный профильный разрезы, соединенные с видами (поперечный разрез выполнен по профильной секущей плоскости А-А)



*Размер для справок
 Неуказанные литейные радиусы 2...3 мм
 Литейные уклоны 7 град
 Диаметры внутренней трубной конической
 резьбы Rc1/8 в основной плоскости:
 наружный D=9,728 мм; внутренний D₁=8,566 мм

Рис. 3.18. Продольный (осевой) разрез корпусной детали цилиндрической формы

Продольный разрез выполнен и на чертеже детали (штуцера), приведенном на рис. 3.19. Но выполнен он только на нижней половине главного вида, соединенной по продольной горизонтальной оси симметрии с частью вида, расположенной над ним.

Рассмотренный ранее чертеж детали криволинейной формы (рис. 3.16) также содержит продольный разрез. Главный вид, по сути, состоит преимущественно из продольного разреза, выполненного вдоль осевых линий по всей длине детали (оставлен только небольшой фрагмент вида для выполнения местного разреза по отверстию, не попавшему в секущую плоскость продольного разреза).

Все рассмотренные выше разрезы являются *простыми разрезами*. Их так называют потому, что они выполнены с использованием одной секущей плоскости.

На рис. 3.20 и 3.21 также представлено образование и выполнение простого разреза на примере фланцевой крышки.

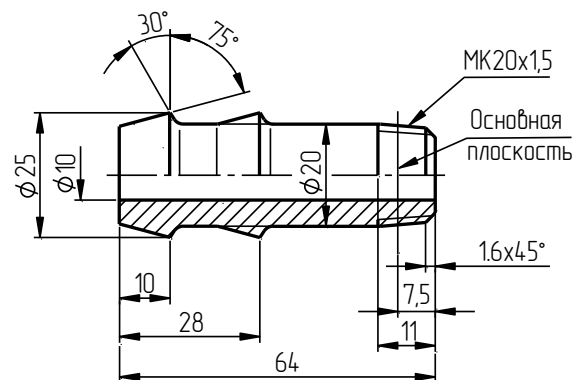


Рис. 3.19. Продольный разрез, соединенный с видом

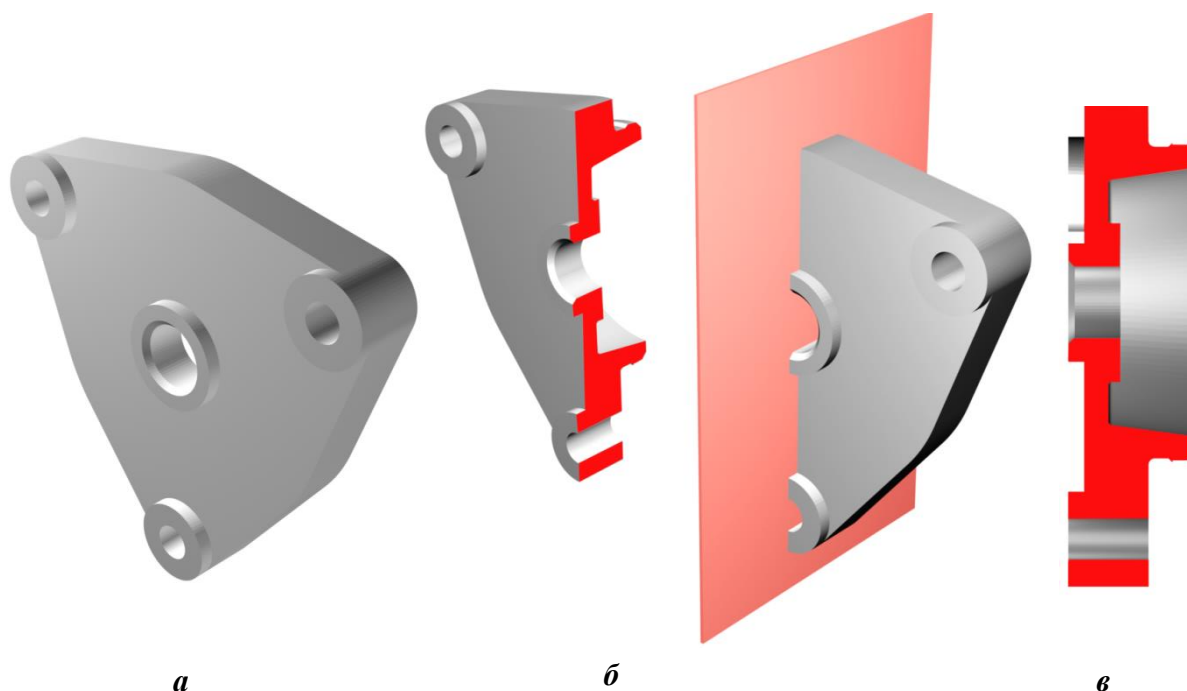


Рис. 3.20. Образование простого разреза на примере фланцевой крышки:
а – трехмерное изображение крышки; *б* – мысленный условный разъем крышки по воображаемой плоскости простого разреза; *в* – часть крышки, остающаяся после ее мысленного рассечения плоскостью для выполнения чертежа (см. рис. 3.21)

Форма крышки близка к треугольной, что обусловлено конструктивной необходимостью – наличием на фланце трех равномерно расположенных крепежных отверстий. Эта ее форма отображена справа на рис. 3.21. На месте главного вида представлен полный разрез крышки, который является простым, так как выполнен одной секущей плоскостью. При этом крышка повернута так, чтобы она была симметрична относительно воображаемой секущей плоскости. Такие разрезы, в соответствии с ГОСТ 3.305-2008 «Изображения – виды, разрезы, сечения», не обозначаются – понимается по умолчанию, что разрез выполнен по плоскости симметрии детали. С другой стороны, отсутствие обозначения разреза лишний раз свидетельствует о том, что конструктивно деталь симметрична. Информация о симметричности деталей или отсутствии таковой важна при чтении их чертежей.

Если разрез выполняется несколькими секущими плоскостями, его называют *сложным разрезом*. К таким разрезам относятся *ступенчатый разрез*, выполняемый плоскостями, параллельными друг другу – двумя и более (рис. 3.22 и 3.23), и *ломаный разрез*, выполняемый также несколькими секущими плоскостями, но расположенными под углом друг к другу – пересекающимися плоскостями (рис. 3.24–3.27).

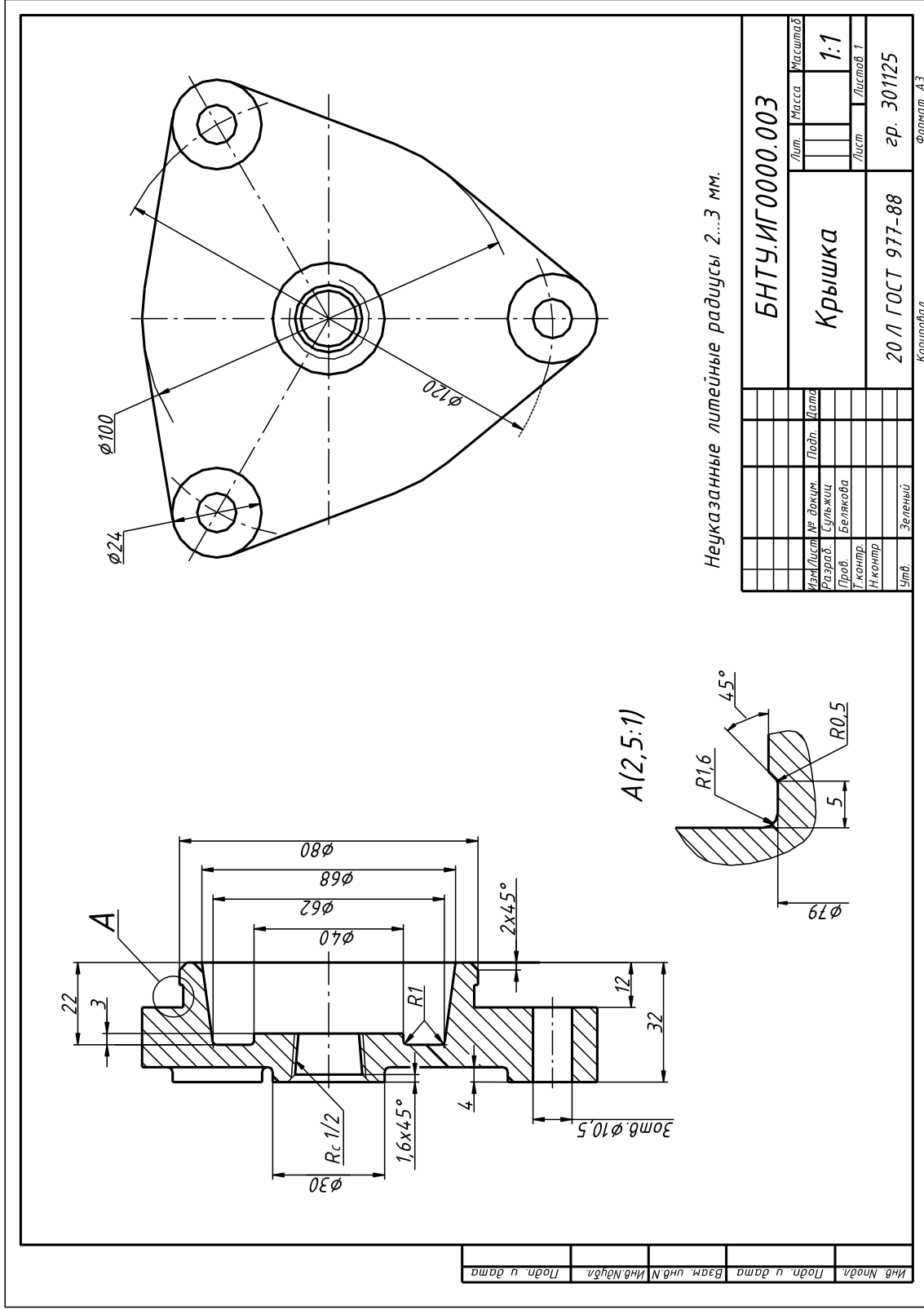


Рис. 3.2.1. Чертеж крышки: выполненный простой разрез не обозначен, так как секущая плоскость является плоскостью симметрии

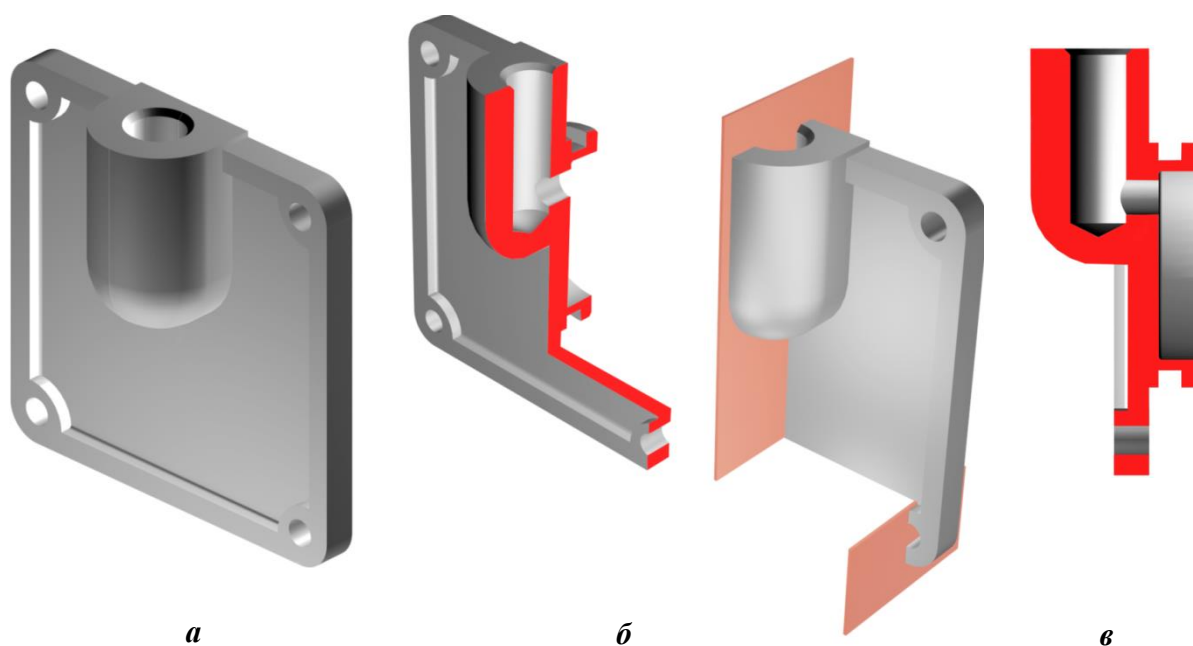


Рис. 3.22. Образование сложного ступенчатого разреза на примере фланцевой крышки квадратной формы: *а* – трехмерное изображение крышки; *б* – мысленный условный разъем крышки по двум воображаемым секущим плоскостям, параллельным друг другу; *в* – часть крышки, остающаяся после ее мысленного рассечения указанными плоскостями для выполнения на чертеже ступенчатого разреза (см. рис. 3.23)

На рис. 3.23 представлен чертеж фланцевой крышки квадратной формы, по которому можно судить, почему применен ступенчатый, а не простой, разрез, как это имело место на чертежах, приведенных на рис. 3.14 и 3.21. Видно, что, если бы была применена одна секущая плоскость, то в нее не попало бы ни одно из крепежных отверстий, расположенных по углам крышки, и тогда пришлось бы принимать отдельно решение относительно того, где показать, что отверстие является сквозным. Например, это можно было бы показать на местном разрезе, выполненном на виде сверху или отдельно. Можно было бы выполнить, вместо ступенчатого разреза, ломаный разрез. Любое из рассмотренных решений было бы правильным, и исходят в каждом конкретном случае из некоей рациональности выполнения чертежа, хотя иногда выбор того или иного решения субъективен. Прежде всего, руководствуются тем, чтобы количество изображений было минимальным, но и достаточным. Как правило, исходят из того, чтобы указать все размеры. Кроме того, по чертежу необходимо однозначно представлять форму детали, чтобы ее изготовить по указанным размерам.

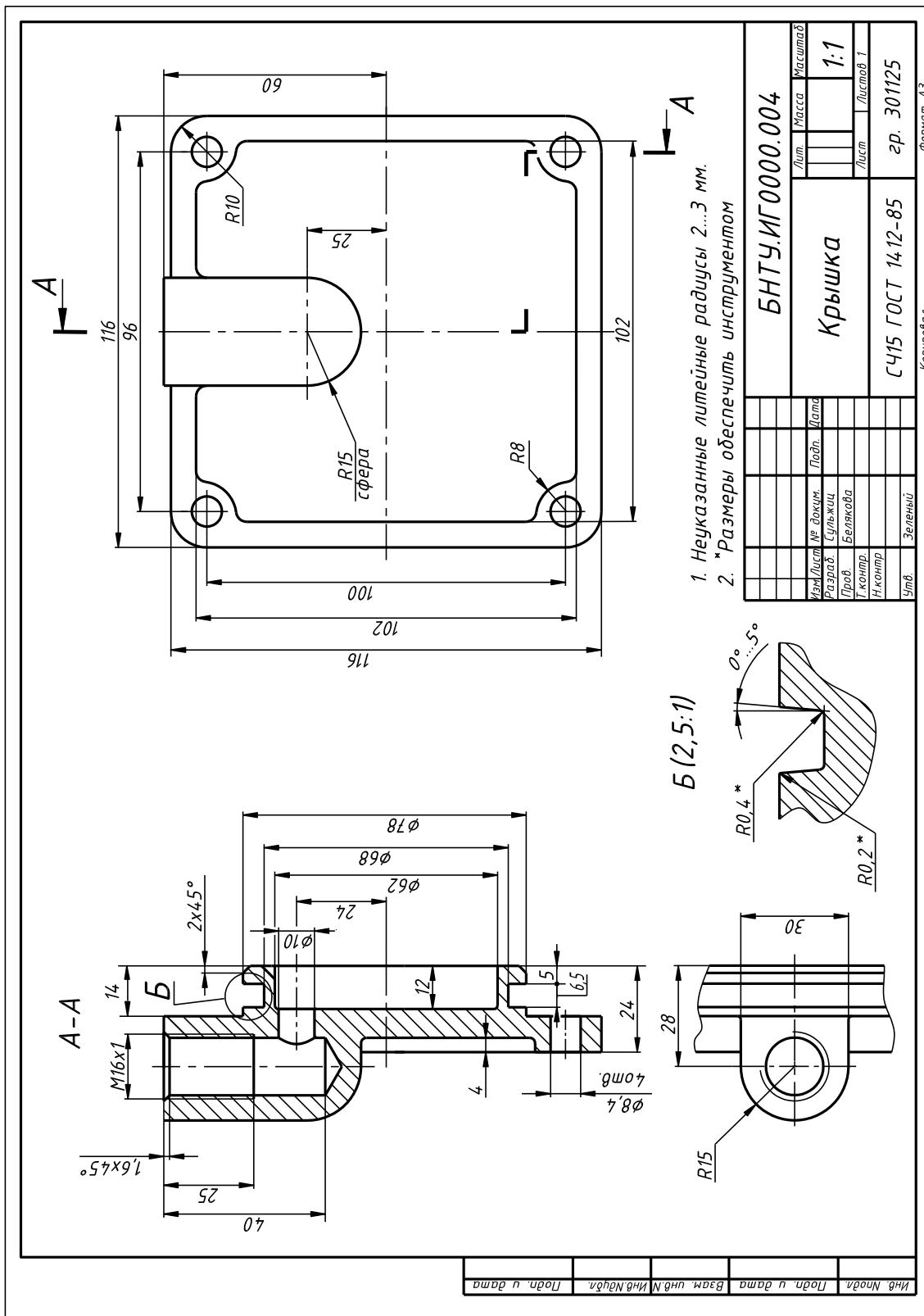


Рис. 3.23 Чертеж крышки с квадратной формой фланца: выполнен ступенчатый разрез, чтобы в разрез попало крепежное отверстие

Обозначение ступенчатого разреза отличается от обозначения простого разреза. Если простой разрез иногда может и не обозначаться, а весь чертеж может иногда состоять только из одного его – только из разреза (без вида, рис. 3.14), то со ступенчатым разрезом иное положение. Прежде всего, такой чертеж должен состоять по меньшей мере из двух изображений помимо того, на котором выполнен, собственно, сам ступенчатый разрез. На втором изображении (для чего оно и необходимо) следует показать, где именно проходят секущие плоскости – в каких местах расположены параллельные друг другу участки секущих плоскостей (рис. 3.23). Для указания их положения используется не только разомкнутая линия, изображаемая по краям изображения с каждой стороны штрихами длиной 8–20 мм, но внутри изображения штрихами разомкнутой линии, располагаемыми под прямыми углами, показывают, где заканчивается одна секущая плоскость и где начинается следующая со сдвигом необходимой величины. Толщина тех и других линий, указывающих положение секущих плоскостей, должна составлять величину не менее толщины видимых контурных линий данного чертежа, но не более 1,5 от нее (см. ГОСТ 2.303-68 «Линии»).

Сама суть выполнения ступенчатого разреза заключается в том, что изображения контуров сечений в каждой параллельной секущей плоскости мысленно сближают так, чтобы они составили одно общее изображение, то есть, чтобы одна плоскость являлась продолжением другой. При этом место стыка сечений, находящихся в разных секущих плоскостях, на чертеже никак не отображается (создается впечатление, что как будто бы сечение выполнено одной плоскостью, см. рис. 3.23). Практически описанное сближение плоскостей до слияния в одну плоскость необходимо представлять следующим образом: плоскость, являющаяся крайней (первой) по направлению проецирования, указанному стрелками к разомкнутой линии, остается на месте, а расположенные перед ней плоскости сдвигают к ней до указанного слияния плоскостей в одну плоскость и изображают полученные контуры обоих сечений, как будто бы сечение выполнено одной общей плоскостью, как указывалось (рис. 3.23). Затем на полученном изображении показывают ту часть вида детали, которая находится за секущими плоскостями по направлению проецирования, указанному стрелками к разомкнутой линии.

Если проанализировать рассматриваемый чертеж на рис. 3.23 на предмет рациональности выполнения видов и разрезов, то выполнение разреза ступенчатым позволило свести к минимуму необходимое количество изображений. Помимо основных видов, на нем было достаточно привести только местный вид и выносной элемент. И то, и другое необходимо для полноты информации о детали, чтобы ее изготовление было возможным. Так, местный вид необходим, чтобы показать форму прилива и указать радиус закругления на его выступающей части (по другим видам полностью судить о форме прилива не представляется возможным). А выносной элемент, выполненный в масштабе увеличения, дает возможность судить о форме по-

перечного сечения стандартной канавки под уплотнительное кольцо, а также показать ее размеры.

Аналогичные задачи по сечению деталей плоскостями в необходимых местах при выполнении разрезов решают и путем выполнения на чертеже ломаных разрезов. Если ступенчатый разрез больше подходит, как правило, для деталей прямоугольной или квадратной формы, то на чертежах деталей, преимущественно, круглой или овальной формы, применяют ломаные разрезы (рис. 3.24–3.27).

Ломаный разрез. Сущность выполнения ломаных разрезов заключается в том, что секущие плоскости располагают под углом друг к другу, то есть, в итоге, они пересекаются между собой. Но при изображении контуров, находящихся непосредственно в этих плоскостях сечений, плоскости поворачивают так, чтобы произошло их слияние в одну плоскость. Тогда и сечение ломаного разреза, не зависимо от того, что оно состоит из нескольких частей (по количеству секущих плоскостей), будет выглядеть как одно целое, будто выполненное одной плоскостью. Тем более, что при этом граница между отдельными частями полученного таким образом сечения не изображается.

Конкретно, если обратиться к чертежам на рис. 3.25 и 3.27, то ломаные сечения на них выполняют следующим образом. Вертикальную секущую плоскость оставляют на месте, а расположенную ниже ее наклонную секущую плоскость мысленно поворачивают в направлении проецирования, указываемом стрелками к разомкнутой линии, то есть в рассматриваемых конкретных примерах – по часовой стрелке, до тех пор, пока эта плоскость тоже займет вертикальное положение. Затем строят общий контур этого «выпрямленного» таким образом сечения. Его строят с той стороны чертежа, куда указывают стрелки, и там же строят оставшуюся часть вида, расположенную за секущими плоскостями. При этом построенное изображение стремятся разместить так, чтобы соблюдалась проекционная связь с изображением, на котором указано положение секущих плоскостей ломаного разреза.

Из-за такой особенности выполнения ломаного разреза – поворота наклонной секущей плоскости в вертикальное положение, изображение детали в разрезе по сравнению с видом, на котором он обозначен, *удлиняется*. Это не будет иметь места только, если круглая форма детали в той ее части, где проходит наклонная секущая плоскость, не будет нарушена, например, из-за среза, как в примерах на рис. 2.25 и 2.27.

В *обозначение ломаного разреза* входит, как и в предыдущих случаях, разомкнутая линия со стрелками, указывающими направление проецирования, изображаемая за пределами вида, а также входит изображение угла (одного или более, в зависимости от количества секущих плоскостей), выполняемое штрихами разомкнутой линии, располагаемыми внутри вида (рис. 2.25 и 2.27). Вершина упомянутого угла указывает место, в котором сходятся секущие плоскости ломаного разреза. Размеры сторон этого угла

должны составлять 8 мм. Он должен быть заметен, и поэтому толщина линий сторон угла должна быть такой же, как и разомкнутой линии за пределами изображения – и то, и другое не менее толщины линии видимого контура данного чертежа, но и не толще ее более, чем в 1,5 раза.

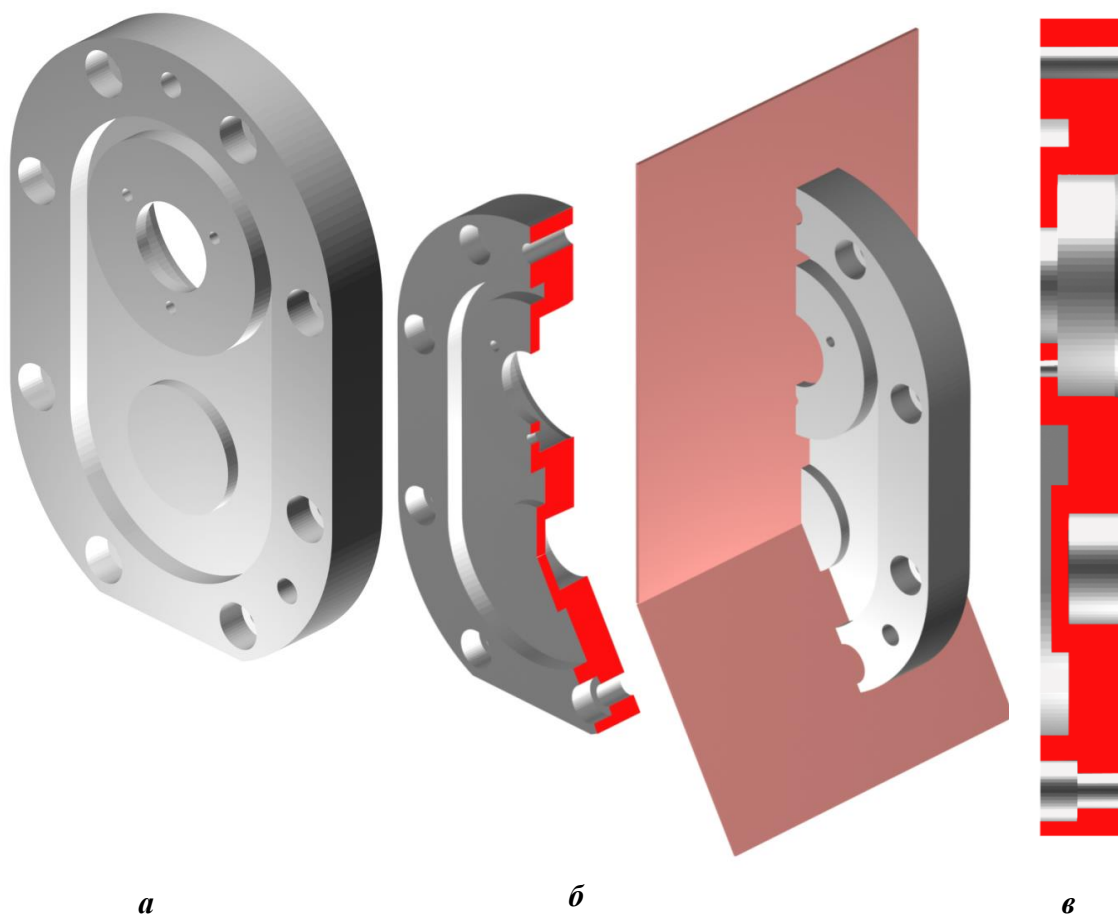


Рис. 3.24. Образование ломаного разреза на примере плоской крышки овальной формы: *а* – трехмерное изображение крышки; *б* – мысленный условный разъем крышки по воображаемым секущим плоскостям, расположенным под углом друг к другу; *в* – часть крышки, остающаяся после ее мысленного рассечения указанными плоскостями для выполнения на чертеже ломаного разреза (см. рис. 3.25)

Конструкция овальной крышки, чертеж которой приведен на рис. 2.25, является простой – она плоская, не содержит приливов. Поэтому ее чертеж состоит только из двух изображений. Этого достаточно, чтобы однозначно показать форму данной детали и указать необходимые для ее изготовления размеры.

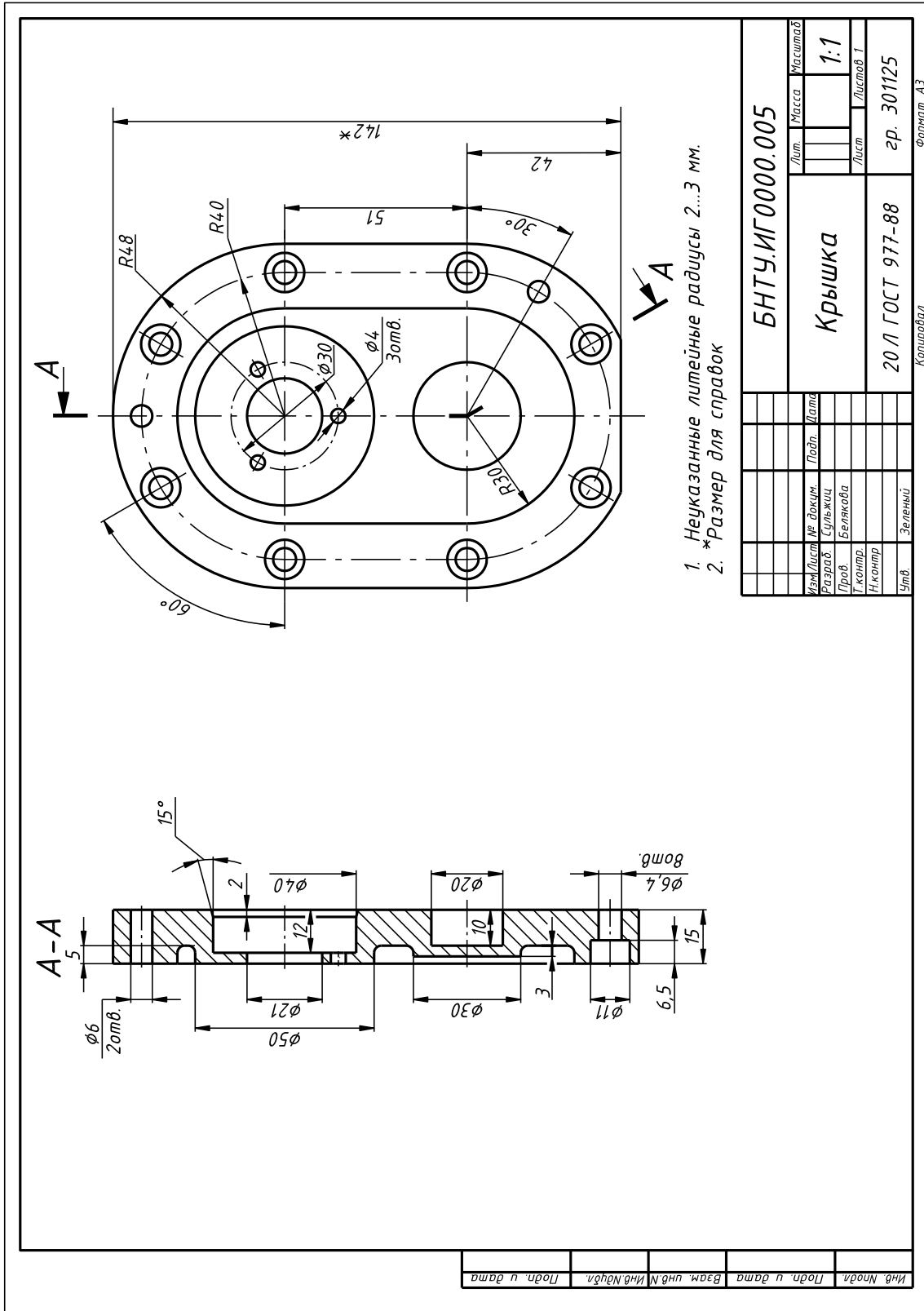


Рис. 3.25. Чертеж плоской крышки овальной формы: разрез выполнен ломаным, чтобы в него попали штифтовое и крепежное отверстия

Вторая крышка, приведенная в качестве образца на рис. 3.26, имеет более сложную форму – более глубокая. По форме она представляет собой полый усеченный конус, открытый со стороны большого основания, с отверстием в малом основании. Крышка также содержит крепежный фланец круглой формы по периметру большого основания конической поверхности с четырьмя ступенчатыми отверстиями под крепежные резьбовые детали. Из конструктивных соображений фланец содержит срез. С противоположной срезу стороны к фланцу прилегает радиальный прилив с отверстием, выполненный к конической части крышки.

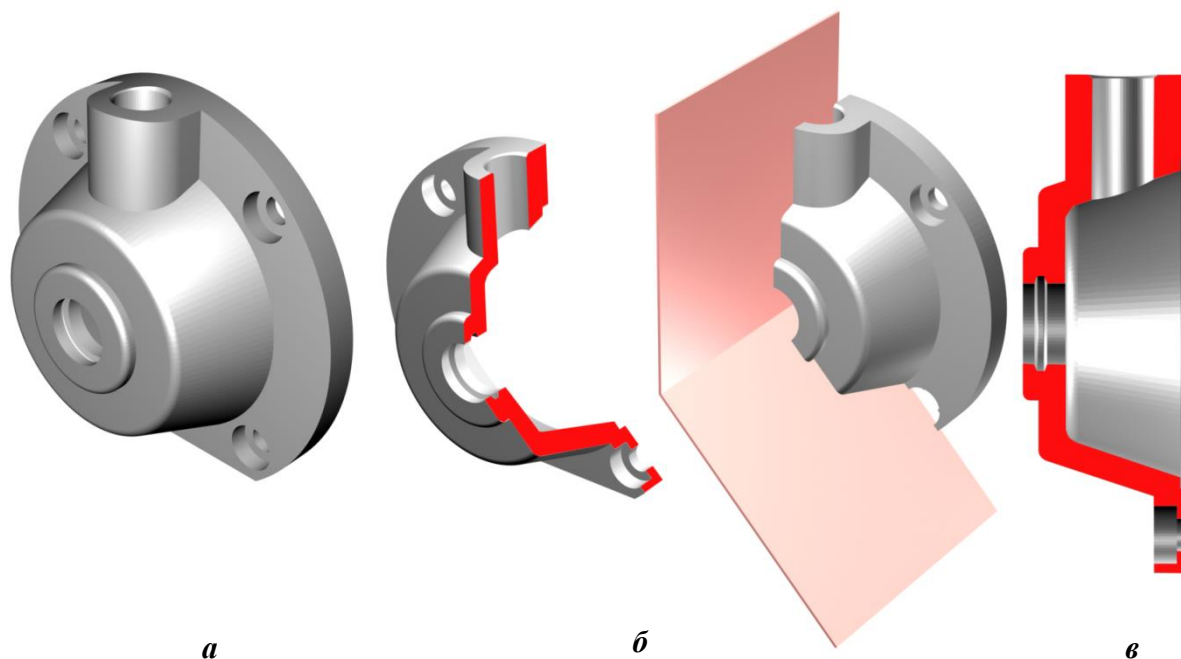


Рис. 3.26. Образование ломаного разреза на примере крышки круглой формы: *а* – трехмерное изображение крышки; *б* – мысленный условный разъем крышки по воображаемым секущим плоскостям, расположенным под углом друг к другу; *в* – часть крышки, остающаяся после ее мысленного рассечения указанными плоскостями для выполнения на чертеже ломаного разреза (см. рис. 3.27)

Для чертежа этой крышки, представленном на рис. 3.27, достаточно выполнить ломаный разрез **А-А**, вид слева и местный вид сверху, находящиеся в проекционной связи, а также выносной элемент **Б**, выполненный в масштабе увеличения.

Подытоживая сказанное, следует отметить, что *разрез* (разрез предмета) – это ортогональная проекция предмета, мысленно рассеченного полностью или частично одной или несколькими плоскостями для выявления его невидимых поверхностей – внутренностей.

Частичное мысленное рассечение предмета используют при выполнении на чертеже, так называемых, местных разрезов, когда в полном разрезе просто нет необходимости.

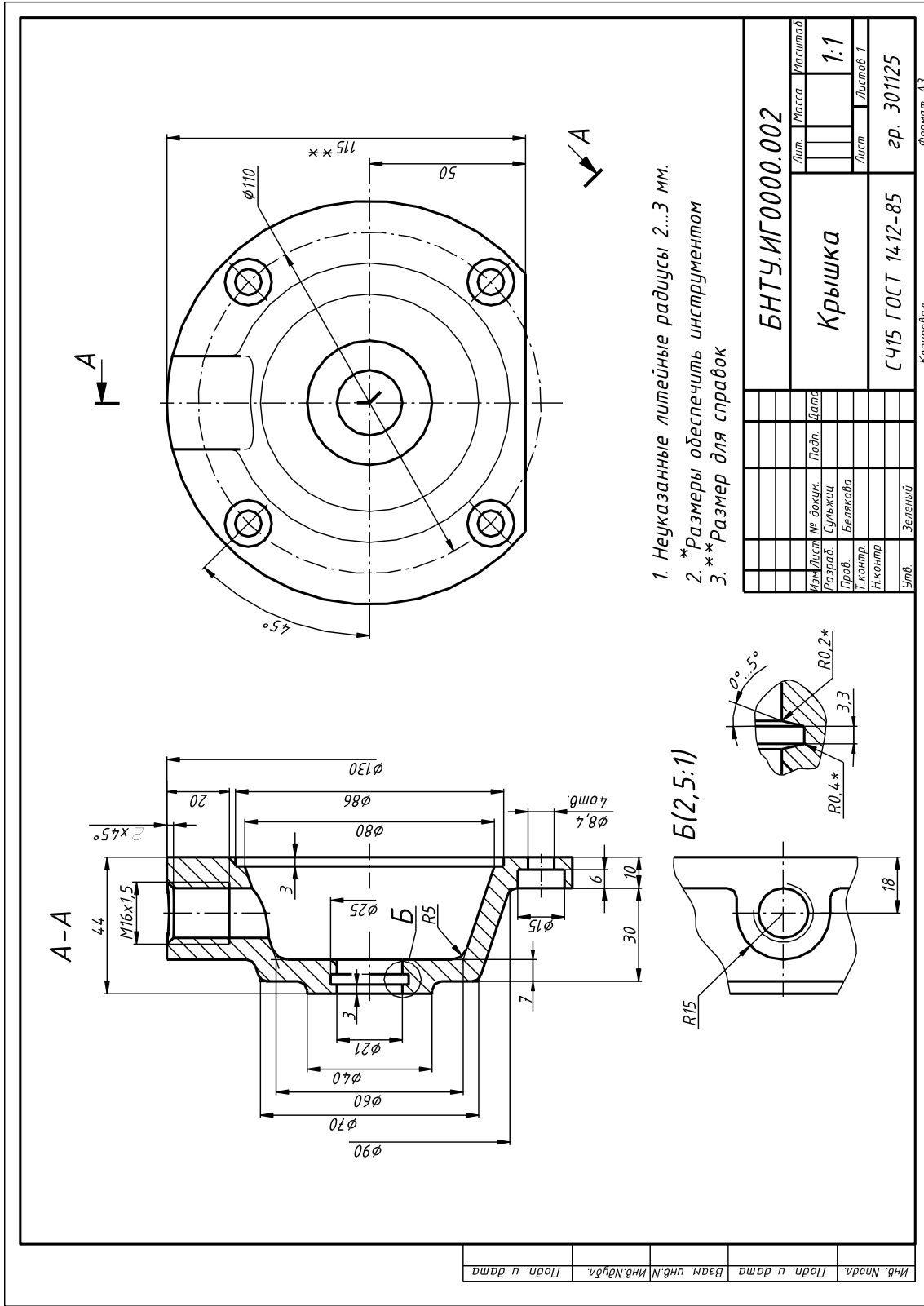


Рис. 3.27. Чертеж крышки с круглым фланцем: разрез выполнен ломаным, чтобы в него попало крепежное отверстие

Местный разрез, как показано на рис. 3.28, разграничивают с видом тонкой волнистой линией или тонкой линией с изломами. Эти линии не должны совпадать с какими-либо другими линиями изображения.

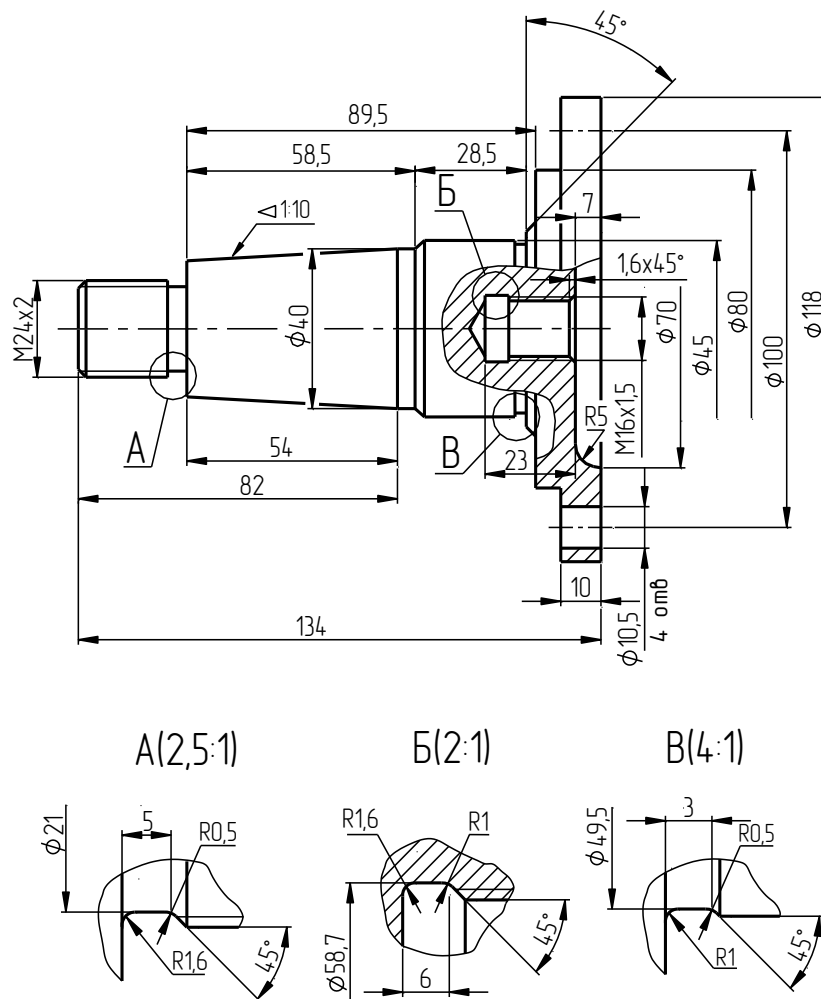


Рис. 3.28. Выполнение на чертеже детали местного разреза – не обозначается (чертеж содержит также выносные элементы для изображения в масштабе увеличения технологической канавки для выхода шлифовального круга и проточек для выхода резьбонарезного инструмента)

Соединение вида с разрезом.

Часть вида и часть разреза допускается соединять не только при выполнении на виде местного разреза (рис. 3.28), но и в других случаях, если это не затруднит чтение чертежа. Выполняя соединение разреза с видом, тем самым уменьшают объем графической работы не в ущерб пониманию чертежа, то есть не в ущерб его чтению, как принято говорить. Уменьшение количества изображений даже облегчает это самое чтение, благодаря кон-

центрации внимания на меньшем количестве изображений. Их избыточное количество только бы вредило.

Многие детали и целые конструкции в сборе из нескольких деталей, как будто бы созданы для того (хотя понятно, что не для этого), чтобы на основных видах были соединены сам вид и разрез (рис. 3.29 и 3.30). Это, прежде всего, симметричные детали и сборные конструкции – симметричные относительно одной, а то и двух плоскостей. Коль это так, то при выполнении разреза отпадает необходимость делать разрез полным. Можно и по одной половине судить в целом о конструкции. И, действительно, для чего выполнять разрез полным! Ведь он будет состоять из двух совершенно одинаковых частей, точнее, половин, симметричных относительно некой оси – следу плоскости симметрии изделия, изображаемому штрихпунктирной линией.

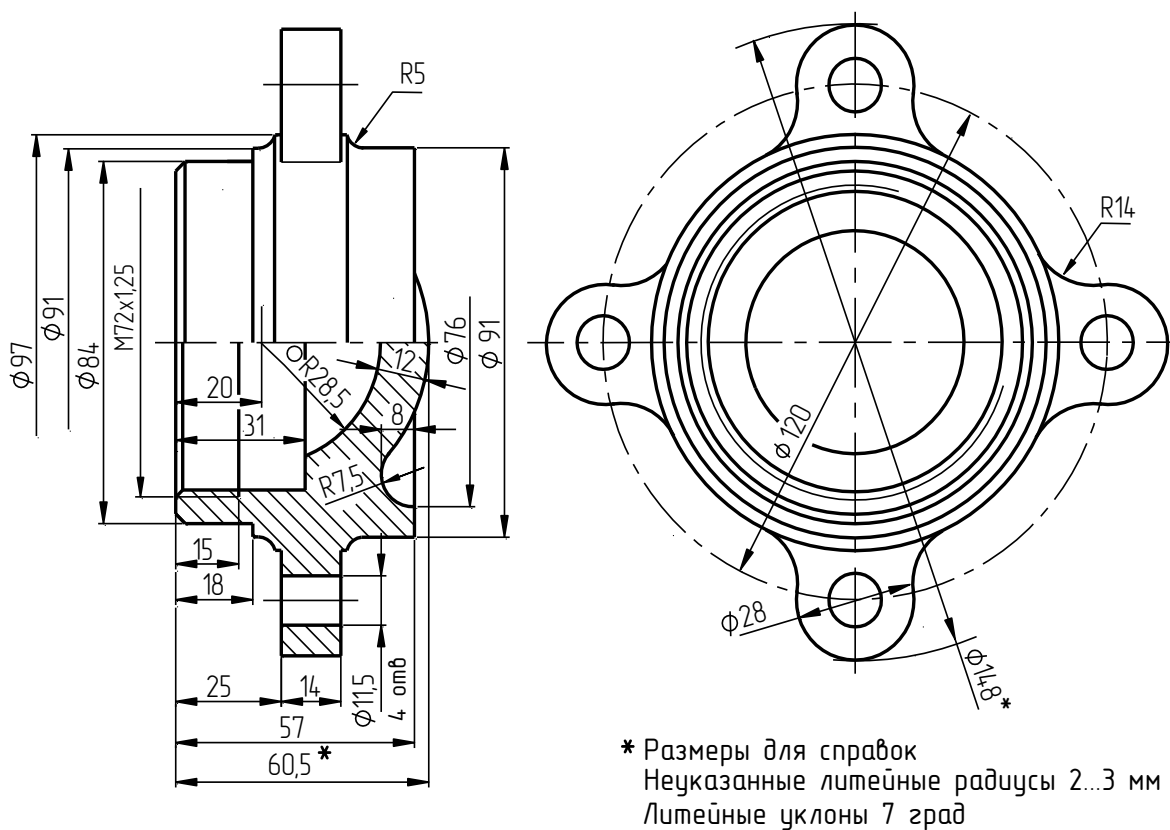


Рис. 3.29. Симметричная форма детали позволяет соединить разрез с видом по оси симметрии

Таким образом, целесообразно показать только половину такого разреза, а на второй половине – оставить вид, причем без вычерчивания на нем штриховыми линиями невидимого контура (рис. 3.29 и 3.30). В них уже просто не возникает необходимости, раз все будет показано на второй половине – там, где разрез. Отсутствие же штриховых линий не будет мешать читать внешний облик изделия.

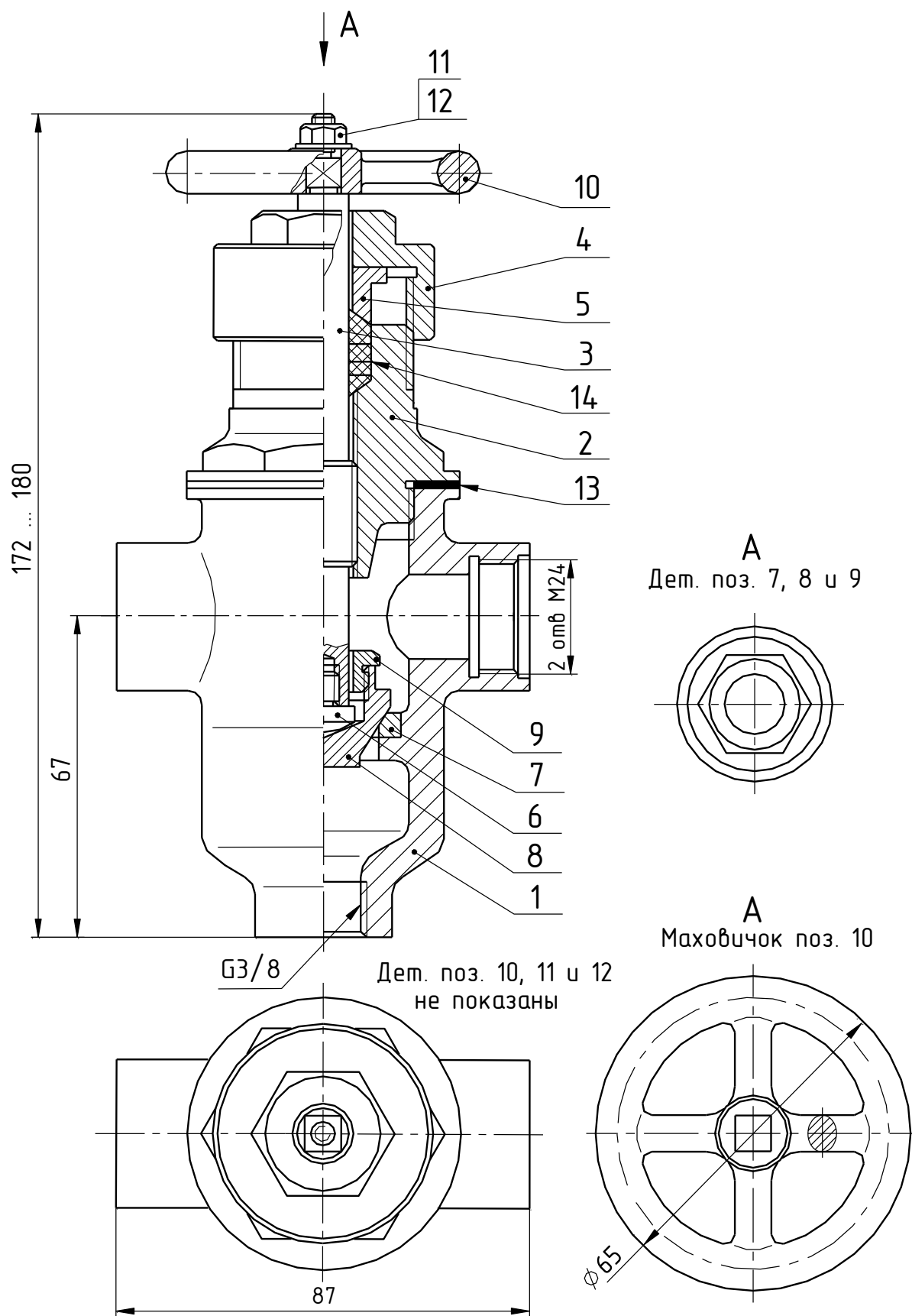


Рис. 3.30. Соединение половины вида с половиной разреза по вертикальной оси симметрии – штрихпунктирной линии

Описанное построение изображений является обязательным для симметричных изделий, но также должно применяться и на чертежах изделий, симметрия которых нарушена незначительно. Но при этом есть обязательное условие – вид и разрез должны быть соединены (разграничены) не по штрихпунктирной линии, а по тонкой волнистой линии (рис. 3.31).

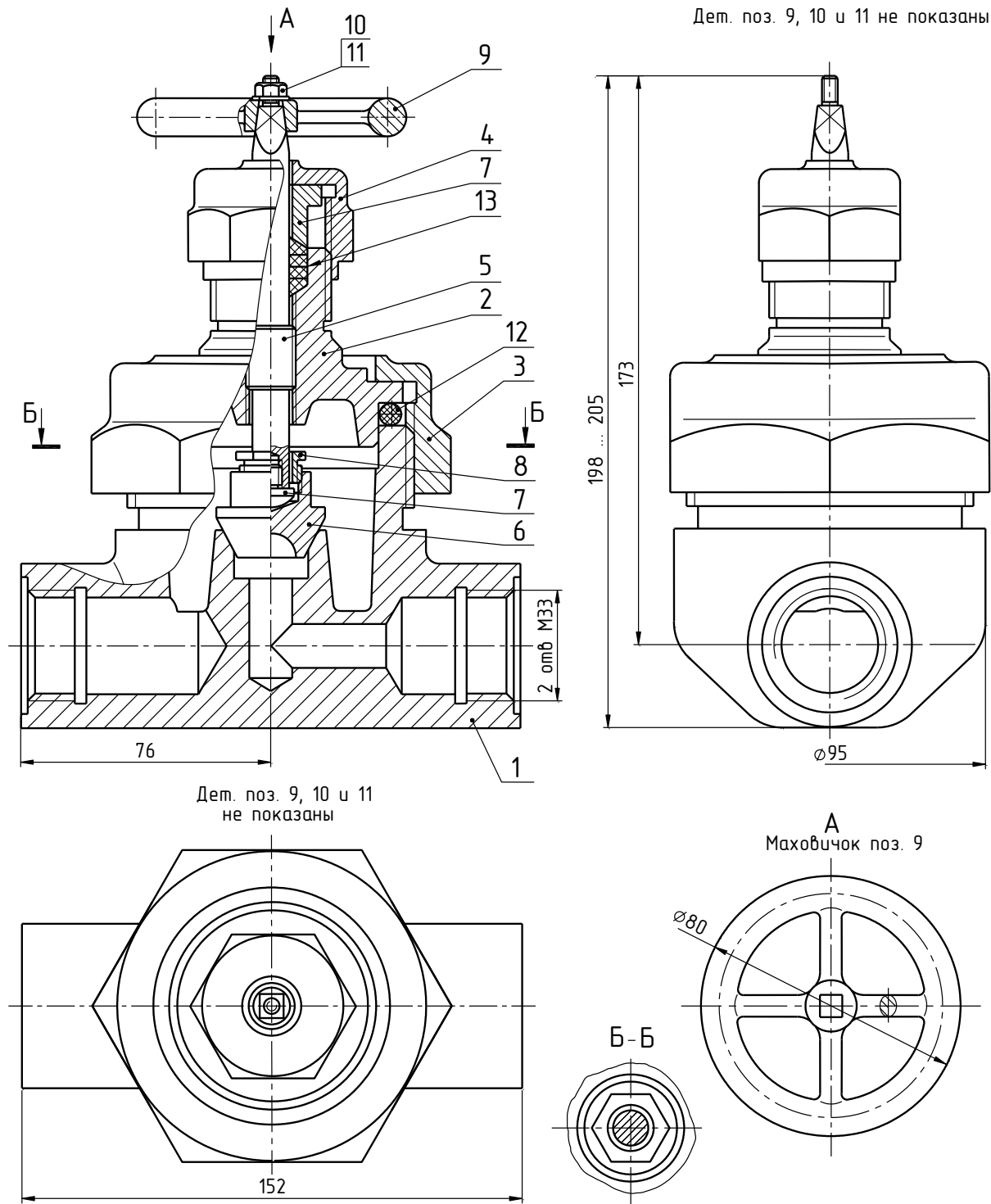


Рис. 3.31. Соединение вида и разреза по тонкой волнистой линии в случае, если симметричная, на первый взгляд, конструкция изделия не является таковой

Соединение вида и разреза не по оси симметрии имеет большой смысл и в том плане, что дополнительно обращает внимание на то, что конструкция изделия все же не симметричная, как бы это ни казалось на первый взгляд (рис. 3.31).

Можно также при соединении вида с разрезом *комбинировать тонкую волнистую линию с тонкой штрихпунктирной* линией следующим образом: в той части детали или изделия как сборочной единицы, где симметрия имеет место следует использовать штрихпунктирную линию, а в остальной части, где о симметрии говорить не приходится, следует использовать тонкую волнистую линию (рис. 3.32). Это комбинирование линий при соединении разреза с видом также будет способствовать чтению чертежа детали или изделия, симметрия которого нарушена незначительно – будет видно, во всяком случае, в какой части она нарушена (симметрию нарушает боковое овальное отверстие в поворотной пробке 2).

Более того, на разрезе оставляют часть вида и в тех случаях, если деталь и вовсе несимметричная, но когда оставление части вида поможет чтению чертежа, а не затруднит его, и, в то же время, позволит обойтись меньшим количеством видов – не понадобится давать еще один. В общем, руководствуются стремлением, предписанным стандартом, чтобы количество изображений было минимальным, но достаточным для чтения формы детали и указания необходимых размеров (рис. 3.16).

Само по себе изображение, если на нем не видно новой информации о форме детали, а все размеры с него можно перенести на другие изображения, ничего не дает, и его вычерчивание – неоправданная трата времени. В таком изображении, в общем, просто нет необходимости.

Конечно, для чтения чертежей с такой сконцентрированной на нескольких изображениях графической информацией, требуется развитое пространственное воображение и опыт. Но такова сложившаяся практика выполнения чертежей машиностроительных деталей и изделий – не стремятся делать лишних изображений, чтобы было, как говорится, понятнее, а напротив – соединяя разрезы с видами, уменьшают количество изображений до приемлемого минимума. Но для специалистов такая минимизация количества изображений не является препятствием для чтения чертежа и понимания приведенной конструкции.

Вопрос о необходимом количестве изображений решают вкуче с применением при нанесении размеров таких знаков, как «квадрат», свидетельствующий о призматичности формы детали, и «диаметр», свидетельствующий о ее цилиндричности. Эти знаки избавляют от необходимости выполнять осевой вид детали, если других особенностей конструкции на этих формах нет (рис. 1.21).

Оставление, при выполнении разреза, части вида полезно еще и тем, помимо представления о внешнем облике детали, что на нем можно выполнить местный разрез, не обозначая и не вынося его на свободное поле чертежа, если это не мешает чтению чертежа в целом (рис. 3.16).

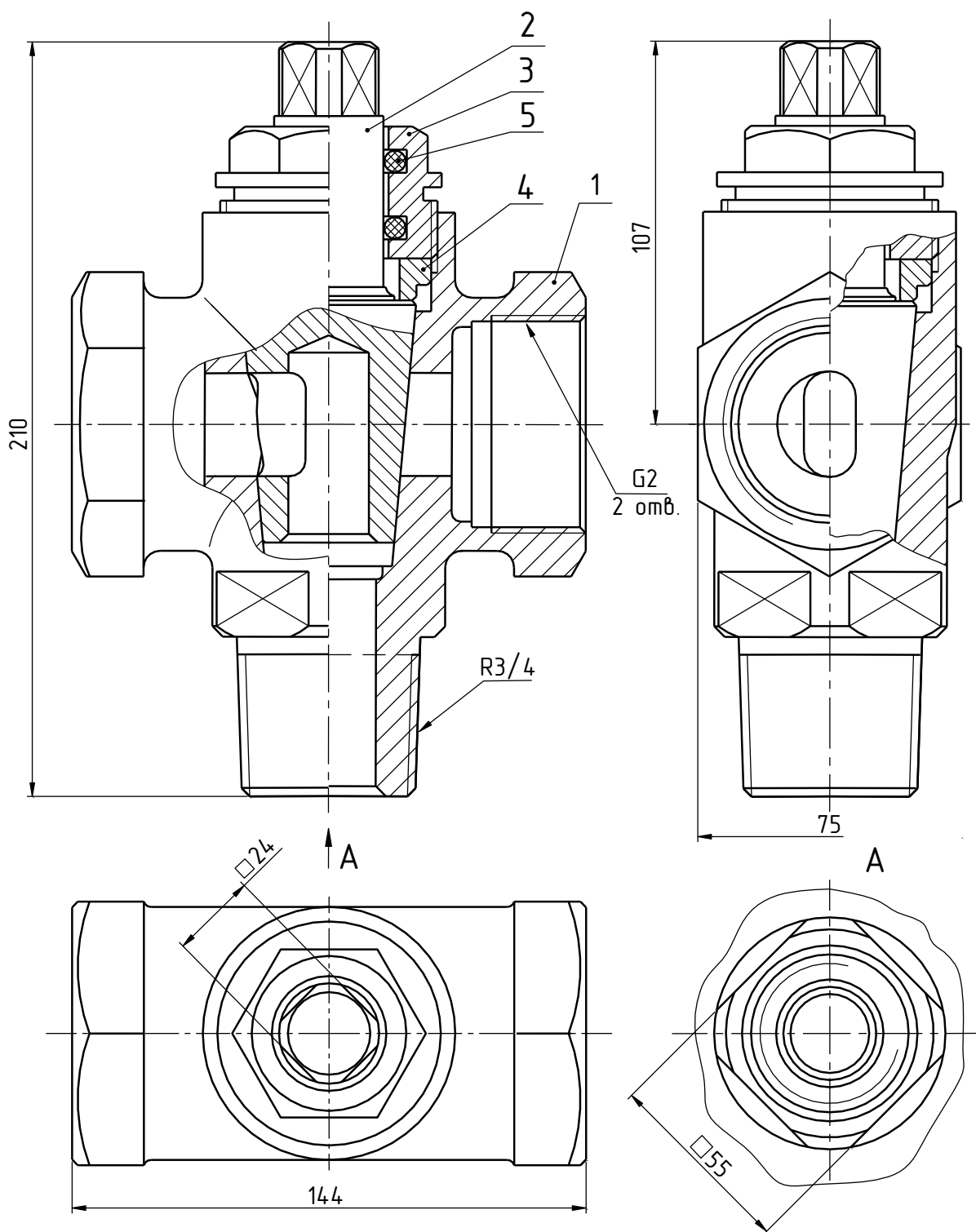


Рис. 3.32. Соединение вида с разрезом на чертеже изделия, в конструкции которого имеет место незначительное несоблюдение симметрии – из-за бокового овального отверстия в пробке: в той части, где симметрия имеет место, вид и разрез соединены по тонкой штрихпунктирной линии; в остальной, несимметричной части – по тонкой волнистой линии

Такая практика выполнения чертежей с разрезами строго установлена стандартом (ГОСТ 2.305-2008 «Изображения – виды, разрезы, сечения»). Правда, могут быть и исключения, оговоренные там же. Так, некий элемент

детали может находиться сзади нее, и на рассматриваемом виде он не должен изображаться, так как применение штриховых линий должно быть исключено. Тогда, чтобы из-за этого несложного элемента не вычерчивать специально вид, его допускается все-таки показать штриховыми линиями (рис. 3.33).

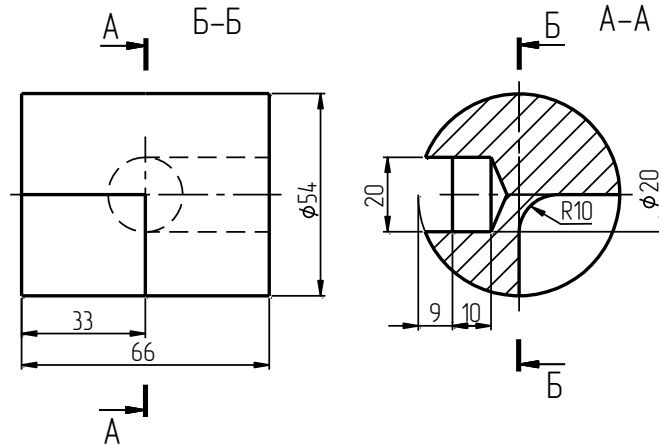


Рис. 3.33. Использование на чертеже в порядке исключения штриховых линий для изображения невидимого контура детали

Возможен и другой исключительный случай, что некий элемент конструкции находится впереди – перед воображаемой секущей плоскостью выполненного разреза. В соответствии с правилами выполнения разреза он, как известно, должен быть отброшен. И вот, чтобы не давать еще один вид по такому незначительному поводу, форма этого элемента может быть приведена как «наложенная проекция» поверх разреза утолщенной штрих-пунктирной линией, согласно ГОСТ 2.303-68 «Линии» (рис. 3.34).

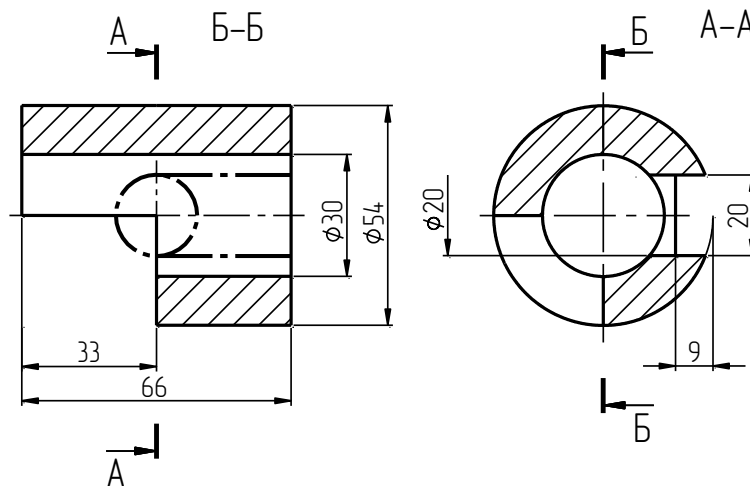


Рис. 3.34. Использование на чертеже в порядке исключения наложенной проекции для изображения контура детали, расположенной перед секущей плоскостью разреза Б-Б

На рис. 3.35 можно видеть также еще одну особенность выполнения чертежей с разрезами, когда в целом на несимметричной конструкции вен-

тия, на чертеже которой вид с разрезом соединяют по тонкой волнистой линии, разрез находящейся внутри нее симметричной детали соединен с ее видом по оси симметрии. Речь идет о посаженном на нижний конец шпинделя клапане 7. Это же можно видеть и на рис. 3.31 (см. детали 6 и 8).

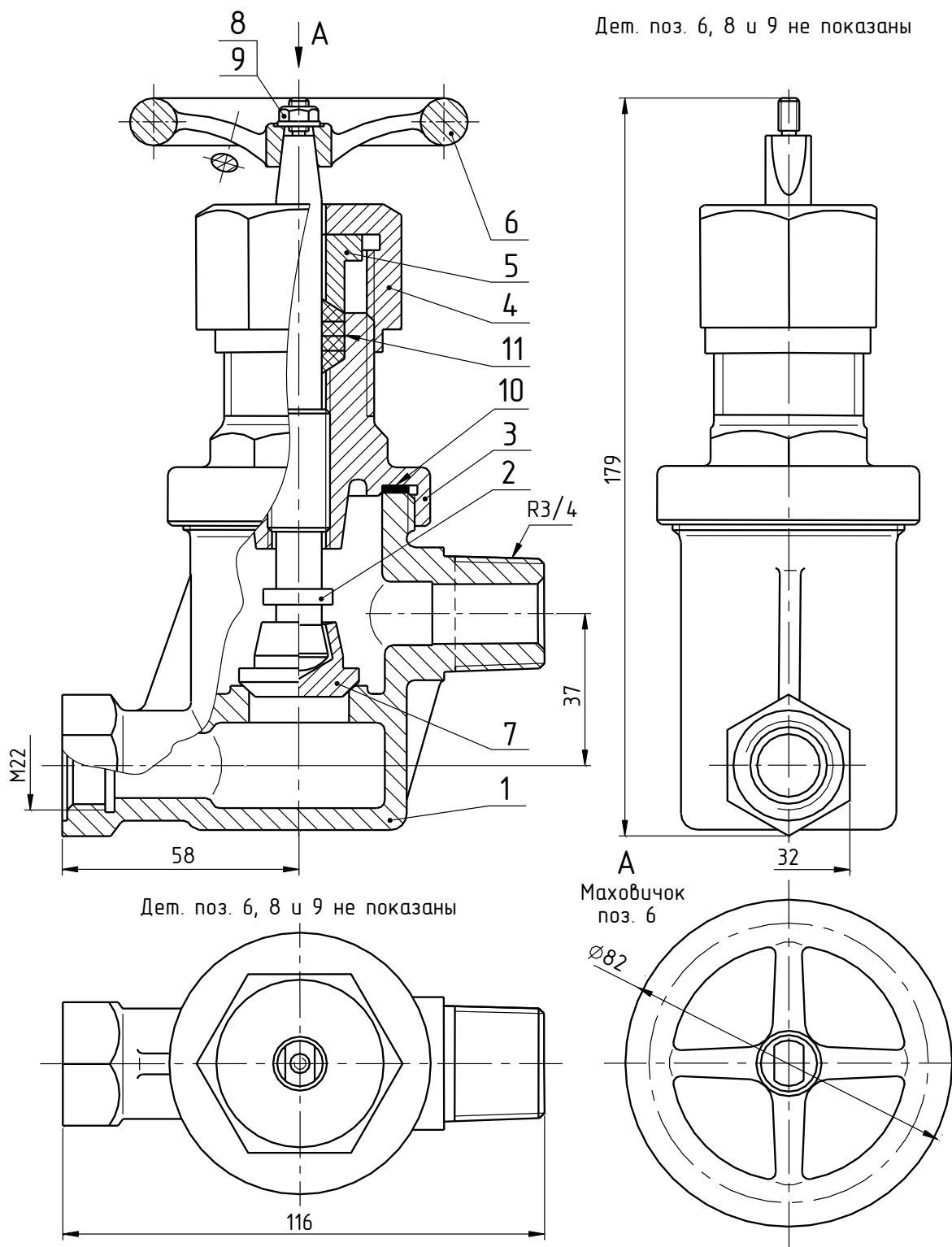


Рис. 3.35. Соединение вида и разреза по тонкой волнистой линии в случае, если изображение не является симметричным

Таким образом, если соединяются половина вида и половина разреза, и каждое из этих изображений является симметричной фигурой, то разделяющей линией между этими частями служит ось симметрии, выполняемая тонкой штрихпунктирной линией (рис. 3.36).

Что касается относительного положения вида и разреза, то разрез располагают, как правило, справа от вида или снизу от него (рис. 3.36).

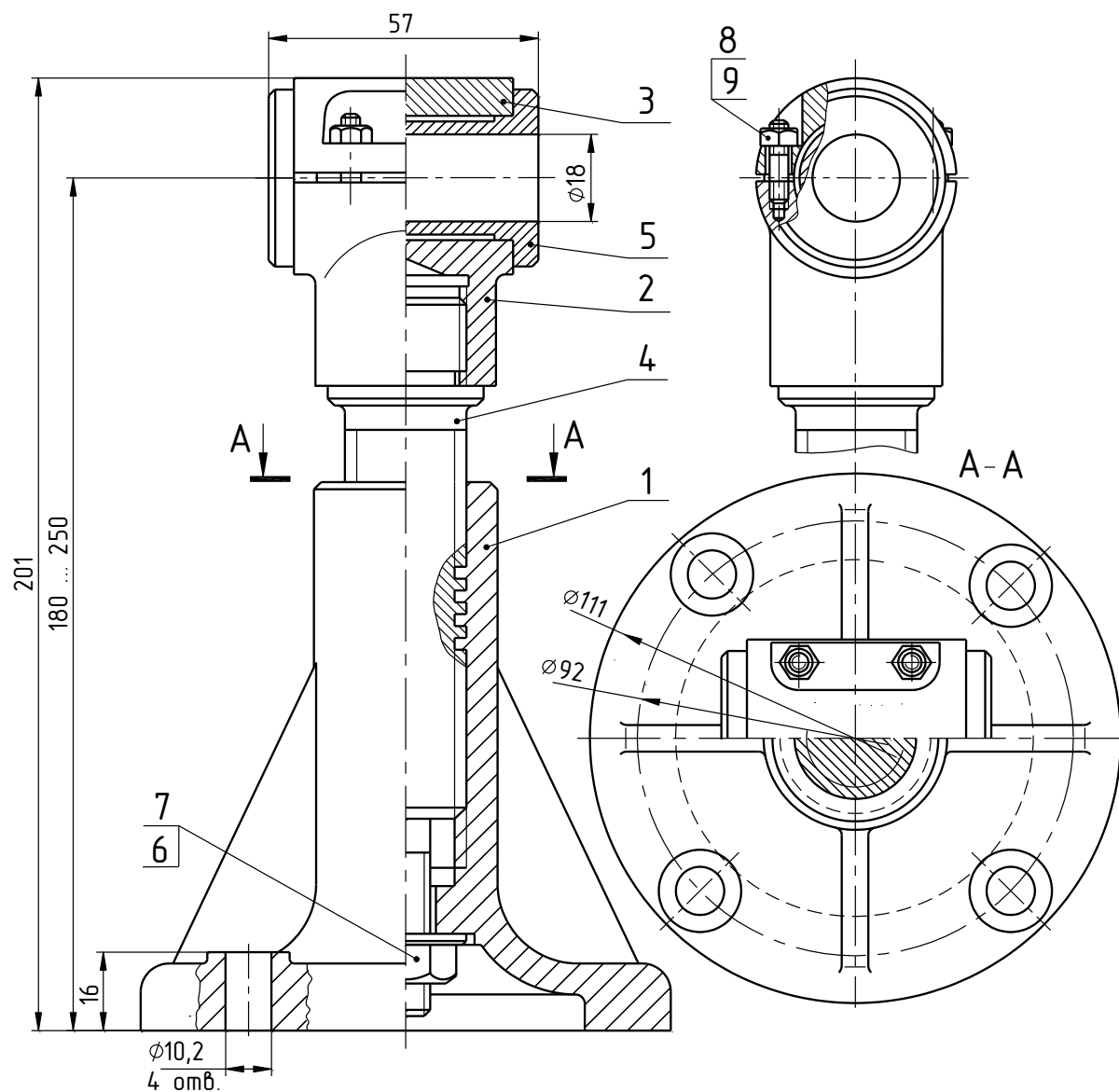


Рис. 3.36. Относительное расположение вида и разреза при их соединении в одном изображении – вид слева или сверху, разрез справа или снизу

Если симметрия отсутствует, то вид и разрез соединяют, как указывалось, по тонкой волнистой линии (рис. 3.35).

Некоторые элементы конструкции и детали показывают на разрезе не рассеченными, хотя они и попадают в секущую плоскость – их просто не штрихуют. Это тонкие стенки, ребра, спицы и т. п., которые не штрихуют

при их продольном рассечении. Так, на рис. 3.36 условно не заштриховано ребро жесткости несущего основания (деталь 1, справа), хотя вдоль него проходит воображаемая секущая плоскость, а на рис. 3.35 – спица маховичка б запорного вентиля (маховичок б посажен на верхний конец шпинделя 2, находящийся снаружи).

Показывают в разрезе при продольном рассечении целиком некоторые отдельные детали, а не только упомянутые элементы деталей. К таким не показываемым в разрезе деталям относят валы, другие подобные им детали в виде тел вращения, болты, винты, шпильки, гайки, шайбы, шпонки и многое другое. В их рассечении просто нет необходимости, если они не содержат внутри полости, отверстия, пазы и прочее.

Если перечисленное все же имеет место, то для того, чтобы показать, на какую глубину выполнены эти конструктивные элементы, прибегают к ограниченному местным разрезам.

Так, на рис. 3.35 показан не рассеченной центральная деталь – шпиндель 2, а на рис. 3.31 аналогичная деталь (шпиндель 5) содержит только местный разрез из-за того, что необходимо показать выполненное на нижнем конце шпинделя осевое отверстие с резьбой, в которое ввинчена некая другая деталь – полусферический подпятник 7 (тоже не нуждающийся в том, чтобы его показывать в разрезе). На рис. 3.36 также не показан в разрезе ходовой несущий винт 4. Этот разрез не имел бы смысла – он никакой дополнительной информации не дал бы. Но там все-таки есть небольшой фрагмент местного разреза, который выполнен только лишь с целью показать, что резьба у этого винта прямоугольная. А так, весь винт в остальном не разрезан. В общем, выполнение разрезов всегда должно нести какую-то смысловую нагрузку – например, заглянуть куда-то внутрь. Если внутри ничего нет, то и разрез не выполняют.

На упомянутых трех чертежах сборочных единиц можно видеть также не рассеченными стандартные гайки, шпиль, шайбы. Их потому и не показывают в разрезе, что они стандартные и особенности их конструкции более подробно отображать нет необходимости – с ними и так все понятно.

Допускается также разделение разреза и вида штрихпунктирной тонкой линией (рис. 3.37), совпадающей со следом плоскости симметрии не всего предмета, а лишь его части, если она представляет собой тело вращения.

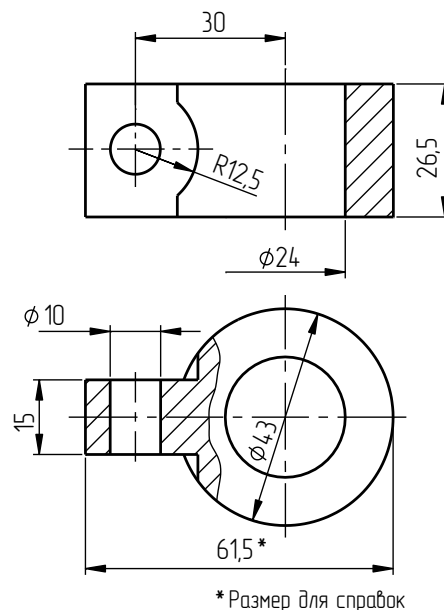


Рис. 3.37. Разделение разреза и вида штрихпунктирной тонкой линией (вверху), совпадающей со следом плоскости симметрии не всего предмета, а лишь его части, если она представляет собой тело вращения

Обозначение разрезов.

Как было рассмотрено, разрезы обозначают не всегда. Их не обозначают, когда положение секущей плоскости может быть понято по умолчанию. Этот вопрос решается в каждом конкретном случае, и это имеет значение при чтении чертежей. Прежде всего, не обозначают разрезы на чертежах, состоящих из одного основного изображения – собственно, самого разреза (рис. 3.4–3.7, 3.10–3.12, 3.14 и 3.19), – и местные разрезы (рис. 3.28).

Но также не обозначают разрезы, выполняемые по плоскостям симметрии детали, что лишний раз свидетельствует о наличии в ее конструкции той самой симметрии (рис. 3.9, 3.18, 3.21). Если разрез должен быть обозначен, то положение секущей плоскости указывают разомкнутой линией. Это было рассмотрено при анализе чертежей на рис. 3.15–3.17, содержащих простые разрезы.

Длина штрихов разомкнутой линии, предпочтительно располагаемых за пределами изображения, должна составлять от 8 до 20 мм в соответствии с ГОСТ 2.303-68 «Линии». В крайнем случае, штрихи разомкнутой линии не должны пересекать контур соответствующего сечения. У внешних концов разомкнутой линии (на расстоянии 2...3 мм от них) наносят стрелки, посредством которых указывают направление проецирования (взгляда). С внешней стороны стрелок наносят буквенное обозначение – имя разреза (рис. 3.39). Для этого необходимо использовать прописные буквы русского алфавита, причем в алфавитном порядке без повторений и пропусков, за исключением букв **Й, О, Х, Ъ, Ы, Ь**, которые не используют.



Рис. 3.38. Обозначение на чертежах положения секущей плоскости и направления проецирования (взгляда)

Сложные разрезы (ступенчатые, ломаные или их комбинация) обозначают всегда, так как необходимо показывать положение секущих плоскостей. При этом внутри изображения также наносят штрихи разомкнутой линии, которыми показывают, где заканчивается одна секущая плоскость и начинается вторая, как это было проанализировано в описании к чертежам, приведенным на рис. 3.23, 3.25 и 3.27.

Изображение, на котором выполнен разрез, надписывают сверху двумя буквами через черточку – теми же буквами, которыми поименована секущая плоскость, по которой выполнен этот разрез. Если непосредственно сверху, над изображением разреза, окажется недостаточно места, то надпись следует сместить вправо, но сме-

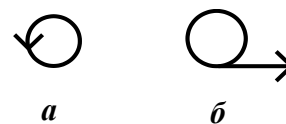


Рис. 3.39. Знаки, применяемые в обозначении разрезов и сечений (диаметр знака – 5 мм min): **a** – повернуто; **б** – развернуто

щать недалеко – настолько недалеко, чтобы было очевидным, к какому изображению она относится.

При необходимости рядом с надписью помещают знак «повернуто» (рис. 3.30), а если нужно – то в скобках указывают и масштаб изображения, если он отличается от масштаба чертежа. Масштаб чертежа определяет масштаб изображений, расположенных в непосредственной проекционной связи друг с другом на основных плоскостях проекций, его принимают за масштаб выполнения документа и записывают в соответствующем реквизите основной надписи согласно ГОСТ 2.104-2006 «Основные надписи» (рис. 3.27). Все иные изображения, выполненные на чертеже в ином масштабе, должны иметь о нем указания, как указывалось (см. описание к рис. 3.9).

3.1.3. Сечения

Сечение – это изображение только контуров предмета (внешних и внутренних) по линии его рассечения воображаемой плоскостью (рис. 3.40). При этом, как и при выполнении разреза, часть предмета, расположенную перед секущей плоскостью, мысленно удаляют, но, в отличие от рассмотренных правил выполнения разрезов, не изображают и ту часть вида, которая находится за секущей плоскостью.

Сечение *не входящее* в состав разреза применяют в тех случаях, когда его как одного из типов изображения будет достаточно самого по себе. Например, чтобы показать некоторые недостающие на чертеже размеры и когда в изображении разреза просто не возникает необходимости. Преследуемая при этом цель – уменьшение объема графической работы и обеспечение большей ясности при чтении чертежа. В частности, сечения применяют на чертежах валов в тех местах, где необходимо показать форму того или иного конструктивного элемента, например, шпоночного паза, шлицев, призматического участка, согласно рис. 3.40.

Другими примерами выполнения на чертежах сечений является стремление показать сложный профиль различного рода изделий, получаемых прокаткой металла – уголков, швеллеров, тавров, двутавров, профильных труб различной формы и др. (рис. 3.41–3.44).

Как правило, сечения располагают за пределами вида, как показано на рис. 3.40. При этом сечение не обозначают при выполнении следующих условий: оно выполнено в том же масштабе, что и весь чертеж, указываемом в его основной надписи; сечение расположено на оси (штрихпунктирной линии), являющейся следом секущей плоскости; сечение симметрично относительно следа секущей плоскости (см. на рис. 3.40 сечение, выполненное по призматической части вала – представляет собой квадрат с закругленными углами).

Обозначение сечений.

Если хотя бы одно из перечисленных условий не выполняется, то сечение следует обозначать – необходимо разомкнутой линией указать по-

ложение секущей плоскости, а перпендикулярными к этой линии стрелками у ее внешних концов указать направление проецирования (взгляда).

У каждой стрелки с внешней стороны обозначения должна находиться прописная буква, указывающая *имя сечения*. Этими же двумя буквами через тире выполненное сечение должно быть и надписано (рис. 3.40). В общем, обозначение выполненного сечения полностью аналогично обозначению простых разрезов (см. рис. 3.33 и 3.34).

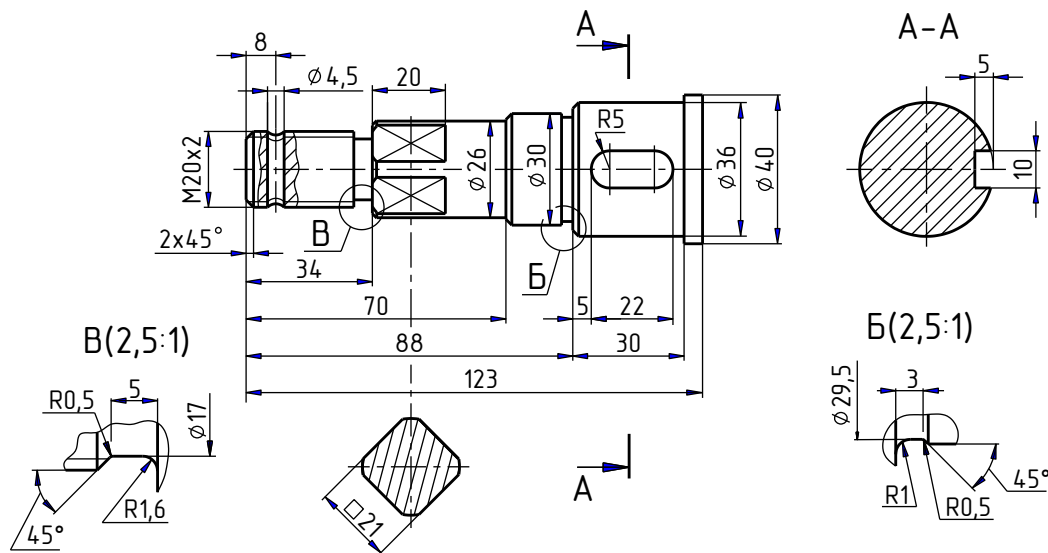


Рис. 3.40. Выполнение сечений и выносных элементов на чертеже

Если масштаб сечения отличается от указанного в основной надписи чертежа, его приводят в скобках рядом с буквенным обозначением (рис. 3.41) подобно тому, как поступают в подобном случае с обозначением разрезов. Подобно выполнению дополнительных видов и разрезов, сечения также могут изображаться повернутыми, и тогда рядом с буквенным обозначением также изображают знак «повернуто» (рис. 3.42).

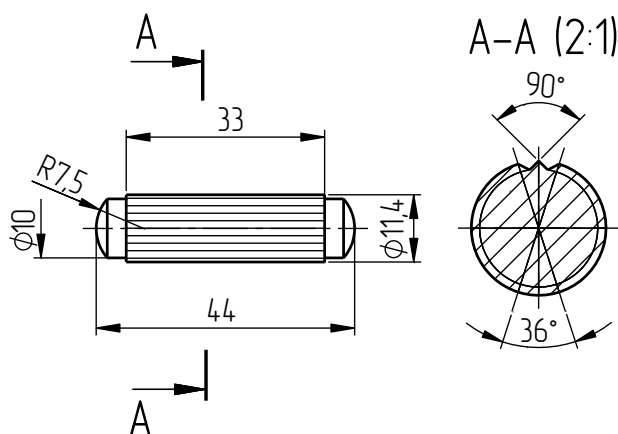


Рис. 3.41. Выполнение сечения в масштабе увеличения: масштаб увеличения указан в скобках рядом с обозначением

Приведенные на рис. 3.40–3.42 сечения называются *вынесенными*. Они располагаются за пределами основного вида – на свободном поле чертежа.

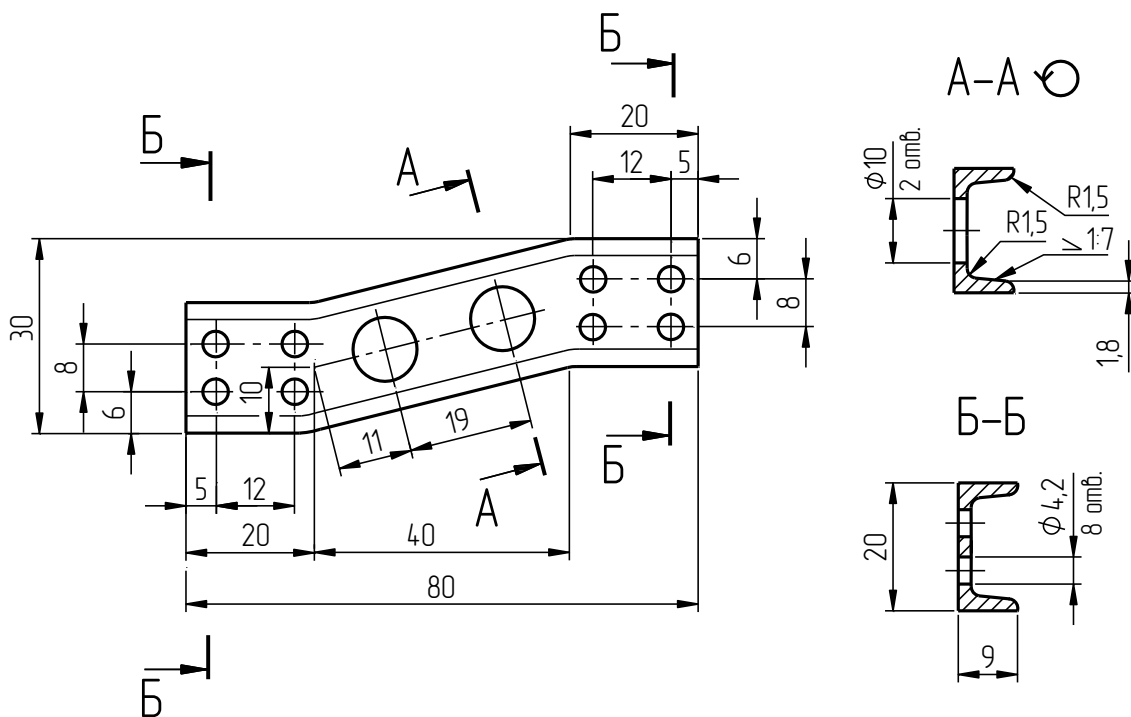


Рис. 3.42. Выполнение сечений, которые необходимо обозначать, указывая направление проецирования (взгляда) из-за несимметричности их формы (выполненное наклонным сечением А-А, кроме того, повернуто в вертикальное положение, и к его буквенному обозначению добавлен знак «повернуто»)

Но если основной вид позволяет, то сечение может располагаться непосредственно на нем – *поверх вида*, вдоль следа секущей плоскости в положении, параллельном плоскости проекций. Его контур в этом случае выполняют тонкой линией. Называется такое сечение *наложенным*. Его не обозначают, если оно симметричное (рис. 3.43). При отсутствии симметрии, стрелками к разомкнутой линии (без буквенного обозначения) указывают направление проецирования (взгляда, рис. 3.44).

Наложённое сечение можно располагать также *в разрыве вида*. Тогда контур сечения вычерчивается, как обычно –

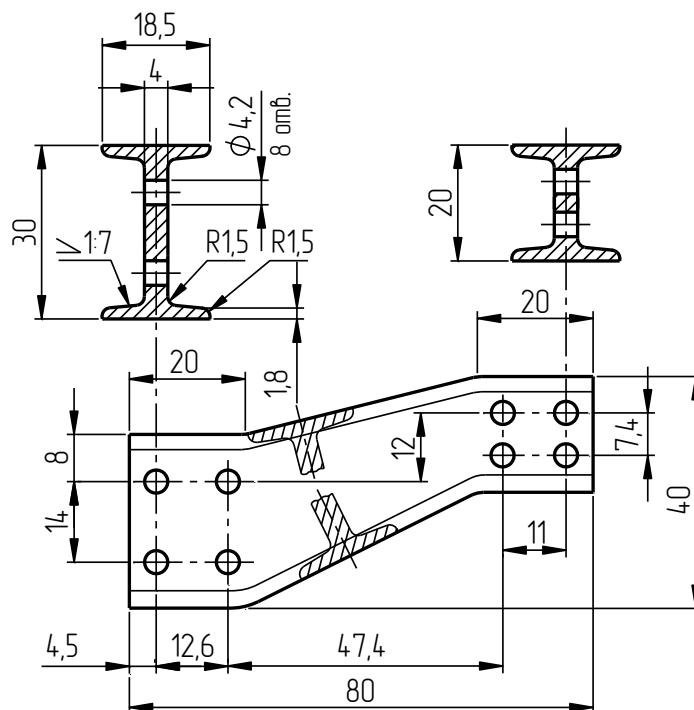


Рис. 3.43. Выполнение вынесенных и наложенных сечений симметричной формы – не обозначаемых

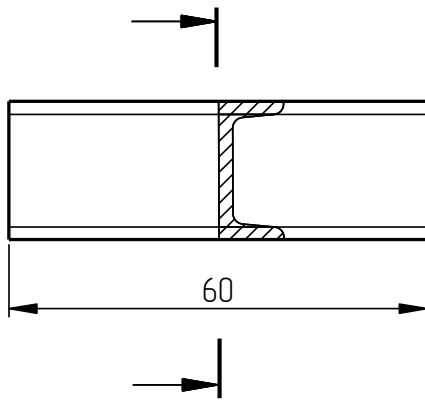


Рис. 3.44. Выполнение сечения, налагаемого на вид – указано направление проецирования (взгляда) из-за несимметричности формы сечения (буквами не именуется)

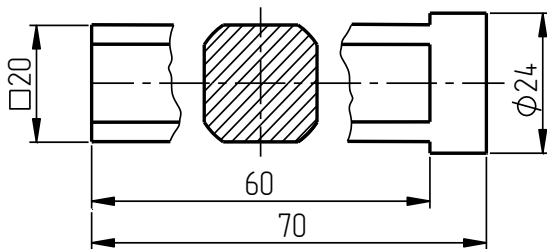


Рис. 3.45. Выполнение наложенного сечения симметричной формы в разрыве вида (обозначение не производится)

толстой линией. При симметричности такого сечения, его не обозначают (рис. 3.45). Если же оно не симметричное, то стрелками к разомкнутой линии (без буквенного наименования сечения) указывают направление проецирования (взгляда, рис. 3.46), как и в выше рассмотренном случае для сечения, налагаемого на вид без разрыва вида.

Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей сквозное отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления показывают полностью – не прерывают (как на разрезе). На отверстия и углубления другой формы это условное допущение не распространяется.

Это может приводить к тому, что сечение в таких случаях распадется на части, и чтобы этого не происходило, сечению тогда предпочитают разрез, как на рис. 3.47, где отверстия выполнены в форме прорезей.

Таким образом, если сравнивать разрез и сечения, то там и там присутствует некий контур, находящийся в воображаемой секущей плоскости. Наличие этого контура, причем заштрихованного, является общим графическим элементом для сечения и разреза.

Он может быть только внешним, но чаще также и внутренним, в случае выполнения в предмете полостей и отверстий. Собственно, разрезы и выполняют для того, чтобы показать эти полости и отверстия, не прибегая к штриховым линиям.

Необходимость выполнения изображений деталей, мысленно рассеченных в нужном месте воображаемой плоскостью, можно обосновать тем, что так будет проще прочесть (понять) чертеж. Если изображать в одном и том же месте сплошные толстые линии видимых контуров детали, а поверх них – штриховые тонкие линии ее невидимых контуров (внутренних), то разобраться в этих линиях будет порой довольно сложно. Они будут где-то даже налагаться друг на друга (штриховые линии будут не видны, сливаясь с основными линиями), а где-то будут пересекаться – попробуй, разбери, где здесь что, чтобы представить внешнюю и внутреннюю формы детали, и на чтение чертежа потребуется больше времени.

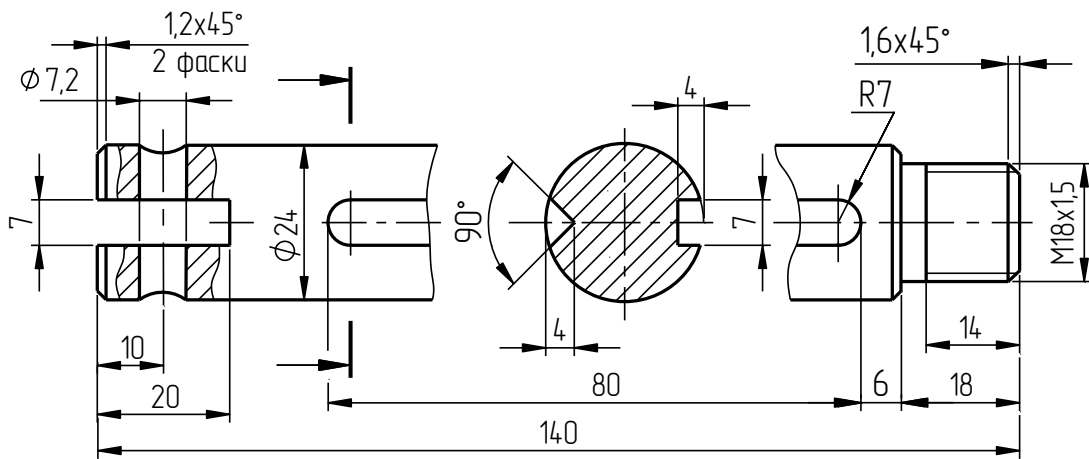


Рис. 3.46. В обозначении несимметричного сечения, выполненного в разрыве вида, указывается только направление проецирования (взгляда) – наименование сечения буквами не производится

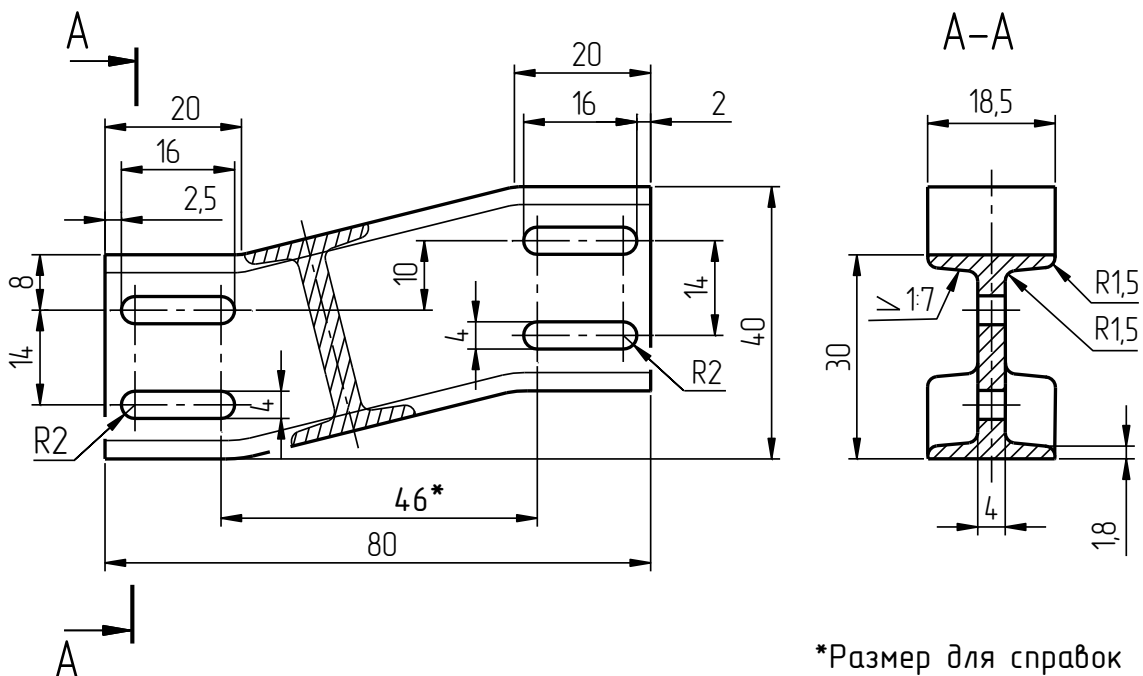


Рис. 3.47. Разрез А-А выполнен взамен сечения, так как секущая плоскость проходит через некруглые отверстия, и сечение распалось бы на части (второе сечение – наложенное)

Другое дело, когда видимый контур будет изображен так, чтобы штриховые линии невидимого контура не мешали читать внешнюю форму детали, равно как и обратное – прочтению линий внутреннего контура детали не мешали бы находящиеся перед ними линии видимого контура. Для этого линии внутреннего и внешнего контуров располагают или в разных местах одного и того же изображения, или – это вообще разные изображения. В первом случае вид и разрез соединяют на одном изображении, разграничивая их или штрихпунктирной линией как след плоскости симмет-

рии детали (рис. 3.12), или волнистой в случае отсутствия симметрии или выполнения разреза на ограниченной части детали – выполнении на виде местного разреза (рис. 1.6).

Возможно даже и такое, что внешняя форма детали настолько проста, что будет читаться благодаря наличию предусмотренных ГОСТ 2.304-81 знаков – знака диаметра или знака призматической поверхности. И тогда отпадает необходимость в изображении вида как такового – ограничиваются разрезом (рис. 3.15).

Всю площадь собственно сечения или – когда оно входит в состав разреза – пространства между внешним и внутренним контурами условно *штрихуют* тонкими линиями – наклонно. Угол наклона линий, как правило, составляет 45° (рис. 3.35). Но есть и исключения, если линии штриховки

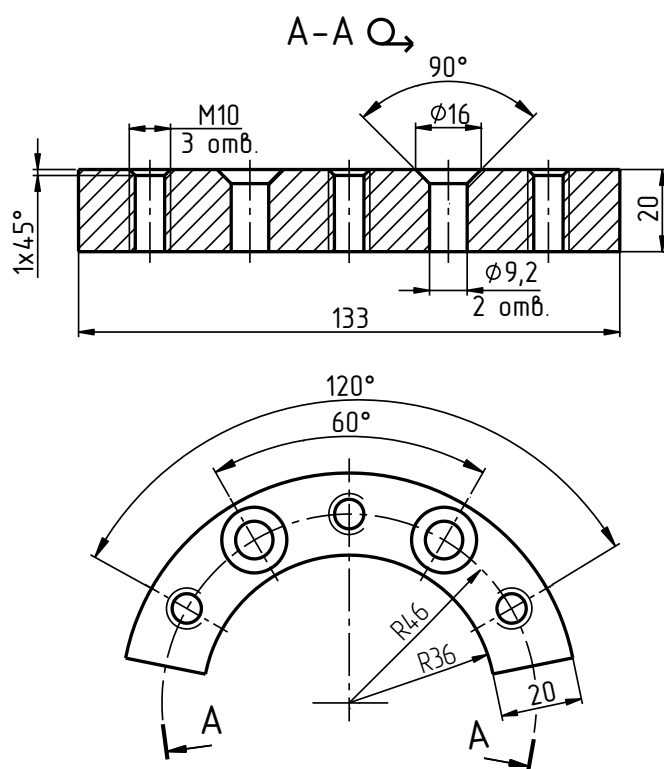


Рис. 3.48. Выполнение на чертеже гнутой детали сечения, выполненного проецирующей цилиндрической поверхностью, развертываемой в плоскость (показано применение специального знака «развернуто»)

Примечание: Основной вид предмета может относиться к предмету в целом, его разрезу или сечению.

3.1.4. Выносные элементы

Выносной элемент – это дополнительное, обычно увеличенное отдельное изображение части предмета (существенно ограниченной). Выносной элемент используют на чертежах, как правило, для размещения какой-

окажутся параллельными большей части контурных линий сечения. Тогда угол штриховки меняют на 30 или 60° (см. штриховку сечений призматических элементов вала на рис. 3.40).

Допускается, при необходимости, выполнять сечение детали не плоскостью, а проецирующей цилиндрической поверхностью, развертываемой затем в плоскость (рис. 3.48).

Обозначение сечений.

Все правила обозначения сечений на чертежах, как было показано, полностью аналогичны обозначению разрезов, с применением знака «повернуто». Но может применяться также знак «развернуто», когда сечение осуществляют цилиндрической поверхностью (рис. 3.39 и 3.48).

либо части предмета, требующей графического и других пояснений в отношении формы, размеров и иных данных.

Выносной элемент может содержать *подробности*, не указанные на соответствующем изображении (рис. 3.49), и может отличаться от него по содержанию (например, изображение может быть видом, а выносной элемент – разрезом, рис. 3.50).

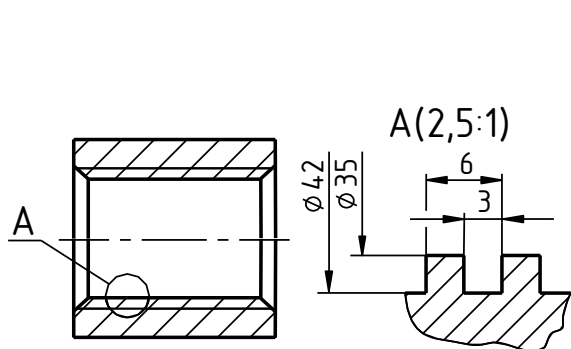


Рис. 3.49. Указание размеров внутренней *прямоугольной* резьбы на выносном элементе

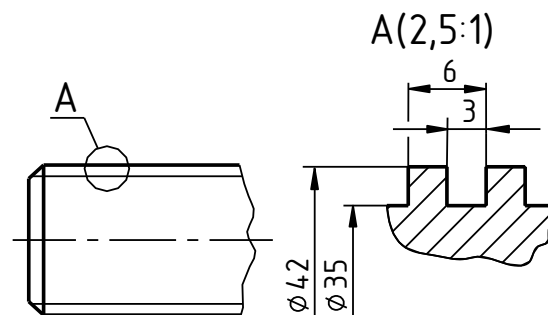


Рис. 3.50. Указание размеров наружной *прямоугольной* резьбы на выносном элементе

Выносные элементы применяют для изображения выполняемых на деталях мелких элементов, коими являются, например, всякого рода технологические элементы – канавки для выхода шлифовального круга, проточки для выхода резьбонарезного инструмента и др. (рис. 3.51 и 3.52). Иногда к применению выносных элементов прибегают при изображении и отдельных конструктивных элементов, например, канавок под уплотнительные кольца или сальниковую набивку, фасок, галтелей, резьб и др., если масштаб, в котором выполнена основная часть изображений на чертеже, недостаточно велик для них – чтобы они были хорошо видны и линии не сливались.

Как правило, технологические и конструктивные элементы являются стандартными – соответствующими тому или иному ГОСТ, и размеры при их вычерчивании выбирают из рекомендованных стандартом таблиц.

Обозначение выносных элементов.

Выносные элементы обозначают следующим образом: ограниченное место на чертеже (виде или разрезе) обводят тонкой замкнутой сплошной линией в форме окружности или овала; затем, используя выносную линию с полкой, обозначают это место прописной буквой русского алфавита; изображают выносной элемент на свободном поле чертежа, желательно поближе к обозначенному месту, насколько это возможно с учетом нанесения размеров – чтобы проще было находить, к какому месту чертежа относится выносной элемент; над изображением выносного элемента прописывают ту же букву, а рядом с ней – масштаб увеличения (в скобках, см. рис. 3.49, 3.50 и 3.52).

3.1.5. Очередность применения букв в обозначениях видов, разрезов, сечений и выносных элементов

При обозначении видов, разрезов, сечений и выносных элементов используют, как было указано, прописные буквы русского алфавита. Но последовательность их применения не произвольная – оговорена стандартом. Вначале, в алфавитном порядке, обозначают виды, затем последующими буквами, без пропусков, обозначают разрезы, после этого – сечения и, в последнюю очередь, обозначают выносные элементы. Как указывалось, не все буквы могут быть применены. Не используют буквы Й, О, Х, Ъ, Ы и Ь.

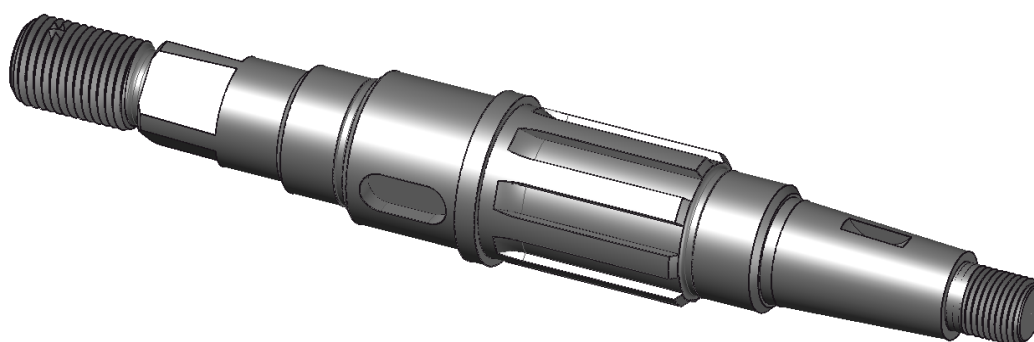


Рис. 3.51. Конструктивные и технологические элементы вала, для указания размеров которых (рис. 3.52) прибегают к выполнению сечений и выносных элементов

Размер шрифта, используемый в обозначении видов, разрезов, сечений и выносных элементов должен быть на номер или два больше, чем размер шрифта, используемого при указании размеров на этом же чертеже (должен выделяться, чтобы легко было находить). Например, если размеры указаны шрифтом номер 5, то для обозначений видов, разрезов, сечений и выносных элементов используют номер 7 или 10.

Количество изображений (видов, разрезов, сечений) должно быть минимальным (вплоть до одного, рис. 3.3–3.6), но обеспечивающим полное представление о предмете с учетом применения установленных в соответствующих стандартах условных обозначений, знаков и надписей.

Для уменьшения количества изображений допускается на видах показывать необходимые невидимые части поверхности предмета с помощью штриховых линий (рис. 3.33 и 3.36).

Масштаб изображений, расположенных в непосредственной проекционной связи друг с другом, принимают за масштаб выполнения конструкторского документа и записывают в соответствующем реквизите основной надписи, согласно ГОСТ 2.104-2006 «Основные надписи». Все иные изображения, выполненные на чертеже в ином масштабе, должны иметь о нем указания.

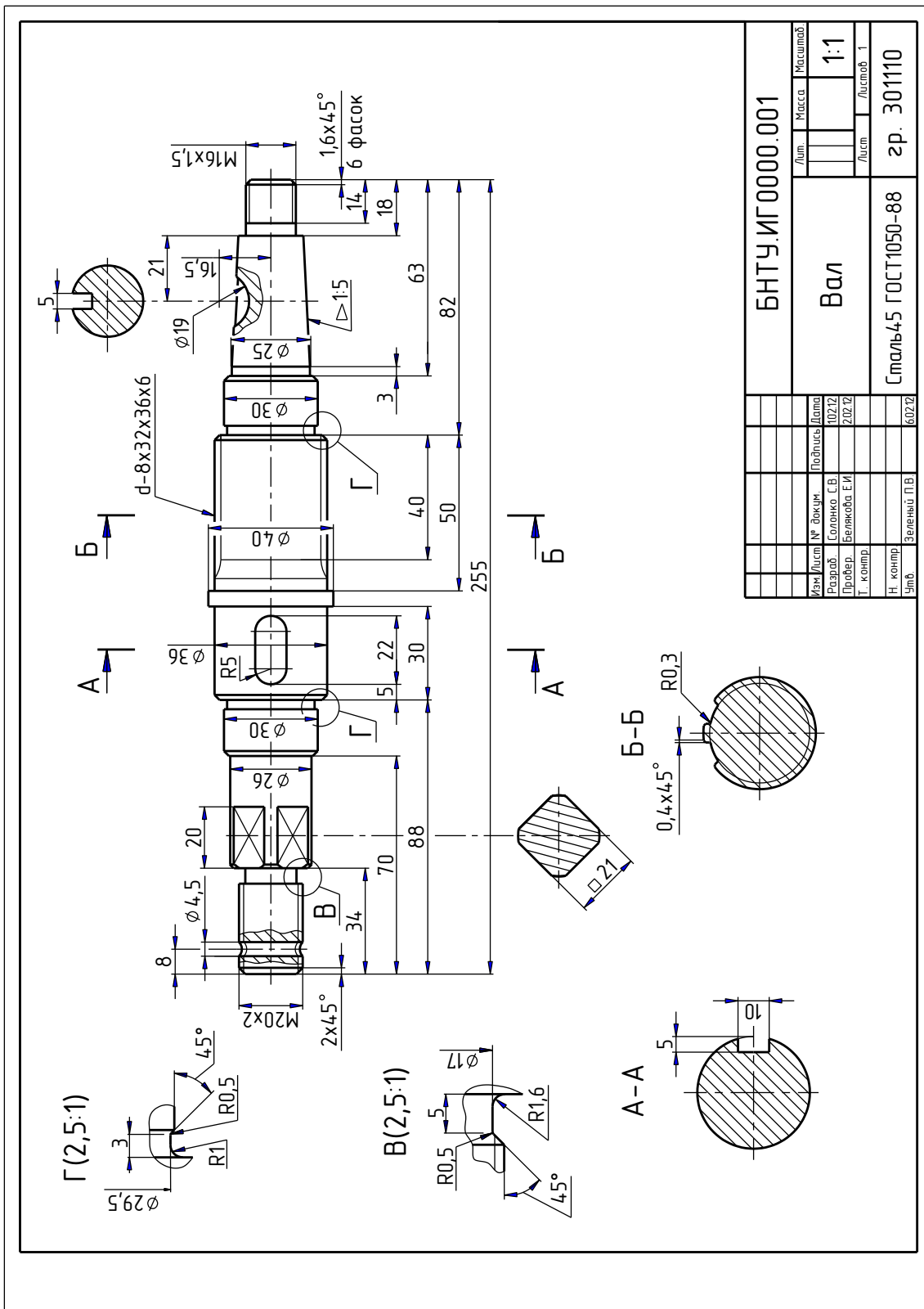


Рис. 3.52. Выполнение на чертеже вала сечений и выносных элементов, их обозначение (к рис. 3.51)

3.1.6. Условности и упрощения на чертежах

Чертеж может иметь различную степень проработки. Насколько она будет подробной, например, будут или не будут отображены все конструктивные и технологические особенности детали, устанавливает разработчик конструкторского документа. При этом разработчик должен исходить из того, какие требования к содержанию конструкторского документа предъявляет ГОСТ 2.103-2013 «Стадии разработки». Кроме того, необходимо учитывать и вид разрабатываемого конструкторского документа согласно ГОСТ 2.102-2013 «Виды и комплектность конструкторских документов».

В свете изложенного, изучаемый в данном разделе ГОСТ 2.305-2008 «Изображения – виды, разрезы, сечения» устанавливает следующие условности и упрощения на чертежах.

Если вид или разрез представляет собой симметричную фигуру, допускается вычерчивать только половину изображения, ограничивая ее с одной стороны тонкой штрихпунктирной линией, то есть его достаточно вычертить до оси симметрии (рис. 3.53). Допускается изображать и немного более половины вида или разреза при необходимости, ограничивая изображение в этом случае тонкой волнистой линией за осью симметрии – линией обрыва (рис. 3.54). Оставление более половины изображения на этом чертеже необходимо, в частности, для нанесения второй выносной линии при указании размера призматической части данной детали (□30).

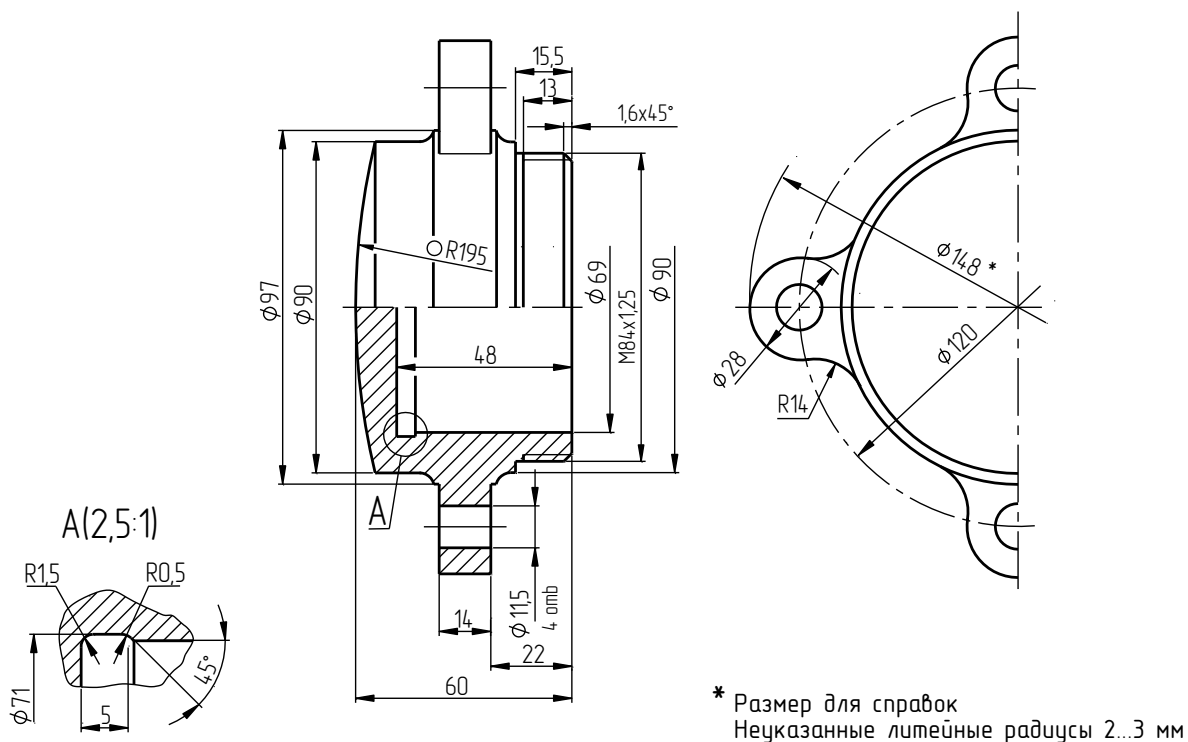


Рис. 3.53. Допускается изображать только половину вида, ограничивая его тонкой штрихпунктирной линией – осью симметрии

Обрыв половины или части вида, а также обрыв половины или части разреза позволяет уменьшить объем графической работы и ускорить разработку конструкторского документа, а также позволяет использовать формат бумажного носителя меньшего размера, если это важно.

Допускается, для уменьшения объема графической работы, когда деталь имеет несколько одинаковых, равномерно расположенных элементов, изображать их не полностью, то есть не все, сколько их там имеется, а показывать один-два таких элемента. Например, вместо 8-ми одинаковых равномерно расположенных отверстий, выполненных на фланце детали, можно показать только одно такое отверстие (или два), и обязательно указать их количество (см. рис. 3.55).

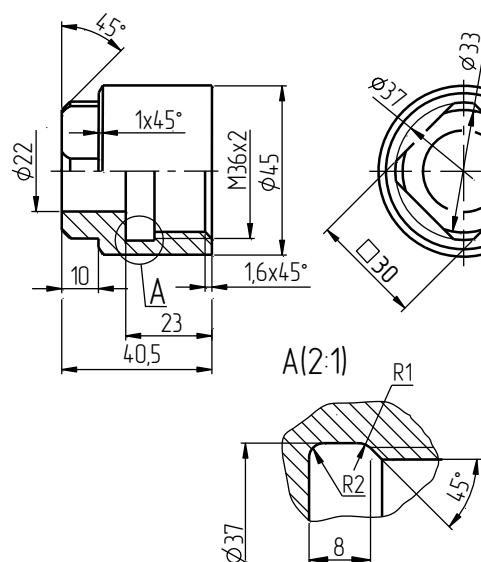
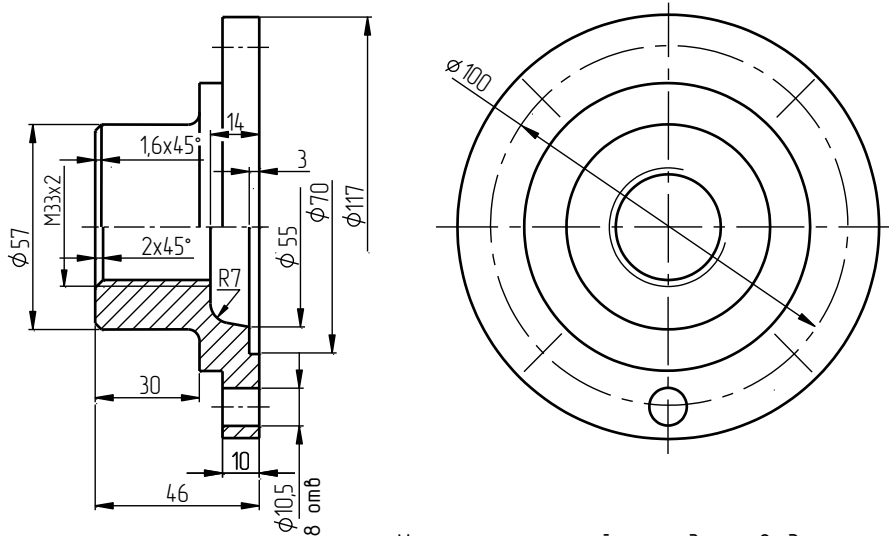


Рис. 3.54. Допускается изображать половину или более половины вида, ограничивая его осевой линией или тонкой волнистой линией – линией обрыва за осью симметрии



Неуказанные литейные радиусы 2...3 мм
Литейные уклоны 7 град

Рис. 3.55. Допускается, в случае равномерного расположения, изображать не все одинаковые отверстия, а одно-два, при условии, что на чертеже будет указано их общее количество

Точно так же поступают и при изображении шлицев, как внешних, так и внутренних – изображают только один зуб: на рис. 3.56 буквой Г обозначен выносной элемент, отражающий конструктивные особенности зубьев внешних шлицев, на примере одного из них, который и изображен; на рис. 3.57 показано тоже самое в отношении зубьев шлицев, выполненных в отверстиях (см. обозначение Б выносного элемента).

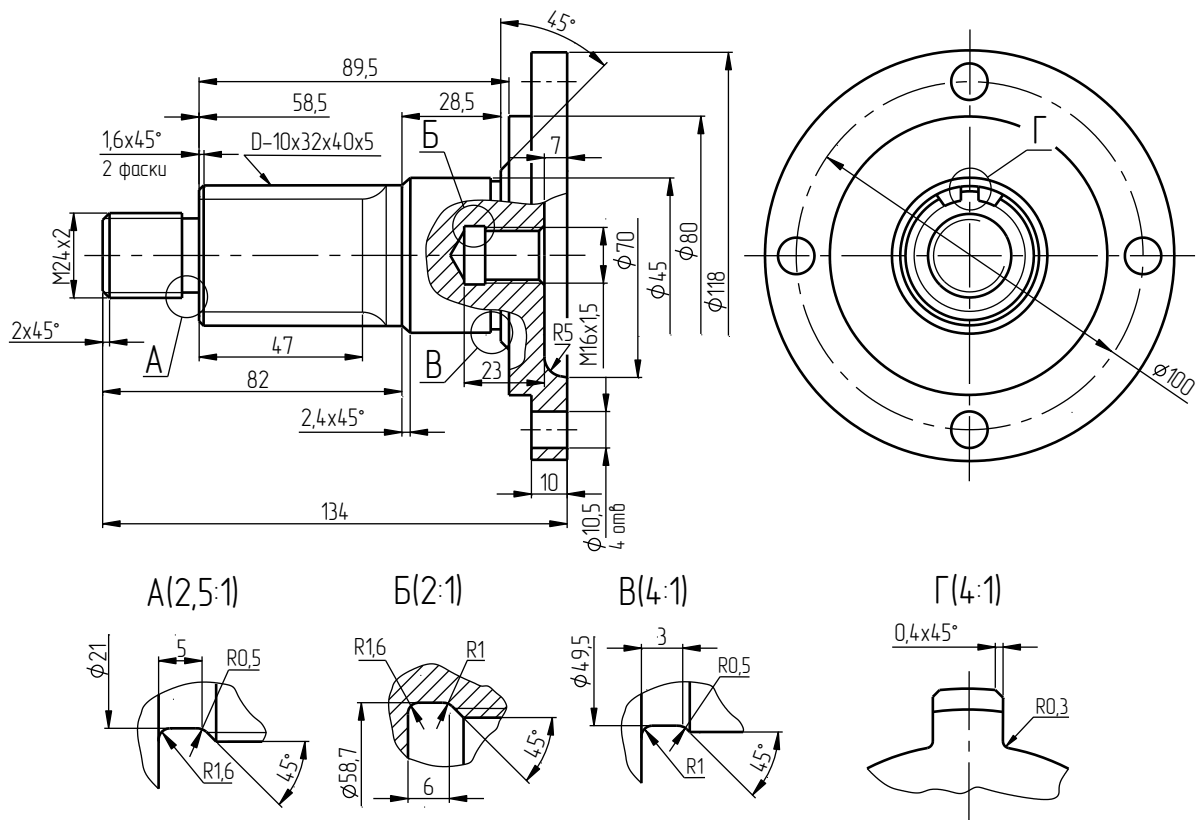
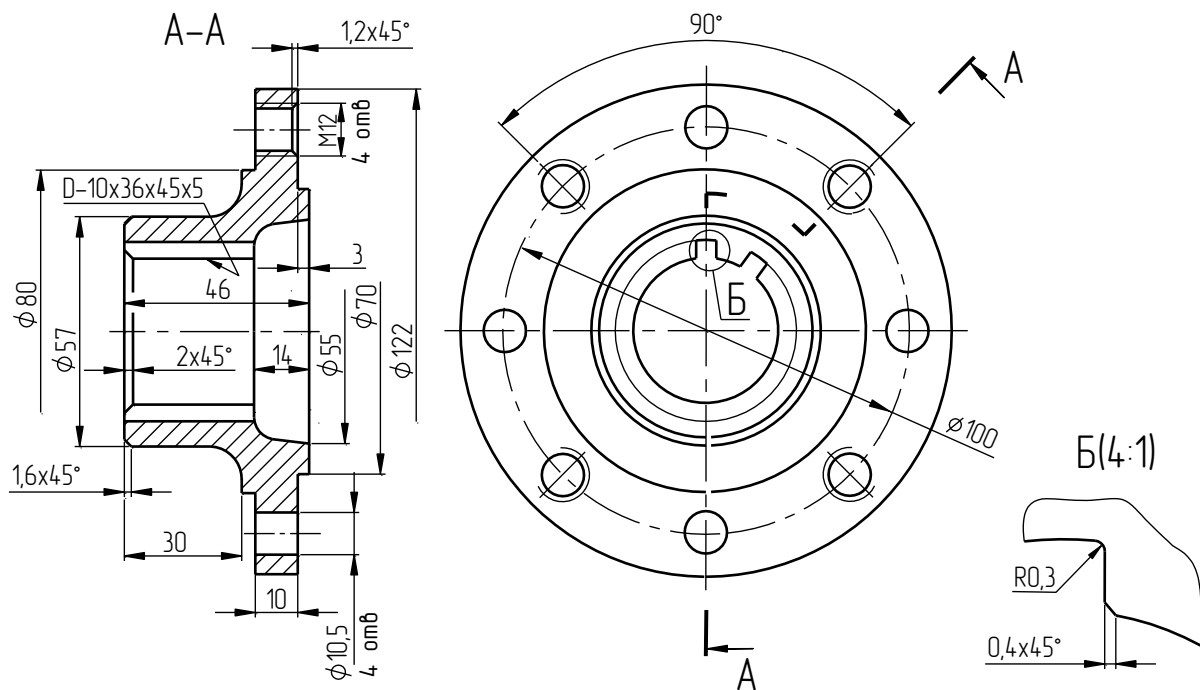


Рис. 3.56. Шлицы на валу изображают условно – тонкой линией, изображая один зуб для выполнения выносного элемента (Г)



Литейные радиусы 5 ... 6 мм
Литейные уклоны 7 град

Рис. 3.57. Шлицы в отверстии изображают условно – тонкой линией, изображая один зуб для выполнения выносного элемента (Б)

Выше рассмотрено, что на чертежах деталей можно показывать не все выполненные на них одинаковые повторяющиеся элементы. Можно показывать только их часть, при условии, что будет указано и общее количество повторяющихся элементов. С этой же целью, то есть с целью сокращения объема графической работы и компактного расположения изображений на чертеже, допускается вообще показывать не всю деталь, а только ее часть, если она представляет собой конструкцию из повторяющихся элементов. Можно показать только часть этих элементов или даже один, и по нему судить обо всей конструкции, раз остальные элементы такие же. Условием для применения такого упрощения чертежа является следующее: деталь должна быть симметричной, а элементы, из которых она состоит, должны быть одинаковыми и расположенными равномерно, то есть быть повторяющимися (рис. 3.58–3.61).

Для сравнения, на рис. 3.58 приведен чертеж детали, литая конструкция которой состоит из 6 одинаковых спиц, объединенных в одно целое охватывающим им ободом и ступицей в центре. Этот чертеж является полным – без сокращения объема графической работы. По нему можно легко представить форму конструкции данной детали, называемой маховичек вентиля, чему способствуют и два поперечных сечения основного элемента конструкции маховичка – спицы, имеющие эллиптическую форму. Такой полный чертеж позволяет без затруднений указать и все необходимые размеры детали.

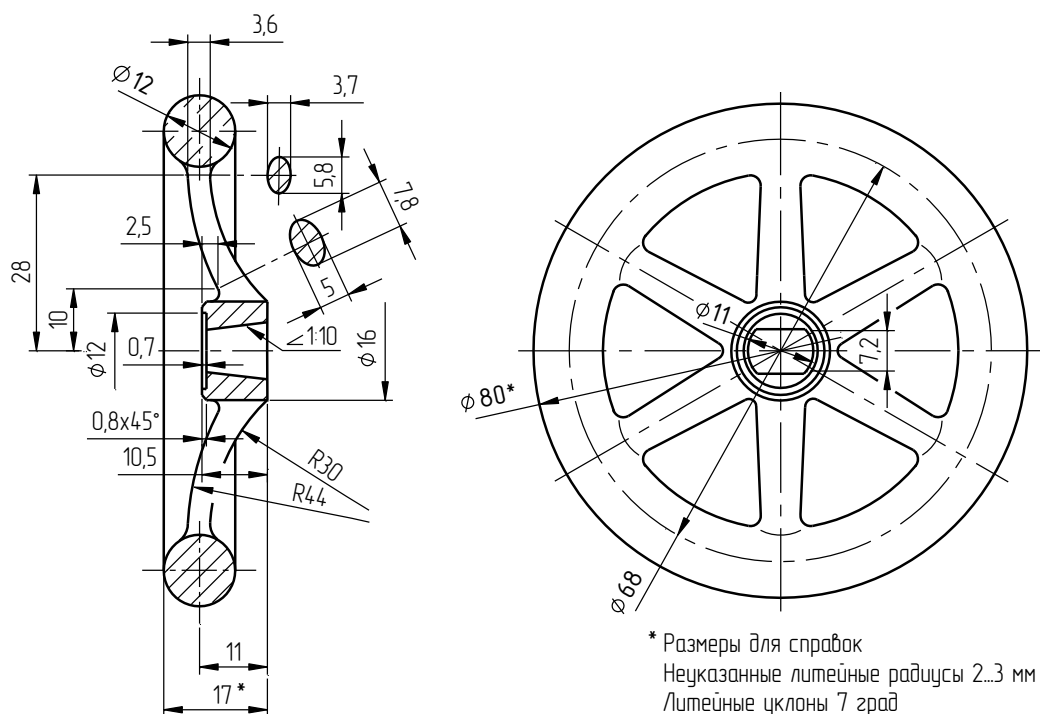


Рис. 3.58. Чертеж детали (маховичек вентиля), в котором необходимые изображения (разрез и вид слева) выполнены полными – без сокращений

На рис. 3.59 применено предусмотренное стандартом ГОСТ 2.305-2008 «Изображения – виды, разрезы, сечения» упрощение чертежа, ранее уже рассмотренное, когда изображение допускается обрывать по оси его симметрии. Зная это, по нему также легко представлять всю конструкцию этой детали, и нанести необходимые размеры, как и по полному чертежу, рассмотренному выше.

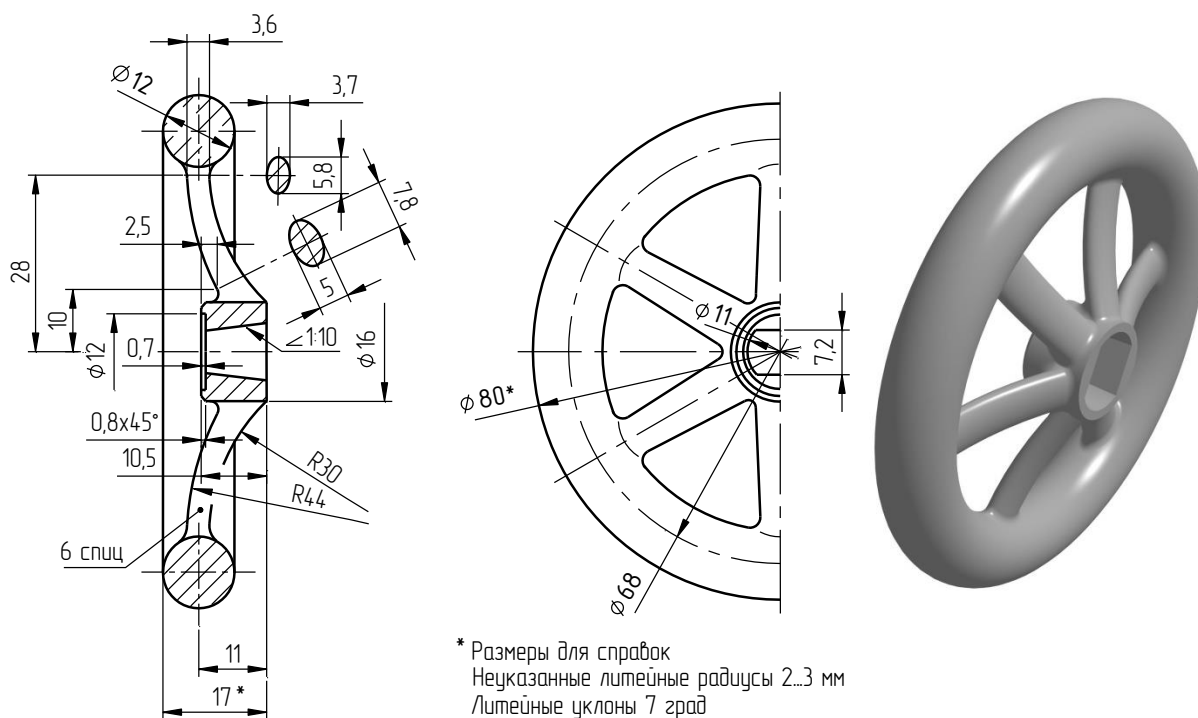


Рис. 3.59. Чертеж детали (маховичка вентиля), в котором вид оборван по оси симметрии – сокращен

На рис. 3.60 применены другие, предусмотренные стандартом ГОСТ 2.305-2008 «Изображения – виды, разрезы, сечения», сокращения, допускаемые при выполнении изображений, когда на виде можно показывать не все повторяющиеся конструктивные элементы, образующие ее конструкцию. В данном примере изображены не все спицы литой конструкции маховичка. Кроме того, для еще большего сокращения объема графической работы, вид оборван по оси его симметрии, как и в предыдущем примере. Тем не менее, зная это, по такому чертежу также легко представлять всю конструкцию этой детали и нанести на нем необходимые размеры.

На рис. 3.61 приведены максимально возможные сокращения, применяемые при выполнении изображений на чертеже в соответствии со стандартом ГОСТ 2.305-2008 «Изображения – виды, разрезы, сечения» без ущерба чтению чертежа. На нем показана только одна спица из шести, а также ступица и фрагмент обода, охватывающего спицы. Такое существенное, максимально возможное, сокращение изображений все же позволяет представлять всю конструкцию данной детали и видеть нанесенные на них необходимые размеры.

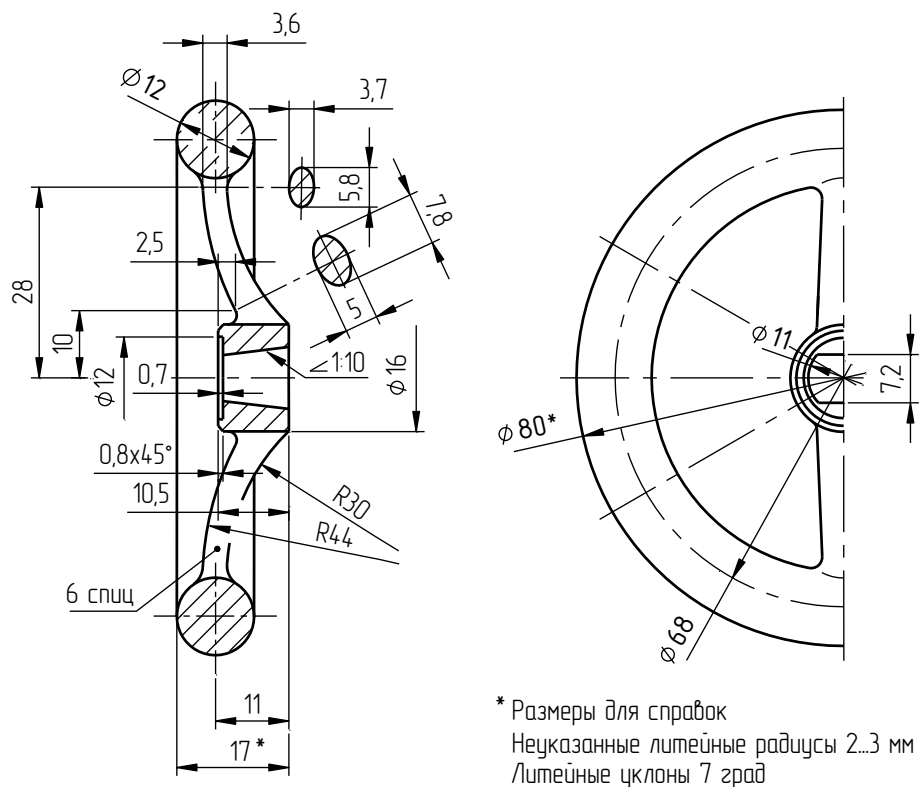


Рис. 3.60. Чертеж детали (маховичка вентиля), на котором условно показаны не все повторяющиеся основные элементы ее литой конструкции – спицы, а вид оборван по оси симметрии – сокращен (общее количество спиц в этом случае должно быть указано на чертеже)

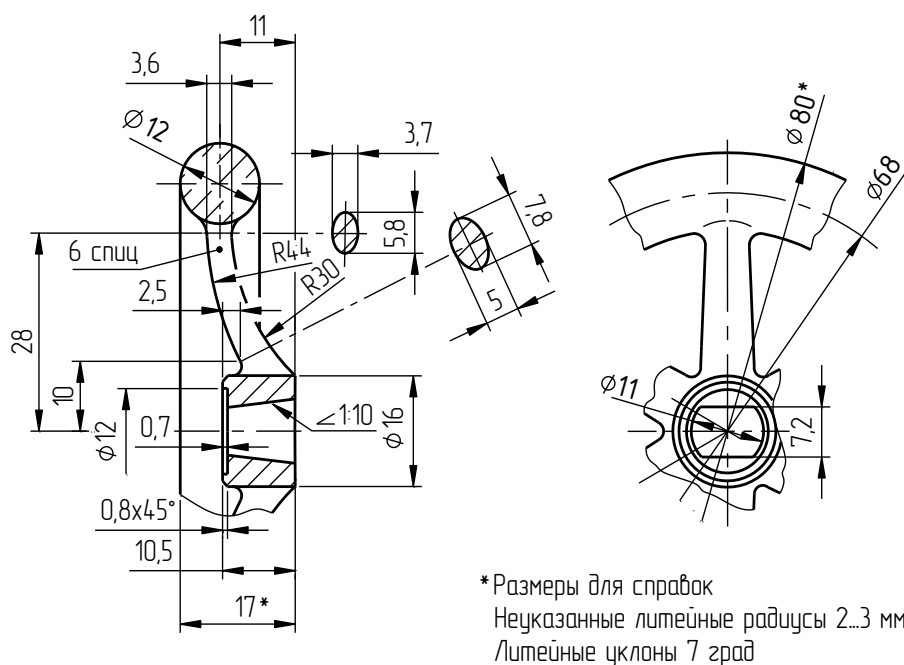


Рис. 3.61. Чертеж детали (маховичка вентиля), на котором максимально применены все предусмотренные стандартом сокращения изображений – показана только одна спица из шести, ступица и фрагмент обода (общее количество спиц в этом случае должно быть указано на чертеже)

На видах и разрезах допускается упрощенно изображать *проекции линий пересечения* (перехода) поверхностей, если не требуется точного их построения. Например, вместо лекальных кривых проводят дуги окружностей (рис. 3.62, а). В других случаях линии пересечения упрощают еще сильнее, заменяя их вовсе прямыми линиями (рис. 3.62, б и рис. 3.63). Эти допущения стандарта вполне оправданы.

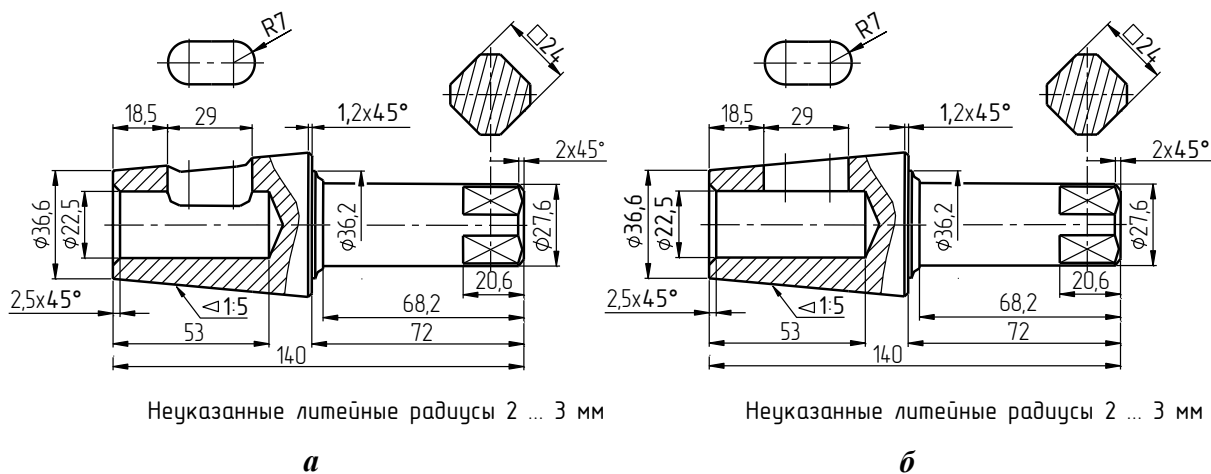


Рис. 3.62. Изображение линий пересечения бокового фигурного отверстия, выполненного в поворотной пробке крана, с ее наружной конической рабочей поверхностью и с выполненным в ней подводщим осевым цилиндрическим каналом: **а** – действительное изображение; **б** – упрощенное, с заменой на прямые линии действительных линий пересечения

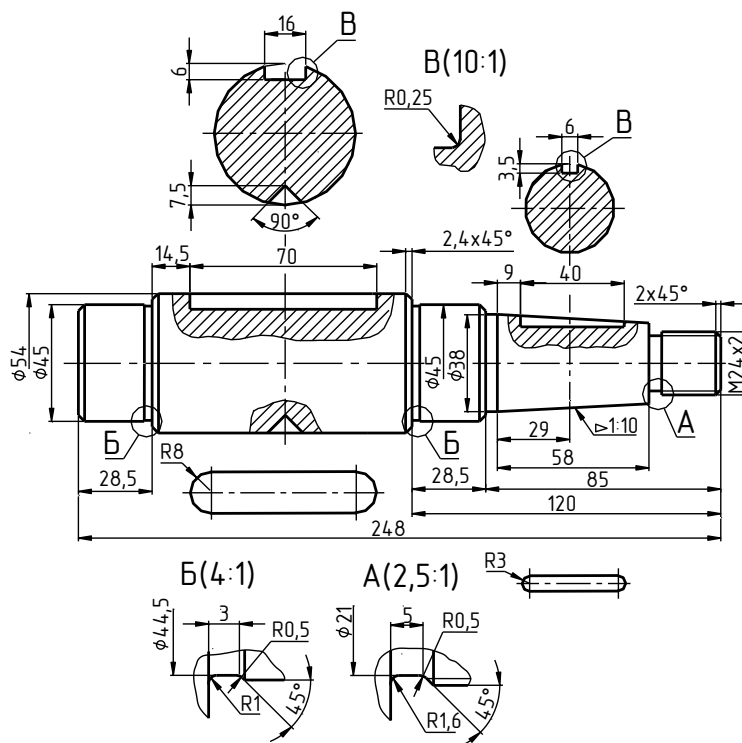


Рис. 3.63. Упрощенные изображения линий пересечения с цилиндрической и конической поверхностями вала боковых поверхностей выполненных в нем шпоночных пазов и конического углубления – на главном виде криволинейные линии пересечения заменены на прямые линии

Упрощения в отношении изображения линий пересечения поверхностей оправданы в связи с тем, что в точном их построении редко когда возникает необходимость. От них никак не зависит технология изготовления детали, их даже не образмеривают, они получаются как результат обработки детали в соответствии с другими размерами. Но есть и исключения – это чертежи разверток поверхностей. На развертках линии пересечения входят в состав линий наружного контура, и размеры к ним должны быть указаны, чтобы, выдержав эти размеры, из разверток как плоских фигур можно было в точности воспроизвести трехмерную поверхность.

Плавный переход от одной поверхности к другой допускается показывать условно тонкой линией, как это показано на рис. 3.64, где деталь корпуса вентиля, взятая в качестве примера, содержит плавный переход от одной цилиндрической части ее наружной поверхности (вертикальной) ко второй ее цилиндрической части (горизонтальной). Поскольку такие детали изготавливают методом литья, то наличие плавных переходов между их необработанными поверхностями является неизбежным, и так как плавный переход не является четко выраженным, его и изображают приблизительно – тонкой линией. Плавные переходы и литейные радиусы, присущие заготовкам, изготовленным как методом литья, так и в процессе других технологических операций, например, при обработке материалов давлением (прессованием и штамповкой), на готовой детали частично или полностью могут отсутствовать из-за последующей механической обработки заготовки резанием.

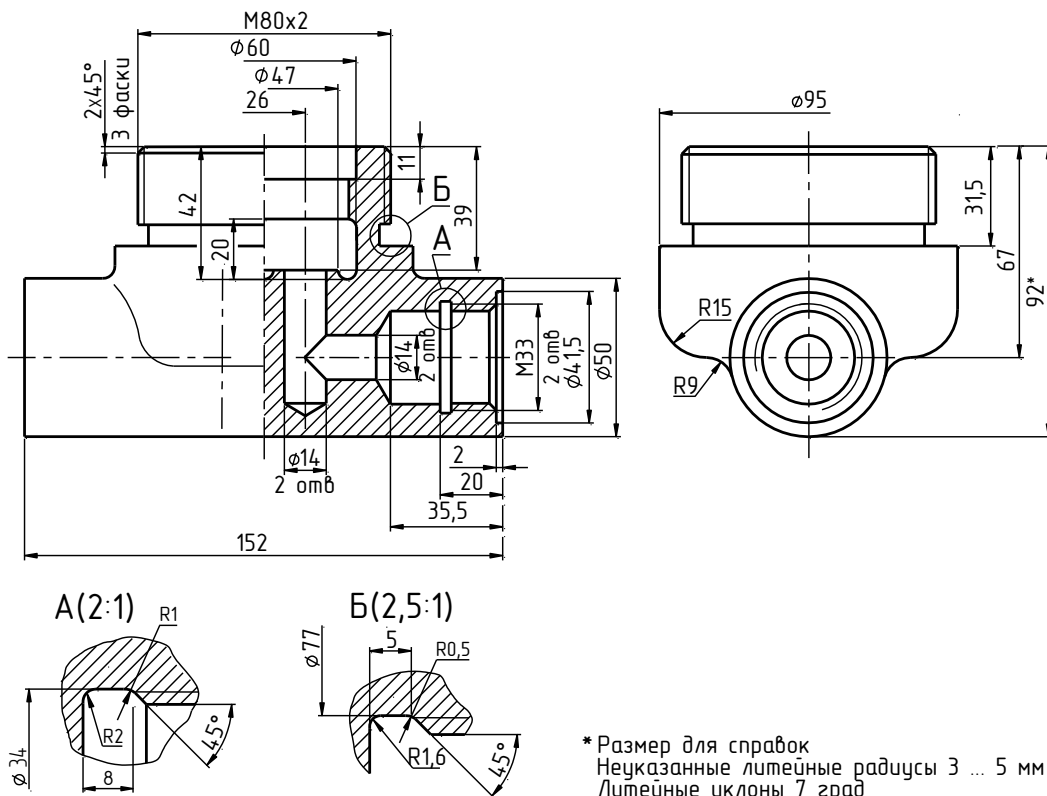
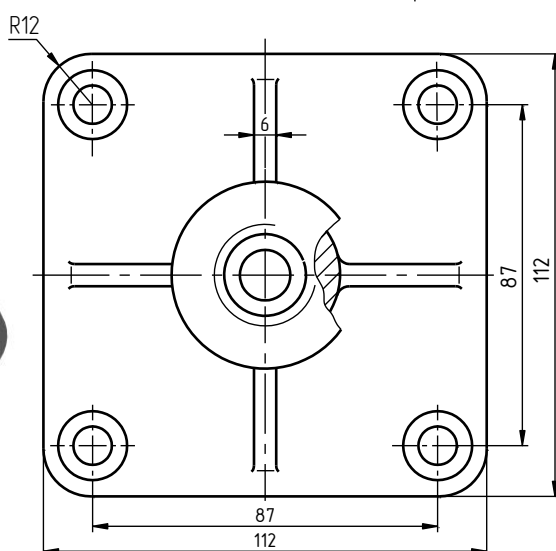
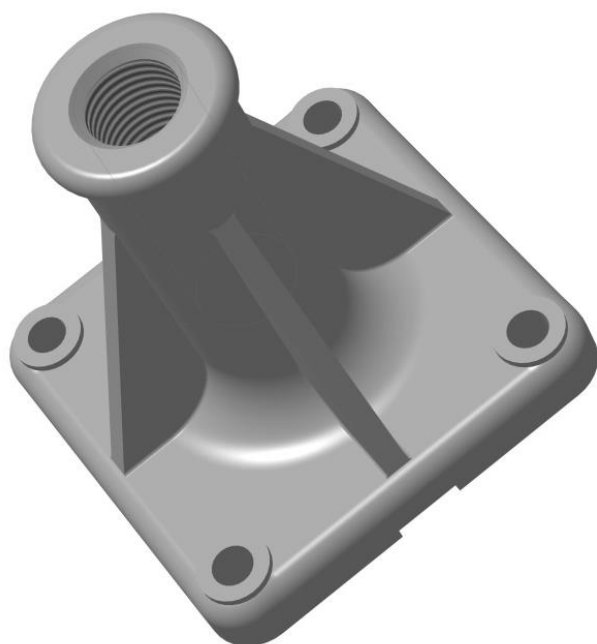
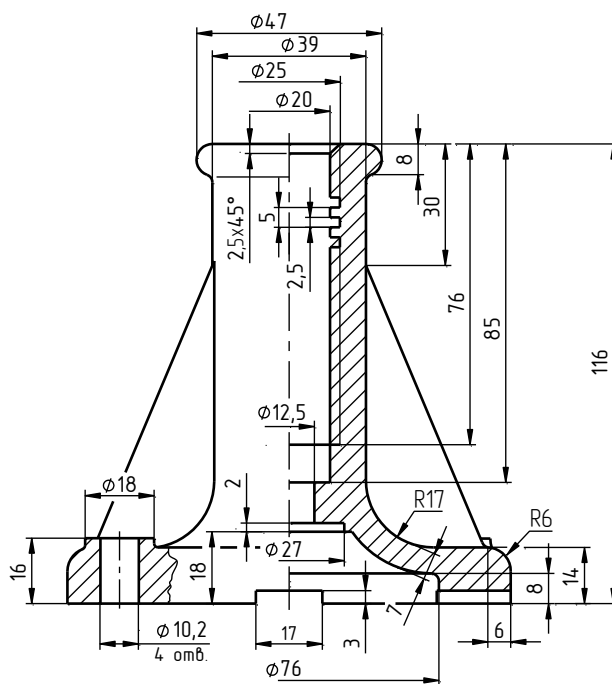
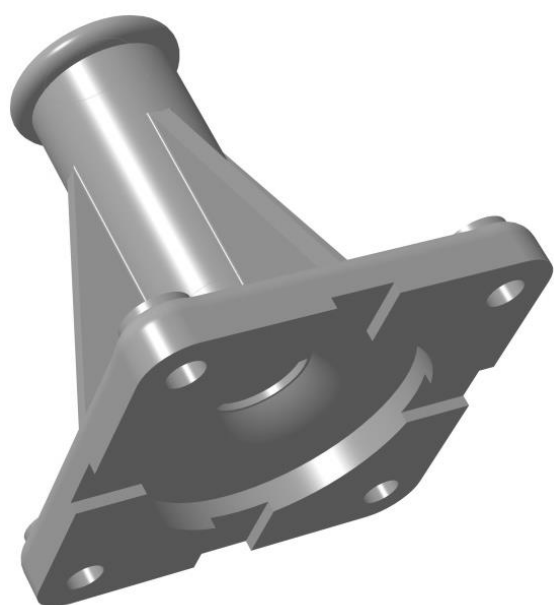


Рис. 3.64. Условное изображение линии плавного перехода от одной цилиндрической поверхности к другой снаружи литого корпуса вентиля

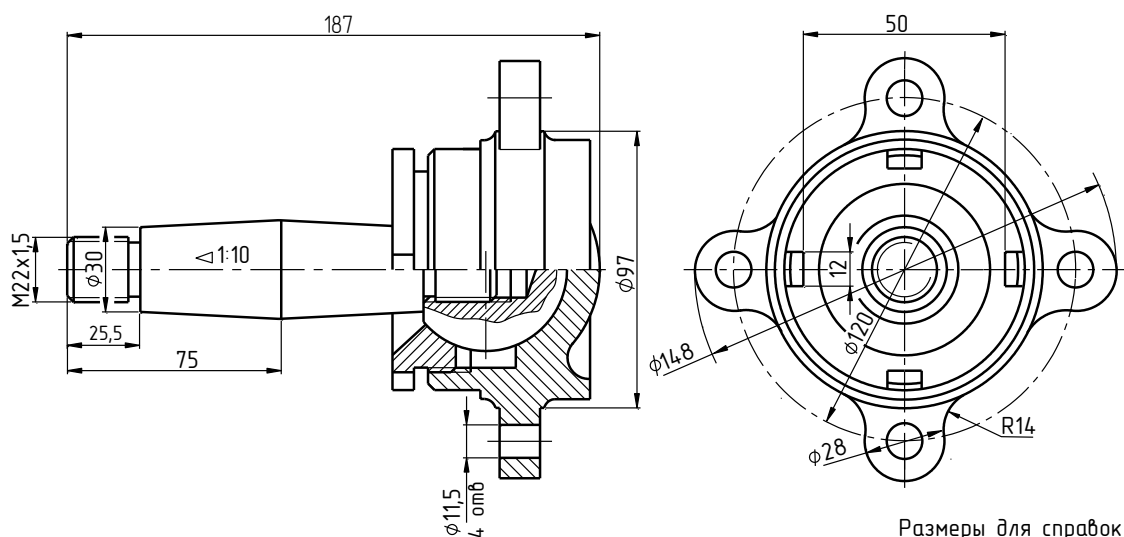
Плавные переходы допускается и вовсе не изображать. Так, на рис. 3.65 приведен чертеж литой детали в виде опорной стойки, сформированной из вертикальной цилиндрической части и плоской горизонтальной подставки под нее квадратной формы, выполненных как единое целое. Из конструктивных соображений плавный переход от цилиндрической части к плоской выполнен большим радиусом – значительно большим, чем это требовалось бы по технологии литейного производства. На виде сверху переход не изображен, как это допускает стандарт. С точки зрения начертательной геометрии, форма данного перехода – глобоидальная (так называют внутреннюю часть поверхности открытого кольцевого тора, что надо иметь в виду при компьютерном моделировании детали).



Неуказанные литейные радиусы 2 ... 4 мм
Литейные уклоны 7 град

Рис. 3.65. На виде сверху плавный переход от цилиндрической вертикальной части литой детали (см. слева) к ее горизонтальной плоской части условно не изображен

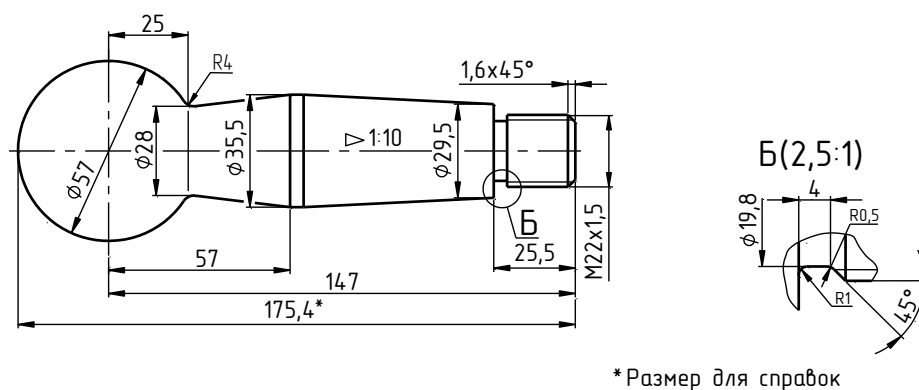
Самой распространенной условностью на чертежах является то, что многие детали в силу специфики их конструкции показывают на разрезах сборочных единиц не рассеченными, о чем частично уже шла речь в данном разделе ранее. Если говорить конкретнее, то при продольном рассечении эти детали не штрихуют, несмотря на то, что они попадают в воображаемую секущую плоскость разреза. К таким деталям относятся крепежные и ходовые винты (рис. 3.36), заклепки, шпонки, не пустотелые валы и шпиндели (рис. 3.31, 3.32 и 3.35), штоки, шатуны, пальцы (рис. 3.66 и 3.67), шары (шарики, рис. 3.68), рукоятки (рис. 3.69), и т. п.



Размеры для справок

Рис. 3.66. При выполнении разрезов, детали, не содержащие полостей, изображают не рассеченными – не штрихуют

Всегда показывают не рассеченными и непустотелые шары (шарики). Как бы не располагалась секущая плоскость – для непустотелого шара все сечения через его центр равноценны (рис. 3.67). Для него не существует понятия продольного или поперечного разреза. Непустотелые шарики используются, например, в подшипниках качения и в неразборных сферических опорах, когда шар как опорная часть выполнен за одно целое с несущим его пальцем (рис. 3.67).

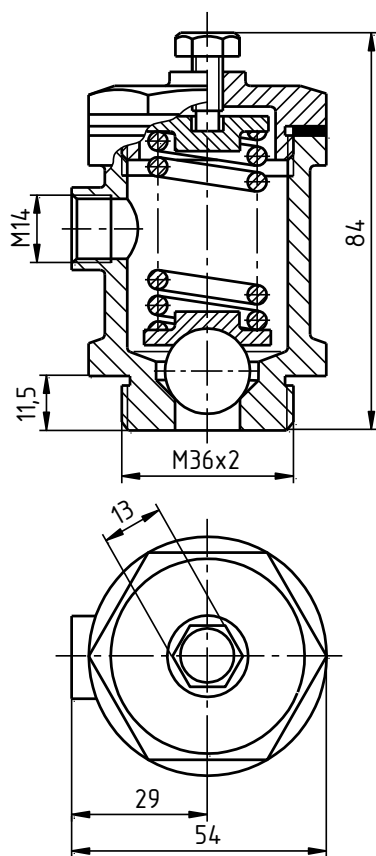


*Размер для справок

Рис. 3.67. Непустотелые (цельные) детали изображают не рассеченными

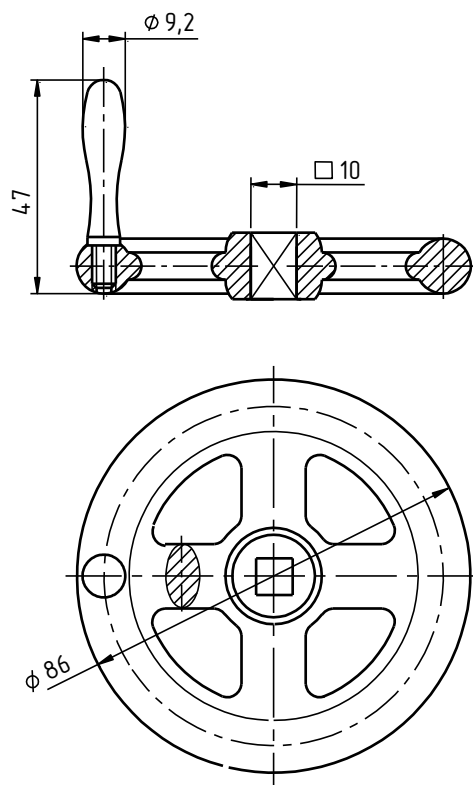
На чертеже сборочной единицы, представленном на рис. 3.66, приведена сферическая шаровая опора, основная деталь которой в форме шара не является непустотелой, выполнена отдельно и навинчена на несущий ее конусообразный палец. Для того, чтобы показать, что в шаре выполнено резьбовое отверстие, шар изображен с местным разрезом (палец изображен не рассеченным). На другом же чертеже (рис. 3.67) отдельно приведена цельная конструкция детали, в которой палец и опорный шар выполнены за одно целое, и поэтому необходимости в выполнении разреза на этом чертеже просто не возникает.

Как выполнять те или иные детали – порознь или за одно целое, решается на стадии проектирования изделий с учетом технологических возможностей производства и последующей эксплуатации. В случае износа трущейся детали, по истечении определенного срока ее эксплуатации, конечно, целесообразнее будет заменить только ее одну, то есть изношенную часть – это шар в рассмотренном примере на рис. 3.66, а палец, неподверженный износу, может быть оставлен. С другой стороны, цельная деталь (рис. 3.66) в производстве может оказаться более выгодной – меньше технологических операций. Она также и надежнее – прочнее.



Размеры для справок

Рис. 3.68. При выполнении разрезов шарики и винты изображают не рассеченными – не штрихуют



Размеры для справок

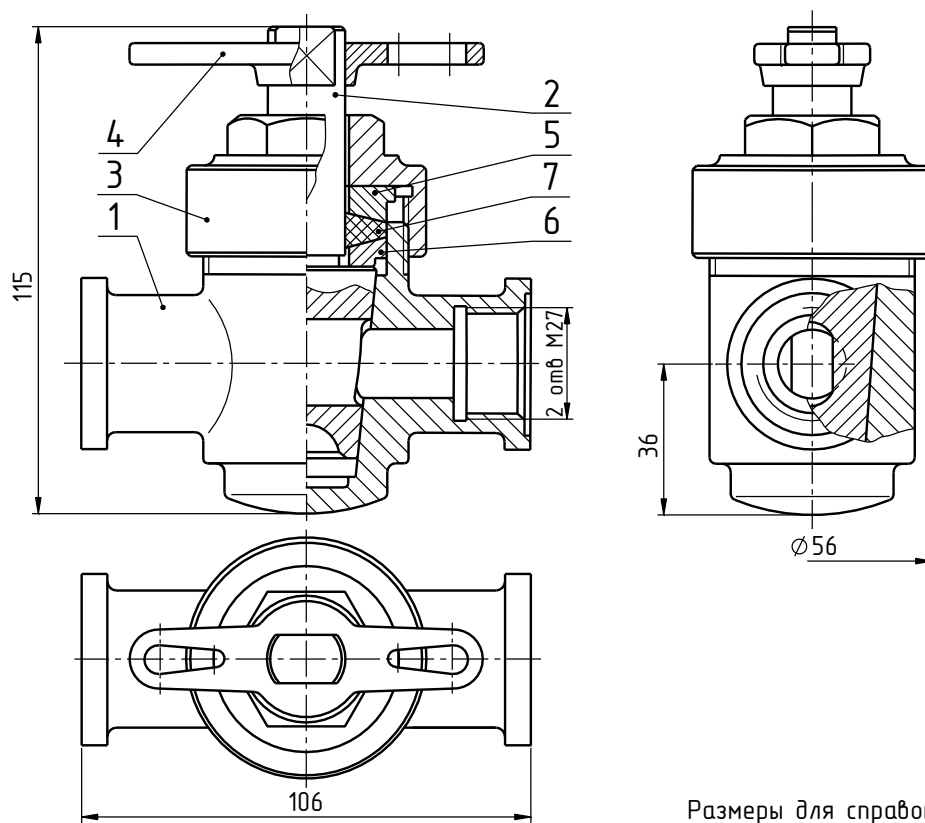
Рис. 3.69. Спицы литых деталей и рукояти при их продольном рассечении воображаемой секущей плоскостью на разрезе условно не штрихуют

Непустотелые (цельные) шарики применяют не только в упомянутых выше подшипниках качения. Шарик широко применяется и в ином качестве – как запорный элемент в гидро- и пневмоаппаратах. Рассекать его при выполнении разрезов никакого смысла не имеет – внутри его увидеть нечего (рис. 3.68). Там сплошной материал.

Не только отдельные детали могут показываться на разрезах чертежей сборочных единиц не рассеченными, но и отдельные элементы, принадлежащие одной детали, также могут не штриховаться при выполнении разреза в определяемых стандартом случаях. То есть вся деталь будет заштрихована, а некоторый ее элемент – нет, несмотря на то, что воображаемая секущая плоскость проходит и через него. К таким элементам относятся спицы литых деталей – маховиков (маховичков, рис. 3.69), шкивов, зубчатых колес, а также тонкие стенки, ребра жесткости и т. п., выполненные на детали за одно целое с ней, как правило, методом литья. При этом их показывают незаштрихованными не всегда, а только в случае, если секущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны такого элемента (см. рис. 3.9, 3.36 и 3.65, где ребро жесткости хотя и попадает в секущую плоскость, но условно не заштриховано). Эта условность предусмотрена стандартом неспроста – она способствует чтению чертежа, обращает внимание на наличие перечисленных тонкостенных элементов в конструкции детали.

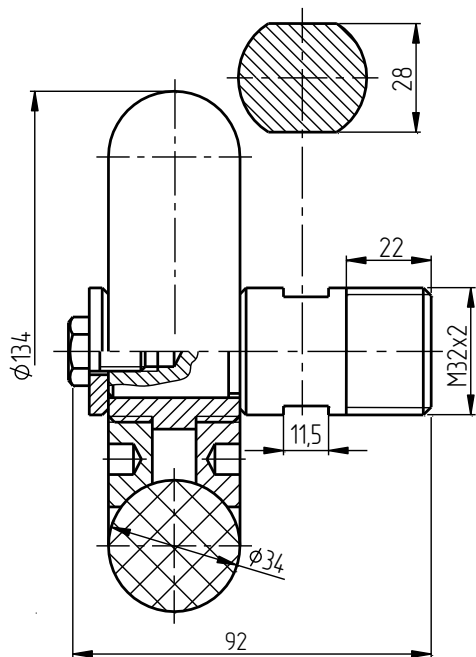
Из рассмотренных исключений (условностей) общих правил выполнения разрезов есть и свои исключения, относящиеся к случаям, когда в незатрихуемых элементах и деталях имеется полость – сверление, другое сквозное или глухое углубление. Для того чтобы его показать, прибегают к местным разрезам. Так на рис. 3.62 в качестве примера приведен чертеж основного исполнительного элемента пробкового крана – поворотной пробки, на котором выполнен местный разрез из-за наличия бокового фигурного отверстия и подводящего осевого канала, выполненных в ее цельной конструкции. Если бы этих полостей не было, то разрез не понадобился бы. На рис. 3.70 приведен чертеж некоего пробкового крана в сборе как готового изделия. На этом чертеже тоже видно, что цельнолитая поворотная пробка 2 из-за сквозного бокового рабочего отверстия и торцевого углубления, выполненного в ней еще на стадии изготовления заготовки с целью экономии металла, также содержит местный разрез.

Еще один пример применения местного разреза на чертеже сборочной единицы приведен на рис. 3.71. Там показана роликовая опора, несущим элементом которой является ввинчиваемая полуось с метрической резьбой М32х2 на конце (справа). Эта деталь, хотя и рассекается вдоль оси при выполнении разреза, полностью не штрихуется, так как не является пустотелой. Заштрихован лишь небольшой фрагмент на втором ее конце (слева) в связи с выполнением местного разреза. Местный разрез необходим, чтобы показать осевое сверление с резьбой и находящийся в нем винт с шестигранной головкой.



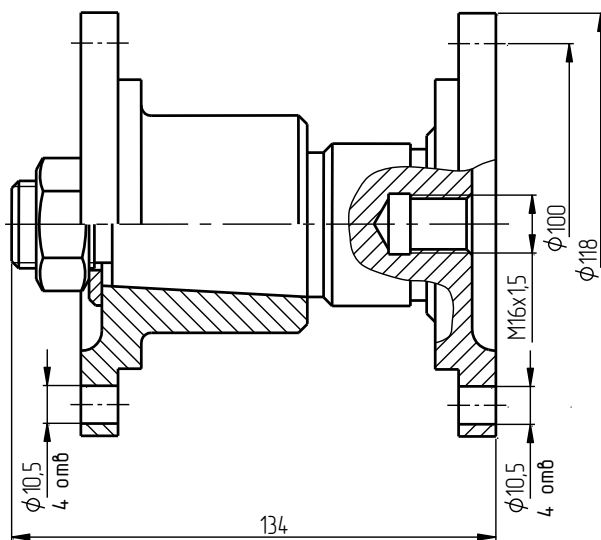
Размеры для справок

Рис. 3.70. Основной элемент пробкового крана – поворотная пробка изображена с местным разрезом в том месте, где имеются полости в ее цельнолитой конструкции



Размеры для справок

Рис. 3.71. Цельная полуось роликовой опоры изображена с местным разрезом со стороны ввинчивания в нее винта



Размеры для справок

Рис. 3.72. Цельнолитая полуось предохранительной муфты изображена на чертеже сборочной единицы только с местным разрезом по месту нахождения в полуоси полостей

Сказанное в полной мере относится к изображению полуоси на разрезе сборочного чертежа предохранительной муфты (рис. 3.72). Полуось изображена только с местным разрезом в том месте, где в ней выполнены пустоты – полость и отверстия.

Показывают не рассеченными на сборочных чертежах и все стандартные изделия – винты, болты, шпильки, гайки, шайбы (рис. 3.73), штифты, шплинты. Из этого правила есть исключения – стандартное изделие может содержать отверстия под штифт или шплинт, и тогда прибегают к местным разрезам, чтобы отразить эту особенность его конструкции. Так на чертеже, приведенном на рис. 3.73, помимо непустотелого штока 4, не показаны в разрезе (не заштрихованы) все стандартные крепежные изделия – гайки 6 и 9, плоские круглые шайбы 7 и 10, винт с шестигранной головкой (болт 8), шпилька 11.

Еще одной условностью, к которой прибегают при выполнении чертежей, является условное выполнение в масштабе увеличения ряда мелких элементов, выполненных на детали, несмотря на то, что масштаб, в котором она изображена – иной (меньше). К ним относятся все элементы на детали, размером (или разницей в размерах) не более 2 мм. Именно их и изображают с упомянутым отступлением от общего масштаба – увеличивают. В общем, вся деталь или вся сборочная единица будет изображена в одном масштабе, а мелкие элементы на ней будут увеличенными (рис. 3.73). Это делается для того, чтобы избежать слияния линий при их близком расположении. Тем более что в ГОСТ 2.303-68 «Линии» на это есть указание – линии на чертеже должны располагаться на расстоянии не менее 0,8 мм. К таким мелким элементам, которые изображают с отступлением от масштаба, в котором выполнен чертеж, указываемого в основной надписи, являются канавки, проточки, отверстия, фаски, пазы и другие углубления. К условному увеличению расстояния между параллельными линиями приходится прибегать также при изображении зазоров в резьбовых соединениях (рис. 3.73), тонких пластин и, кроме того, резьбы (рис. 3.74–3.76) и шлицев и т. п.

Также незначительную конусность или уклон допускается изображать с увеличением, чтобы ее наличие воспринималось визуально, а не только по обозначению (рис. 3.76).

Кроме того, в этом случае, на изображениях, когда взгляд направлен вдоль оси конуса или вдоль уклона (под небольшим углом к нему), условно изображают не две (положенные) линии, а одну, соответствующую меньшему основанию конуса или меньшему размеру элемента с уклоном (рис. 3.66).

Условно, чтобы подчеркнуть на детали, преимущественно, круглой формы наличие плоских поверхностей на их изображении проводят диагонали сплошными тонкими линиями (рис. 1.22, 2.12, 3.40, 3.52, 3.69 и 3.73).

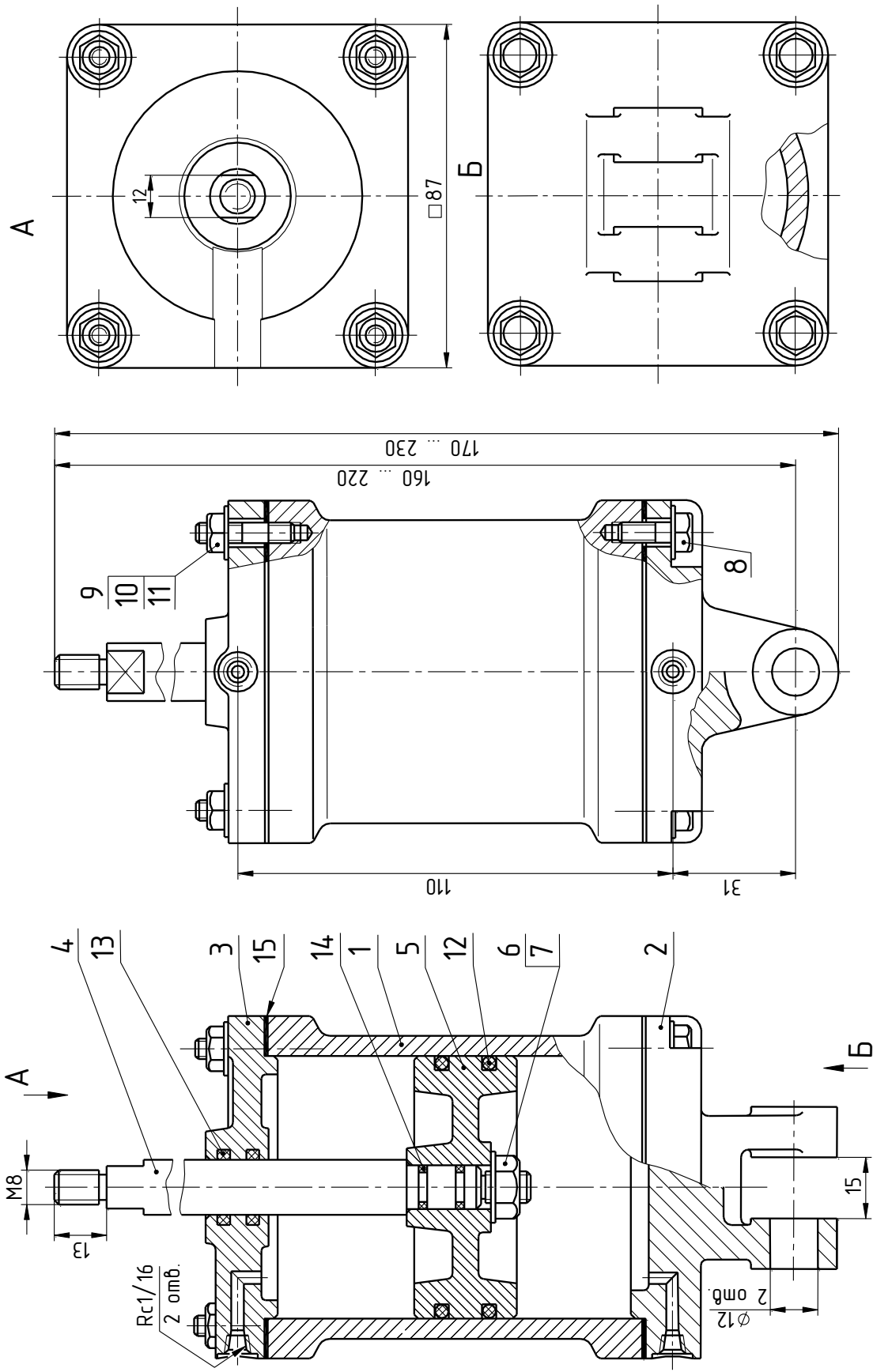


Рис. 3.73. Стандартные изделия и непустотелые (цельные) детали показывают на разрезах не рассеченными

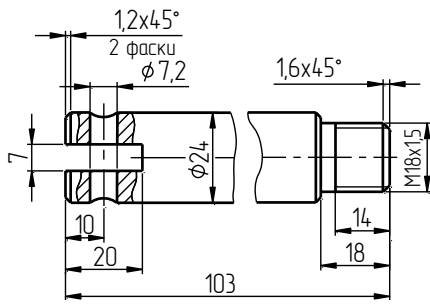


Рис. 3.74. Изображение с разрывом вала в той его части, где он имеет большую длину и постоянное сечение

Допускается изображать с разрывом сборные, равномерно повторяющиеся конструкции, например, цепи, а также детали, имеющие постоянное или закономерно изменяющееся поперечное сечение – длинные валы (рис. 3.74), штоки (рис. 3.75), конусообразные пальцы (рис. 3.76), прутки, фасонный прокат, шатуны и т. п. Такое условное изображение с разрывом сокращает и объем необходимой графической работы, который всегда стремятся минимизировать не в ущерб грамотному выполнению чертежей, и расход твердого носителя чертежей – бумаги.

Ранее рассмотренные частичные изображения (рис. 3.61) и только что рассмотренные изображения с разрывами (рис. 3.74–3.77) ограничивают следующим образом (одним из приведенных):

- а) сплошной волнистой линией, соединяющей соответствующие линии контура (рис. 3.74–3.76);
- б) сплошной тонкой линией с изломом, которая может выходить за контур изображения на длину 2–4 мм. Эта линия может быть наклонной относительно линии контура (рис. 3.77);
- в) линиями штриховки (рис. 3.78).

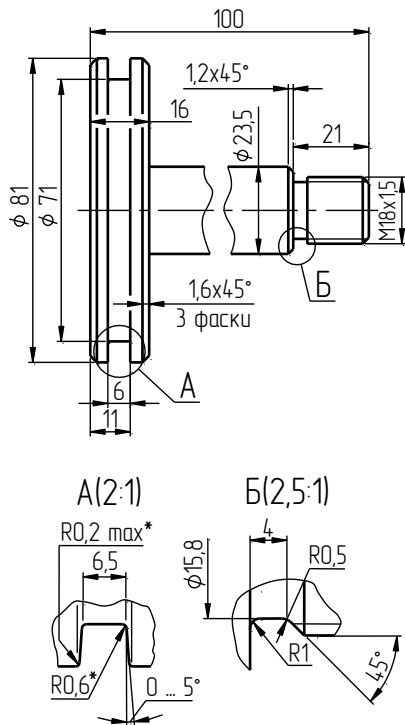


Рис. 3.75. Изображение длинного штока с разрывом

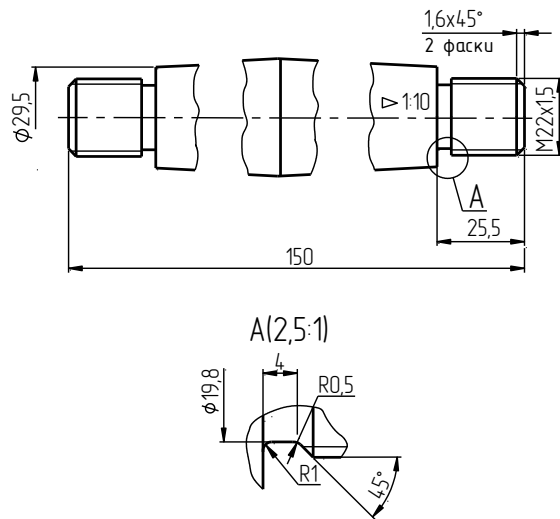


Рис. 3.76. Изображение с разрывом детали с закономерно меняющимся по длине сечениями на примере двухстороннего пальца, состоящего из двух длинных конусообразных частей

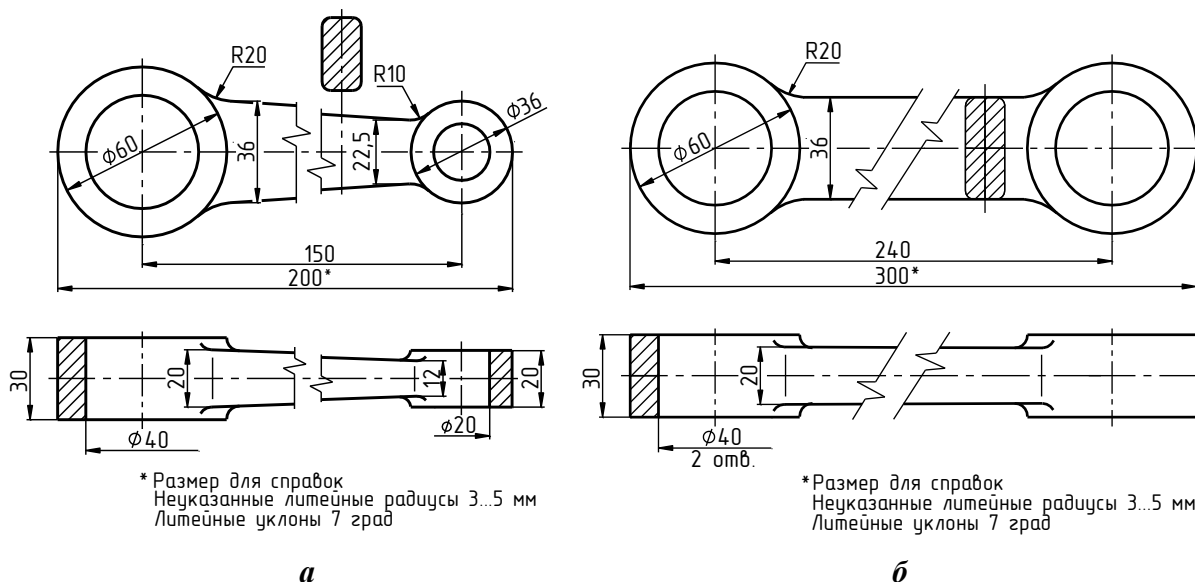


Рис. 3.77. Использование сплошной тонкой линии с изломом на чертежах деталей, изображенных с разрывами: **а** – линии разрыва не наклонены; **б** – наклонены

Допускается условно частично изображать на чертежах такой элемент, выполняемый на поверхности детали, как накатка, причем изображают ее с упрощением в соответствии с ГОСТ 21474-75 «Рифления прямые и сетчатые» (рис. 3.79). Это же относится к орнаменту или рельефу, наносимому, при необходимости, на поверхности деталей (для украшения, например).

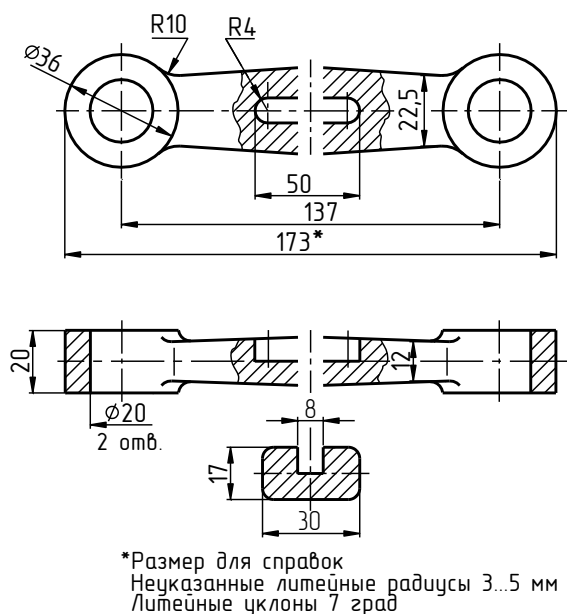


Рис. 3.78. Ограничение частей видов, выполненных с разрывом, линиями штриховки

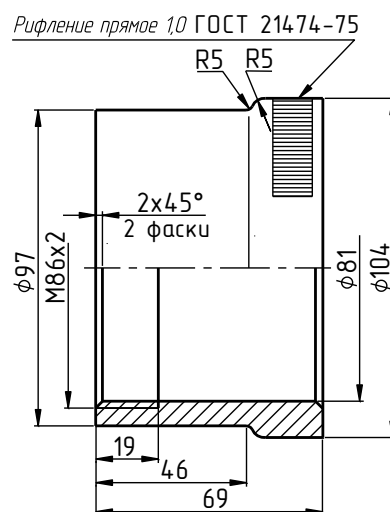


Рис. 3.79. Допускаемое стандартом частичное изображение накатки, выполняемой на деталях

Частично с упрощениями изображают и целые конструкции в виде сетки или плетенки, ритмичные (повторяющиеся) решетки и т. п.

Для упрощения чертежей или сокращения количества изображений допускается:

а) для показа отверстия в ступицах зубчатых колес, шкивов и т. п., а также для шпоночных пазов вместо полного изображения детали давать лишь контур отверстия или углубления (смотри чертеж червячного колеса, где показана форма отверстия в нем, рис. 3.80; смотри чертеж вала, где показана таким образом форма двух пазов под призматические шпонки, рис. 3.63);

б) часть предмета, находящуюся между наблюдателем и секущей плоскостью, изображать, как ранее указывалось (рис. 3.34), штрихпунктирной утолщенной линией непосредственно на разрезе (в порядке исключения);

в) изображать условно в разрезе отверстия, расположенные на круглом фланце, когда они не попадают в секущую плоскость (рис. 3.81–3.83);

г) применять сложные разрезы (рис. 3.22–3.27, 3.84, 3.85).

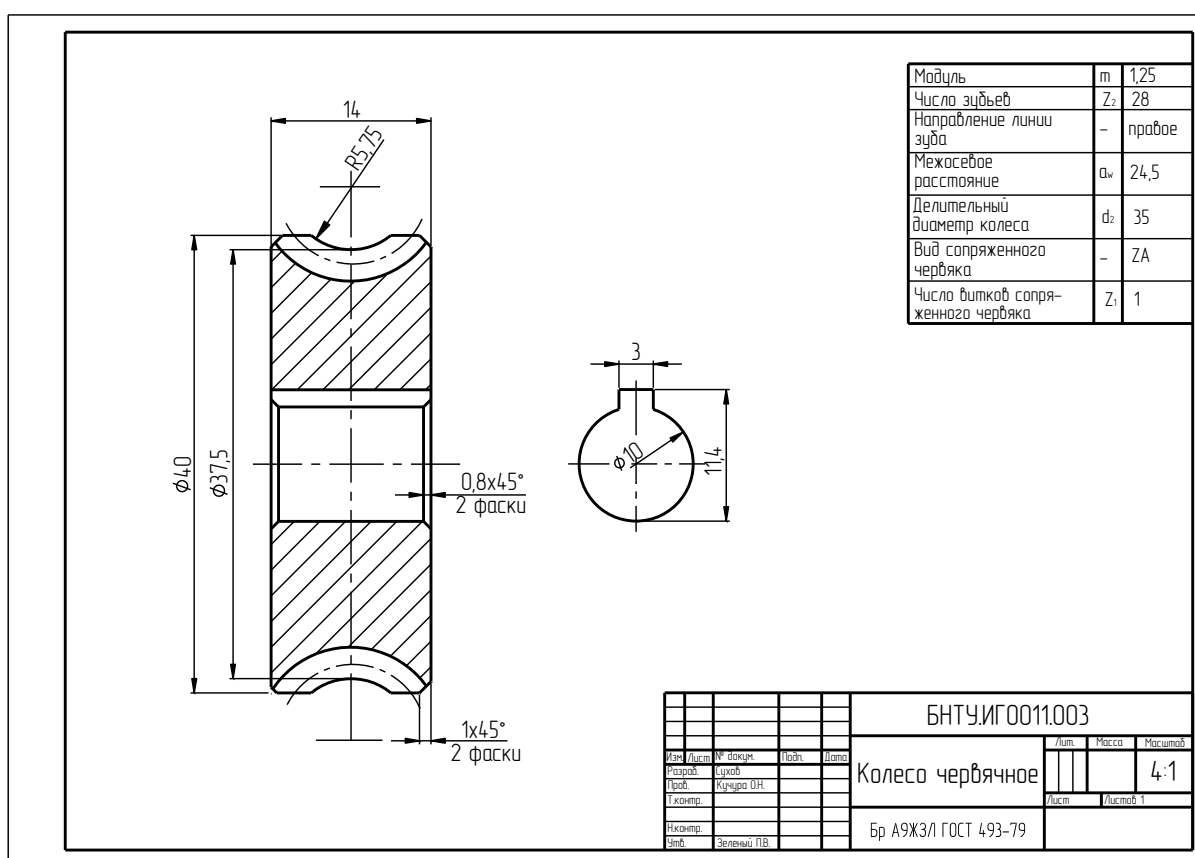


Рис. 3.80. Допускается изображать не всю деталь, если в этом нет необходимости, а только контур фигурного отверстия – с пазом

Сложные разрезы могут быть не только ступенчатыми (рис. 3.22 и 3.23) или только ломаными (рис. 3.24–3.27), но и представлять собой комбинацию из двух и более двух сложных разрезов, то есть часть секущих плоскостей сложного разреза могут располагаться со сдвигом и быть параллельными друг другу, а часть – находиться под углом друг к другу, но также, при необходимости, располагаться со сдвигом (рис. 3.84 и 3.85).

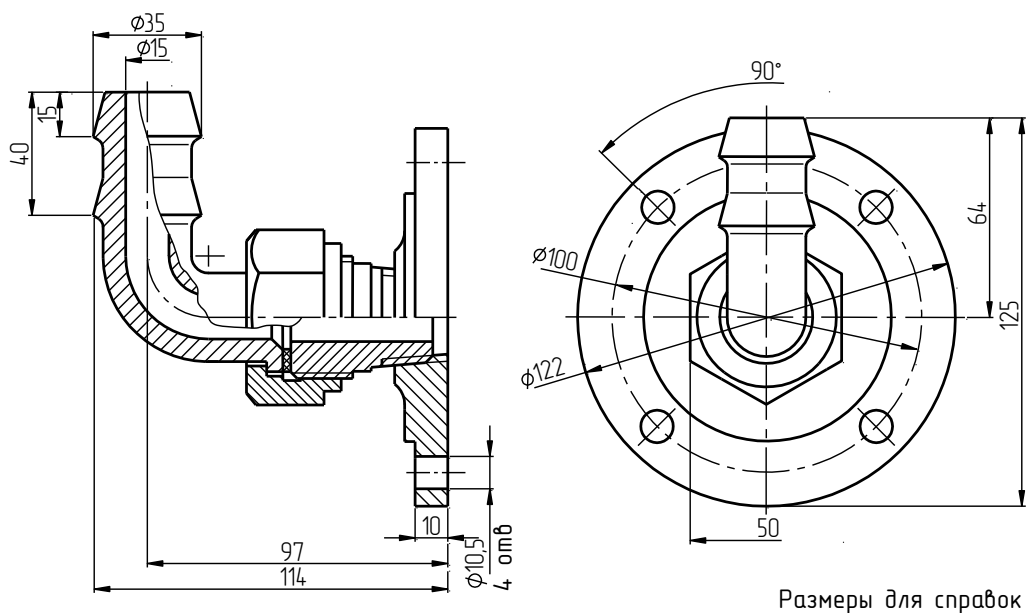


Рис. 3.81. Условное изображение в разрезе отверстия, когда отверстия расположены на круглом фланце и не попадают в секущую плоскость

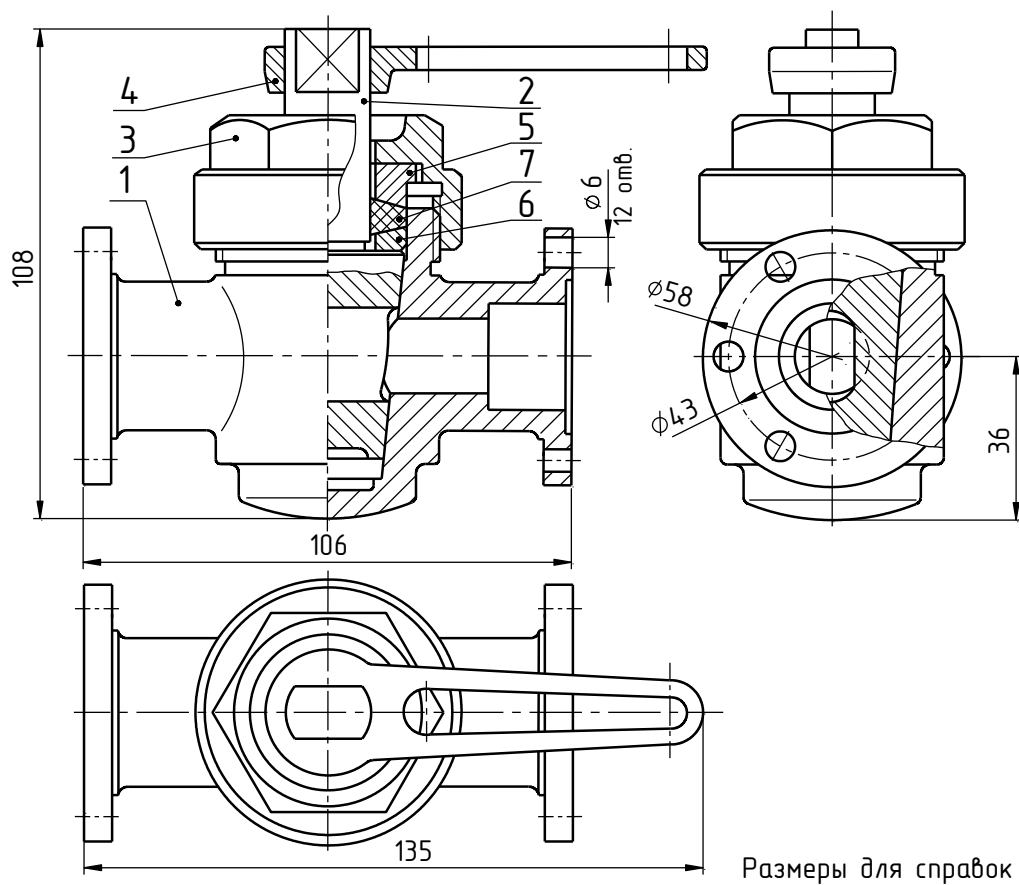


Рис. 3.82. Условное изображение в разрезе отверстия, когда отверстия расположены на круглом фланце и не попадают в секущую плоскость

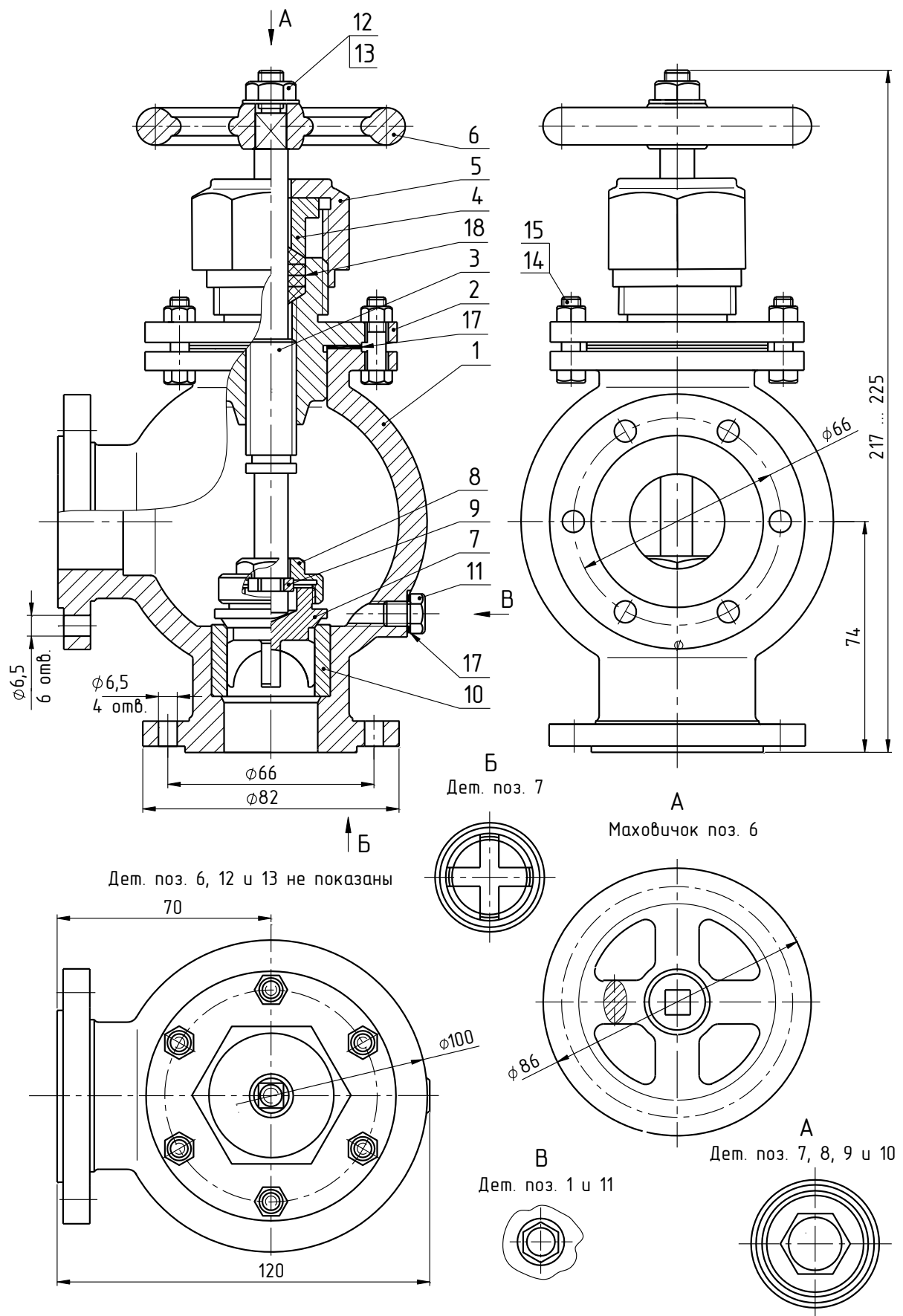


Рис. 3.83. Допускается условно изображать в разрезе отверстия и резьбовые соединения, расположенные на *круглом* фланце, но не попадающие в секущую плоскость

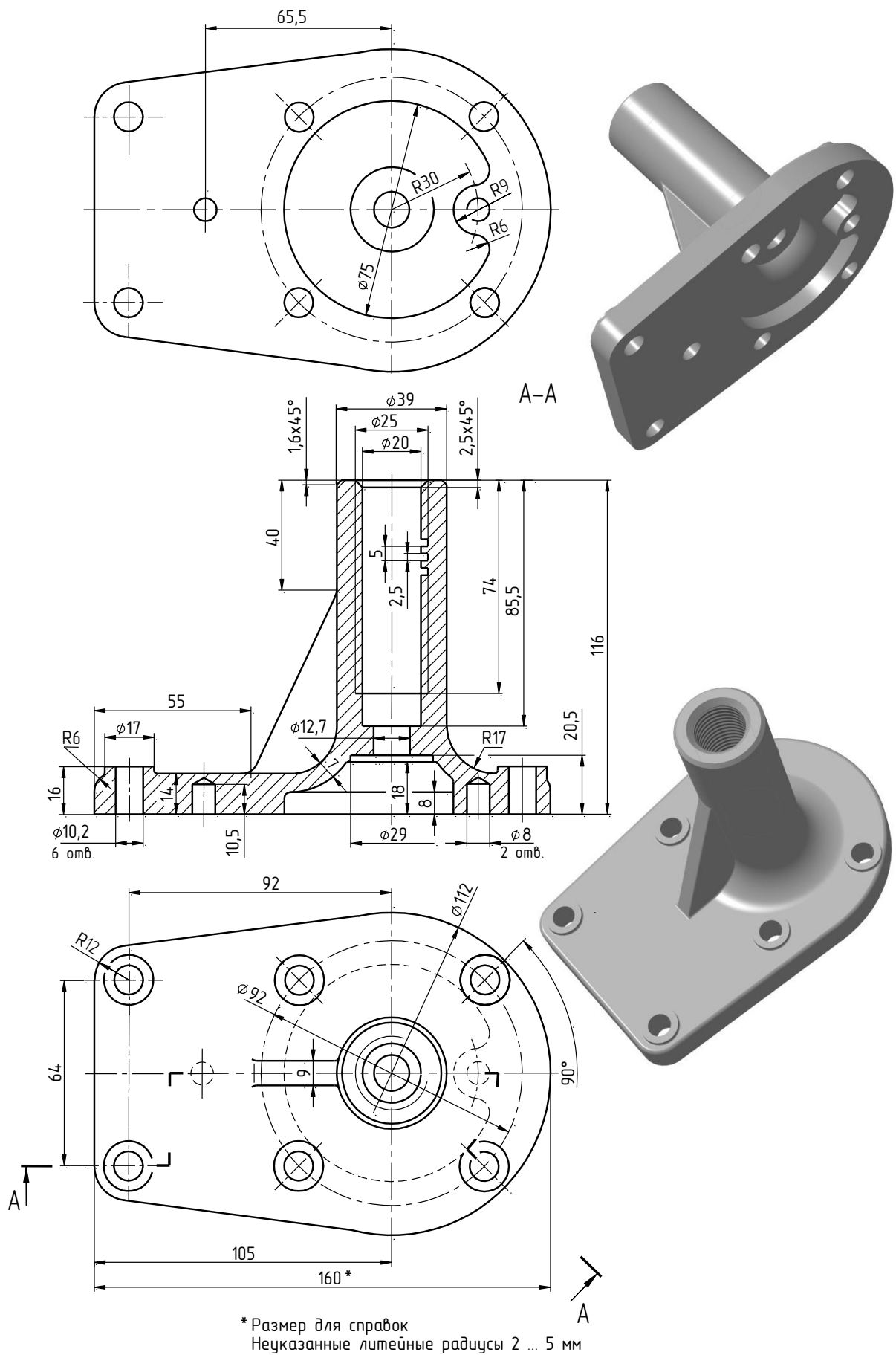
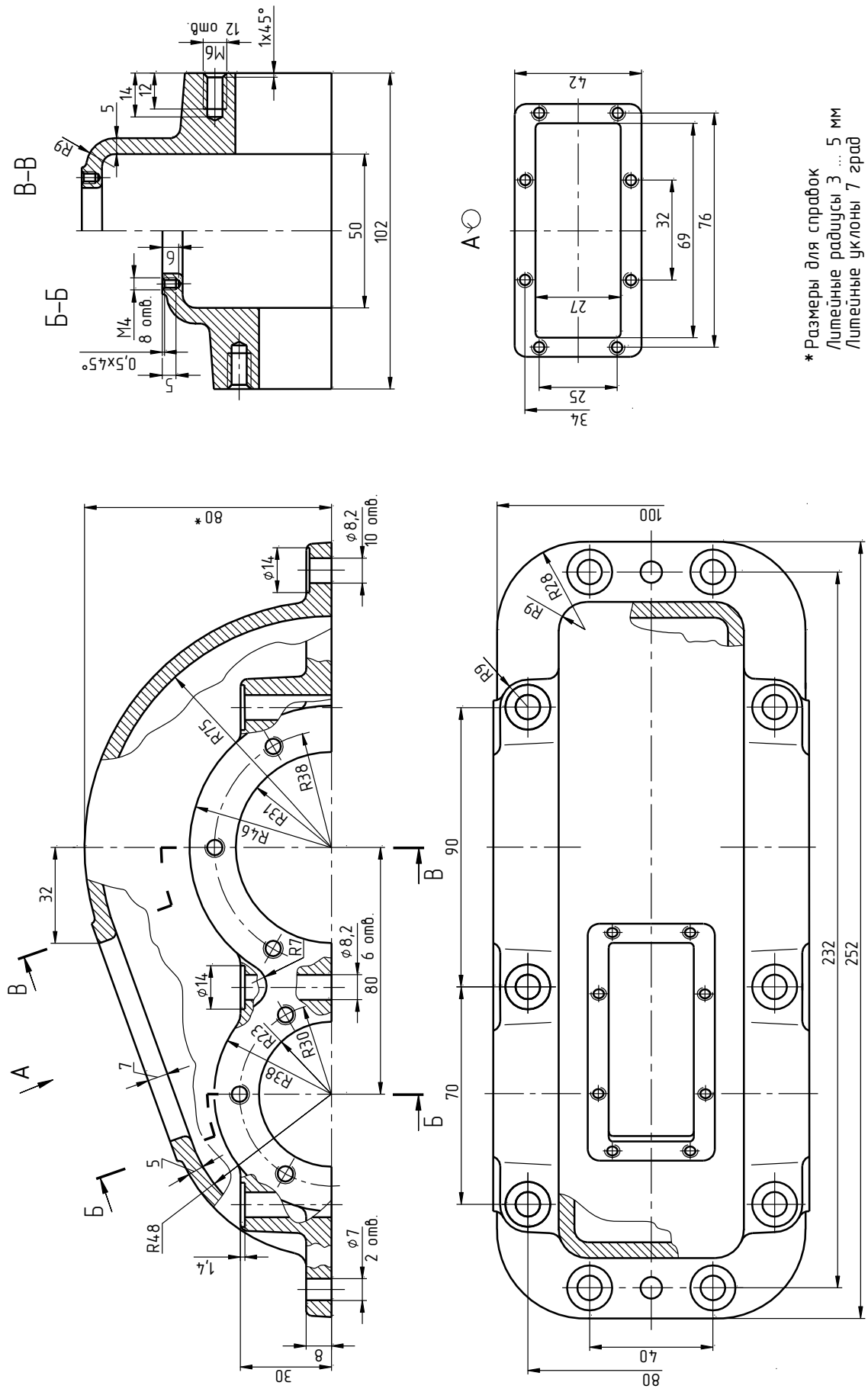


Рис. 3.84. Выполнение сложного комбинированного разреза



* Размеры для справок
 Литейные радиусы 3 ... 5 мм
 Литейные уклоны 7 град

Рис. 3.85. Соединение частей двух сложных разрезов на профильной проекции

На рис. 3.85 приведены два таких сложных разреза, изображенных справа от главного вида – на месте вида слева. Обе части этих разрезов соединены по оси симметрии. Такое соединение частей разрезов допускает изучаемый стандарт ГОСТ 2.305-2008 «Изображения – виды, разрезы, сечения».

На этом же чертеже приведен также дополнительный вид, ограниченный контурной линией, изображающей прилив, выступающий над обращенной вверх наклонной поверхностью данной детали, коей является, судя по характерной форме, крышка зубчатого редуктора. Прилив выполнен по периметру прямоугольного отверстия в крышке – смотрового окна редуктора. На виде сверху из-за наклонного расположения прилив искажен – его длина по большей стороне прямоугольника и расстояния между резьбовыми отверстиями для крепления лючка (не изображен) смотрового окна короче, чем на самом деле. Это не позволяет указать соответствующие размеры, что и обусловило выполнение данного дополнительного вида. Дополнительный вид выполнен проецированием прямоугольной формы прилива на плоскость, параллельную его верхнему плоскому срезу – к нему должен плотно прилегать через прокладку плоский фланец лючка, обеспечивая герметичное запираание полости редуктора. Таково функциональное назначение данной детали. Для удобства нанесения размеров дополнительный вид повернут, на что указывает специальный знак, находящийся рядом с обозначением этого вида – справа.

На рис. 3.84 приведен разрез, представляющий собой комбинацию ступенчатого и ломаного разрезов, причем ломаный разрез выполнен, ко всему, и со сдвигом секущих плоскостей при сохранении их общего радиального направления. Все эти плоскости при выполнении разреза мысленно соединены по правилам выполнения ступенчатого и ломаного разрезов в одну общую плоскость, параллельную фронтальной плоскости проекций. При этом границы между отдельными частями такого сложного разреза не изображаются, как это предписывает стандарт.

В этой детали снизу из конструктивных соображений выполнена полость сложной формы, контуры которой на виде сверху не видны. И, чтобы не наносить размеры к штриховым контурным линиям полости (это делается в крайних простых случаях), на чертеже данной детали выполнен вид снизу.

Условности и упрощения, допускаемые в неразъемных соединениях, в чертежах электротехнических и радиотехнических устройств, зубчатых зацеплений и т.д. устанавливаются соответствующими стандартами.

Вопросы и задания

1. По какому *методу проецирования* выполняют изображения на чертеже и как при этом располагают предмет проецирования относительно наблюдателя и плоскости проекций?

2. Как располагают *основные плоскости проекций* друг относительно друга?

3. На какой плоскости проекций изображение принимают в качестве *главного* и как относительно нее располагают предмет?

4. Как называются изображения на чертеже в зависимости от их *содержания*?

5. Что собой представляет изображение предмета, называемое *видом*?

6. Что собой представляет изображение, называемое *разрезом*?

7. Что собой представляет изображение, называемое *сечением*?

8. Каким должно быть *количество изображений* на чертеже?

9. Назовите *шесть основных видов*.

10. В каких случаях на чертеже *обозначаются и надписываются виды*?

11. Какие виды называют *дополнительными*?

12. В каких случаях дополнительный вид *не обозначаются и не надписываются*?

13. В каких случаях вид называют *местным*?

14. Как *ограничивается* местный вид?

15. Как выделяют на чертеже *плоские поверхности* детали, состоящей, преимущественно, из тел вращения?

16. Приведите *соотношение размеров стрелки*, указывающей направление взгляда при обозначении вида.

17. Как *называют разрезы* в зависимости от положения секущей плоскости?

18. Какие вертикальные разрезы называют *фронтальным* или *профильным*?

19. Когда разрез называют *продольным* и *поперечным*?

20. Как *называют разрезы* в зависимости от количества секущих плоскостей?

21. Какие сложные разрез называют *ступенчатыми* и *ломаными*?

22. В каком случае разрезы *обозначаются и надписываются*?

23. В каком случае разрезы *не обозначаются и не надписываются*?

24. Где допускается *располагать* разрезы?

25. Охарактеризуйте *особенности вычерчивания* ступенчатых и ломаных разрезов.

26. Какой разрез называют *местным* и как его ограничивают?

27. Какими линиями *разделяют часть вида с частью разреза* при их соединении на одном изображении?

28. Когда *сечения* называются *вынесенными* и когда – *наложенными*, и какие из них являются предпочтительными?

29. Какими линиями изображают *контур* вынесенного и наложенного сечений?

30. В каких случаях сечения *не обозначаются и надписываются*?

31. В каких случаях сечения *обозначаются и надписываются*?

32. Особенность изображения сечений, проходящих через *оси вращения* поверхностей.

33. Как отличается *контур поперечного сечения* при прохождении во-ображаемой секущей плоскости вдоль оси углублений, выполненных в де-тали в форме поверхностей вращения, попавших с секущую плоскость, по сравнению с углублениями другой формы?

34. В каких случаях следует *отдавать предпочтение* разрезу, а не сечению?

35. В каком случае вид, разрез или сечение *изображают не полностью* (половину или немного больше половины) и как при этом его ограничивают?

36. Какой *знак добавляют* к надписи вида, разреза и сечения, если его изображение на чертеже повернуто?

37. Что собой представляет изображение, называемое *выносной эле-мент*?

38. Какой *линией ограничивают* выносной элемент?

39. Как *обозначают и надписывают* выносной элемент?

40. Какие детали изображают при продольном разрезе *не рассеченными*?

41. Какие элементы деталей изображают на разрезах *незаштрихо-ванными*?

42. Когда отдельные элементы детали изображают *с отступлением от масштаба*, принятого для всего изображения, в сторону увеличения?

43. Что такое *наложенная проекция* и как ее изображают?

44. Какой *алфавит* применяют при обозначении видов, разрезов, се-чений и выносных элементов?

45. Какой должен быть *размер (номер) шрифта* при обозначении ви-дов, разрезов, сечений и выносных элементов по отношению к размерным числам?

46. В какой *последовательности* применяют буквы алфавита при обо-значении видов, разрезов, сечений и выносных элементов?

47. Какое *положение* должны занимать буквы, обозначающие положе-ние воображаемой наклонной секущей плоскости?

3.2. ГОСТ 2.306-68 «Обозначения графическое материалов и правила их нанесения на чертежах»

Краткое содержание:

- графические изображения материалов при выполнении разрезов и се-чений и правила их нанесения на чертежах.

Настоящий стандарт устанавливает графические обозначения матери-алов в сечениях (и на фасадах), а также правила нанесения их на чертежи всех отраслей промышленности (и строительства).

Общее *графическое обозначение материалов* в сечениях независимо от вида материалов должно производиться штриховкой сечений парал-лельными наклонными тонкими линиями, располагаемыми на равном уда-лении друг от друга – равномерно.

Если же необходимо идентифицировать материал на чертеже – отличать по графическому обозначению, то штриховка сечений выполняется для разных групп материалов с теми или иными особенностями.

Для того чтобы показать, что материалом является какой-нибудь металл или твердый сплав, штриховка сечений выполняется также, как при и общем его графическом обозначении – наклоненными влево или вправо тонкими равномерно расположенными параллельными линиями.

Угол наклона штриховки должен составлять 45° к линии контура изображения, или к его оси, или к линиям рамки чертежа. Направление штриховки может быть, как правым, так и левым, но одинаковым для одной и той же детали на всем чертеже (см., например, рис. 1.6, 3.14, 3.27, 3.83–3.86) на скольких бы листах он не был бы выполнен.

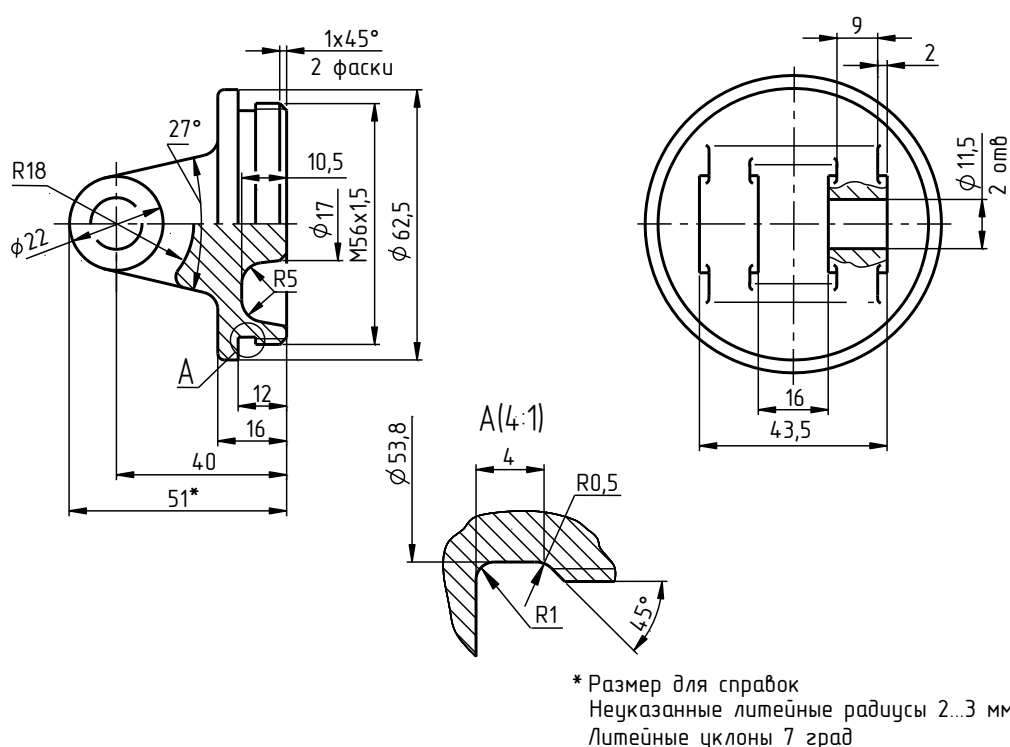


Рис. 3.86. Выполнение штриховки на чертеже – на всех изображениях одинаково, под углом 45° независимо от масштаба изображения (если нет исключений)

Если масштаб некоторых изображений (рис. 3.14, 3.21, 3.23, 3.27, 3.52) отличается от масштаба, указанного в основной надписи, это не влияет на расстояние между линиями штриховки на них – оно должно быть всегда постоянным для одной и той же детали. Другим оно может быть только для другой детали, если речь идет о чертеже сборочной единицы (рис. 3.87). Для того чтобы разнообразить штриховку для разных деталей на чертеже сборочной единицы, можно, как указывалось, менять ее направление и расстояние между линиями, но угол наклона линий должен оставаться постоянным – 45° .

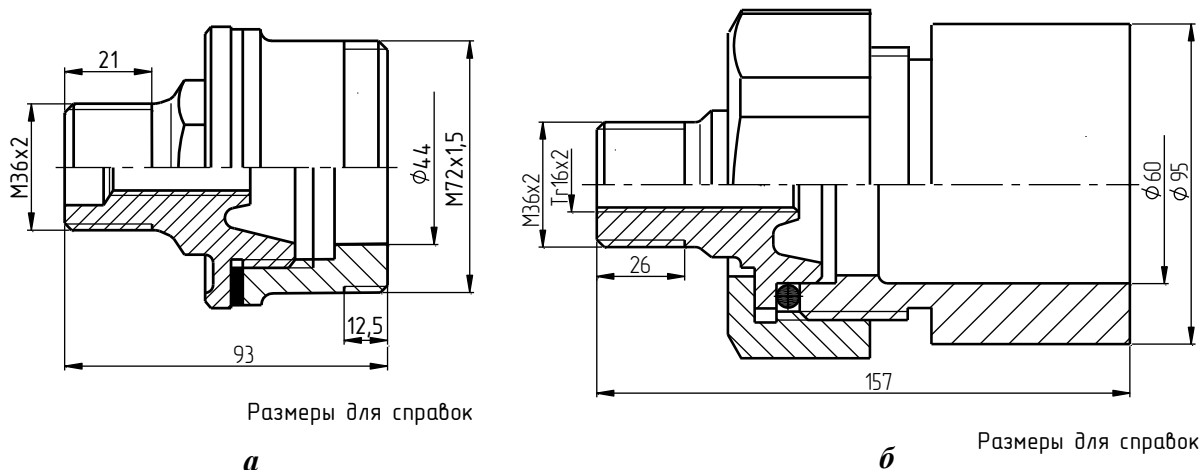


Рис. 3.87. Узкие площади сечений допускается на чертеже *зачернять*:
а – уплотнительные прокладки; **б** – уплотнительные кольца

Но есть *исключения* – если линии штриховки, проведенные к линии рамки чертежа под углом 45° , совпадают по направлению с линиями контура изображения или его осевыми линиями, то вместо угла 45° следует брать угол 30 или 60° (рис. 3.16 и 3.88). Это относится только к указанному изображению и при условии, что направление штриховки, характерное для одной и той же детали на всем чертеже, должно быть на нем тем же, не смотря на изменение ее угла.

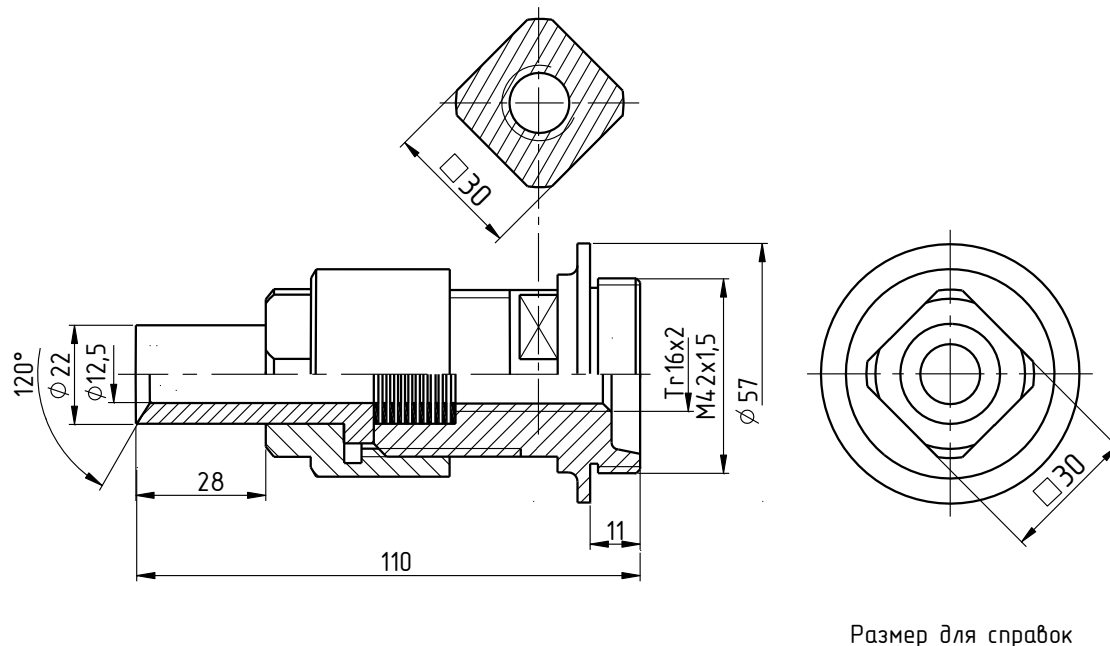


Рис. 3.88. Между смежными узкими зачерняемыми сечениями оставляют просвет не менее $0,8$ мм

Допускается применять *дополнительные обозначения* материалов, не предусмотренных в настоящем стандарте, поясняя их на чертеже надписями.

Композиционные материалы, содержащие металлы и неметаллические материалы, обозначают как металлы.

Расстояние между параллельными прямыми тонкими линиями штриховки (частота) должно быть, как правило, одинаковым для всех выполняемых в одном и том же масштабе сечений данной детали. Оно должно быть от 1 до 10 мм и выбирается в зависимости от площади штриховки и необходимости разнообразить штриховку смежных сечений (рис. 3.87, а).

Узкие площади сечений, ширина которых на чертеже менее 2 мм, допускается показывать зачерненными. Это чаще всего уплотнительные прокладки (рис. 3.87, а), кольца (рис. 3.87, б) и т. п. Если такие узкие сечения будут смежными, то между ними оставляют просвет не менее 0,8 мм. В качестве примера, на рис. 3.88 показано радиальное уплотнение цилиндрической детали в отверстии (не показана), состоящее из набора тонких колец (шайб), толщиной менее 2 мм каждое.

Отмеченное в стандарте влияние масштаба следует рассматривать не в том смысле, что при уменьшении или увеличении масштаба изображения следует пропорционально изменять и расстояние между линиями штриховки (оно не должно меняться), а в том смысле, что если ширина штрихованого сечения окажется при уменьшении масштаба менее 2 мм (расстояние между параллельными линиями), то такое сечение не штрихуют, а зачерняют. В этой связи, может быть следующее: или на тех изображениях, масштаб которых указан в основной надписи, указанное расстояние будет менее 2 мм и, следовательно, сечения следует зачернять (не штриховать), а изображения, построенные в масштабе увеличения, где расстояние между рассматриваемыми линиями станет больше 2 мм, необходимо будет уже штриховать (рис. 3.89); или будет иметь место обратное – зачернять придется сечения на изображениях этого чертежа, выполненных в масштабе уменьшения по выше указанной причине.

В общем, речь идет не о том, чему равна толщина тонкой детали в соответствии с ее действительными размерами – больше или меньше она двух миллиметров, и, соответственно, штриховать ее или зачернять. Речь идет о том, чему равно расстояние между линиями на чертеже, что в свою очередь зависит от масштаба изображения. Таким образом, масштаб изображения влияет на то, будет ли тонкая деталь заштрихована или зачернена.

Это продемонстрировано на рис. 3.89, где на главном виде с разрезами зачернены сечения трех уплотнительных прокладок (шайб) – они изображены толщиной менее 2 мм. Зачернение не позволяет судить о материале этих деталей. Поэтому выполнены три выносных элемента в масштабе увеличения. На них расстояние между линиями стали в двое больше – больше 2-х миллиметров, и выполненная в соответствии с изучаемым стандартом их штриховка графически показывает, что детали, изображенные на выносных элементах **А** и **Б**, являются не металлическими (возможно, из фторопласта), а оставшаяся деталь (**В**) – металлическая (возможно, из меди). Объяснением того, почему в одном устройстве применены для одной и той же цели

прокладки из столь разных материалов, могут быть следующие соображения: медная прокладка применяется в неподвижном герметичном соединении; в подвижном же соединении, коим является поворотное крепление штуцера в этом устройстве, лучше применить фторопласт, так как он меньше подвержен истиранию, и герметичность соединения будет сохраняться дольше.

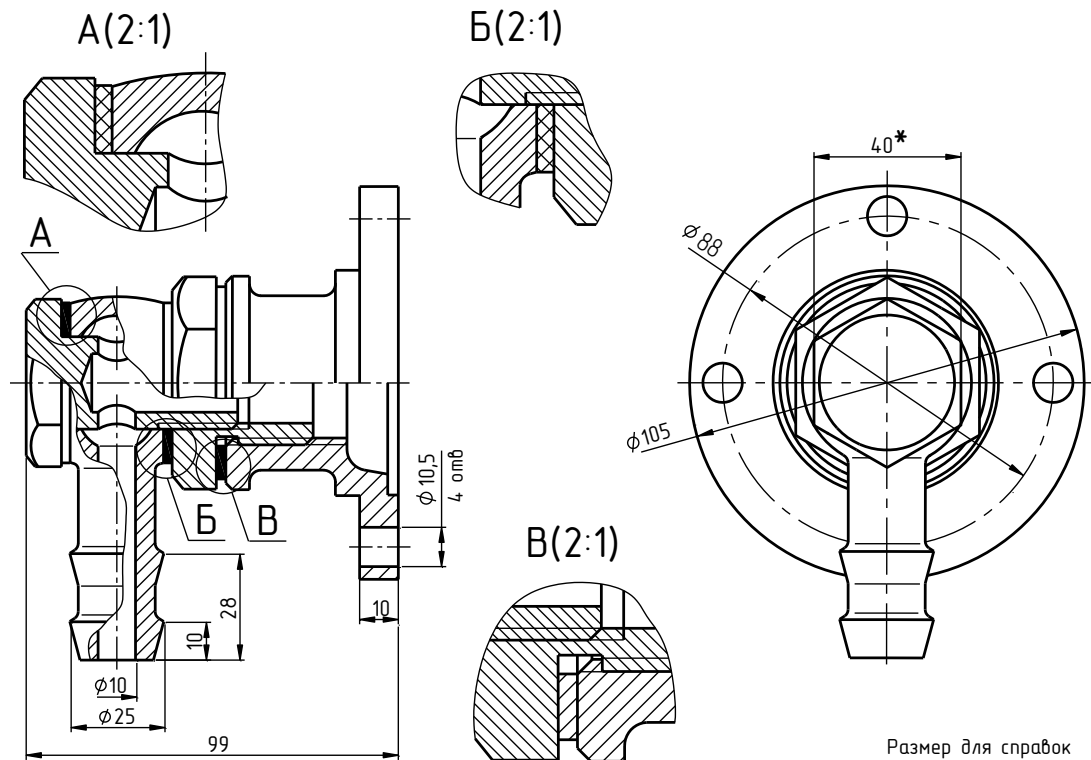


Рис. 3.89. Влияние масштаба изображения на графическое обозначение материала

Узкие и длинные площади сечений (например, штампованных, вальцованных и других подобных деталей), ширина которых на чертеже от 2 до 4 мм, допускается штриховать полностью только на концах и у контуров отверстий, а остальную площадь сечения – небольшими участками в нескольких местах (рис. 3.90).

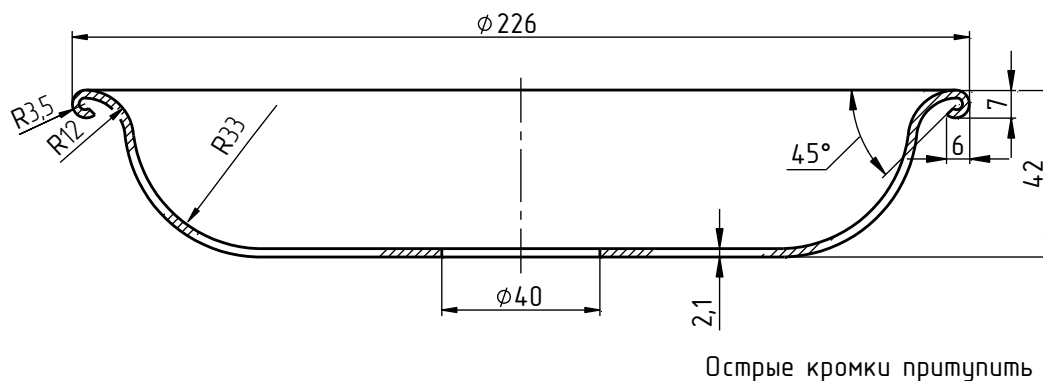


Рис. 3.90. Детали толщиной от 2 до 4 мм, преимущественно из листового материала, допускается штриховать прерывисто (фрагментарно) – по краям сечения и по краям отверстий, возможно также в некоторых промежуточных местах

Для смежных сечений двух деталей следует брать наклон линий штриховки для одного сечения вправо, для другого – влево (встречная штриховка (рис. 3.87–3.89). В смежных сечениях со штриховкой одинакового наклона и направления следует изменять расстояние между линиями штриховки (рис. 3.89) или сдвигать эти линии в одном сечении по отношению к другому, не изменяя угла их наклона. Например, так – со сдвигом – выполнена штриховка гайки на рис. 3.91.

Все *неметаллические* детали, за некоторым исключением (о котором будет сказано ниже), в сечении штрихуют «в клетку». Угол между линиями такой штриховки должен составлять 90° (рис. 3.92), а наклон этих линий к контурной линии изображения, или его оси, или к горизонтальной или вертикальной линиям рамки чертежа – 45° . Так на указанном рис. 3.92 заштрихована в поперечном сечении шина опорного ролика, что говорит о том, что она не металлическая (надо полагать, что выполнена из резины или какого-нибудь пластика). Остальные все детали этой конструкции – металлические, судя по штриховке их сечений. При штриховке «в клетку» для смежных сечений двух деталей расстояние между линиями штриховки в каждом сечении должно быть разным.

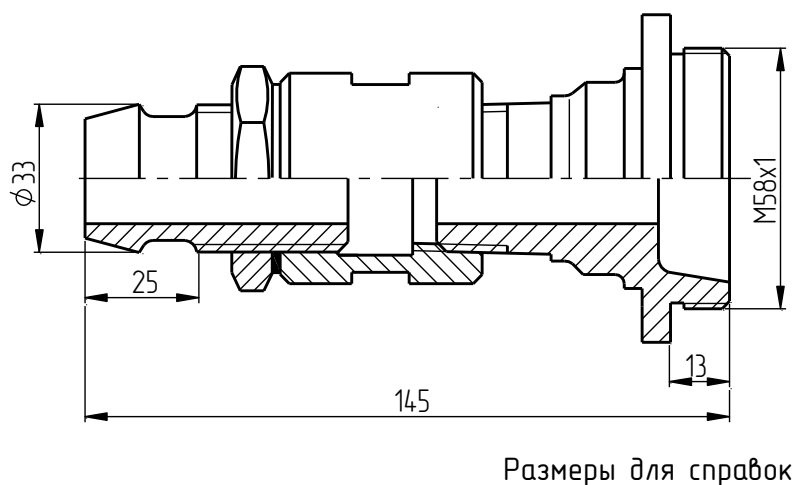


Рис. 3.91. Выполнение штриховки смежных сечений двух деталей со сдвигом, когда штриховка и там и там имеет одно и то же направление и расстояние между линиями (относительно сдвинуты линии штриховки на контргайке и штуцере, на который она навинчена)

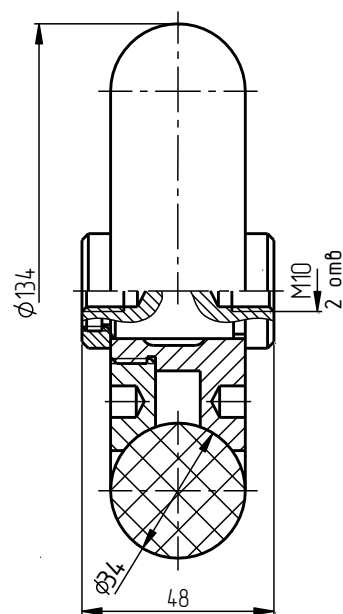


Рис. 3.92. Неметаллические детали штрихуют «в клеточку»

Детали из стекла или другого *светопрозрачного* материала в сечении штрихуют, как показано на рис. 3.93, где изображена прозрачная крышка смотрового окна для наблюдения за уровнем масла, например, в корпусе редуктора или коробки перемены передач или картере двигателя при смазывании контактирующих деталей (зубчатых колес, коленчатого вала и ша-

тунной поршневой группы) погружением. Особенностью изображения светопрозрачных материалов является то, что на чертеже они выглядят как непрозрачные. Другими словами, через них не должно быть ничего не видно, то есть не видно особенностей собственной конструкции или других деталей, если они будут входить в состав сборочной единицы.

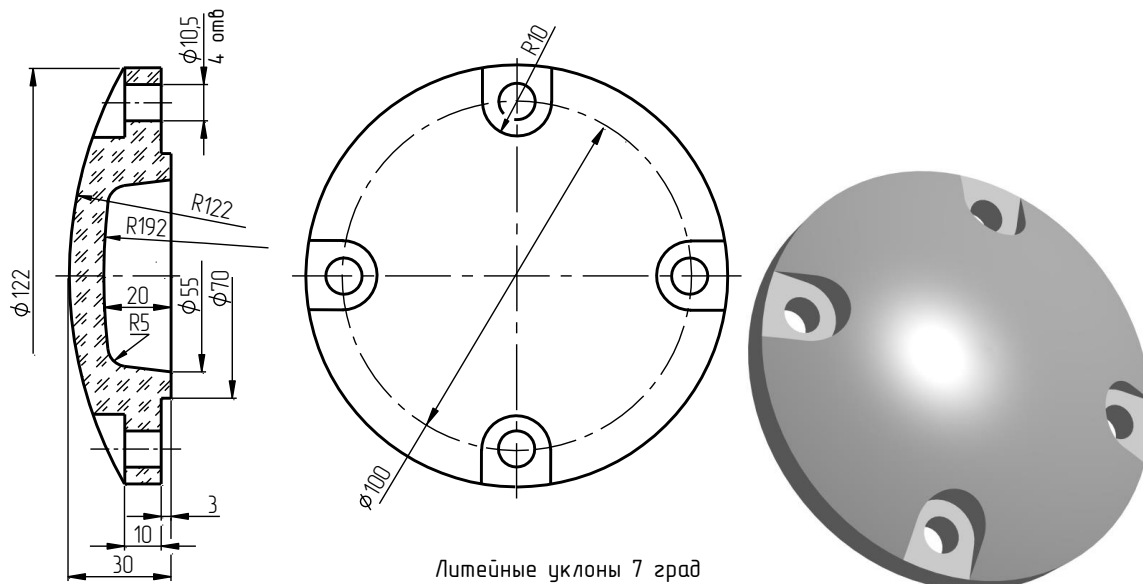


Рис. 3.93. Графическое обозначение стекла и других светопрозрачных материалов на примере чертежа крышки смотрового окна для наблюдения уровня масла при погружном способе смазки деталей

Если при штриховке толстостенных материалов и массивов светопрозрачных материалов в сечении наклон штрихов составляет 45° , то при графическом обозначении тонких стекол угол наклона штрихов должен составлять $15...20^\circ$ к большему направлению контура изображения в разрезе (к линии большей стороны контура сечения).

Например, в соответствии с рис. 3.92, угол в 20° показан к вертикали. На указанном рис. 3.94 приведен чертеж тонкого выпуклого стекла.

На рис. 3.95 приведено графическое обозначение некоторых других материалов, помимо рассмотренных. В качестве примера выбрано изображение анкерного крепления в сечении. Показано, что анкерный болт, предназначенный для крепления некоторой металлической чашеобразной детали 1, заделан посредством бетона 2 (залит) в камень 3 естественного происхождения – каменную глыбу. Для этого в камне высверлено отверстие,

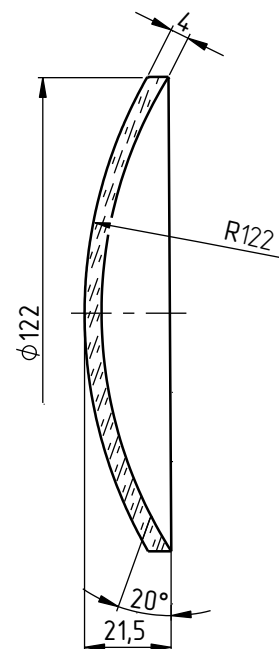


Рис. 3.94. Угол наклона штриховки стекла составляет $15...20^\circ$ к длинной линии контура сечения

куда помещен анкерный болт перед заливкой бетоном. Камень почти полностью находится в грунте – всей своей необработанной частью. Верхняя выступающая над поверхностью грунта часть камня обработана для придания ее плоской формы. Профиль поверхности грунта графически обозначен штриховкой 4. Она выполнена только по краю узкой полоской, как это показано на рис. 3.95. При больших площадях сечений, допускается наносить и другие графические обозначения таким же образом – лишь у контура сечения узкой полоской равномерной ширины.

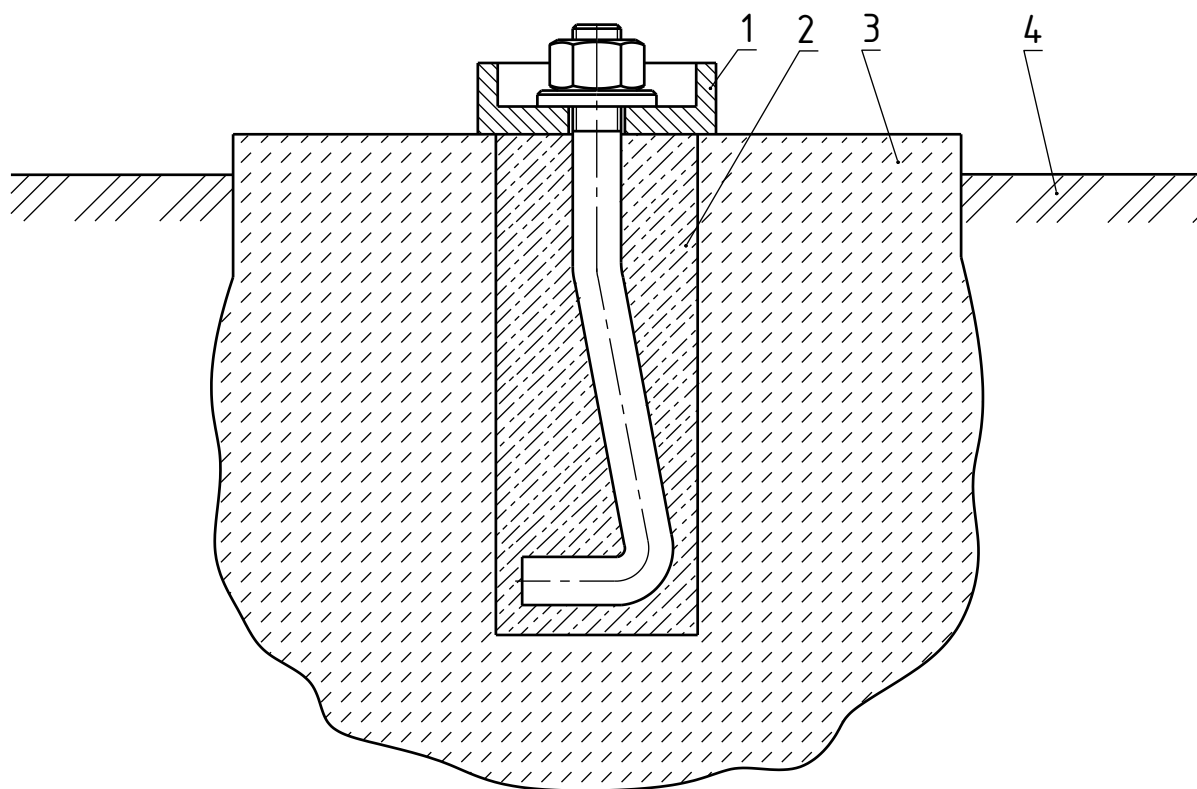


Рис. 3.95. Графическое обозначение различных материалов в сечении на примере чертежа анкерного крепления: 1 – металл; 2 – бетон; 3 – камень естественный; 4 – грунт естественный

На рис. 3.96 приведено графическое обозначение на чертеже древесины. В качестве примера взято некое приспособление с рукоятью удобной эргономичной формы в поперечных эллиптических сечениях, плавно меняющихся по длине рукояти. Чтобы иметь представление о такой сложной форме рукояти и указать необходимые размеры, главный вид приспособления дополнен двумя поперечными сечениями и разрезом. На них и показано, как надо графически обозначать материал, из которого изготовлена рукоять – древесину, как указывалось.

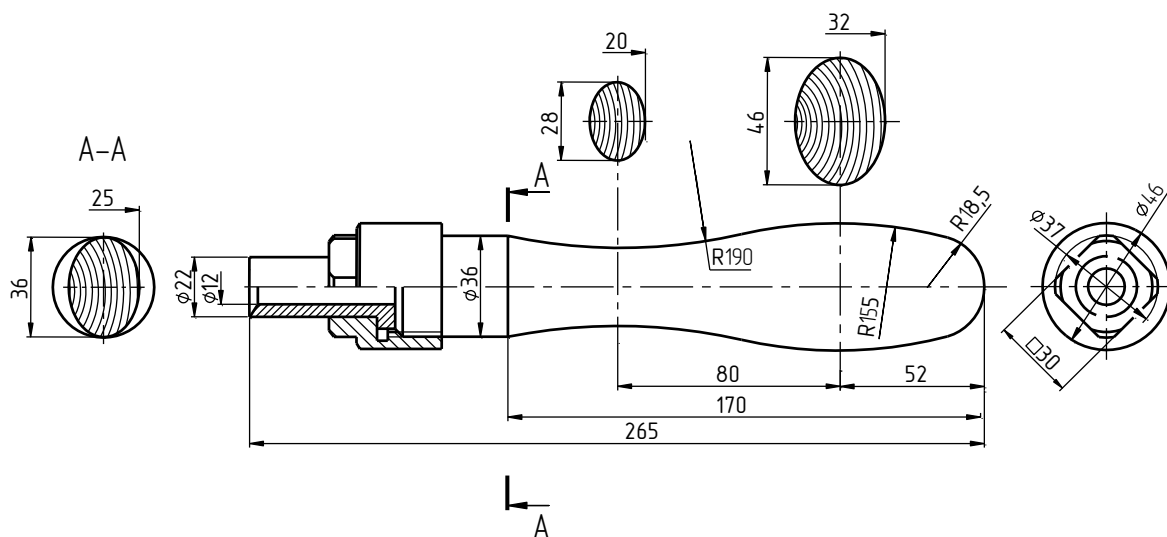
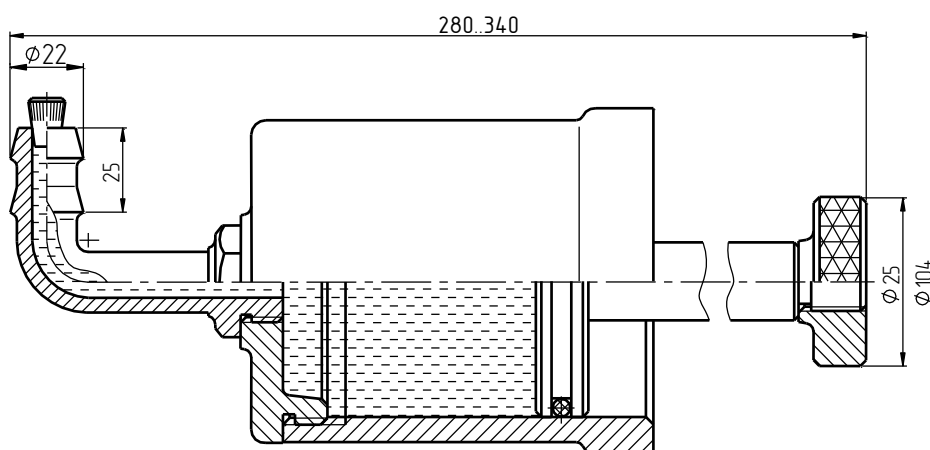


Рис. 3.96. Графическое обозначение древесины в поперечном сечении на примере чертежа некоего приспособления с деревянной рукоятью, имеющей эргономичную эллиптическую форму в поперечных сечениях

Графическое обозначение жидкости, если в нем будет необходимость, представлено на рис. 3.97, где приведен чертеж устройства для ручного нагнетания жидкости. Жидкость заполняет полость в корпусе устройства, выполненную цилиндрической формы для герметичного запирания ее с одной стороны уплотненным резиновым кольцом поршнем. При надавливании на поршень посредством штока с рукоятью, жидкость толкают в направлении изогнутого штуцера (влево). Если запертый конической резиновой пробкой выходной канал штуцера освободить, жидкость будет вытекать из него наружу и поступать по назначению. С внешней стороны на штуцере предусмотрены кольцевые выступы для фиксирования на нем хомутами гибкого трубопровода (не показаны), чтобы обеспечить подачу жидкостью в труднодоступные полости.



Размер для справок

Рис. 3.97. Графическое обозначение жидкости на примере чертежа устройства для ее нагнетания: жидкость заполняет рабочую полость в корпусе устройства, и может вытекать наружу через штуцер при надавливании вручную на поршень через шток с рукоятью

Вопросы и задания

1. Как производится *общее графическое обозначение* материала в сечении без относительного того, какой материал имеется в виду (общее графическое обозначение материалов в сечении)?
2. Как обозначают в сечениях *металлы* и твердые сплавы?
3. Линиями какой *толщины* производится штриховка сечений, как их располагают относительно друг друга?
4. На каком *удалении* могут друг от друга могут располагаться тонкие наклонные прямые линии штриховки?
5. По отношению к каким линиям чертежа устанавливается угол *наклона* штриховки сечений и чему он равен, как правило?
6. Как *штрихуют* одну и ту же деталь на всех изображениях чертежа, на которых она изображается в сечениях?
7. В каких случаях на некоторых изображениях детали угол наклона штриховки устанавливают в 30° или 60° , и каким должен быть наклон штриховки этой же детали на остальной части чертежа?
8. Как графически обозначают поперечные сечения *тонкостенных* деталей, изображаемых линиями на расстоянии менее 2 мм друг от друга, и как влияет на это обозначение масштаб изображения?
9. Как графически обозначают сечения смежных тонкостенных деталей, изображаемых линиями на расстоянии менее 2 мм, и каким должен быть *просвет* между ними?
10. Как располагают линии штриховки на сечениях *смежных* деталей сборочной единицы (изделия)?
11. Как поступают, если смежные сечения приходится штриховать в *одном* направлении?
12. Когда штриховку сечений разных деталей выполняют *со сдвигом*?
13. Как обозначают в сечениях *неметаллические* материалы – светопрозрачные и непрозрачные?
14. Как располагаются относительно друг друга линии штриховки при выполнении штриховки «в клетку»?
15. Как поступают при штриховке «в клетку», если сечения двух деталей являются *смежными*?

3.3. ГОСТ 2.307-2011 «Нанесение размеров и предельных отклонений»

Краткое содержание:

- основные требования к нанесению размеров на чертежах;
- правила нанесения линейных размеров, диаметров поверхностей вращения, размеров радиусов дуг окружностей, угловых размеров, размеров призматических поверхностей с квадратным основанием, размеров фасок на призматических поверхностях.

3.3.1. Нанесение размеров

Размеры в графических документах, как уже было рассмотрено в предыдущих разделах, указывают *размерными числами*, наносимыми над *размерными линиями* со стрелками на концах, упирающимися, как правило, в *выносные линии* (рис. 3.98). Допускается, в обоснованных случаях, стрелки размерных линий упирать в линии видимого контура чертежа. Такой случай представлен на рис. 3.99, где размер 24, указывающий на диаметр вала, приведен внутри изображения, а не за его пределами, в отличие от других размеров на этом чертеже. Это сделано в связи с тем, что при стремлении показать его за пределами изображения, пришлось бы выносными линиями этого размера пересечь ряд выносных линий других размеров, причем, что в одну, что в другую стороны.

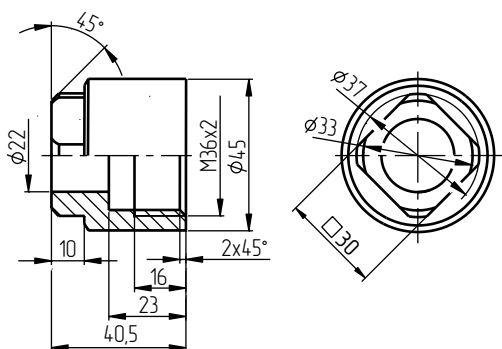


Рис. 3.98. Нанесение размеров на чертеже

При нанесении размера прямолинейного отрезка размерную линию проводят параллельно ему, а выносные линии – перпендикулярно к размерным (рис. 3.98 и 3.99).

При нанесении размера прямолинейного отрезка размерную линию проводят параллельно ему, а выносные линии – перпендикулярно к размерным (рис. 3.98 и 3.99).

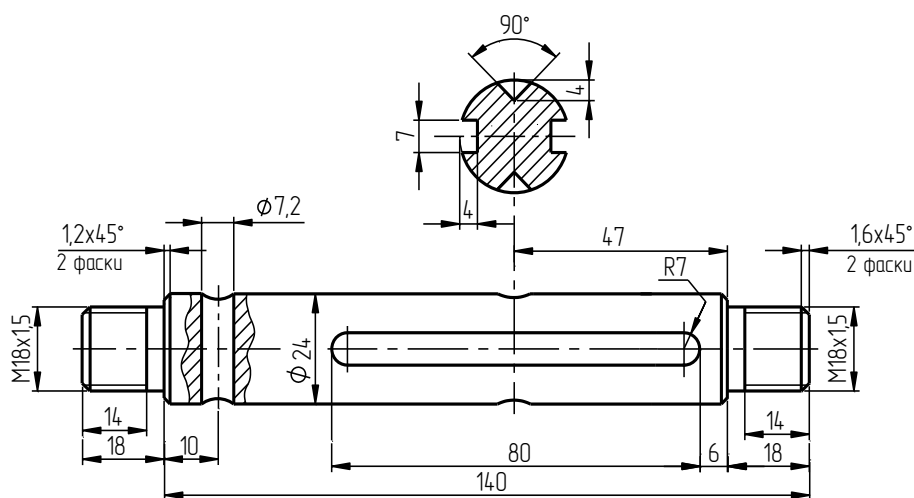


Рис. 3.99. Указание линейных и угловых размеров на чертеже: один из размеров указан к *контурным* линиям чертежа

При нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги с центром в его вершине, а выносные линии – радиально (рис. 3.98 и 3.99).

При нанесении размера дуги окружности размерную линию проводят concentрично дуге, а выносные линии – параллельно биссектрисе угла, и над размерным числом наносят знак «дуги», как это представлено на рис. 3.100.

Допускается располагать выносные линии размера дуги радиально и, если имеются еще концентричные дуги, необходимо указывать, к какой дуге относится размер (рис. 3.101).

При нанесении размеров деталей, подобных изображенной на рис. 3.101, размерные линии следует проводить в радиальном направлении, а выносные – по дугам окружностей (см. размер $\varnothing 20$).

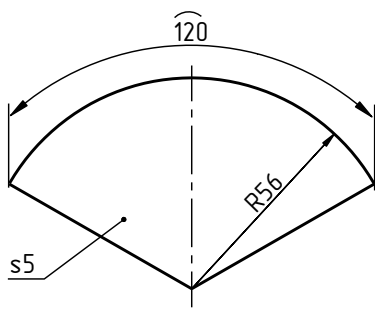


Рис. 3.100. Нанесение размера дуги окружности с применением специального знака: выносные линии параллельны биссектрисе угла

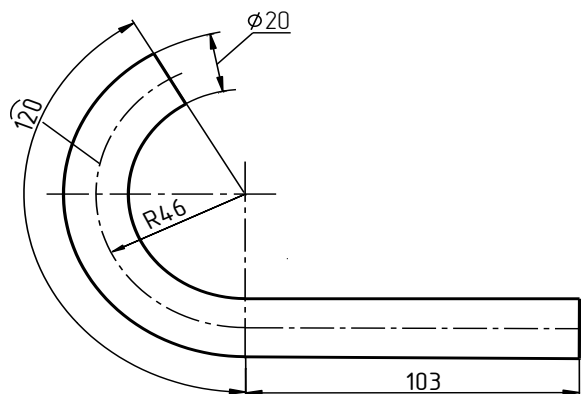


Рис. 3.101. Нанесение размера дуги окружности с применением специального знака: выносные линии расположены радиально (отдельно указано, к какой дуге относится размер)

В случае, показанном на рис. 3.102, размерную линию и выносные линии проводят так, чтобы они вместе с измеряемым отрезком образовывали параллелограмм.

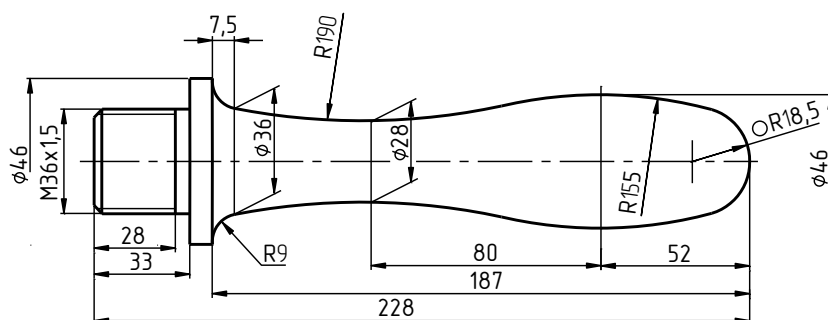


Рис. 3.102. На примере чертежа рукояти показано, что размеры можно указывать и таким образом, чтобы размерная линия, измеряемый отрезок и выносные линии составляли *параллелограмм*

Допускается проводить размерные линии непосредственно к линиям видимого контура, осевым, центровым и другим линиям (рис. 3.103 и 3.104). Однако предпочтительнее размерные линии наносить *вне контура* изображения, как указывалось.

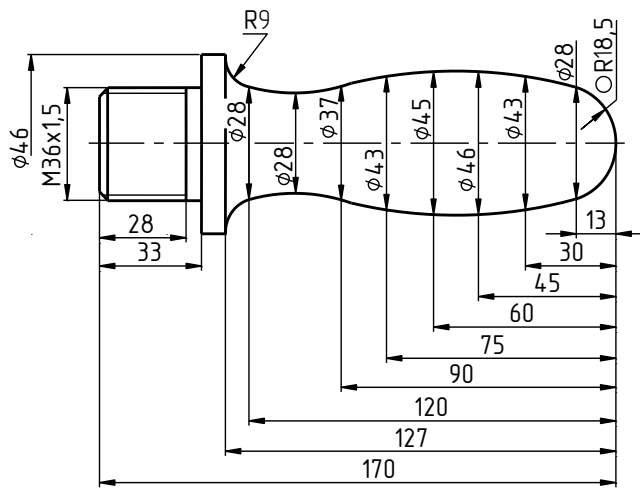
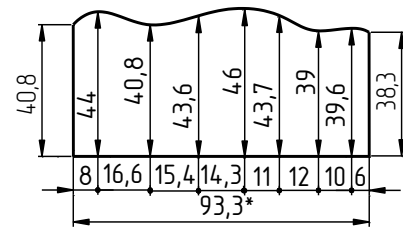


Рис. 3.103. Указание размеров к линиям видимого контура чертежа, представляющего собой сложную лекальную форму



* Размер для справок

Рис. 3.104. Указание размеров непосредственно к линии видимого контура чертежа произвольной формы

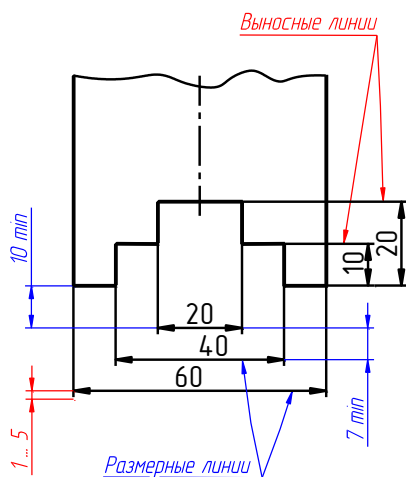


Рис. 3.105. Схема расположения размерных и выносных линий относительно контура изображения

Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 1–5 мм. Минимальные расстояния между параллельными размерными линиями должны быть 7 мм, а между размерной и линией контура – 10 мм и выбраны в зависимости от размеров изображения и насыщенности чертежа (рис. 3.105).

Необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий (рис. 3.103–3.106). Для этого вначале указывают меньшие размеры, а затем – большие.

Не допускается использовать линии контура, осевые, центровые и выносные линии в качестве размерных.

Выносные линии проводят от линий видимого контура, за исключением случаев, иллюстрированных на рис. 3.103 и 3.104, и случаев,

когда при нанесении размеров на невидимом контуре отпадает необходимость в вычерчивании дополнительного изображения.

Размеры контура криволинейного профиля наносят, как показано на рис. 3.103 и 3.104.

Если надо показать координаты вершины скругляемого угла или центра дуги скругления, то выносные линии проводят от точки пересечения сторон скругляемого угла или центра дуги скругления (см. размеры 33 и 38 на рис. 3.106).

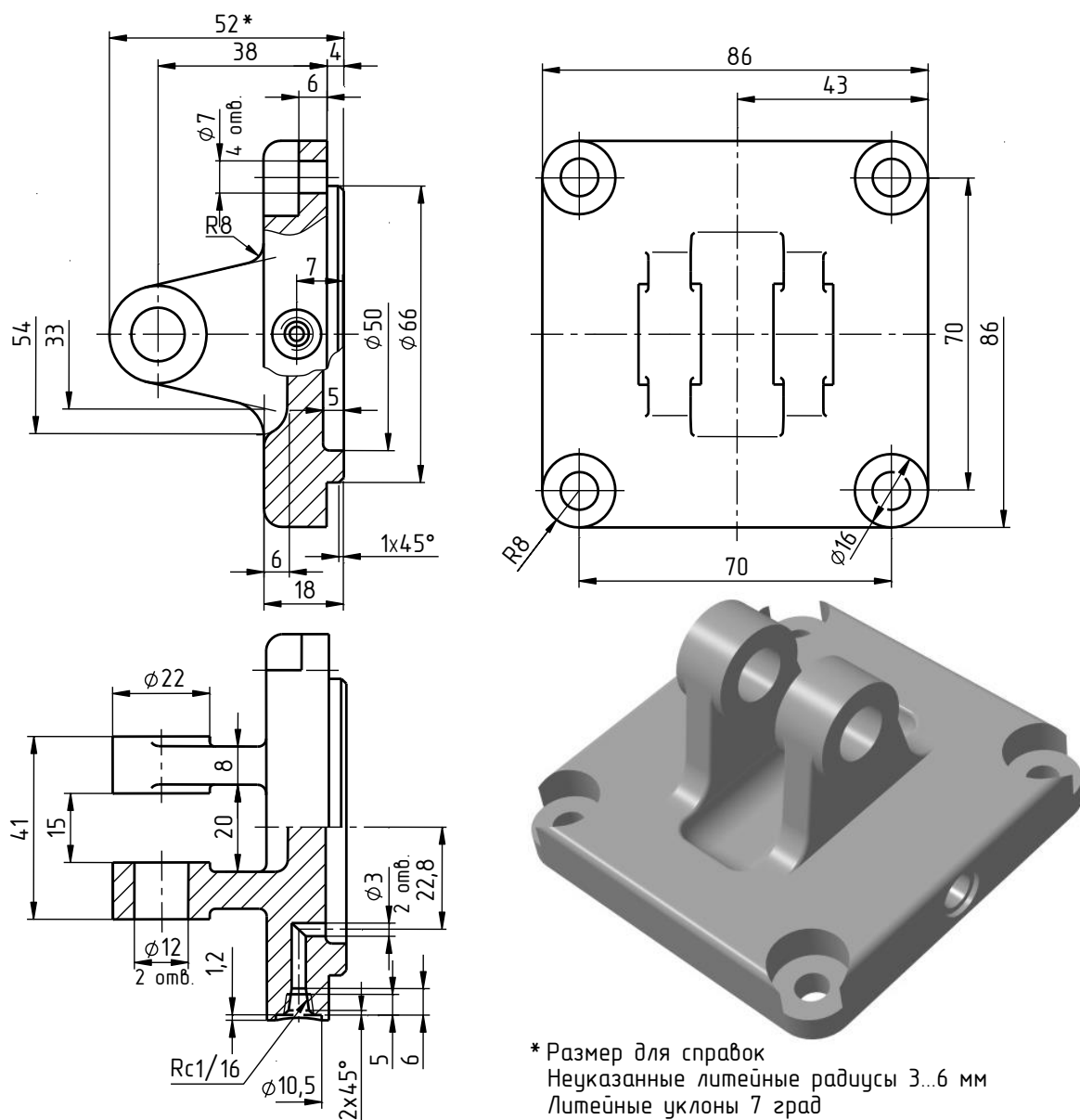


Рис. 3.106. На примере чертежа крышки, заготовка которой была получена методом литья, показано как наносить размеры *скруглений* и координаты вершин скругляемых углов (большинство литейных радиусов указано общей записью)

Если вид или разрез симметричного предмета или отдельных симметрично расположенных элементов изображают только до оси симметрии или с обрывом, то размерные линии, относящиеся к этим элементам, проводят с обрывом, и обрыв размерной линии делают дальше оси или линии обрыва предмета (рис. 3.107).

Размерные линии допускается проводить с обрывом и в следующих случаях:

а) при указании размера диаметра окружности независимо от того, изображена ли окружность полностью или частично; при этом обрыв размерной линии делают дальше центра окружности (рис. 3.108);

б) при нанесении размеров от базы, не показанной на изображении (рис. 3.109).

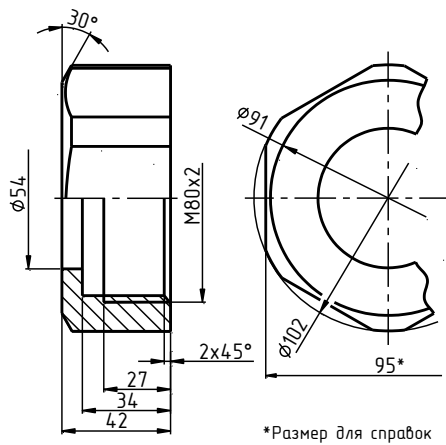


Рис. 3.107. Указание размеров на чертежах симметричных деталей с *обрывом* размерной линии за осью симметрии или линией обрыва изображения

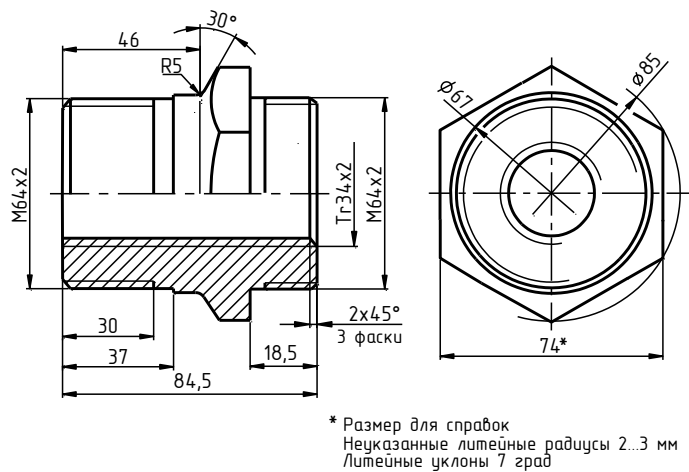


Рис. 3.108. При указании диаметров допускается *обрывать* размерную линию за центром окружности независимо от того, изображена ли окружность полностью

При изображении изделия с разрывом размерную линию не прерывают (рис. 3.110).

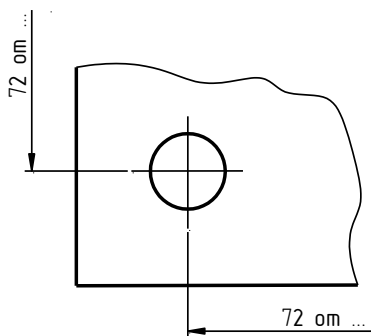


Рис. 3.109. Размерную линию изображают с обрывом при нанесении размера от *база*, не показанной на чертеже

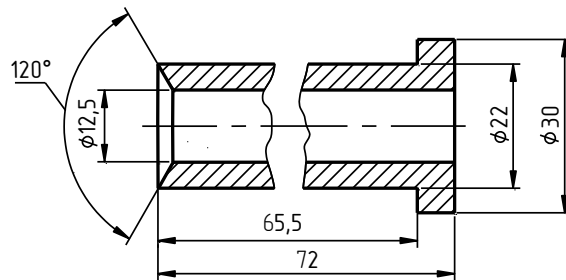


Рис. 3.110. Размерную линию не прерывают при изображении детали *разрывом*

Величины элементов 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 рис. 3.111.

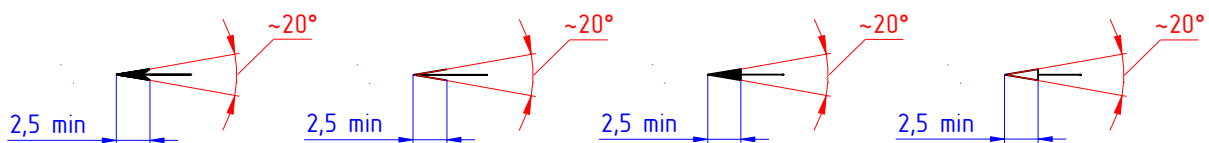


Рис. 3.111. Варианты начертания *стрелок* размерных линий и примерные относительные величины элементов стрелок

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 рис. 3.112, то есть снаружи (см. размеры: $1,6 \times 45^\circ$; 6; 9,5).

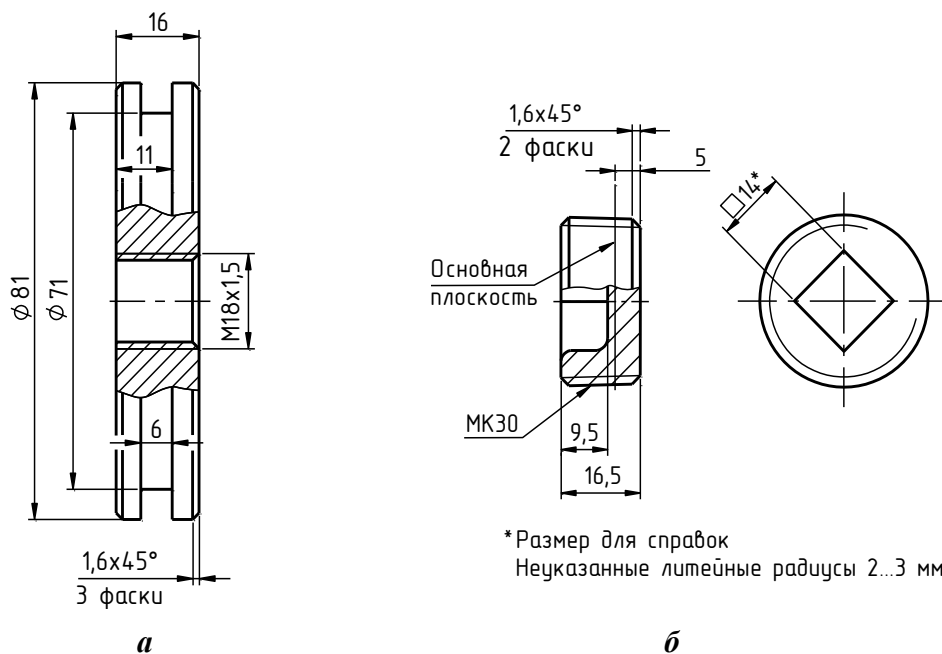


Рис. 3.112. При недостатке места для размещения стрелок между выносными линиями, размерные линии *удлиняют*, и стрелки ставят снаружи: на примерах чертежей поршня (**а**) и конической пробки (**б**)

При недостатке места для стрелок на размерных линиях, расположенных цепочкой, стрелки допускается заменять *засечками*, наносимыми под углом 45° к размерным линиям (рис. 3.113), или четко наносимыми *точками* (рис. 3.114).

На строительных чертежах взамен стрелок допускается применять засечки на пересечении размерных и выносных линий и в других случаях, при этом размерные линии должны выступать за крайние выносные линии от 1 до 3 мм.

При недостатке места для стрелки из-за близко расположенной контурной или выносной линии последние допускается прерывать (рис. 3.115).

Размерные числа наносят над размерной линией, возможно ближе к ее середине (рис. 3.116 и 3.117).

При нанесении размера диаметра внутри окружности размерные числа смещают относительно середины размерных линий (рис. 3.113).

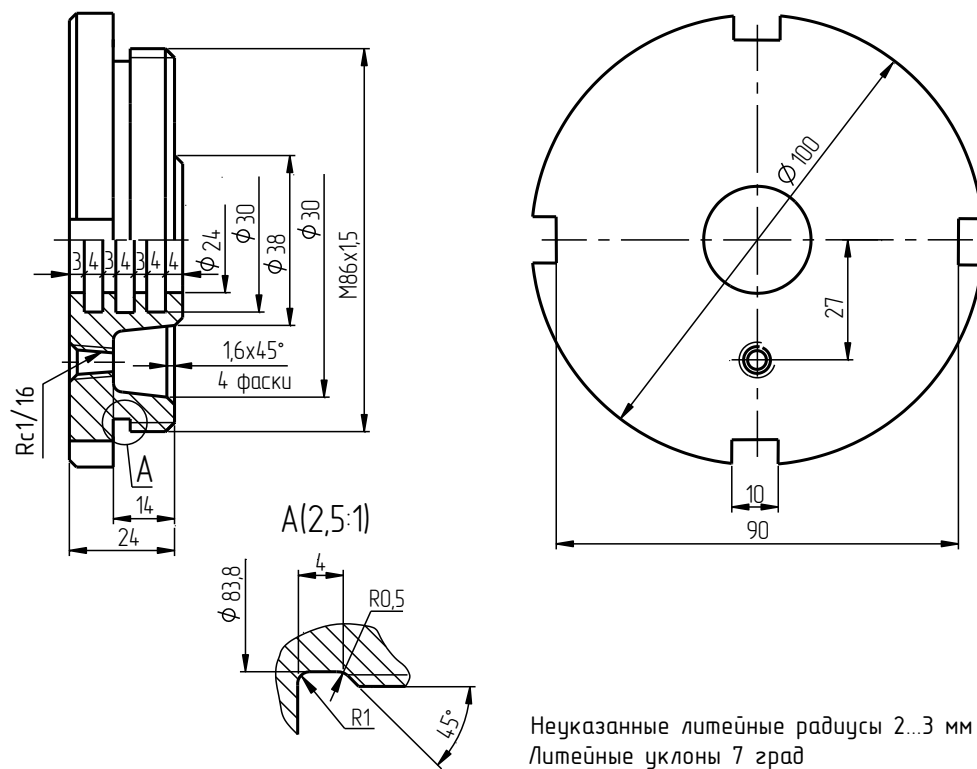


Рис. 3.113. При недостатке места стрелки на размерных линиях заменяют *засечками*, расположенными наклонно под углом 45°

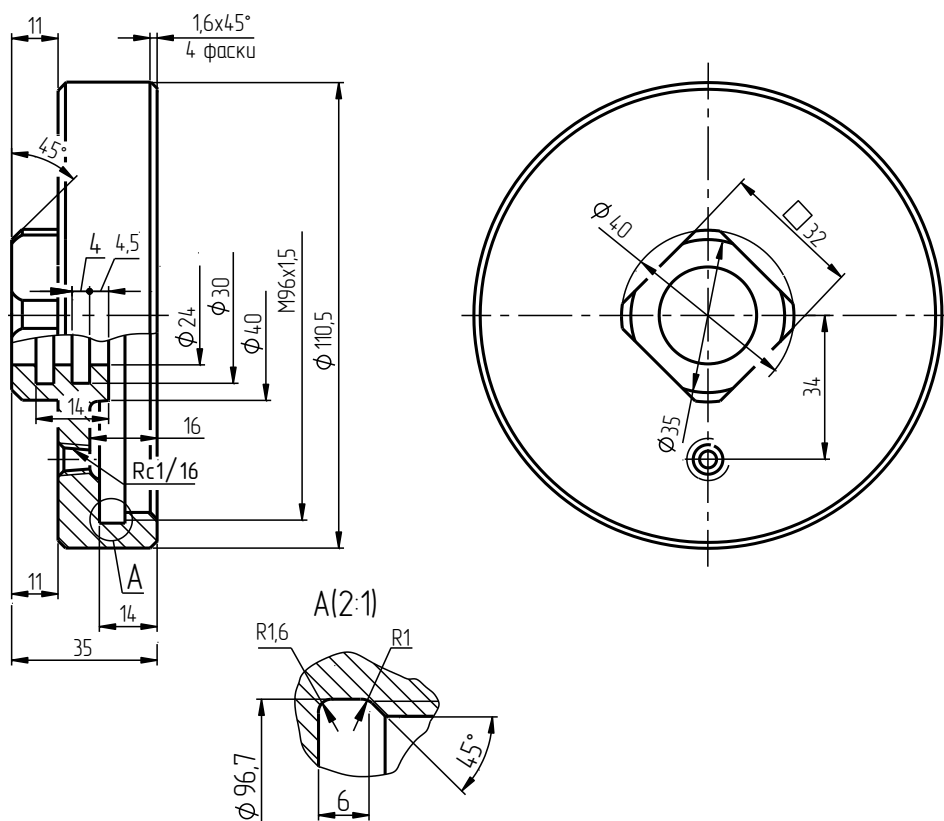


Рис. 3.114. При недостатке места стрелки на размерных линиях заменяют *точками*

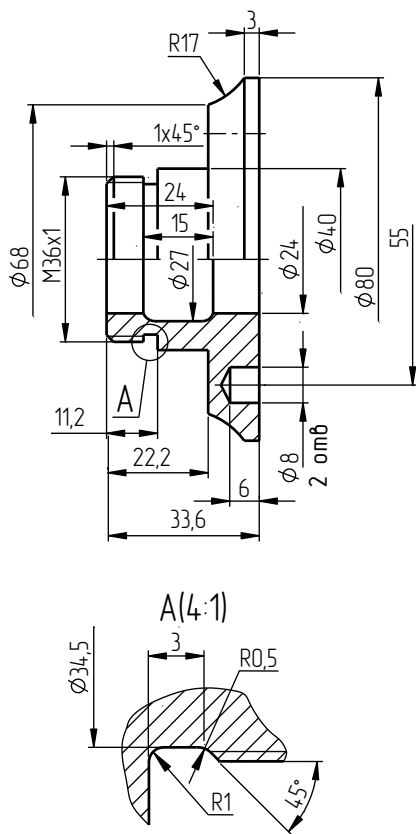


Рис. 3.115. Контурные линии прерывают для размещения стрелок

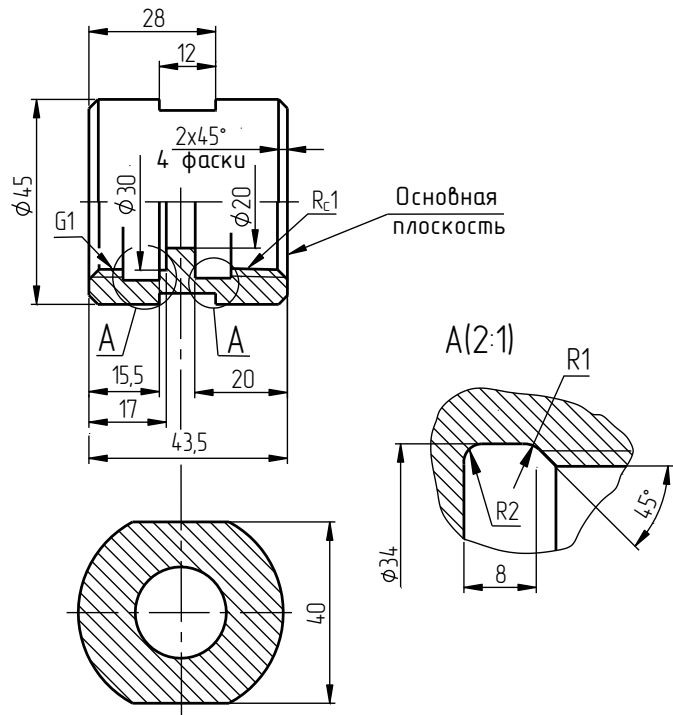


Рис. 3.116. Размерные числа наносят над размерной линией, возможно ближе к ее середине

При нанесении нескольких параллельных или концентрических размерных линий на небольшом расстоянии друг от друга размерные числа над ними рекомендуется располагать в шахматном порядке (рис. 3.118 и 3.119).

Размерные числа линейных размеров при различных наклонах размерных линий располагают, как показано на рис. 3.120.

Угловые размеры наносят так, как показано на рис. 3.121. 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 (рис. 3.122).

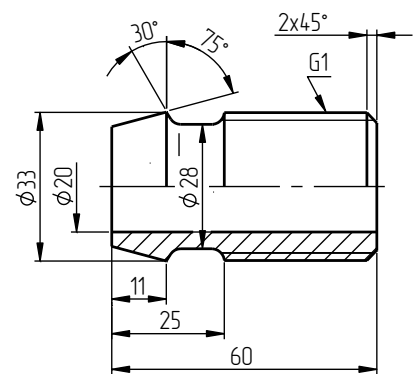


Рис. 3.117. Указание угловых размеров

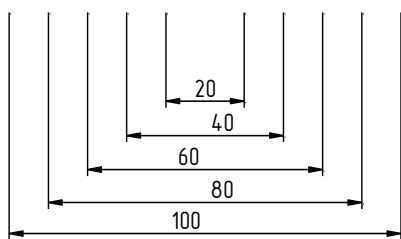


Рис. 3.118. Нанесение линейных размеров в шахматном порядке при их близком расположении лесенкой в большом количестве

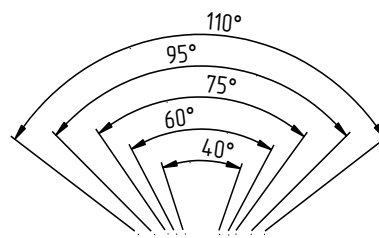


Рис. 3.119. Нанесение угловых размеров в шахматном порядке при их близком расположении лесенкой в большом количестве

Если необходимо нанести размер в заштрихованной зоне, проиллюстрированной схемой на рис. 3.121, соответствующее размерное число наносят на полке линии-выноски (рис. 3.122). Такое нанесение размерных чисел допускается и в других обоснованных случаях, когда это прибавляет ясности в чтении чертежа, делает чтение чертежа более удобным (рис. 3.123).

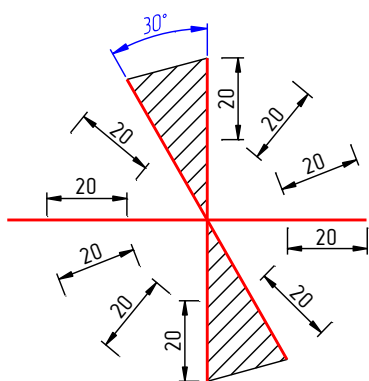


Рис. 3.120. Расположение размерных чисел линейных размеров при различных наклонах размерных линий

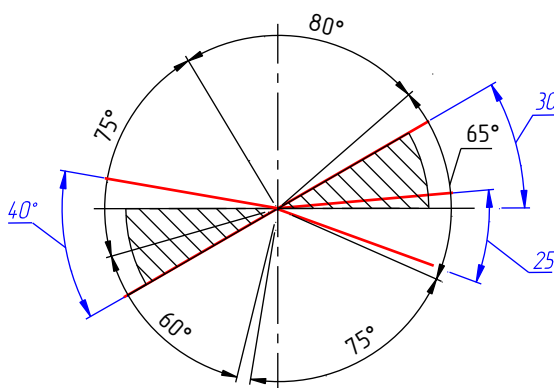


Рис. 3.121. Расположение размерных чисел угловых размеров при различных наклонах размерных линий

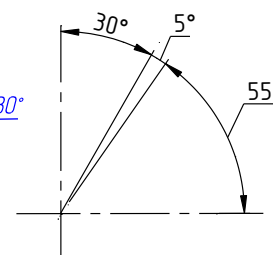


Рис. 3.122. Расположение размерных чисел угловых размеров при недостатке места над размерной линией

Если для написания размерного числа недостаточно места над размерной линией, то размеры наносят, как показано на рис. 3.124. Если недостаточно места для нанесения стрелок, то их наносят, как показано на рис. 3.125.

Способ нанесения размерного числа при различных положениях размерных линий (стрелок) на чертеже определяют наибольшим удобством чтения.

Размерные числа (и предельные отклонения) не допускается разделять или пересекать какими бы то ни было линиями изображения. Не допускается разрывать линию контура для нанесения размерного числа и наносить

размерные числа в местах пересечения размерных, осевых или центровых линий. В месте нанесения размерного числа осевые, центровые линии и линии штриховки прерывают (рис. 3.126, 3.114–3.116 и др.).

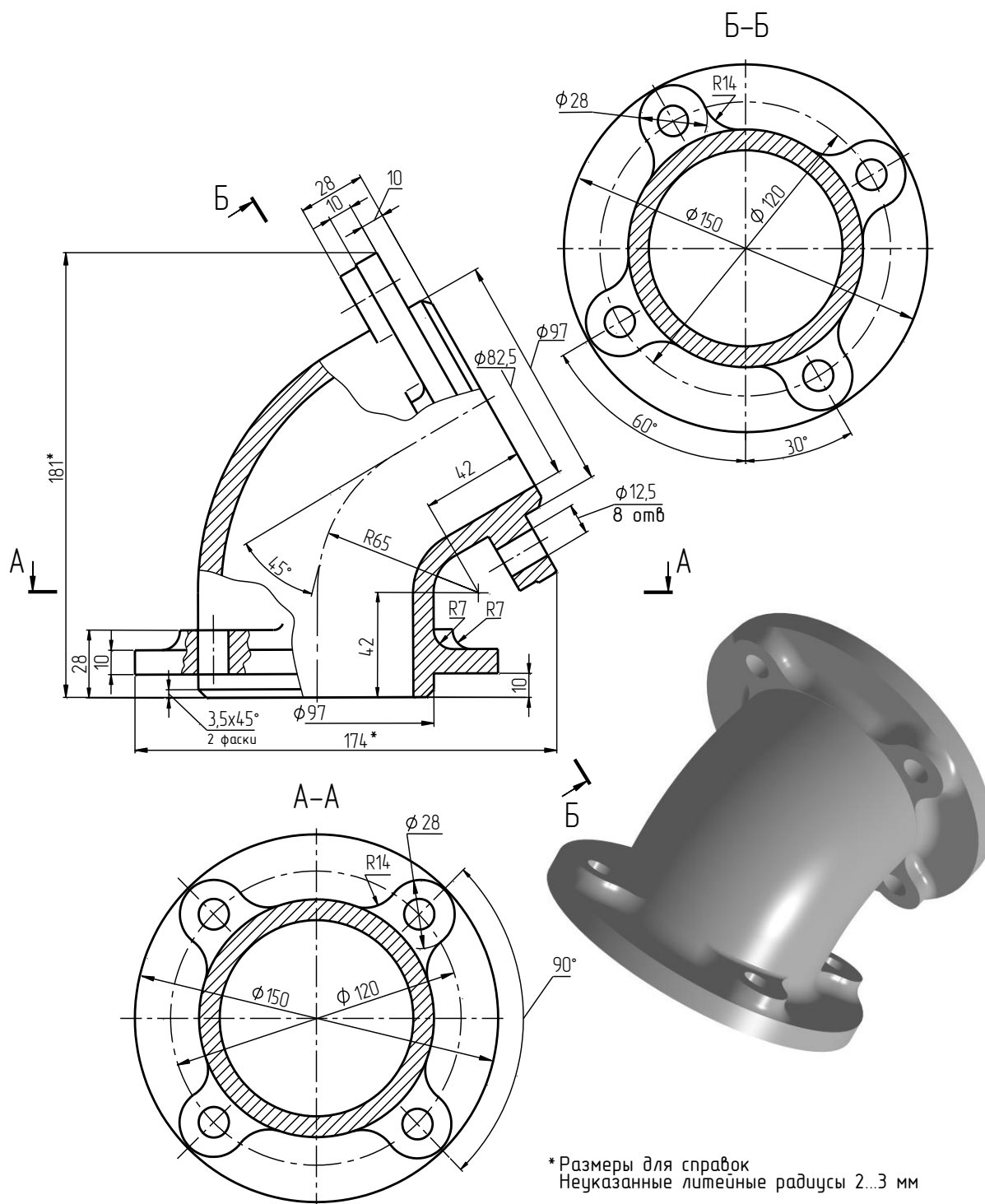


Рис. 3.123. Размещение некоторых размерных чисел на полках линий-выносок в обоснованных случаях, согласно рис. 3.121, для более удобного чтения размеров (на примере чертежа детали в виде патрубка с двумя присоединительными фланцами)

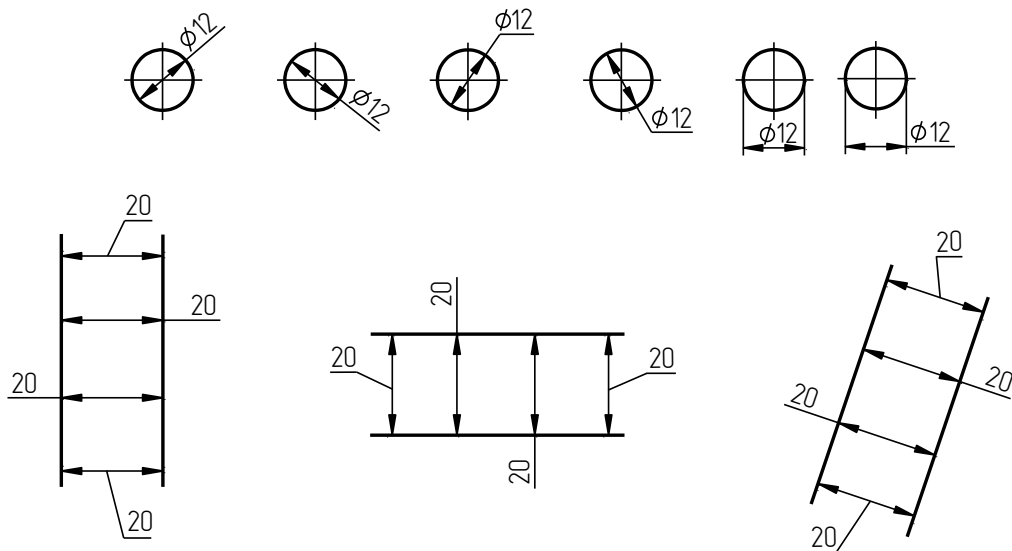


Рис. 3.124. Варианты написания размерных чисел *снаружи* при недостатке места над размерной линией

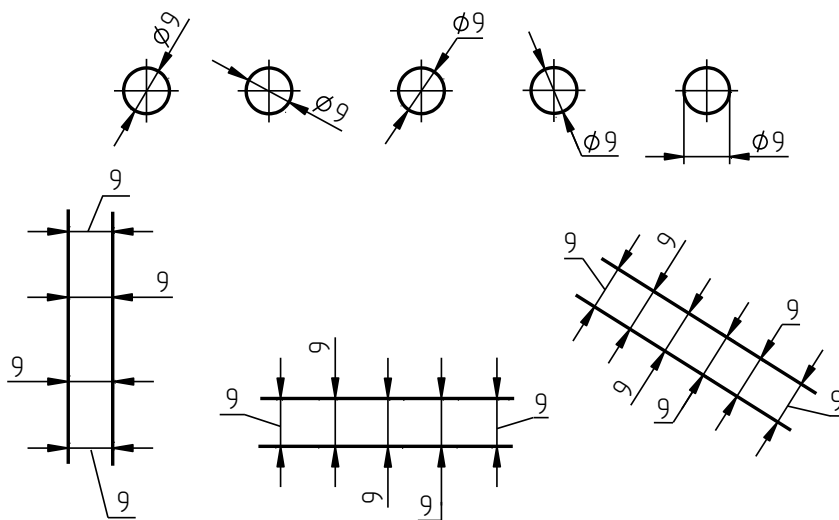


Рис. 3.125. Размещение *стрелок* размерных линий *снаружи* при недостатке места

Размеры, относящиеся к одному и тому же конструктивному элементу (пазу, выступу, отверстию и т. д.), рекомендуется группировать в одном месте, располагая их на том изображении, на котором геометрическая форма данного элемента показана наиболее полно. Так, например, на рис. 3.127 показано, что оба размера (ширина и глубина), относящиеся к симметрично расположенным пазам, выполненным на детали, указаны в одном месте — на главном виде. Там же можно видеть, как именно расположен этот паз. Диаметр и глубина глухих симметрично расположенных отверстий и расстояние до общей оси этих отверстий, выполненных на плоском элементе этой детали слева, указаны на виде сверху.

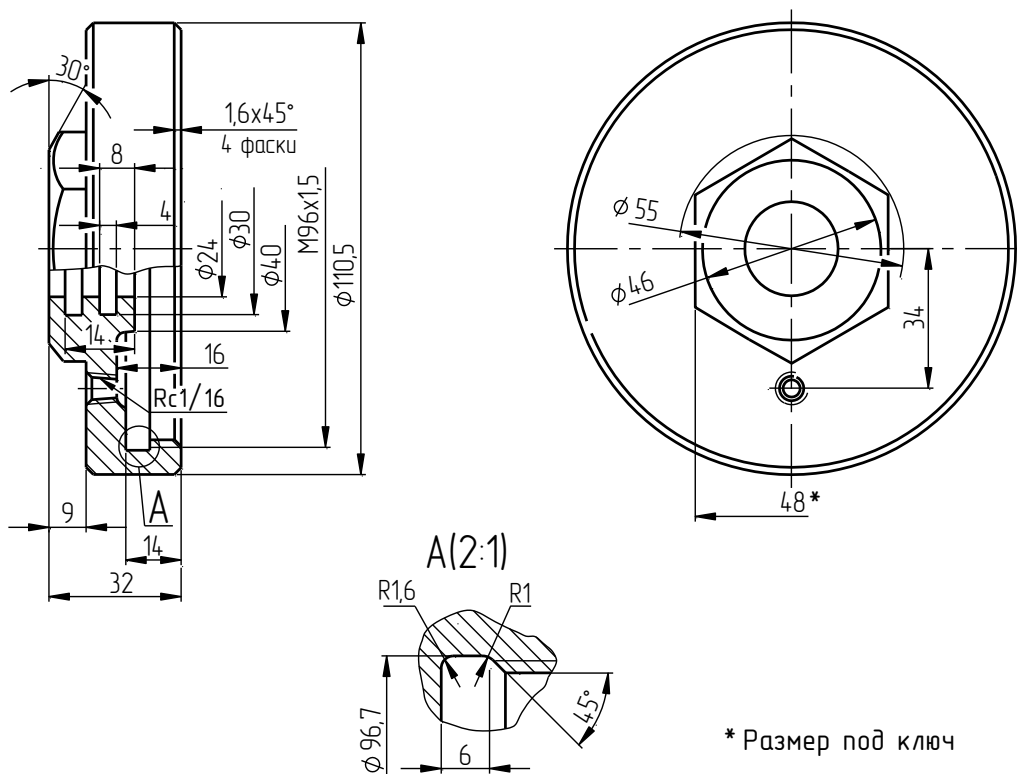


Рис. 3.126. Прерывание линий чертежа в местах расположения размерных стрелок и чисел

При нанесении размера радиуса перед размерным числом помещают прописную букву **R** латинского алфавита (рис 3.127).

Если при нанесении размера радиуса дуги окружности необходимо указать размер, определяющий положение ее центра, то последний изображают в виде пересечения центровых или выносных линий (рис. 3.127). Как указывалось, изображение центра окружности должно быть четким – должны *пересекаться длинные штрихи* штрихпунктирных линий (не пунктиры и не пустоты между штрихом и пунктиром).

При большом радиусе центр допускается приближать к дуге, в этом случае размерную линию радиуса показывают с изломом под углом 90° (рис. 3.128).

Если не требуется указывать размеры, определяющие положение центра дуги окружности, то размерную линию радиуса допускается не доводить до центра и смещать ее относительно центра (рис. 3.129).

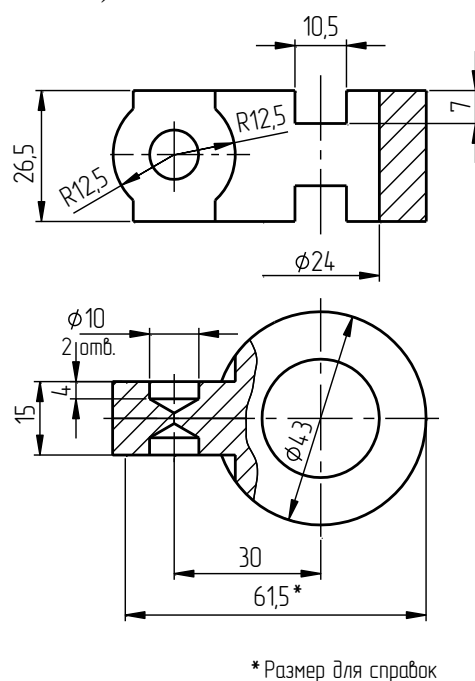


Рис. 3.127. Размеры, относящиеся к одному элементу, группируют на одном изображении

При проведении нескольких радиусов из одного центра размерные линии любых двух радиусов не располагают на одной прямой (рис. 3.130).

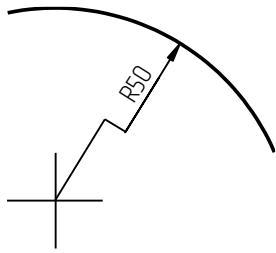


Рис. 3.128. Центр дуги допускается *приближать* к дуге, а размерную линию изображать с изломом под углом 90°

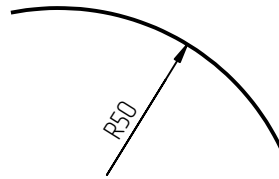


Рис. 3.129. Размерную линию допускается *не доводить* до центра дуги (обрывать)

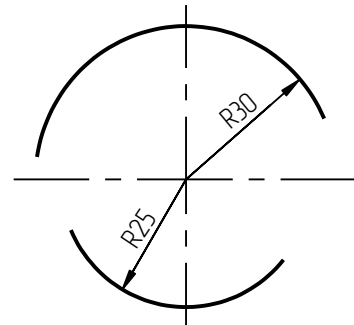


Рис. 3.130. Размерные линии любых двух радиусов не должны располагаться на одной прямой

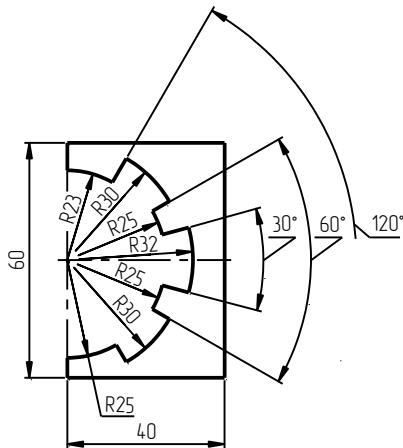


Рис. 3.131. Размерные линии внутри расположенных радиусов нескольких дуг допускается *не доводить* до их общего центра

При совпадении центров нескольких радиусов их размерные линии допускается не доводить до центра, кроме крайних (рис. 3.131).

Размеры радиусов наружных скруглений наносят, как показано на рис. 3.132, *а*. Размеры радиусов внутренних скруглений – как на рис. 3.132, *б*.

Радиусы скругления, размер которых не более 1 мм, на изображении не указывают, и их размеры наносят, как показано на рис. 3.133.

Способ нанесения размерных чисел при различных положениях размерных линий (стрелок) на изображении определяют наибольшим удобством чтения. Размеры одинаковых радиусов допускается указывать на общей полке, как показано на рис. 3.134.

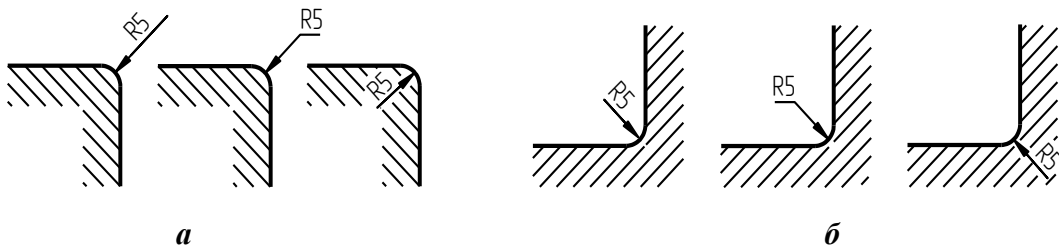


Рис. 3.132. Указание на чертеже размеров радиусов: *а* – наружные скругления; *б* – внутренние скругления

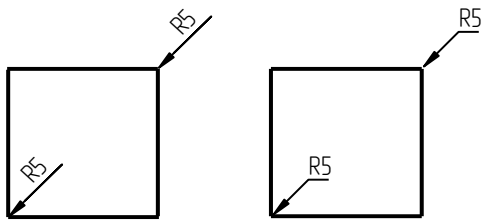


Рис. 3.133. Скругления на чертеже радиусом *менее 1 мм* не изображают, а их действительный размер наносят, как показано

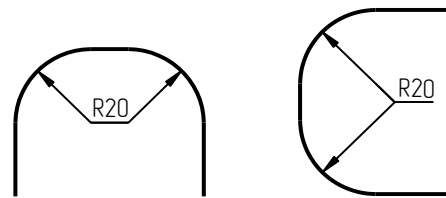


Рис. 3.134. Одинаковые скругления допускается указывать на *общей* полке размерных линий, располагая размерные числа удобным для чтения образом

Если радиусы скруглений, сгибов и т. д. во всем графическом документе одинаковы или какой-либо радиус является преобладающим, то вместо нанесения размеров этих радиусов непосредственно на изображении рекомендуется в технических требованиях делать записи: «Радиусы скруглений 4 мм»; «Внутренние радиусы сгибов 10 мм»; «Неуказанные радиусы 8 мм»; «Литейные радиусы 2...3 мм»; «Неуказанные литейные радиусы 3...5 мм» и т. д. (рис. 3.106, 3.108, 3.112, 3.113, 3.121).

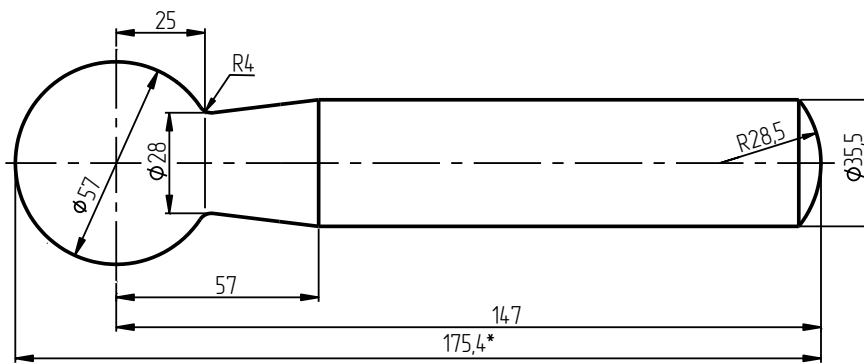
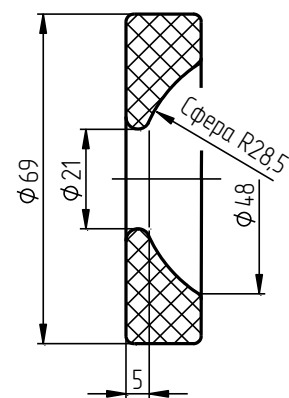


Рис. 3.135. Перед размерным числом диаметра или радиуса явно выраженной *сферической* поверхности наносят соответствующий знак «Ø» или R и только – без надписи перед ним «Сфера» или знака «O»

При указании размера диаметра (во всех случаях) перед размерным числом наносят знак «Ø» (рис. 3.124 и 3.125).

Перед размерным числом диаметра (радиуса) сферы также наносят знак «Ø» (R) без надписи «Сфера» (см. рис. 3.67, 3.135).

Если на изображении трудно отличить сферу от других поверхностей, то перед размерным числом диаметра (радиуса) допускается наносить слово «Сфера» или знак «O», например, «Сфера Ø28,5», «OR28,5» (рис. 3.136 и 3.137). Диаметр знака сферы «O» равен размеру размерных чисел.



Радиусы скруглений 2...3 мм

Рис. 3.136. Перед размерным числом и знаком радиуса выполнена надпись «Сфера»

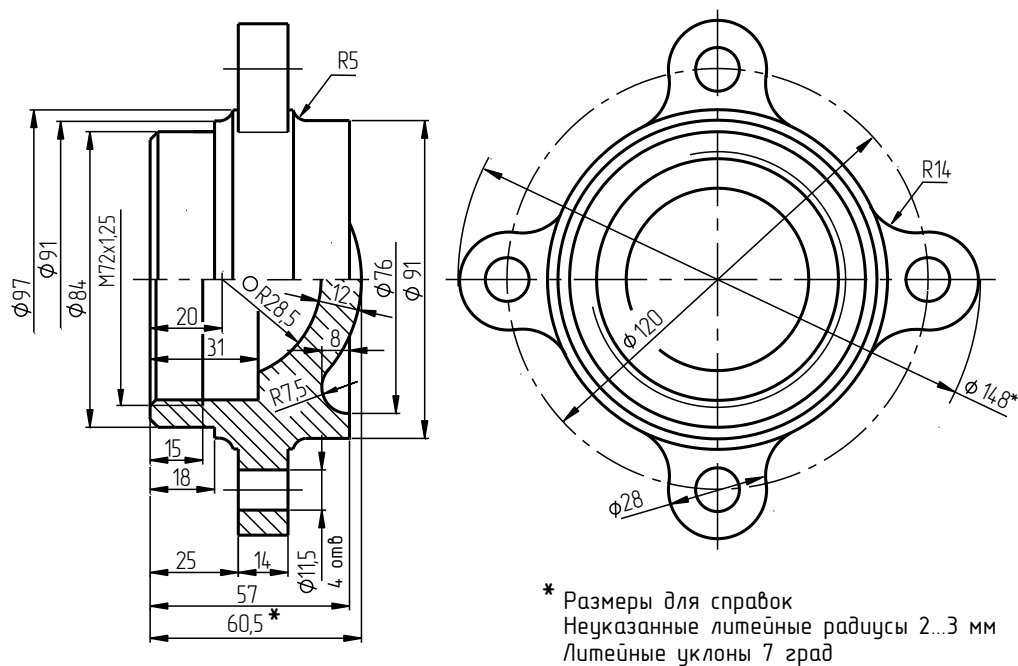


Рис. 3.137. Перед размерным числом, указывающим радиус внутренней сферической поверхности (ложе), выполненной в детали под шаровую опору, дополнительно нанесены соответствующие знаки: «**О**» – знак сферы; **R** – знак радиуса

Размеры квадрата наносят, как показано на рис. 3.138. Там приведены все возможные варианты нанесения размера поперечного сечения призматической поверхности, выполненной на валу. Самое простое – это, применяя знак «**□**», указать только одно размерное число непосредственно на главном виде (рис. 3.138, *a*). Тогда вид сбоку (слева) вообще не нужен. Пониманию того, что одна из ступеней этого вала выполнена призматической, способствует перекрестие из тонких линий – графическое обозначение плоскости. *Высота знака «□»* должна быть равна высоте размерных чисел. На виде сбоку слева есть возможность поставить оба размерных числа, где видна полностью форма этого элемента.

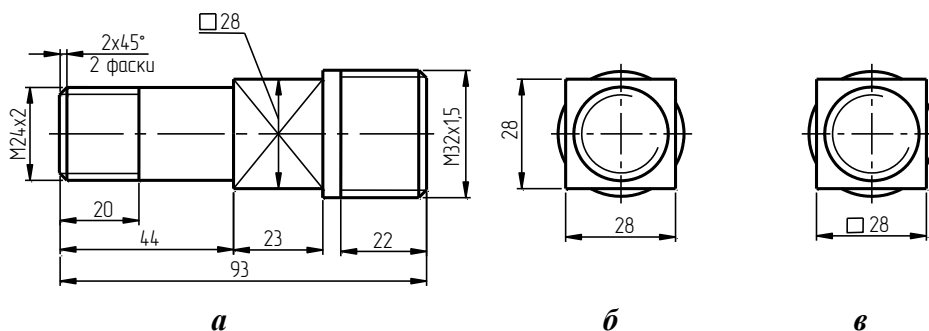


Рис. 3.138. Варианты нанесения размера *призматической* поверхности:
a – непосредственно на главном виде с использованием одного размерного числа и специального знака «Квадрат»; *б* – на виде сбоку с использованием двух размерных чисел; *в* – на виде сбоку с использованием одного размерного числа и специального знака «Квадрат»

Это второй вариант нанесения размеров призматического элемента (рис. 3.138, б). Можно также использовать знак квадрата «□» и на виде сбоку (слева), и это позволит обойтись только одним размерным числом (рис. 3.138, в).

Перед размерным числом, характеризующим конусность, наносят знак «∆», острый угол которого должен быть направлен в сторону вершины конуса – в сторону сужения (см. рис. 3.139).

Что касается расположения знака конуса и числового значения конусности в виде соотношения, их следует наносить над осевой линией или на полке линии-выноски (рис. 3.139, а и б). В последнем случае стрелка линии-выноски должна касаться конической поверхности (рис. 3.139, а).

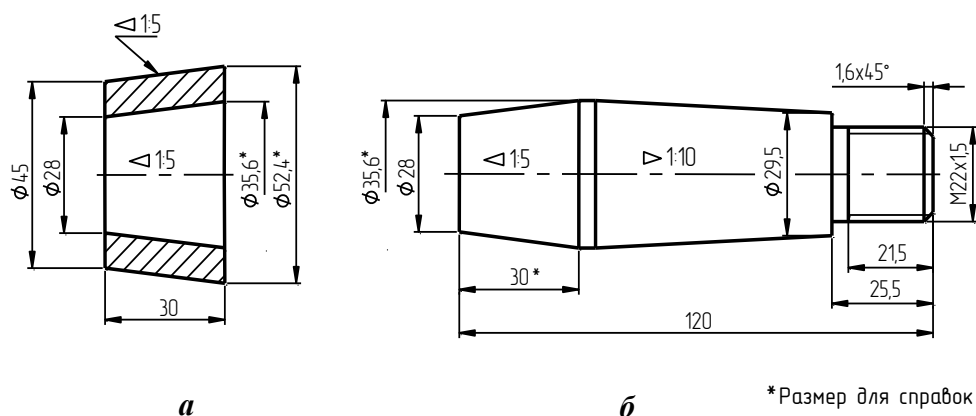


Рис. 3.139. Правила применения знака «Конусность» при нанесении размеров конических поверхностей: **а** – охватывающая деталь (втулка);
б – охватываемая деталь (вал)

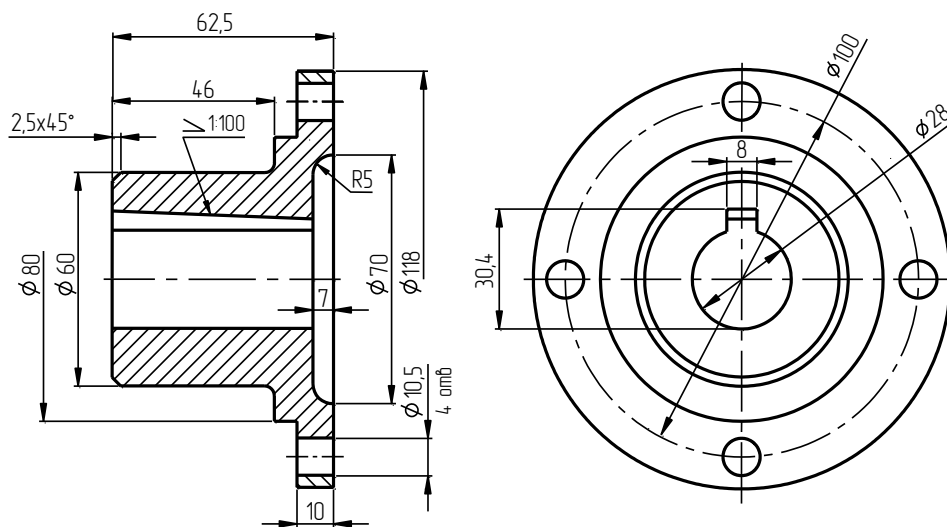
Уклон поверхности следует указывать непосредственно у изображения поверхности уклона или на полке линии-выноски в виде соотношения (рис. 3.140). Перед размерным числом, определяющим уклон, наносят знак «∠», острый угол которого должен быть направлен в сторону уклона.

В качестве размерного числа, может применяться не только соотношение, как в рассмотренном примере. Взамен него могут использоваться проценты или в промилле: «∠12‰» или «∠10‰».

Размеры фасок под углом 45° наносят, например, как показано на рис. 3.141, то есть указывается линейный размер высоты усеченного конуса фаски и через знак умножения угол наклона его образующей.

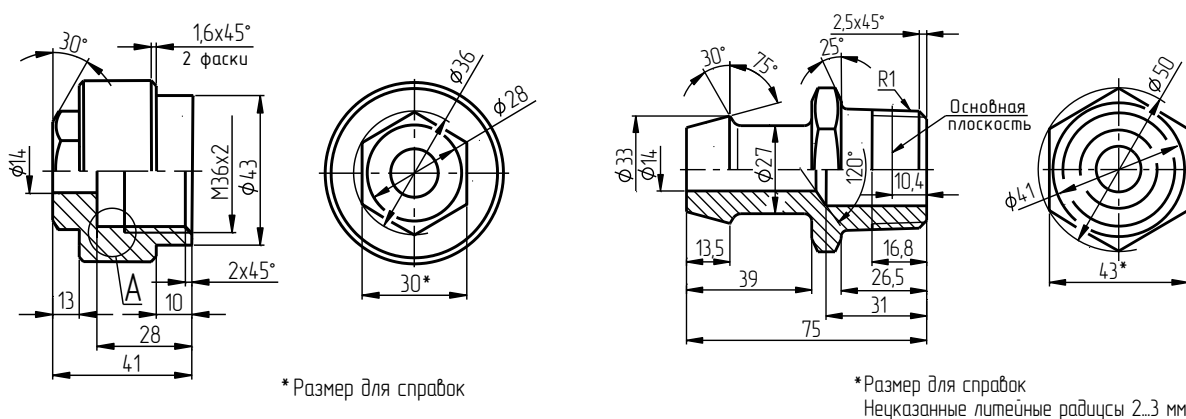
Размеры фасок, выполняемых под углами, отличными от 45°, наносят отдельно – отдельно указывают угол наклона образующей конической поверхности и отдельно высоту конуса или диаметр одного из оснований, то есть по общим правилам нанесения размеров (см. рис. 3.142).

Размер фаски может быть указан и двумя линейными размерами (без указания угла, рис. 3.143).



Неуказанные литейные радиусы 2 ... 3 мм
Литейные уклоны 7 град

Рис. 3.140. Указание уклона упорной плоскости паза под клиновую шпонку с использованием специального знака «Уклон», располагаемого перед числовым значением уклона (уклон задан в виде соотношения и расположен на полке линии-выноски, стрелка которой касается наклонной плоскости)



* Размер для справок

* Размер для справок
Неуказанные литейные радиусы 2...3 мм

Рис. 3.141. Нанесение размеров фасок, выполняемых под углом 45° в одной записи указывается и высота конуса, и угол

Рис. 3.142. Нанесение размеров фасок, выполняемых под углами, отличными от 45° – угол и высота конуса или диаметр одного из оснований указываются отдельно

Допускается указывать размеры не изображенной на чертеже фаски, выполненной под углом 45°, величина которой в масштабе чертежа не более 1 мм, на полке линии-выноски, проведенной от грани (рис. 3.144).

Размеры нескольких одинаковых конструктивных элементов изделия, как правило, наносят один раз с указанием на полке линии-выноски перед размерным числом и знаком (при его наличии) количества этих элементов. На рис. 3.145 показано, как следует указать на чертеже размеры одинаковых отверстий, выполненных по периметру некой детали – прокладки. Поскольку конструкция этой детали симметричная, то указание количества конструктивных элементов производится только в отношении одинаковых

отверстий. Другие ее конструктивные особенности, связанные с отверстиями, необходимо воспринимать одинаковыми по умолчанию.

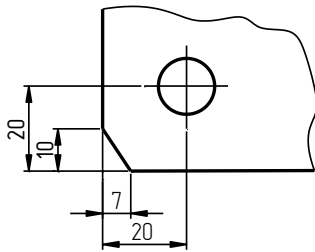


Рис. 3.143. Нанесение размеров фаски посредством указания *двух линейными измерений*

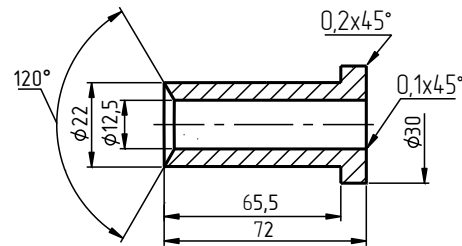


Рис. 3.144. Нанесение размеров фасок, выполняемых под углом 45°, величина которых (с учетом масштаба изображения) *менее 1 мм – не изображаемых*

Запись о количестве одинаковых конструктивных элементов детали, например, отверстий, фасок и т. п., допускается выполнять не только перед размерным числом и знаком (при его наличии), но и под ним – во второй строке, как показано на рис. 3.145 и 3.146.

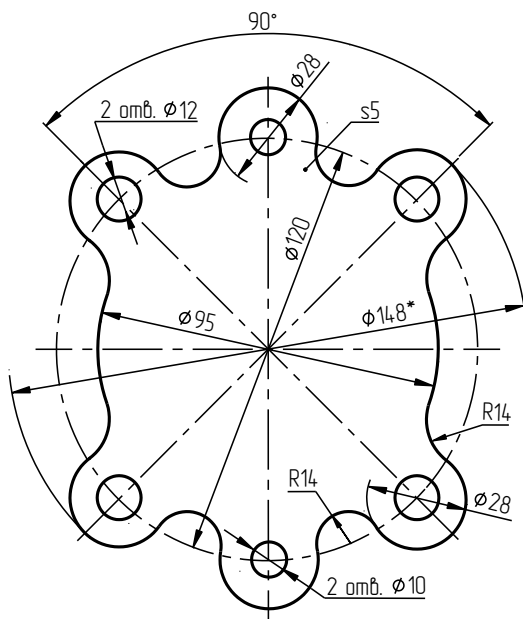
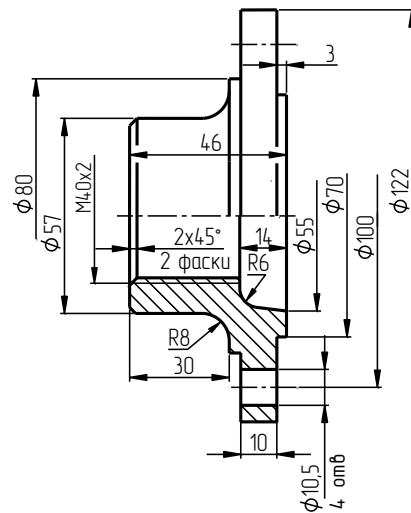


Рис. 3.145. Нанесение размеров одинаковых конструктивных элементов производится один раз – с указанием их количества и размеров *одной строкой* (1-й вариант)

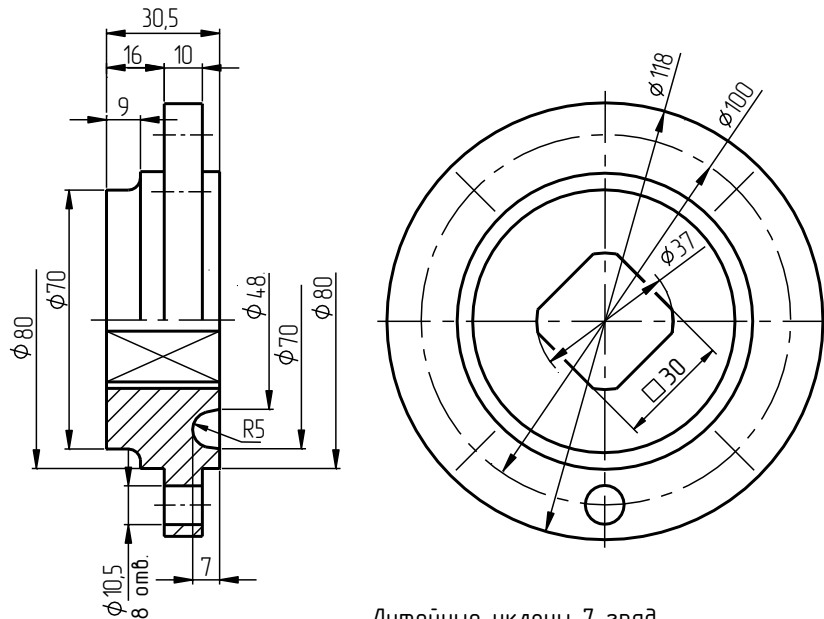


Литейные уклоны 7 град

Рис. 3.146. Нанесение размеров одинаковых конструктивных элементов производится один раз – с указанием их количества *в две строки* (2-й вариант)

При нанесении размеров элементов, равномерно расположенных по окружности изделия (например, отверстий), вместо угловых размеров, определяющих взаимное расположение элементов, указывают только их количество (см. рис. 3.147). При этом как минимум одно из отверстий надо показать расположенным на центральной линии окружности, на которой располагаются равномерно расположенные отверстия. Если их четное коли-

чество, то на одной центральных линиях будут располагаться два таких отверстия (см. рис. 3.140, 3.147). Если нечетное, то – одно (см. рис. 3.9).



Литейные уклоны 7 град
Неуказанные литейные радиусы 2...3 мм

Рис. 3.147. При равномерном расположении отверстий и других конструктивных элементов, углы между ними не указываются

При нанесении размеров элементов, равномерно расположенных по окружности изделия (например, отверстий), но не находящихся на центральных линиях, угловой размер указывают от одной из центральных линий, тем самым привязывая к ней расположение этих элементов, и указывают их количество (см. рис. 3.148).

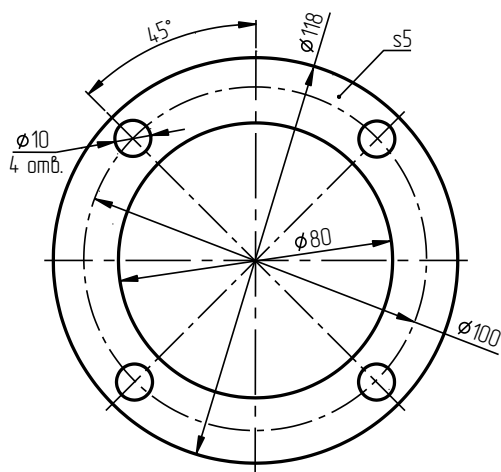


Рис. 3.148. Нанесение размеров одинаковых равномерно расположенных окружностей, не находящихся на центральных линиях

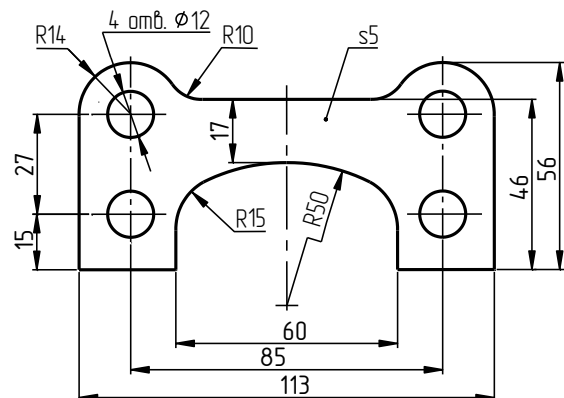


Рис. 3.149. Нанесение размеров симметрично расположенных элементов – их наносят один раз без указания количества (за исключением отверстий)

Размеры двух симметрично расположенных элементов изделия (кроме отверстий) наносят один раз без указания их количества, группируя, как правило, все размеры в одном месте (см. рис. 3.149 и 3.150).

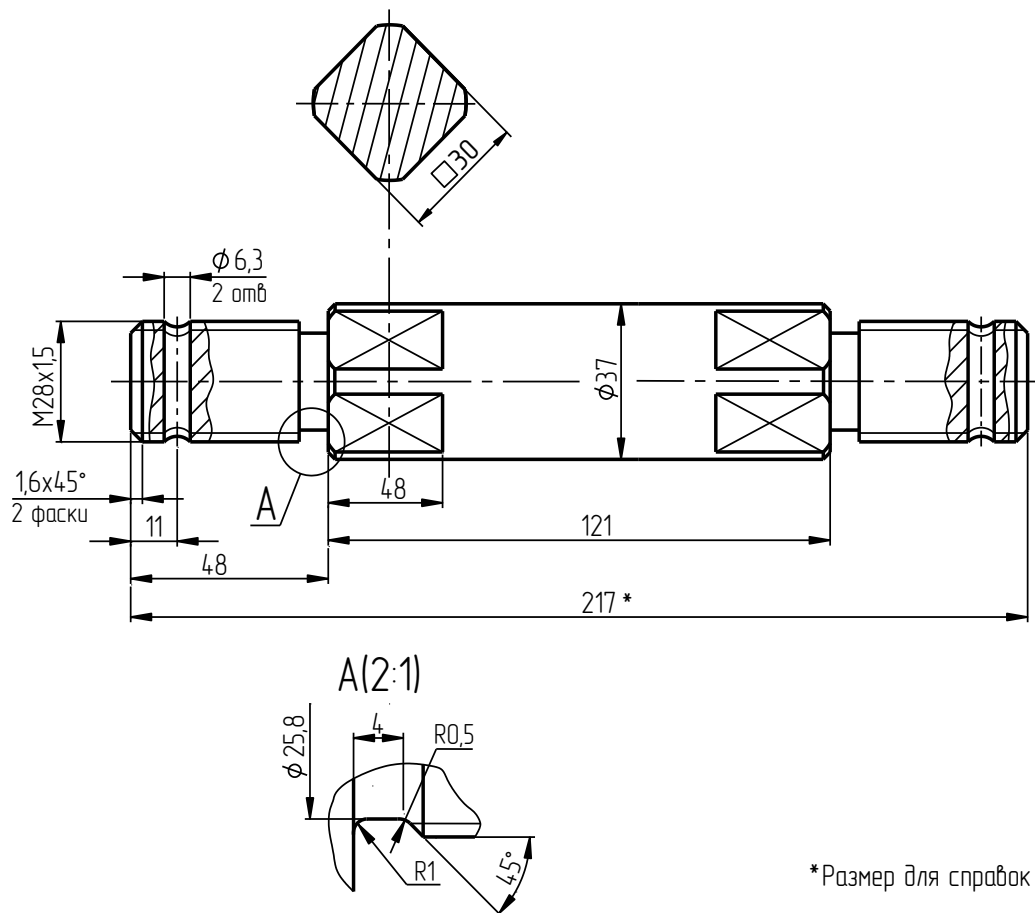
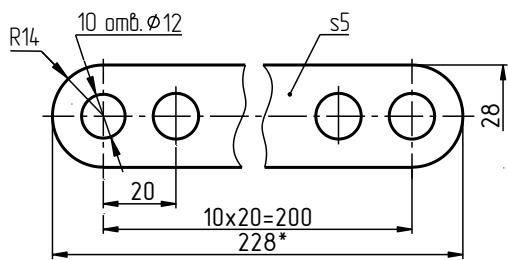


Рис. 3.150. Нанесение размеров симметрично расположенных элементов – их наносят один раз без указания количества (за исключением отверстий)

Количество одинаковых отверстий всегда указывают полностью, а их размеры – только один раз.

При нанесении размеров, определяющих расстояние между равномерно расположенными одинаковыми элементами изделия (например, отверстиями), рекомендуется вместо размерных цепей наносить размер между соседними элементами и размер между крайними элементами в виде произведения количества промежутков между элементами на размер промежутка. Нанесение в соответствии с этой рекомендацией линейных размеров представлено на рис. 3.151, а угловых – на рис. 3.152.

Допускается не наносить размеры радиуса дуги окружности сопрягающихся параллельных линий (см. рис. 3.153). В этом случае считается, что радиус сопрягающих дуг обеспечивается инструментом – фрезой.



*Размеры для справок

Рис. 3.151. Нанесение *линейных* размеров, определяющих расстояния между одинаковыми равномерно расположенными элементами

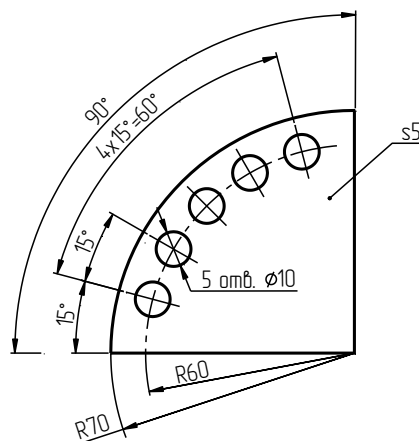


Рис. 3.152. Нанесение *угловых* размеров, определяющих расстояния между одинаковыми равномерно расположенными элементами

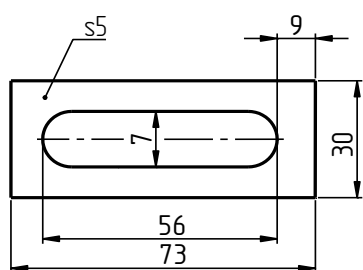
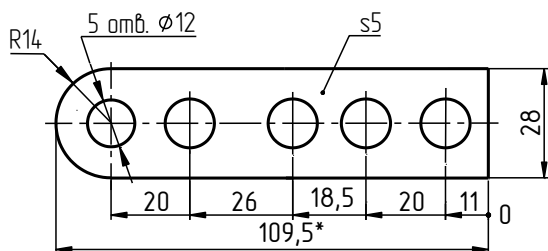


Рис. 3.153. Допускается не наносить радиусы дуг, сопрягающих параллельные линии

При большом количестве размеров, нанесенных от общей базы, допускается наносить линейные и угловые размеры, как показано на рис. 3.154 и 3.154, при этом проводят общую размерную линию от отметки «0», и размерные числа наносят в направлении выносных линий у их концов.

Размеры диаметров цилиндрического изделия сложной ступенчатой конфигурации допускается наносить, как показано на рис. 3.156, располагая размерные линии диаметров ступеней, причем с одной стрелкой, по одну сторону изображения, а размерные линии, относящиеся к длинам ступеней и их расположению – по другую сторону изображения.



*Размеры для справок

Рис. 3.154. Нанесение *линейных* размеров от *общей* базы

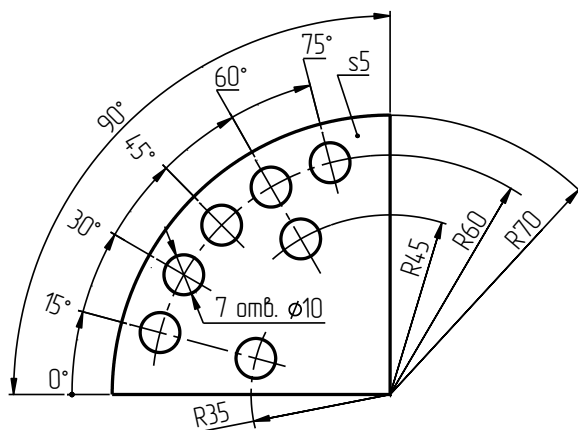


Рис. 3.155. Нанесение *угловых* размеров от *общей* базы

При нанесении размеров одинаковых элементов детали, выполненных в разных ее частях, например, соосных отверстий, как это показано на рис. 3.157, необходимо указывать их полное количество.

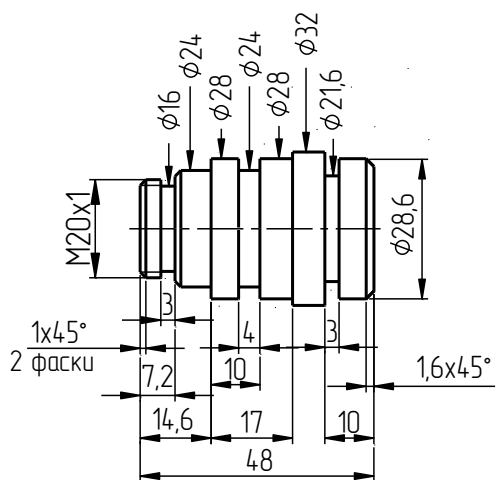
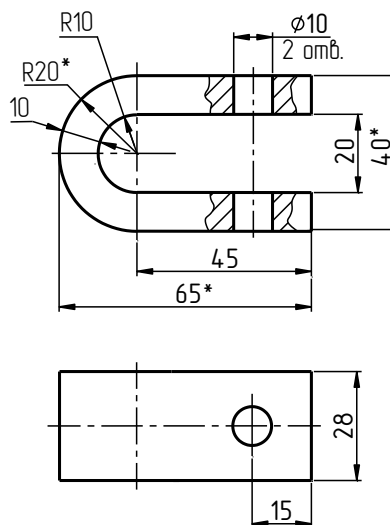


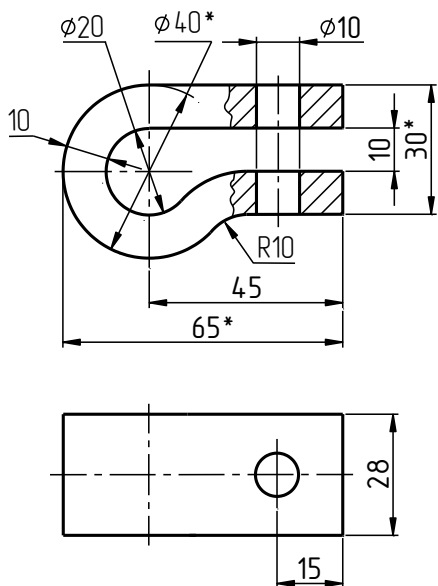
Рис. 3.156. Нанесение диаметров цилиндрической детали сложной ступенчатой формы



*Размеры для справок
Острые кромки притупить

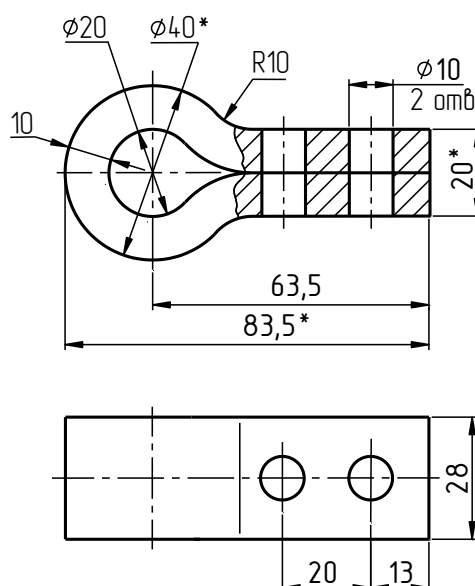
Рис. 3.157. Нанесение диаметров отверстий, выполненных в разных частях детали

Если одинаковые элементы детали соединены тонкими сплошными линиями (см. рис. 3.158), то их общее количество не указывают.



*Размеры для справок
Острые кромки притупить

Рис. 3.158. Нанесение диаметров отверстий, выполненных в разных частях детали, но соединенных тонкими линиями



*Размеры для справок
Острые кромки притупить

Рис. 3.159. Нанесение диаметров отверстий, выполненных в разных частях детали, если между ними нет промежутка

Одинаковые элементы, расположенные в разных частях изделия, рассматривают как один элемент, если между ними нет промежутка (см. рис. 3.159). На указанном рисунке приведен чертеж некоей гнутой детали, выполненной из узкой пластины толщиной 10 мм путем сгибания вокруг стержня для образования уха диаметром 20 мм. Через вплотную сведенные, без образования промежутка, концы пластины просверлены два отверстия диаметром 10 мм.

Если одинаковые элементы изделия (например, отверстия) расположены на разных поверхностях и показаны на разных изображениях, то количество этих элементов записывают отдельно для каждой поверхности – не суммируют, хотя они и имеют один и тот же диаметр (см. рис. 3.160).

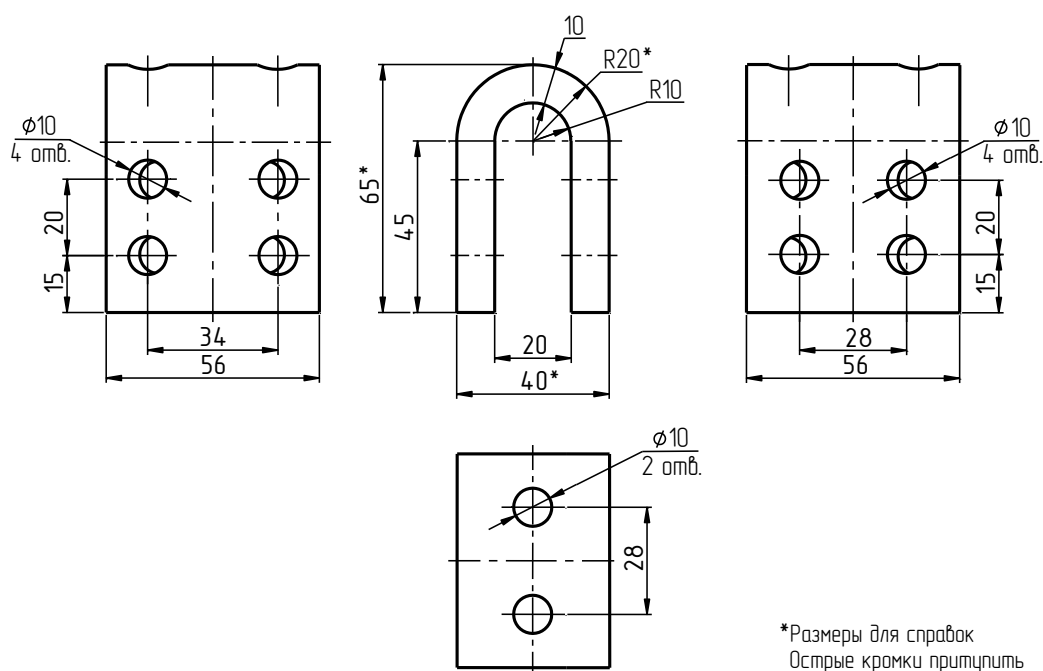
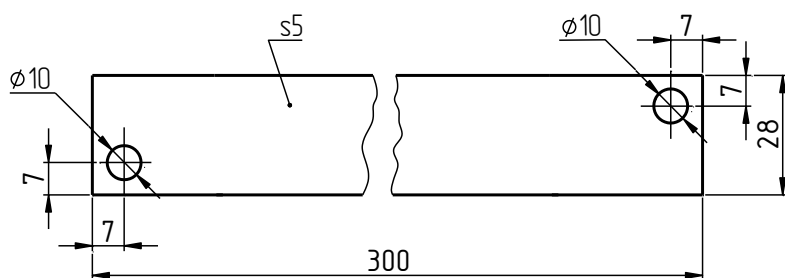


Рис. 3.160. Нанесение размеров отверстий, расположенных на *разных* поверхностях детали – наносят раздельно для каждой поверхности

Допускается повторять размеры одинаковых элементов изделия или их групп (в том числе отверстий), лежащих на одной поверхности, только в том случае, когда они значительно удалены друг от друга и не увязаны между собой размерами (см. рис. 3.161 и 3.162).

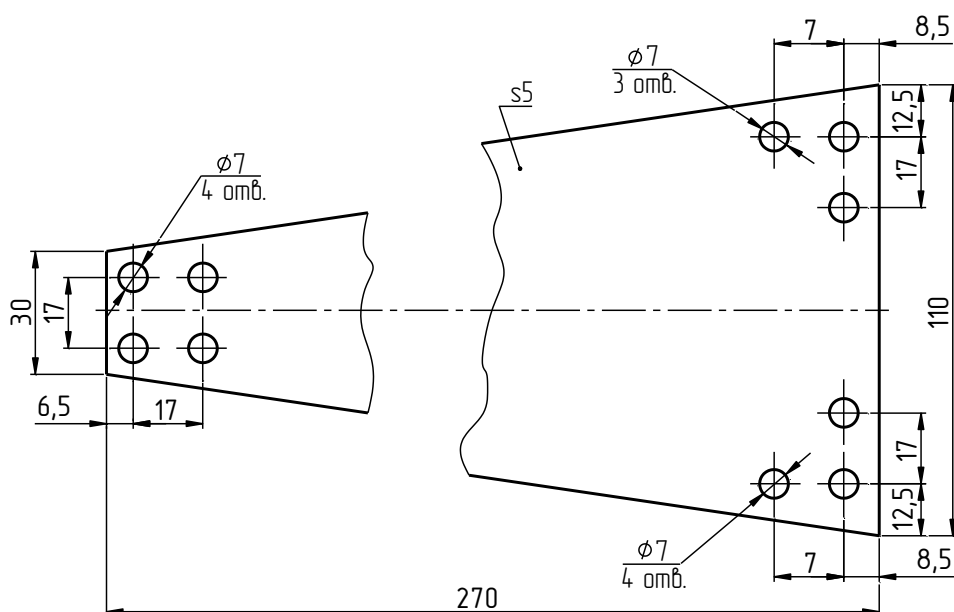
При изображении детали в одной проекции размер ее толщины (или длины) наносят, как показано на рис. 3.161 и 3.162 – численное значение размера с расположенной перед ней латинской буквой *s* указывают на полке линии-выноски, заканчивающейся точкой на изображении детали.

Размеры детали или отверстия прямоугольного сечения могут быть указаны на полке линии-выноски размерами сторон через знак умножения. При этом на первом месте должен быть указан размер той стороны прямоугольника, от которой проводят линию-выноску (см. рис. 3.163).



Острые кромки притупить

Рис. 3.161. Допускается повторять размеры одинаковых элементов, расположенных на одной поверхности, но не увязанных между собой размерами и при *значительном удалении* друг от друга



Острые кромки притупить

Рис. 3.162. Допускается повторять размеры одинаковых элементов, расположенных на одной поверхности, но не увязанных между собой размерами, при *значительном их удалении* друг от друга

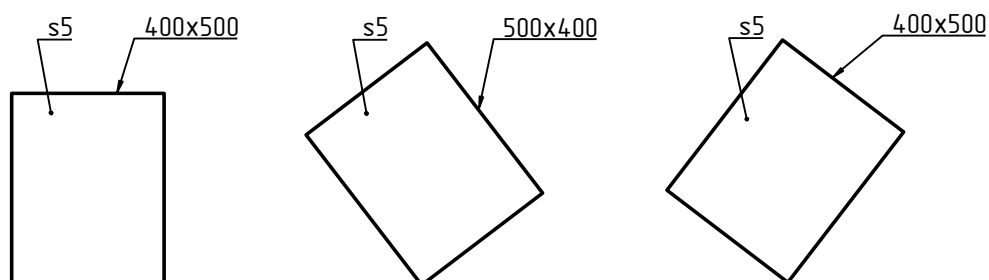


Рис. 3.163. Нанесение размеров детали прямоугольной формы на полке линии-выноски (первых указывают размер стороны, на которую указывает стрелка)

Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

Справочные размеры – размеры, не подлежащие выполнению по данному графическому документу и указываемые для большего удобства пользования этим документом.

Установочные и присоединительные размеры – размеры, определяющие величины элементов, по которым данное изделие устанавливается на месте монтажа или присоединяется к другому изделию.

Габаритные размеры – размеры, определяющие предельные внешние (или внутренние) очертания изделия.

Общий допуск размера – предельные отклонения (допуски) линейных или угловых размеров, указываемые на чертеже или в других технических документах общей записью и применяемые в тех случаях, когда предельные отклонения (допуски) не указаны индивидуально у соответствующих номинальных размеров.

Предельное отклонение – алгебраическая разность между предельным и соответствующим номинальным размерами. Различают верхнее и нижнее предельные отклонения.

Размер – числовое значение линейной величины (диаметра, длины и т. п.) в выбранных единицах измерения.

Номинальный размер – размер, относительно которого определяются отклонения.

База – поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащая заготовке или изделию и используемая для базирования.

Конструкторская база – база, используемая для определения положения детали или сборочной единицы в изделии.

Основная база – конструкторская база данной детали или сборочной единицы, используемая для определения их положения в изделии.

Квалитет (степень точности) – совокупность допусков, рассматриваемых как соответствующие одному уровню точности для всех номинальных размеров.

Отверстие – термин, условно применяемый для обозначения внутренних элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы.

Вал – термин, условно применяемый для обозначений наружных элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы.

Общие положения

Основанием для определения величины изображенного изделия и его элементов служат размерные числа, указанные в графическом документе.

Основанием для определения требуемой точности изделия при изготовлении являются указанные предельные отклонения размеров, а также предельные отклонения формы и расположения поверхностей.

Общее количество размеров должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия.

Справочные размеры отмечают знаком «*», а в технических требованиях записывают: «*Размеры для справок». Если все размеры справочные, их знаком «*» не отмечают, а в технических требованиях записывают: «Размеры для справок».

К справочным относят следующие размеры:

а) один из размеров замкнутой размерной цепи. Предельные отклонения таких размеров на чертеже не указывают (см. рис. 3.164);

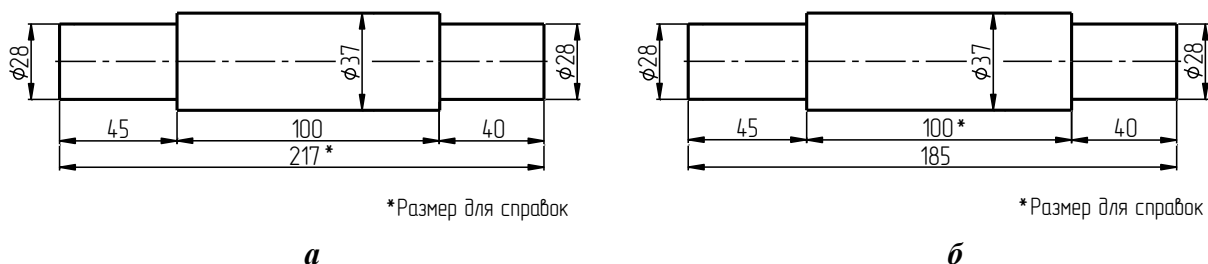


Рис. 3.164. Обозначение одного из размеров как *справочного* при образовании замкнутой размерной цепи: **а** – справочный размер является габаритным; **б** – справочным размером является один из размеров внутри замкнутой цепи

б) размеры, перенесенные с графических документов изделий-заготовок (см. рис. 3.165). Приведенный чертеж необходимо понимать так: в качестве заготовки использован готовый болт с квадратной головкой под ключ; размер его резьбы и длина помечены, как справочные размеры, так как они по этому чертежу не выполняются; выполняется по данному чертежу отверстие на конце болта под шплинт диаметром 6,3 мм, расположенное на расстоянии от головки болта на расстоянии 123 мм;

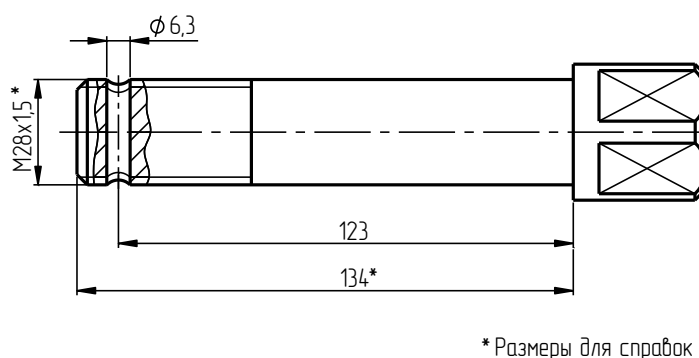
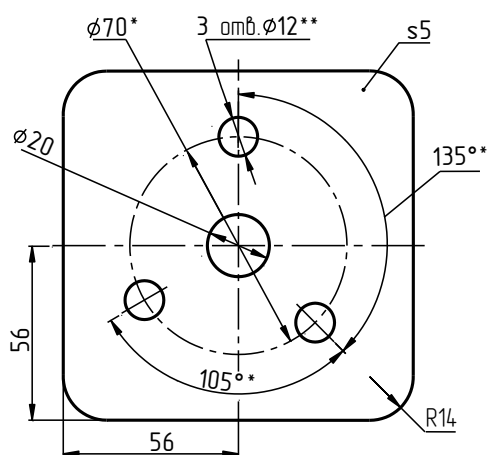


Рис. 3.165. Размеры, перенесенные с графических документов *изделий-заготовок*, указывают как справочные

в) размеры, определяющие положение элементов детали, подлежащих обработке по другой детали (см. рис. 3.166).



* Размеры для справок
 ** Обработать по сопрягаемой детали

Рис. 3.166. Размеры, определяющие положение элементов детали, подлежащих обработке по другой детали

г) размеры на сборочном чертеже, по которым определяют предельные положения отдельных элементов конструкции, например, ход поршня, ход штока клапана двигателя внутреннего сгорания и т. д.;

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

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

ж) размеры деталей (элементов) из сортового, фасонного, листового и другого проката, если они полностью определяются обозначением материала, приведенным в графе 3 основной надписи.

Примечание. Справочные размеры, указанные в перечислениях б) – ж), допускается наносить как с предельными отклонениями, так и без них.

В графических документах на изделия у размеров, контроль которых технически затруднен, наносят знак «*», а в технических требованиях помещают надпись «*Размеры обеспеч. инстр».

Примечание: указанная надпись означает, что выполнение установленного чертежом размера с предельным отклонением должно гарантироваться размером инструмента или соответствующим технологическим процессом.

При этом размеры инструмента или технологический процесс проверяют периодически в процессе изготовления изделий.

Периодичность контроля инструмента или технологического процесса устанавливает предприятие-изготовитель совместно с представительством заказчика.

Не допускается повторять размеры одного и того же элемента на разных изображениях, в технических требованиях, основной надписи и спецификации. Исключение составляют справочные размеры, приведенные в пунктах перечисления б), ж).

Если в технических требованиях необходимо дать ссылку на размер, нанесенный на изображение, то этот размер или соответствующий элемент обозначают буквой, а в технических требованиях помещают запись, аналогичную приведенной на рис. 3.167.

На строительных чертежах размеры допускается повторять.

Линейные размеры и их предельные отклонения в графических документах и в спецификациях указывают в миллиметрах без обозначения единицы измерения.

Для размеров и предельных отклонений, приводимых в технических требованиях и пояснительных надписях на поле чертежа, обязательно указывают единицы измерения.

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

На строительных чертежах единицы измерения в этих случаях допускается не указывать, если они оговорены в соответствующих документах, утвержденных в установленном порядке.

Угловые размеры и предельные отклонения угловых размеров указывают в градусах, минутах и секундах с обозначением единицы измерения, например, 4° ; $4^\circ 30'$; $12^\circ 45' 30''$; $0^\circ 30' 40''$; $0^\circ 18'$; $0^\circ 5' 25''$; $0^\circ 0' 30''$; $30^\circ \pm 1^\circ$; $30^\circ \pm 10'$.

Для размерных чисел применять простые дроби не допускается, за исключением размеров в дюймах.

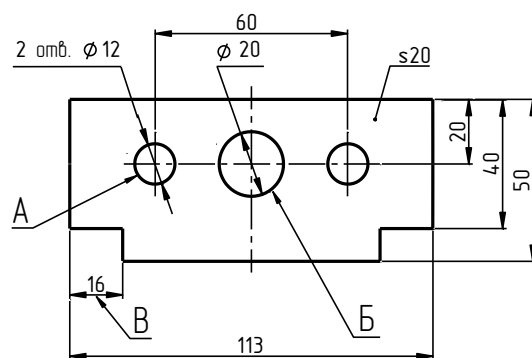
Размеры, определяющие расположение сопрягаемых поверхностей, проставляют, как правило, от конструкторских баз с учетом возможностей выполнения и контроля этих размеров.

При расположении элементов предмета (отверстий, пазов, зубьев и т. п.) на одной оси или на одной окружности размеры, определяющие их взаимное расположение, наносят следующими способами:

- от *основной базы* (поверхности, оси) – см. рис. 3.168 и 3.169;
- установлением размеров нескольких групп элементов от нескольких основных баз – см. рис. 3.170;
- установлением размеров между смежными элементами (*цепочкой*) – см. рис. 3.171.

Размеры в графическом документе не допускается наносить в виде *замкнутой цепи*, за исключением случаев, когда один из размеров указан как справочный (см. рис. 3.164).

На строительных чертежах размеры наносят в виде замкнутой цепи, кроме случаев, предусмотренных в соответствующих документах, утвержденных в установленном порядке.



Примечания:

1. Допуск параллельности осей отверстий А и Б – 0,05 мм
2. Разность размеров В с обеих сторон – не более 0,1 мм

Рис. 3.167. Обозначение буквой размера, на который необходимо дать ссылку

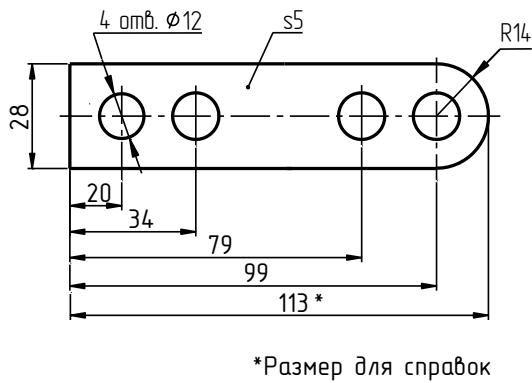


Рис. 3.168. Указание линейных размеров от *общей базы* при расположении конструктивных элементов на *одной оси*

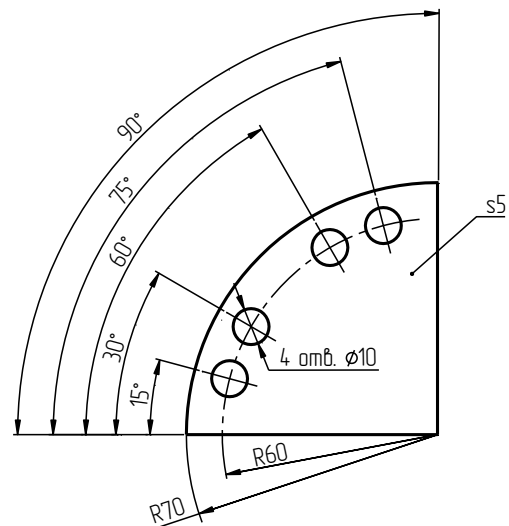


Рис. 3.169. Указание угловых размеров от *общей базы* при расположении конструктивных элементов на *одной окружности*

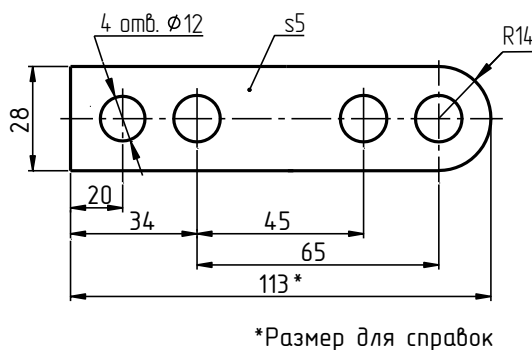


Рис. 3.170. Указание размеров до нескольких групп конструктивных элементов от *нескольких основных баз*

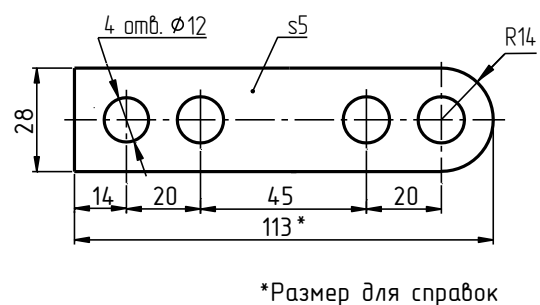


Рис. 3.171. Указание размеров между смежными конструктивными элементами – *цепочкой*

Размеры, определяющие положение симметрично расположенных поверхностей у симметричных изделий, наносят как показано на рис. 3.172–3.175.

Для всех размеров, нанесенных на рабочих графических документах, указывают предельные отклонения.

Допускается не указывать предельные отклонения:

а) для размеров, определяющих зоны различной шероховатости одной и той же поверхности, зоны термообработки, покрытия, отделки, накатки, насечки, а также диаметры накатанных и насеченных поверхностей. В этих случаях непосредственно у таких размеров наносят знак « \approx »;

б) для размеров деталей изделий единичного производства, установленных с припуском на пригонку.

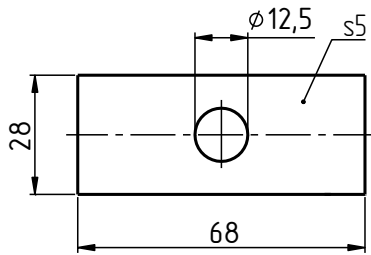
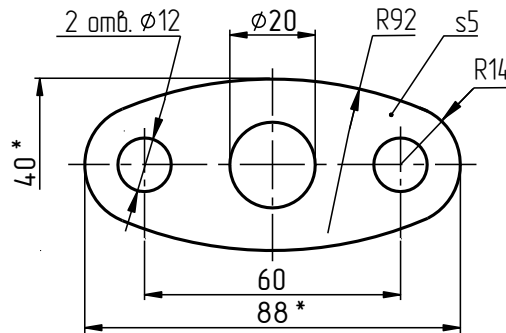
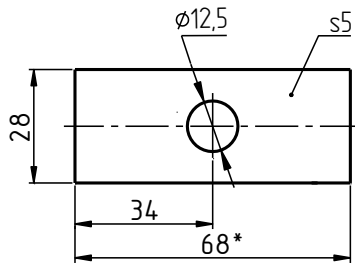


Рис. 3.172. Указание размеров, определяющих положение *симметрично* расположенных поверхностей



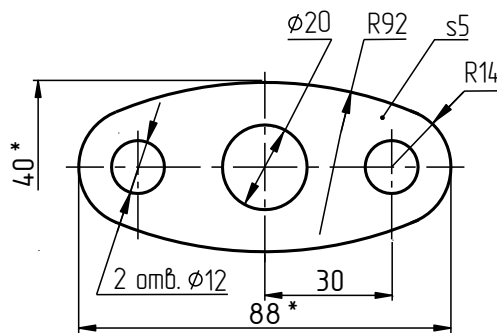
*Размеры для справок

Рис. 3.173. Указание размеров, определяющих положение *симметрично* расположенных поверхностей



*Размер для справок

Рис. 3.174. Указание размеров, определяющих положение *симметрично* расположенных поверхностей



*Размеры для справок

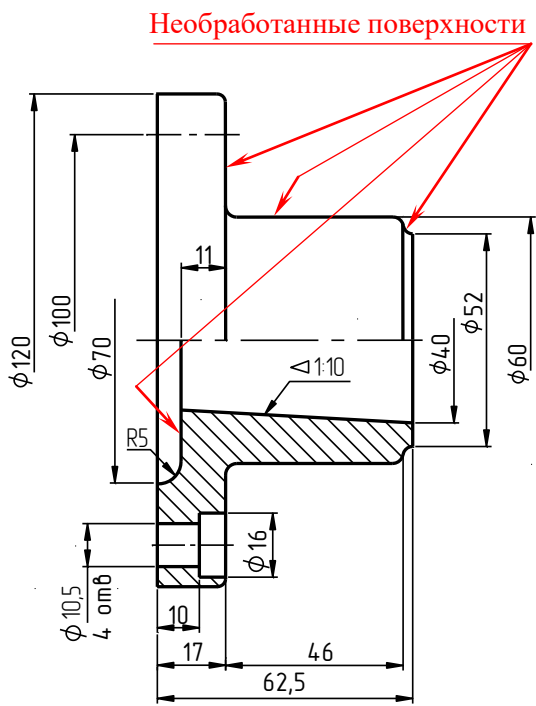
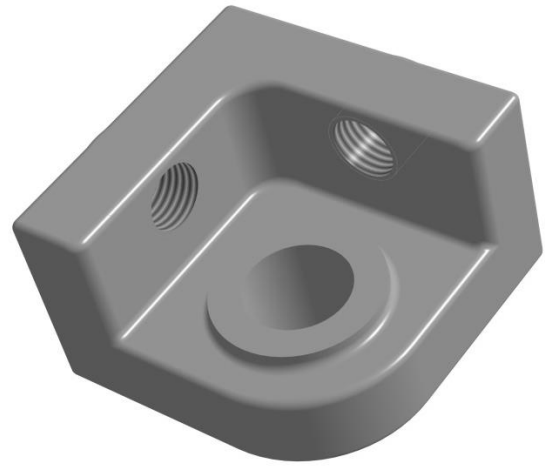
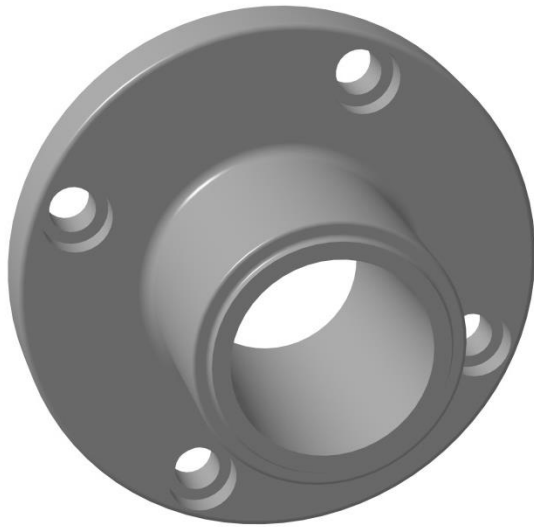
Рис. 3.175. Указание размеров, определяющих положение *симметрично* расположенных поверхностей

На таких чертежах в непосредственной близости от указанных размеров наносят знак «*», а в технических требованиях указывают:

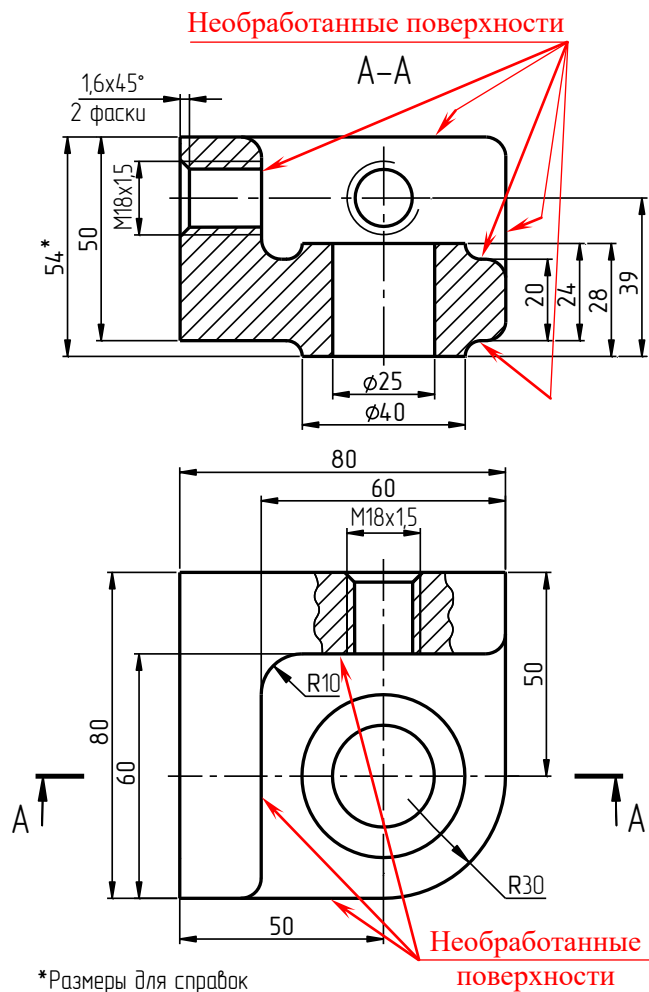
- «* Размеры с припуском на пригонку по дет.»,
- «* Размеры с припуском на пригонку по черт.»,
- «* Размеры с припуском на пригонку по сопрягаемой детали».

На строительных чертежах предельные отклонения размеров указывают только в случаях, предусмотренных в соответствующих документах, утвержденных в установленном порядке.

При выполнении рабочих чертежей деталей, изготовляемых отливкой, штамповкой, ковкой или прокаткой с последующей механической обработкой части поверхности детали, указывают не более одного размера по каждому координатному направлению, связывающего механически обрабатываемые поверхности с поверхностями, не подвергаемыми механической обработке (см. рис. 3.176 и 3.177).



Неуказанные литейные радиусы 2 ... 3 мм

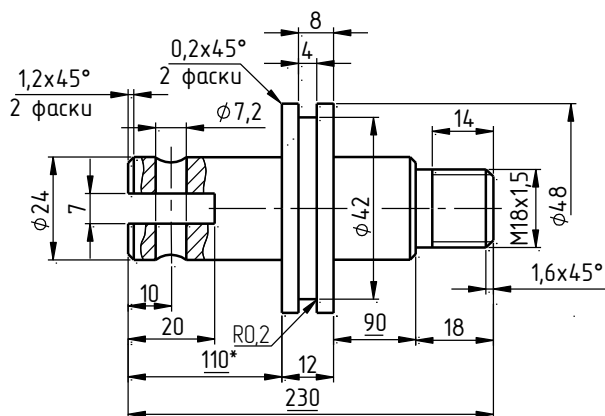


*Размеры для справок
Неуказанные литейные радиусы 3 ... 5 мм

Рис. 3.176. Механически обрабатываемые поверхности связывают с *необрабатываемыми* поверхностями только один раз в одном координатном направлении (см. размер 17)

Рис. 3.177. Механически обрабатываемые поверхности связывают с *необрабатываемыми* поверхностями только один раз по каждому из 3-х координатных направлений (см. размеры 80 по X и Y, размер 24 – по Z)

Если элемент изображен с отступлением от масштаба изображения, то размерное число *следует подчеркнуть* (см. рис. 3.178). На приведенном чертеже такими размерными числами являются 90, 110 и 230. Видно, что по сравнению с другими элементами детали, изображенными в определенном масштабе, элементы, относящиеся к этим размерам, изображены с отступлением от этого масштаба – они слишком малы.



*Размер для справок

Рис. 3.178. При отступлении от масштаба размерное число *подчеркивают*

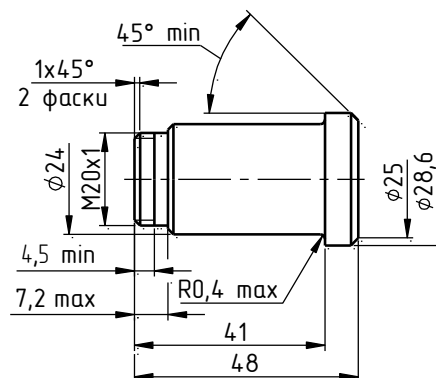


Рис. 3.179. Указание предельных отклонений размеров

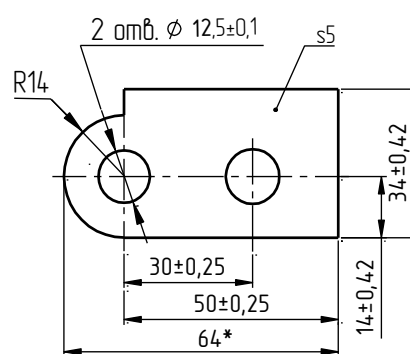
3.3.2. Нанесение предельных отклонений размеров

Предельные отклонения размеров следует указывать непосредственно после номинальных размеров. Предельные отклонения линейных и угловых размеров относительно низкой точности допускается не указывать непосредственно после номинальных размеров, а оговаривать общей записью в технических требованиях чертежа при условии, что эта запись однозначно определяет значения и знаки предельных отклонений.

Если необходимо указать только один предельный размер (второй ограничен в сторону увеличения или уменьшения каким-либо условием), то после размерного числа указывают соответственно max или min (см. рис. 3.179).

Указывать предельные размеры допускается также на сборочных чертежах для зазоров, натягов, мертвых ходов и т. д., например: «Осевое смещение кулачка выдержать в пределах 0,6–1,4 мм».

Предельные отклонения расположения осей отверстий можно указывать двумя способами:

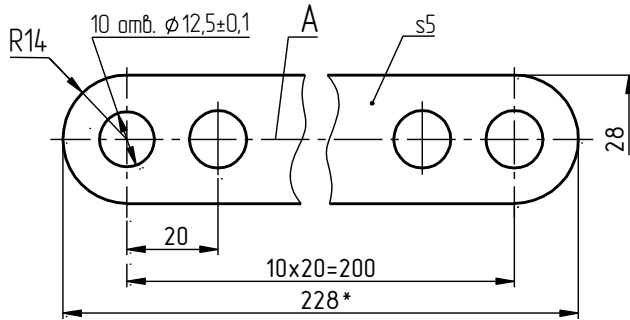


*Размеры для справок

Рис. 3.180. Указание предельных отклонений размеров непосредственно вслед за номинальным размером

а) позиционными допусками осей отверстий в соответствии с требованиями ГОСТ 2.308-2011 «Указание допусков формы и расположения поверхностей»;

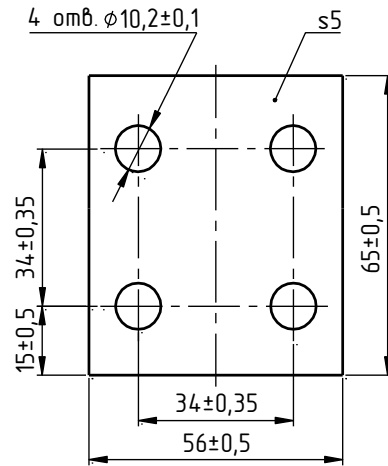
б) предельными отклонениями размеров, определяющих положение осей (см. рис. 3.180–3.182).



* Размеры для справок

1. Предельное отклонение размеров между осями двух отверстий – $\pm 0,35$ мм.
2. Смещение осей отверстий от плоскости А – не более – $\pm 0,18$ мм.

Рис. 3.181. Указание предельных отклонений размеров между осями отверстий и отклонения осей от плоскости их расположения общей записью



Предельные отклонения размеров по диагонали между осями двух любых отверстий – $\pm 0,5$ мм.

Рис. 3.182. Указание предельных отклонений размеров непосредственно вслед за номинальными размерами, а по диагонали – общей записью

Если допуски расположения осей зависимые, то после предельных отклонений размеров, определяющих положение осей, следует указывать знак зависимого допуска.

3.3.3. Влияние технологии изготовления детали на особенности нанесения ее размеров.

Правила нанесения размеров на рабочих чертежах машиностроительных деталей обусловлены технологией их изготовления. Они должны отражать требования производства и способствовать снижению трудоемкости изготовления, прежде всего за счет исключения *лишних технологических операций*. Так, по возможности, одинаковые размеры отдельных элементов деталей, например, фасок, канавок, проточек (рис. 3.52), позволяют минимизировать количество необходимого режущего и измерительного инструмента и снижают себестоимость изготовления детали. Другими словами, *размеры* должны способствовать оптимальной технологии изготовления детали, учитывать последовательность технологических операций и то оборудование, на котором деталь будет изготовлена.

Все размеры деталей можно разделить на две группы: *сопрягаемые* и *свободные* (несопрягаемые).

Сопрягаемые размеры определяют форму поверхности детали, сопрягаемой с поверхностью другой детали в изделии, а также положение этих поверхностей в изделии. Поверхности детали, которые не соприкасаются с поверхностями других деталей в изделии, определяются *свободными размерами*. Все размеры указывают от базовых поверхностей, линий или точек, относительно которых определяется положение отдельных элементов детали в процессе изготовления или эксплуатации в готовом изделии. Различают *базы* конструкторские, технологические, измерительные, сборочные, вспомогательные.

Конструкторские базы определяют положение детали в готовом изделии.

Технологические базы определяют положение детали при обработке.

Измерительная (главная) база – это база, от которой производится отсчет размеров при изготовлении и контроле готового изделия. *Скрытой измерительной базой* является ось вращения детали.

Вспомогательные базы помогают отсчитывать размеры второстепенных элементов детали. Вспомогательные базы должны быть связаны размерами с основной измерительной базой (рис. 3.170).

Размеры деталей можно наносить от баз тремя способами: *цепочкой*, *координатным* и *комбинированным* способами, как было рассмотрено (рис. 3.168–3.171).

При нанесении размеров *цепочкой* нужно учитывать, чтобы размерная цепь не была замкнутой. Каждый элемент или ступень детали обрабатывается самостоятельно. Нанесение размеров цепочкой приводит к *суммированию ошибок*, появляющихся в процессе изготовления детали, что приводит к более жестким требованиям при контроле суммарных размеров. Размеры цепочкой наносят в тех случаях, когда требуется точно выдержать размеры отдельных элементов, а не суммарный размер.

При *координатном* способе размеры наносят от выбранной базы. Каждый размер в этом случае является координатой, определяющей положение элемента детали относительно базы (рис. 3.168 и 3.169). Этот способ позволяет обеспечить *высокую точность* исполнения размера независимо от исполнения других размеров детали.

Комбинированный способ нанесения размеров нашел самое широкое применение в практике, так как сочетает в себе особенности и цепного, и координатного способов. При этом способе размеры, требующие высокой точности исполнения, можно отделить от других размеров (рис. 3.169).

Размеры между *обрабатываемыми* и *необрабатываемыми* поверхностями детали выделяются в отдельные размерные цепи, которые должны быть связаны между собой одним размером, как указывалось (рис. 3.176 и 3.177).

При нанесении размеров на рабочих чертежах деталей необходимо соблюдать следующие положения:

1. Чертеж детали должен содержать три группы размеров, необходимых для ее изготовления: *габаритные*, *межосевые* и *межцентровые*

размеры и их *расстояния до баз, размеры отдельных элементов* детали (рис. 3.176 и 3.177).

2. В ряде случаев проставляют еще и размеры *установочные, присоединительные и справочные* (рис. 3.91 и 3.92).

3. Каждый отличный от других элемент детали должен иметь размеры формы и размеры положения его относительно баз (рис. 3.176 и 3.177). На один и тот же элемент каждый размер проставляется *только один раз*. При этом для удобства пользования чертежом все размеры, определяющие элемент детали, должны *концентрироваться на одном главном* для данного элемента изображении (рис. 3.127).

4. Нельзя записывать вперемешку размеры наружных и внутренних поверхностей элементов детали. При этом размерные линии предпочтительнее располагать *вне контура* изображения. *Пересечение* выносных и размерных линий нежелательно, и категорически воспрещается выносить меньший размер за больший. Простановка размеров от *линии невидимого контура* не рекомендуется (рис. 3.84).

Нанесение размеров на чертеже детали, *обрабатываемой на токарном станке*, имеет свою специфику. Простановка размеров ведется от правого торца – от *базы наладки*. При токарных методах обработки этот торец обрабатывается первым; от него производят наладку упоров, режущего инструмента и измерения детали (рис. 3.52, 3.178).

При простановке размеров от базы наладки цепным или комбинированным методом установка инструмента усложняется. Поэтому, если по конструктивным соображениям не требуется применения цепного или конструктивного метода, то простановку размеров рекомендуется производить от базы наладки только *координатным методом*. Можно также за базу наладки принять один из буртиков вала, от которого проставляются размеры длин ступеней вала.

Вопросы обеспечения рабочего чертежа детали необходимыми размерами продумываются уже по ходу определения необходимого количества и содержания изображений, а непосредственно решаются только тогда, когда изображения детали уже выполнены.

Вопросы и задания

1. Каким должно быть *общее количество размеров* на чертеже?
2. Какие размеры называют *справочными*, как их отмечают на чертеже?
3. Допускается ли *повторять* на чертеже размеры одного и того же элемента?
4. В каких случаях указывают на чертеже единицы измерения *линейных размеров*?
5. Указывают ли на чертеже единицы измерения *угловых размеров*?
6. В каком случае допускается наносить размеры в виде *замкнутой цепи*?

7. Как наносят размеры, определяющие положение симметрично расположенных поверхностей у *симметричных изделий*?
8. Как располагают *размерную* и *выносные линии* при нанесении линейных и угловых размеров?
9. На какое расстояние должны *выступать* выносные линии за концы стрелок размерной линии?
10. Как предпочтительно наносить размерные линии – *внутри или вне контура* изображения?
11. Какое *минимальное расстояние* допускается между параллельными размерными линиями и между размерной линией и линией контура?
12. Возможно ли допускать *пересечение* размерных и выносных линий?
13. В каких случаях размерные линии изображают *с обрывом*?
14. Форма и размеры *стрелки* на размерной линии.
15. Как поступают при *недостатке места* для размещения стрелок на размерной линии?
16. Как поступают, если стрелка размерной линии *пересекается* основной или выносной линией?
17. Как располагают *размерные числа* относительно размерной линии?
18. В каком случае размерные числа располагают в *шахматном порядке*?
19. В каких случаях размерное число наносят на полке *линии-выноске*?
20. Как поступают, если размерные числа *располагаются на осевых, центровых или линиях штриховки*?
21. На каком изображении располагают размеры, *относящиеся к одному* и тому же конструктивному элементу?
22. Какие знаки наносят перед размерами *радиуса, диаметра, сферы, квадрата, конуса, уклона*?
23. Как наносят *размеры фасок*, выполненных под углом 45° ?
24. Как наносят размеры нескольких *одинаковых отверстий*?
25. Как указывают *толщину* детали, если нет ее соответствующего изображения на чертеже (деталь изображена, как правило, в одной проекции)?

3.4. ГОСТ 2.109-73 «Основные требования к чертежам»

Краткое содержание:

- общие требования к рабочим чертежам;
- чертежи совместно обрабатываемых деталей;
- чертежи изделий с дополнительной обработкой или переделкой;
- чертежи изделий, изготавливаемых в различных производственно-технологических вариантах;
 - чертежи изделия с надписями, знаками, фотоснимками;
 - чертежи деталей;
 - чертежи сборочные: содержание, изображения и нанесения размеров, составные части сборочной единицы.

3.4.1. Общие требования к рабочим чертежам

3.4.1.1. Общие положения

При разработке рабочих чертежей предусматривают:

а) оптимальное применение *стандартных* и покупных изделий, а также изделий, освоенных производством и соответствующих современному уровню техники;

б) рационально *ограниченную номенклатуру* резьб, шлицев и других конструктивных элементов, их размеров, покрытий и т. д.;

в) рационально ограниченную номенклатуру марок и сортментов материалов, а также применение наиболее дешевых и наименее *дефицитных материалов*;

г) необходимую *степень взаимозаменяемости*, наивыгоднейшие способы изготовления и ремонта изделий, а также их максимальное удобство обслуживания в эксплуатации.

Рабочие чертежи на бумажном носителе (в *бумажной форме*) и *электронные чертежи* могут быть выполнены на основе *электронной модели* детали и *электронной модели* сборочной единицы (ГОСТ 2.052-2021 «Электронная модель изделия. Общие положения») и общим требованиям к электронным документам – по ГОСТ 2.051-2013 «Электронные документы. Общие положения».

При ссылках в чертежах изделий серийного и массового производства на *технические условия* последние должны быть зарегистрированы в установленном порядке (в государствах, где государственная регистрация технических условий обязательна).

Допускается давать ссылки на *технологические инструкции*, когда требования, установленные этими инструкциями, являются единственными, гарантирующими требуемое качество изделия; при этом они должны быть приложены к комплекту конструкторской документации на изделие при передаче ее другому предприятию.

Не допускается давать ссылки на отдельные пункты стандартов, технических условий и технологических инструкций. При необходимости на чертеже дают ссылку на весь документ или на отдельный его раздел.

Не допускается давать ссылки на документы, определяющие форму и размеры конструктивных элементов изделий (фаски, канавки и т. п.), если в соответствующих стандартах нет условного обозначения этих элементов. Все данные для их изготовления должны быть приведены на чертежах.

На рабочих чертежах не допускается помещать *технологические указания*.

В виде исключения допускается:

а) указывать способы изготовления и контроля, если они являются единственными, гарантирующими требуемое качество изделия, например, *совместная обработка*, *совместная гибка* или *развальцовка* и т. п.;

б) давать указания по выбору *вида технологической заготовки* (отливки, поковки и т. п.);

в) указывать определенный *технологический прием*, гарантирующий обеспечение отдельных технических требований к изделию, которые невозможно выразить объективными показателями или величинами, например, процесс старения, вакуумная пропитка, технология склеивания, контроль, сопряжения плунжерной пары и др.

Для изделий основного единичного* и вспомогательного производства на чертежах, предназначенных для использования на конкретном предприятии, допускается помещать различные указания по технологии изготовления и контролю изделий.

На чертежах применяют *условные обозначения* (знаки, линии, буквенные и буквенно-цифровые обозначения), установленные в государственных (межгосударственных) стандартах.

Условные обозначения применяют без разъяснения их на чертеже и без указания номера стандарта. Исключение составляют условные обозначения, в которых предусмотрено указывать номер стандарта, например, отверстие центровое С12 ГОСТ 14034-74 «Отверстия центровые. Размеры».

Примечания:

1. Если в государственных (межгосударственных) стандартах нет соответствующих условных обозначений, то применяют условные обозначения, установленные в национальных стандартах и стандартах организаций с обязательными ссылками на них.

2. Допускается применять условные обозначения, не предусмотренные в государственных (межгосударственных) и национальных стандартах и стандартах организаций. В этих случаях условные обозначения разъясняют на поле чертежа.

Размеры условных знаков, не установленные в стандартах, определяют с учетом наглядности и ясности чертежа и выдерживают одинаковыми при многократном повторении.

На *рабочем чертеже* изделия указывают размеры (а также предельные отклонения, шероховатость поверхностей и другие данные), которым оно должно соответствовать перед сборкой (рис. 3.183 и 3.184).

Исключение составляют те случаи, когда какие-то элементы не могут быть выполнены в собираемых деталях отдельно по тем или иным причинам. Тогда эти элементы на рабочих чертежах деталей не изображают или не указывают размеры, которые надо выдержать. Если конструктивный элемент необходимо выполнить в процессе *совместной обработки* одновременно в обеих, а то и более двух собираемых деталях, то его выполняют при сборке или уже когда сборка деталей будет осуществлена.

Так, на рис. 3.185 показаны размеры, необходимые для выполнения подводящего наклонного отверстия в полость втулки (для подачи смазки, надо полагать). Указан диаметр отверстия, угол его наклона и расстояние

* Правила выполнения чертежей изделий единичного производства распространяются также и на вспомогательное производство.

до продольной оси – до точки на торцевой плоскости, к которой должно быть подведено сверло соответствующего диаметра, установленное под указанным углом. Операцию по выполнению этого отверстия необходимо выполнять именно на этапе, когда детали будут собраны – втулка будет запрессована в отверстие охватываемой детали. Если отверстия в обеих деталях выполнять отдельно – это только усложнило бы сборку, так как необходимо было бы обеспечивать точное совпадение отверстий. Кроме того, количество необходимых технологических операций было бы больше – пришлось бы отверстия выполнять отдельно там и там, обеспечивая необходимую точность по их расположению для совпадения при сборке.

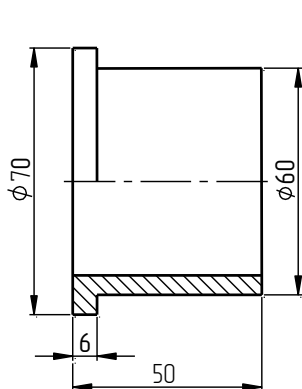


Рис. 3.183. Размеры, указываемые на рабочем чертеже детали – втулки (не указан диаметр ее внутренней поверхности, содержащей *притупку* для последующей обработки после сборки)

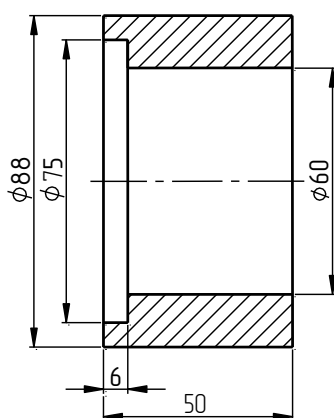
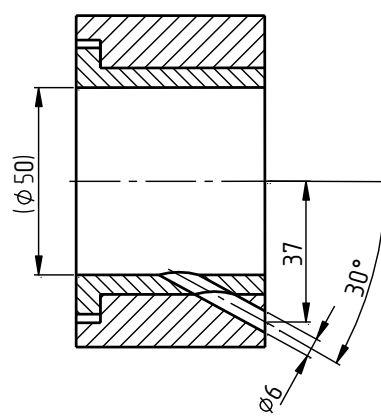


Рис. 3.184. Размеры, указываемые на рабочем чертеже детали с отверстием под запрессовку втулки, приведенной на рис. 3.183 (охватываемая деталь)



Размер в скобках – после сборки

Рис. 3.185. Размеры, указываемые на сборочном чертеже и выдерживаемые при *совместной обработке* обеих деталей в процессе сборки (см. наклонное отверстие), а также после сборки – размер в скобках

Что касается внутренней цилиндрической поверхности втулки, ее размер следует выдерживать особенно точно, так как с этой поверхностью будет сопрягаться в последующем цилиндрическая поверхность вала, называемая опорной шейкой, как известно. Если заложенный внутри втулки припуск снять на стадии ее изготовления по рабочему чертежу, то после запрессовки втулки во внешнюю деталь ее внутренний размер может поменяться (уменьшится), могут иметь место и отклонения формы поверхности от цилиндричности и др. Поэтому этот размер, *взятый в скобки* согласно требованиям стандарта, выдерживают тогда, когда конструкция будет собрана (рис. 3.185).

Другими примерами, когда две и больше деталей подвергают обработке резанием в собранном виде, являются: выполнение отверстия для фиксирующего винта, выполняемого в стыке деталей (рис. 3.186) или радиально (рис. 3.187); выполнение отверстий под штифты (рис. 3.188) и др.

В конструкции на рис. 3.186 для фиксирования втулки использован винт согласно ГОСТ 1477-93 «Винты установочные с плоским концом и прямым шлицем класса точности А и В», ввинченный в резьбовое отверстие, выполненное в стыке между деталями после их сборки, как указывалось.

В конструкции на рис. 3.187 для фиксирования втулки использован винт согласно ГОСТ 1496-93 «Винты установочные с коническим концом и прямым шлицем класса точности А и В», ввинченный в резьбовое отверстие, выполненное радиально.

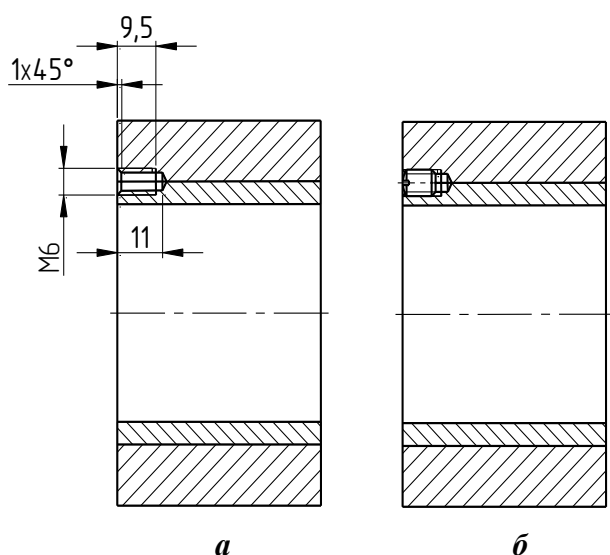


Рис. 3.186. Отверстие (а) под фиксирующий винт (б) получают путем совместной обработки обеих деталей *после сборки*

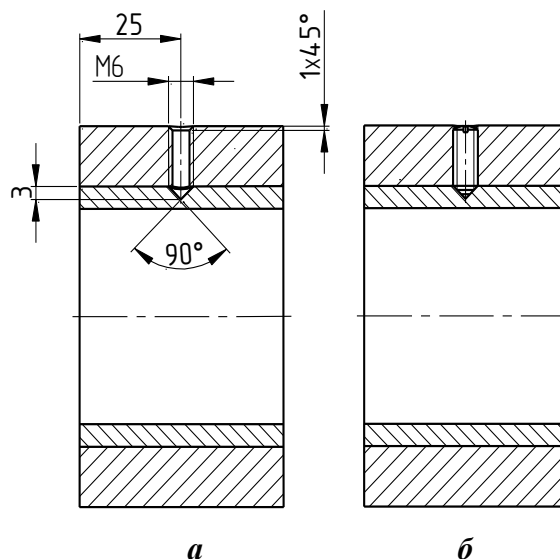


Рис. 3.187. Отверстие (а) под фиксирующий винт (б) получают путем совместной обработки обеих деталей *в процессе сборки*

Для этого после сборки деталей в них сверлится отверстие под резьбу таким образом, чтобы внешняя деталь оказалась просверленной насквозь, а во внутренней детали было выполнено только углубление под конический конец используемого в данном соединении винта. Затем втулку удаляют (чтобы она не мешала), и во внешней детали нарезают резьбу под указанный винт. Вновь собирают детали, помещая втулку внутрь внешней детали таким образом, чтобы выполненное в ней коническое углубление оказалось напротив резьбового отверстия. Ввинчивают винт до упора его конического конца в ответное углубление во втулке, фиксируя ее от выпадения и проворачивания.

Размеры (а также предельные отклонения и шероховатость поверхностей элементов изделия), получающиеся в результате обработки в процессе сборки или после нее, указывают на сборочном чертеже (рис. 3.185).

Изделие, при изготовлении которого предусматривается припуск на последующую обработку отдельных элементов в процессе сборки, изображают на чертеже с размерами, предельными отклонениями и другими данными,

которым оно должно соответствовать после окончательной обработки. Такие размеры заключают в *круглые скобки*, а в технических требованиях делают запись типа: «Размеры в скобках – после сборки» (рис. 3.185).

На рабочих чертежах изделий, подвергаемых покрытию, указывают размеры (и шероховатость поверхности) *до покрытия*. Допускается указывать одновременно размеры (и шероховатость поверхности) до и после покрытия. При этом размерные линии (и обозначения шероховатости поверхностей) до покрытия и после покрытия наносят, как показано на рис. 3.188.

Если необходимо указать размеры (и шероховатость поверхности) только после покрытия, то соответствующие размеры (и обозначения шероховатости поверхности) отмечают знаком «*» и в технических требованиях чертежа делают запись типа: «*Размеры поверхности после покрытия» (рис. 3.189).

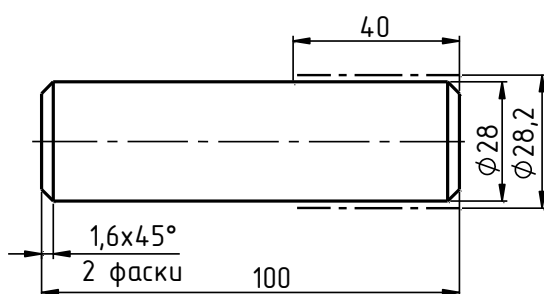
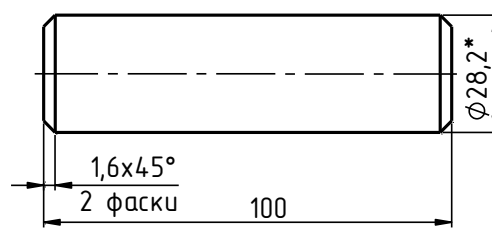


Рис. 3.188. Допускается показывать размер поверхности, подвергаемой *покрытию*, до и после покрытия



*Размер поверхности после покрытия

Рис. 3.189. Если необходимо указать размер поверхности после нанесения *покрытия*, то делают соответствующую запись в технических требованиях

На каждое изделие выполняют отдельный чертеж. Исключение составляет группа изделий, обладающих общими конструктивными признаками, на которые выполняют групповой чертеж по ГОСТ 2.113-75 «Групповые и базовые конструкторские документы».

На каждом чертеже помещают *основную надпись* (рис. 1.1 и 1.2) и дополнительные графы к ней в соответствии с требованиями ГОСТ 2.104-2006 «Основные надписи».

Графы основной надписи заполняют с учетом дополнительных требований.

При выполнении чертежа на нескольких листах на всех листах одного чертежа указывают одно и то же обозначение.

В графе 5 (рис. 1.2) указывают массу изделия:

- на чертежах для изготовления опытных образцов – расчетную массу;
- на чертежах, начиная с литеры O_1 , – фактическую. При этом под фактической массой следует понимать массу, определенную измерением (взвешиванием изделия).

На чертежах изделий *единичного производства* и изделий с большой массой, и крупногабаритных изделий, определение массы которых взвешиванием вызывает затруднение, допускается указывать расчетную массу. При этом на чертежах изделий, разрабатываемых по заказам Министерства обороны, указание расчетной массы допускается только по согласованию с заказчиком (представителем заказчика).

Массу изделия указывают в килограммах без указания единицы измерения.

Допускается указывать массу в других единицах измерения с указанием их, например: **0,25 т, 15 т**.

При необходимости допускается указывать предельные отклонения массы изделия в технических требованиях чертежа.

На габаритных и монтажных чертежах, а также на чертежах деталей опытных образцов и единичного производства допускается массу не указывать.

Если ребро (*кромку*) необходимо изготовить острым или скруглить, то на чертеже помещают соответствующее указание (рис. 3.190). Если на чертеже нет никаких указаний о форме кромок или ребер, то они должны быть притуплены. При необходимости, в этом случае можно указать размер притупления (фаски, радиуса), помещаемый рядом со знаком « \perp », например, см. рис. 3.191.

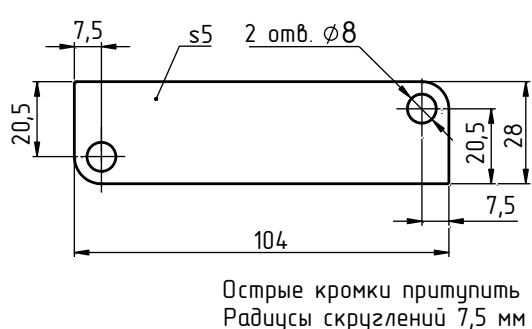


Рис. 3.190. Надписи в технических требованиях чертежа указывают на необходимость *притупить* острые кромки и выполнить скругления

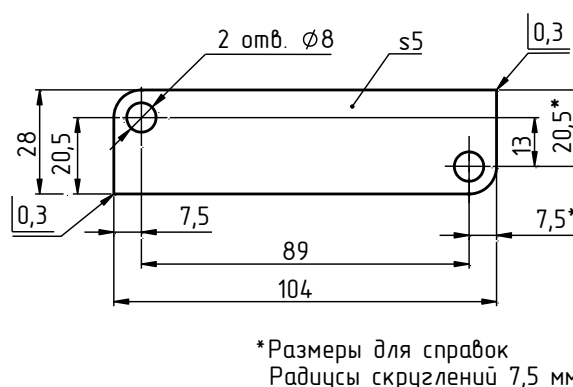


Рис. 3.191. Использование специального знака при необходимости указать *размер притупления* кромки (ребра)

Если в окончательно изготовленном изделии должны быть *центровые отверстия*, выполняемые по ГОСТ 14034-74 «Отверстия центровые. Размеры», то их изображают условно, знаком, с указанием обозначения по ГОСТ 14034 на полке линии-выноски. При наличии двух одинаковых отверстий изображают одно из них (рис. 3.192).

Если центровые отверстия в готовом изделии недопустимы, то при этом указывают другой специальный знак (рис. 3.193).

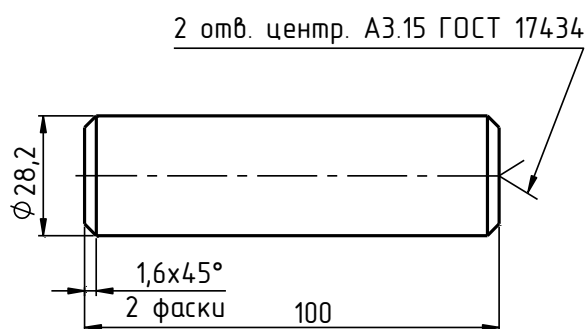


Рис. 3.192. Указание *центровых отверстий* специальным знаком и надписью, если они необходимы

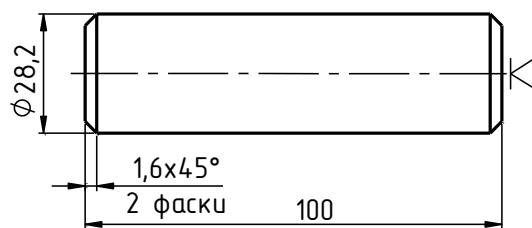


Рис. 3.193. Указание *специальным знаком*, что центровые отверстия не допустимы

Центровые отверстия не изображают и в технических требованиях не помещают никаких указаний, если наличие отверстий конструктивно безразлично.

В обоснованных случаях (например, при изменении размеров на чертеже в процессе его разработки, когда переоформление чертежа нецелесообразно, при использовании бланк-чертежей* и т. д.) допускается отступление от масштаба изображения, если это не искажает наглядность изображения и не затрудняет чтение чертежа в производстве.

3.4.1.2. Чертежи совместно обрабатываемых изделий

Если отдельные элементы изделия необходимо до сборки обработать совместно с другим изделием, для чего их временно соединяют и скрепляют (например, половины корпуса, части картера и т. п.), то на оба изделия должны быть выпущены в общем порядке *самостоятельные чертежи* с указанием на них всех размеров, предельных отклонений, шероховатости поверхностей и других необходимых данных.

Размеры с предельными отклонениями элементов, обрабатываемых совместно, заключают в *квадратные скобки* и в технических требованиях помещают указание «Обработку по размерам в квадратных скобках производить совместно с ...» и указывают присоединяемую деталь (рис. 3.194 и 3.195). Следующая запись в технических требованиях свидетельствует о том, что обе совместно обрабатываемые детали также и применялись совместно: «Детали применять совместно».

В сложных случаях при указании размеров, связывающих различные поверхности обоих изделий, рядом с изображением одного из изделий, наиболее полно отражающего условия совместной обработки, помещают полное или частичное упрощенное изображение другого изделия, выполненное сплошными тонкими линиями. Выпускать отдельные чертежи на совместную обработку не допускается.

* Бланк-чертежи – заготовки конструкторских документов, которые используются после внесения в них недостающих размеров и других необходимых данных.

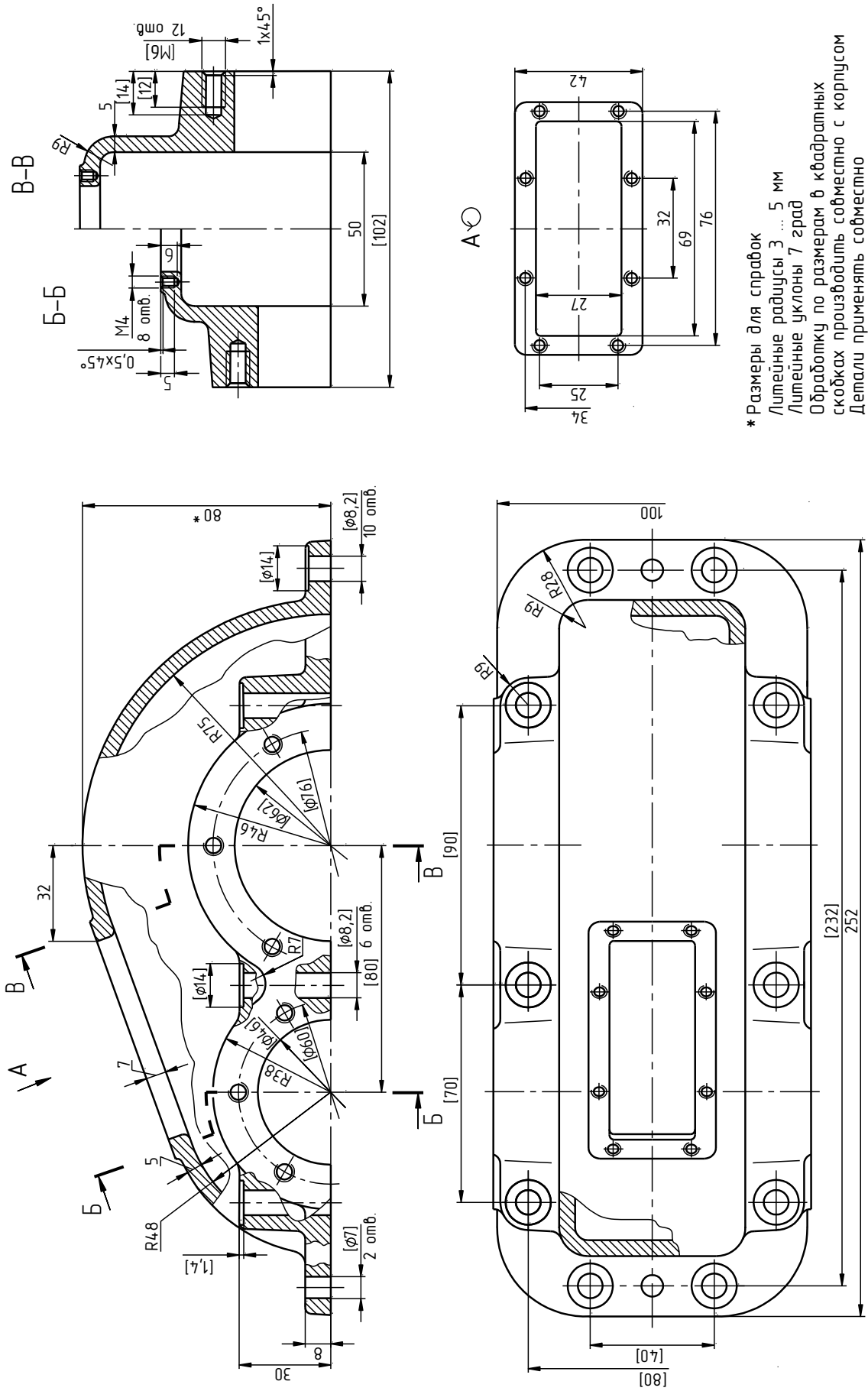
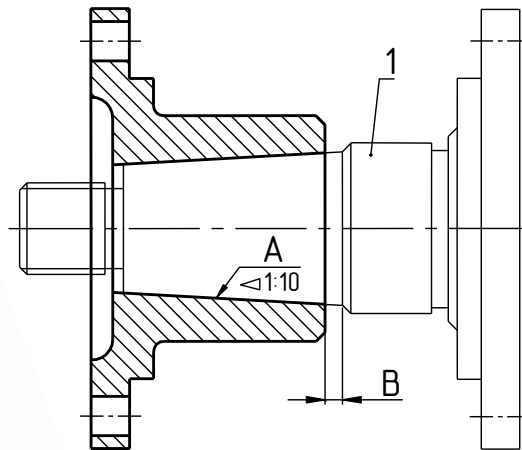


Рис. 3.194. Размеры в квадратных скобках указывают, что их следует поддерживать при совместной обработке с присоединяемой деталью

Технические требования, относящиеся к поверхностям, обрабатываемым совместно, помещают в том чертеже, где изображены все совместно обрабатываемые изделия. Указания о совместной обработке помещают на всех чертежах совместно обрабатываемых изделий (рис. 3.196).



Рис. 3.195. Внешний вид детали (крышки зубчатого редуктора – к чертежу на рис. 194), приведенной как типичный пример, когда целый ряд ее размеров должен выдерживаться при совместной обработке с другой деталью – корпусом редуктора



1. Поверхность А обработать по детали 1, выдержав размер В, равный 5 мм.
2. Детали применять совместно

Рис. 3.196. В технических требованиях чертежа приводят соответствующие указания, если деталь должна быть обработана по другому изделию или пригнана по нему

Если отдельные элементы изделия должны быть обработаны по другому изделию и (или) пригнаны к нему, то размеры таких элементов должны быть отмечены у изображения знаком «*» или буквенным обозначением, а в технических требованиях чертежа приводят соответствующие указания.

Когда обработка в изделии отверстий под установочные болты, винты, заклепки, штифты должна производиться при сборке его с другими изделиями (рис. 3.197) без предварительной обработки отверстия меньшего диаметра, на чертежах детали отверстия не изображают и никаких указаний в технических требованиях не помещают (рис. 3.198).

Все необходимые данные для обработки таких отверстий (изображения, размеры, шероховатость поверхностей, координаты расположения, количество отверстий) помещают на сборочном чертеже изделия, в которое данное изделие входит составной частью (рис. 3.197).

При применении конических штифтов на сборочных чертежах изделий (рис. 3.197) указывают только шероховатость поверхности отверстия (и под полкой линии-выноски с номером позиции штифта – количество

отверстий, если в этом будет необходимость, то есть количество штифтов больше одного).

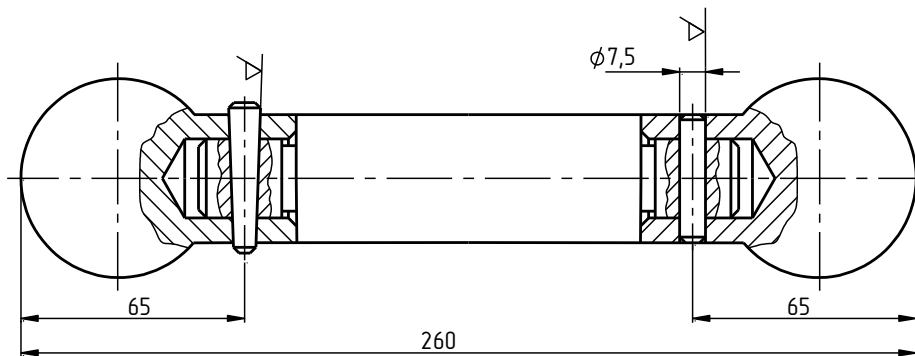


Рис. 3.197. При изображении на сборочном чертеже *установочных штифтов* (и других стандартных установочных изделий – винтов, болтов, заклепок) указывают и необходимые размеры

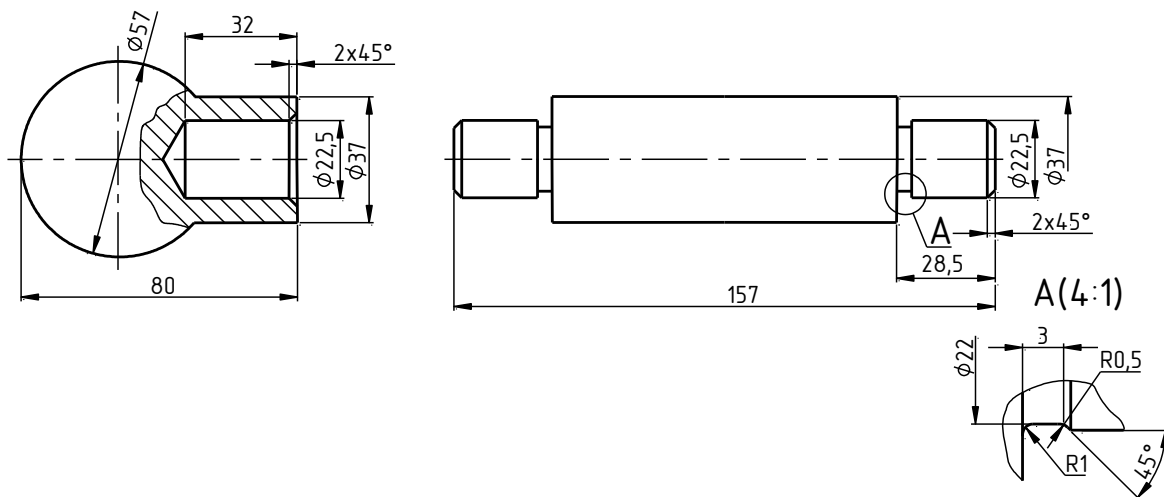


Рис. 3.198. На рабочих чертежах деталей отверстия под штифты (и другие стандартные крепежные изделия) *не изображают* и никаких указаний в технических требованиях не помещают – их изображают, а также указывают необходимые размеры непосредственно на сборочном чертеже (рис. 3.197)

На чертеже изделия, получаемого разрезкой заготовки на части и взаимозаменяемого с любым другим изделием, изготовленным из других заготовок по данному чертежу, изображение заготовки не помещают (рис. 3.199).

На изделие, получаемое разрезкой заготовки на части или состоящее из двух и более совместно обрабатываемых частей, применяемых только совместно и не взаимозаменяемых с такими же частями другого такого же изделия, разрабатывается один чертеж (рис. 3.200).

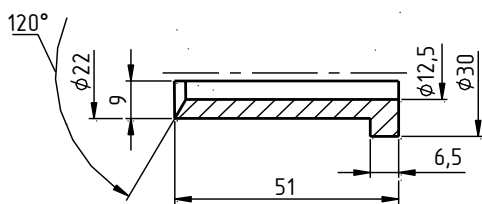


Рис. 3.199. Чертеж детали, получаемой *разрезкой заготовки* на части и являющейся *взаимозаменяемой* на другие детали, получаемые из других заготовок

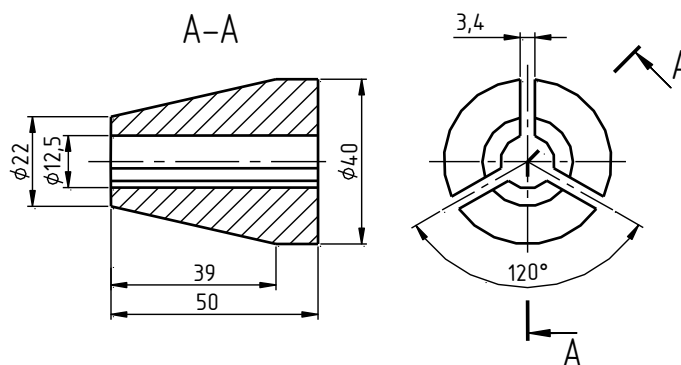


Рис. 3.200. Чертеж детали, получаемой *разрезкой заготовки* на части или состоящей из совместно обрабатываемых частей, применяемых только совместно (*не взаимозаменяемых* с такими же частями другого такого же изделия)

3.4.1.3. Чертежи изделий с дополнительной обработкой или переделкой

Чертежи изделий, изготовляемых с *дополнительной обработкой* других изделий, выполняют с учетом следующих требований:

а) изделие-заготовку изображают сплошными тонкими линиями, а поверхности, получаемые дополнительной обработкой, вновь вводимые изделия и изделия, устанавливаемые взамен имеющихся, – сплошными основными линиями.

Снимаемые при переделке детали не изображают;

б) наносят только те размеры, предельные отклонения и обозначения шероховатости поверхностей, которые необходимы для дополнительной обработки (рис. 3.165).

Допускается наносить справочные, габаритные и присоединительные размеры.

Допускается изображать только часть изделия-заготовки, элементы которого должны быть дополнительно обработаны.

На чертеже детали, изготовляемой дополнительной обработкой заготовки, в графе 3 основной надписи (рис. 1.2) записывают слово «**Изделие-заготовка**» и обозначение изделия-заготовки.

При использовании покупного изделия в качестве изделия-заготовки в графе 3 основной надписи (рис. 1.2) указывают наименование покупного изделия и его обозначение, которые содержатся в сопроводительной документации изготовителя (поставщика).

Деталь-заготовку записывают в соответствующий раздел спецификации изделия. При этом графу «Поз.» прочеркивают.

При автоматизированном проектировании допускается изделие-заготовку записывать после доработанного изделия без учета раздела спецификации.

В графе «**Наименование**» после наименования изделия-заготовки указывают в скобках «**Заготовка для ...XXXXXX...**».

При использовании в качестве изделия-заготовки сборочной единицы чертеж изготавливаемого из заготовки изделия следует выполнять, как сборочный. В спецификацию этого изделия записывают изделие-заготовку и другие изделия, устанавливаемые при переделке. Переделанному изделию присваивают самостоятельное обозначение.

В технических требованиях чертежа допускается указывать, какие сборочные единицы и детали при переделке заменяют вновь установленными или исключают без замены, например: «**Детали поз.4 и 6 установить взамен имеющихся валика и втулки**», «**Имеющуюся втулку снять**» и т. п.

Если доработка изделия, являющегося сборочной единицей, заключается в снятии или замене его составных частей, то сборочный чертеж на доработанное изделие допускается не выпускать. Спецификацию такого изделия следует выполнять по ГОСТ 2.106-2019 «Текстовые документы» с учетом следующих особенностей:

– дорабатываемое изделие записывают в раздел «**Сборочные единицы**» первой позицией;

– снятые с дорабатываемого изделия составные части записывают за номером позиции по спецификации дорабатываемого изделия в соответствующие разделы под заголовком «**Снятые составные части**»;

– вновь установленные составные части записывают в соответствующие разделы под заголовком «**Вновь устанавливаемые составные части**» с указанием номеров позиций, являющихся продолжением позиций, указанных в дорабатываемом изделии.

Примечание: указанный способ не допускается применять при доработке покупных изделий.

3.4.1.4. Чертежи изделия с надписями, знаками, фотоснимками

Надписи и знаки, наносимые на плоскую поверхность изделия, изображают, как правило, на соответствующем виде полностью, независимо от способа их нанесения. Расположение и начертание их должно соответствовать требованиям, предъявляемым к готовому изделию. Если данные изделия на чертеже изображены с разрывами, то допускается надписи и знаки наносить на изображении не полностью и приводить их в технических требованиях чертежа.

Если надписи и знаки должны быть нанесены на цилиндрическую или коническую поверхность, то на чертеже помещают изображение надписи в виде развертки.

На виде, где надписи, цифры и другие данные проецируются с искажением, допускается изображать их без искажения. Допускается на таком

виде изображать лишь часть наносимых данных, необходимую для связи вида с разверткой.

3.4.1.5. Чертежи изделий, изготавливаемых в различных производственно-технологических вариантах

Чертежи, допускающие изготовление изделий в двух и более производственно-технологических вариантах, следует выполнять по правилам, установленным для чертежей деталей и сборочных чертежей с учетом дополнительных требований.

Производственно-технологические варианты не должны нарушать взаимозаменяемость, техническую характеристику и эксплуатационные качества изделия.

На каждый вариант изготовления детали, отличающийся от других вариантов технологией изготовления (литьем, объемной штамповкой, сваркой, прессованием из прессматериала и т. п.), выпускают отдельный чертеж с самостоятельным обозначением.

На чертеже детали, которая может быть изготовлена в различных вариантах, отличающихся конструктивными элементами или их формой (канавки для выхода инструмента, фаски, накатываемая или нарезаемая резьба и т. п.), делают указание о допустимых заменах. При необходимости помещают дополнительное изображение с надписью над ним: «**Вариант**». При нескольких вариантах в надписи указывают номер варианта. Указаний, разрешающих изготавливать детали в соответствии с изображенным вариантом, на чертеже не приводят.

Когда на сборочном чертеже предусмотрены варианты изготовления составных частей изделия по самостоятельным чертежам (например, детали, изготавливаемые из металлической отливки или из штамповочной поковки, или прессуемые из пластмассы), в спецификацию этой сборочной единицы записывают отдельными позициями под своими обозначениями все варианты.

Количество составных частей в графе «**Кол.**» спецификации не предоставляют, а в графе «**Примечание**» указывают «... шт., допуск, замена на поз...». На полке линии-выноски от изображения составной части указывают номера позиций для всех вариантов этой части, например: «6 или 11».

Допускается изготавливать детали из двух и более частей (например, лист обшивки, отдельные части ограждений и т. п.); при этом в технических требованиях помещают указание о допустимости изготовления такой детали, способе соединения частей и материалах, необходимых для соединения.

Если должны быть точно определены место возможного соединения частей и подготовка их к соединению, то на чертеже помещают дополнительные данные: изображение, размеры и т. д. Место соединения изображают штрихпунктирной тонкой линией.

Сборочный чертеж изделия, в которое входит деталь с различными вариантами изготовления, оформляют без дополнительных указаний.

Если варианты изготовления изделия заключаются в том, что его составные части, оставаясь равнозначными, отличаются какими-либо конструктивными элементами, которые целесообразно показать на сборочном чертеже, то помещают соответствующие дополнительные изображения.

Над дополнительным изображением делают надпись, поясняющую, что это изображение относится к варианту изготовления.

При нескольких вариантах в надписи указывают номер варианта.

Позиции составных частей, входящих в варианты, помещают на соответствующих дополнительных изображениях.

Если вариантом изготовления деталей является разъемное соединение, состоящее из нескольких деталей, то сборочный чертеж на такой вариант не разрабатывают.

В спецификацию изделия детали, составляющие вариант, записывают отдельными позициями.

Графу «Кол.» спецификации не заполняют, а в графе «Примечание» записывают:

– для основной детали: «... шт., допуск, замена на поз...», при этом указывают номера позиций всех деталей, составляющих вариант, и количество каждой из них;

– для деталей варианта (разъемного соединения): «... шт., примен. с поз... взамен поз...».

3.4.2. Чертежи деталей

Рабочие чертежи разрабатывают, как правило, на все детали, входящие в состав изделия.

Допускается не выпускать чертежи на:

а) детали, изготавливаемые из фасонного или сортового материала отрезкой под прямым углом, из листового материала отрезкой по окружности, в том числе с концентрическим отверстием или по периметру прямоугольника без последующей обработки;

б) детали изделий с неразъемными соединениями (сварных, паяных, клепаных, склеенных, сбитых гвоздями и т. п.), являющихся составными частями изделий единичного производства, если конструкция такой детали настолько проста, что для ее изготовления достаточно трех-четырех размеров на сборочном чертеже или одного изображения такой детали на свободном поле чертежа;

в) детали изделий единичного производства, форма и размеры которых (длина, радиус сгиба и т. п.) устанавливаются по месту, например отдельные части ограждений и настила, отдельные листы обшивки каркасов и переборок, полосы, угольники, доски и бруски, трубы и т. п.;

г) покупные детали, подвергаемые антикоррозионному или декоративному покрытию, не изменяющему характер сопряжения со смежными деталями.

Необходимые данные для изготовления и контроля деталей, на которые не выпускают чертежи, указывают на сборочных чертежах и в спецификации.

На чертежах деталей, в спецификации или в электронной структуре изделия условные обозначения материала должны соответствовать обозначениям, установленным стандартами на материал. При отсутствии стандарта на материал его обозначают по техническим условиям.

Обозначение материала детали по стандарту на сортамент записывают на чертеже только в тех случаях, когда деталь в зависимости от предъявляемых к ней конструктивных и эксплуатационных требований должна быть изготовлена из сортового материала определенного профиля и размера, например:

$$\text{Круг} \frac{40 \text{ ГОСТ } 1133-71}{У10 \text{ ГОСТ } 1435-90^*};$$

$$\text{Полоса} \frac{5 \times 50 \text{ ГОСТ } 103-76}{Ст3 \text{ ГОСТ } 535-88}.$$

В документах, выполненных в электронной форме, горизонтальную черту, указанную в примерах, допускается заменять на косую черту (/).

Допускается в условном обозначении материала не указывать группу точности, плоскостность, вытяжку, обрезку кромок, длину и ширину листа, ширину ленты и другие параметры, если они не влияют на эксплуатационные качества изделия (детали). При этом общая последовательность записи данных, установленных стандартами или техническими условиями на материалы, должна сохраняться.

В основной надписи чертежа детали указывают не более одного вида материала. Если для изготовления детали предусматривается использование заменителей материала, то их указывают в технических требованиях чертежа или технических условиях на изделие.

Если форма и размеры всех элементов определены на чертеже готовой детали, развертку (изображение, длину развертки) не приводят.

Когда изображение детали, изготавливаемой *гибкой*, не дает представления о действительной форме и размерах отдельных ее элементов, на чертеже детали помещают частичную или полную ее развертку. На изображении развертки наносят только те размеры, которые невозможно указать на изображении готовой детали.

Над изображением развертки помещают условное *графическое обозначение* (рис. 3.201).

Развертку изображают сплошными основными линиями, толщина которых должна быть равна толщине линий видимого контура на изображении детали.

* Здесь и далее обозначение стандарта условно.

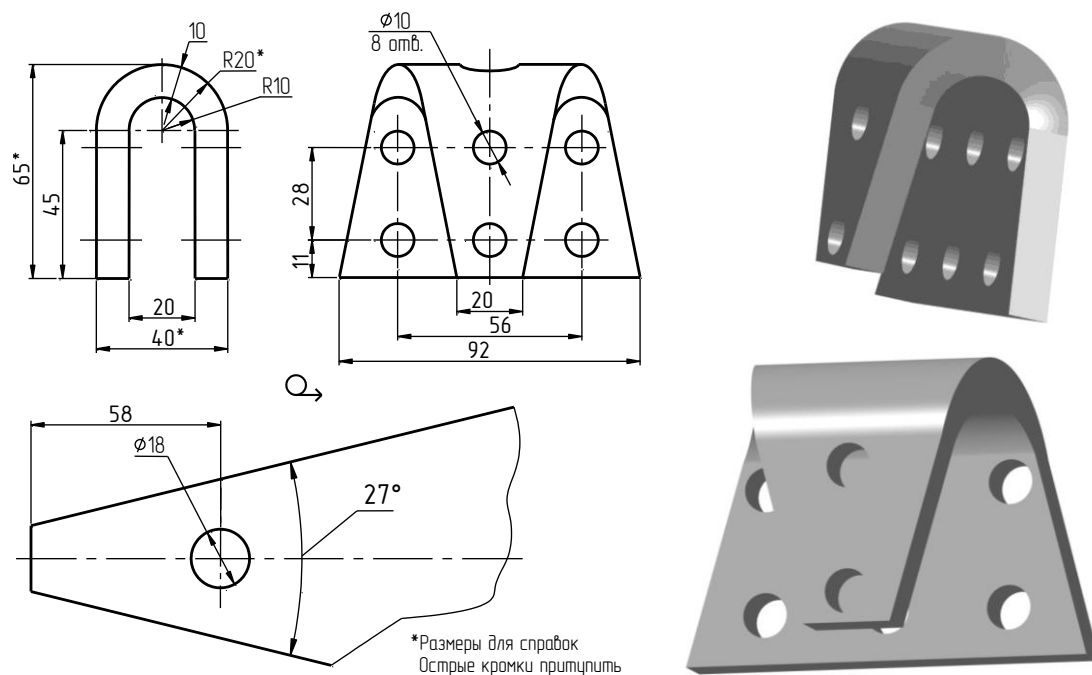


Рис. 3.201. Чертеж детали, изготавливаемой *гибкой*, дополняют, при необходимости, разверткой ее заготовки для указания на ней тех размеров, которые невозможно указать на чертеже готовой детали

При необходимости, на изображении развертки наносят линии сгибов, выполняемые штрихпунктирной тонкой линией с двумя точками, с указанием на полке линии-выноски «Линия сгиба».

Допускается, не нарушая ясности чертежа, совмещать изображение части развертки с видом детали. В этом случае развертку изображают штрихпунктирными тонкими линиями с двумя точками и условное графическое обозначение не помещают (рис. 3.202).

Детали, у которых отдельные элементы должны быть измерены после изменения (в пределах упругих деформаций) первоначальной формы, соответствующей свободному состоянию детали, изображают сплошными основными линиями в свободном состоянии и штрихпунктирными тонкими линиями с двумя точками – после изменения первоначальной формы детали. Размеры элементов, которые должны быть измерены после изменения первоначальной формы детали, наносят на изображении, выполненном штрихпунктирными тонкими линиями с двумя точками (рис. 3.203).

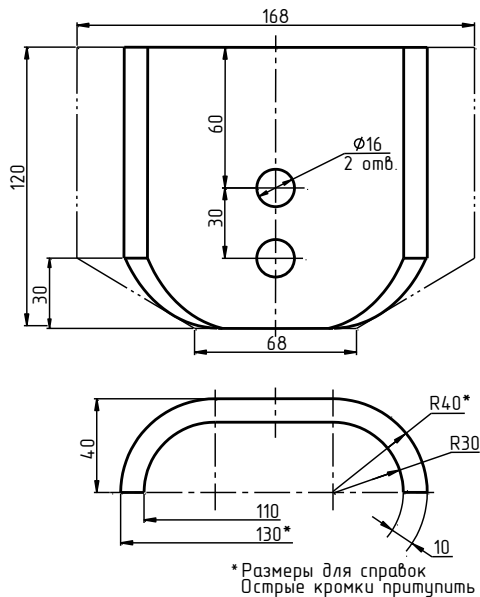


Рис. 3.202. Совмещение развертки (не обозначается) *гнутой* детали с ее видом (контур развертки изображен штрихпунктирной линией с двумя точками)

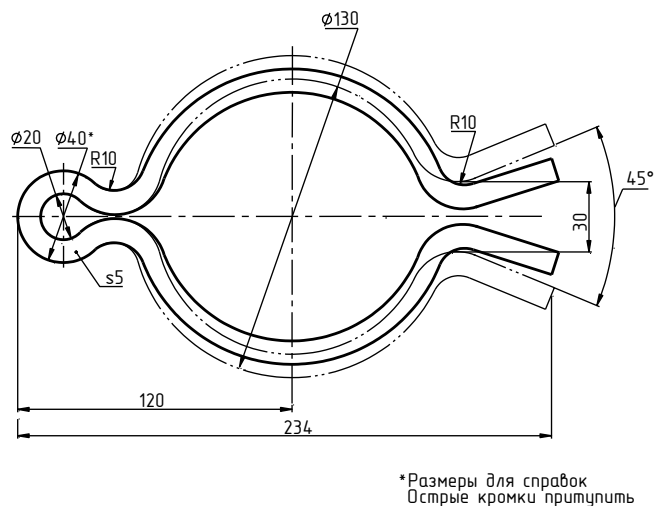


Рис. 3.203. Размеры элементов, которые должны быть измерены после *изменения первоначальной формы* детали, наносят на изображении, выполненном штрихпунктирными тонкими линиями с двумя точками

3.4.3. Чертежи сборочные

3.4.3.1. Содержание, изображения и нанесения размеров

Количество сборочных чертежей должно быть минимальным, но достаточным для рациональной организации производства (сборки и контроля) изделий. При необходимости на сборочных чертежах приводят данные о работе изделия и о взаимодействии его частей.

Сборочный чертеж должен содержать:

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

Допускается на сборочных чертежах помещать дополнительные схематические изображения соединения и расположения составных частей изделия;

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

Допускается указывать в качестве справочных размеры деталей, определяющие характер сопряжения;

в) указания о характере сопряжения и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается не заданными предельными откло-

нениями размеров, а подбором, пригонкой и т. п., а также указания о выполнении неразъемных соединений (сварных, паяных и др.);

г) номера позиций составных частей, входящих в изделие;

д) габаритные размеры изделия;

е) установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры;

ж) техническую характеристику изделия (при необходимости);

з) координаты центра масс (при необходимости).

Примечания:

1. Данные, указанные в перечислениях д), е), допускается не указывать на чертежах сборочных единиц, не являющихся предметом самостоятельной поставки.

2. Данные, указанные в подпунктах ж) и з) настоящего пункта, не помещают на сборочном чертеже, если они приведены в другом конструкторском документе на данное изделие, например на габаритном чертеже.

При указании установочных и присоединительных размеров должны быть нанесены:

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

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

На сборочном чертеже допускается изображать перемещающиеся части изделия в крайнем или промежуточном положении с соответствующими размерами. Если при изображении перемещающихся частей затрудняется чтение чертежа, то эти части допускается изображать на дополнительных видах с соответствующими надписями, например: «**Крайнее положение каретки поз.5**».

На сборочном чертеже изделия допускается помещать изображение пограничных (соседних) изделий («обстановки») и размеры, определяющие их взаимное расположение.

Составные части изделия, расположенные за обстановкой, изображают как видимые. При необходимости допускается изображать их как невидимые.

Предметы «обстановки» выполняют упрощенно и приводят необходимые данные для определения места установки, методов крепления и присоединения изделия. В разрезах и сечениях «обстановку» допускается не штриховать.

Если на сборочном чертеже необходимо указать наименования или обозначения изделий, составляющих «обстановку», или их элементов, то эти указания помещают непосредственно на изображении «обстановки» или на полке линии-выноски, проведенной от соответствующего изображения, например: «Автомат давления (обозначение)»; «Патрубок маслоохладителя (обозначение)» и т. п.

На сборочном чертеже изделия вспомогательного производства (например, штампа, кондуктора и т. п.) допускается помещать в правом верхнем углу операционный эскиз.

Сборочные чертежи следует выполнять, как правило, с упрощениями, соответствующими требованиям стандартов Единой системы конструкторской документации и настоящего стандарта.

На сборочных чертежах *допускается не показывать*:

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

б) *зазоры* между стержнем и отверстием;

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

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

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

Изделия из *прозрачного материала* изображают как непрозрачные.

Допускается на сборочных чертежах составные части изделий и их элементы, расположенные за прозрачными предметами, изображать как видимые, например: шкалы, стрелки приборов, внутреннее устройство ламп и т. п.

Изделия, расположенные за винтовой пружиной, изображенной лишь сечениями витков, изображают до зоны, условно закрывающей эти изделия и определяемой осевыми линиями сечений витков (рис. 3.204).

На сборочных чертежах применяют следующие способы упрощенного изображения составных частей изделий:

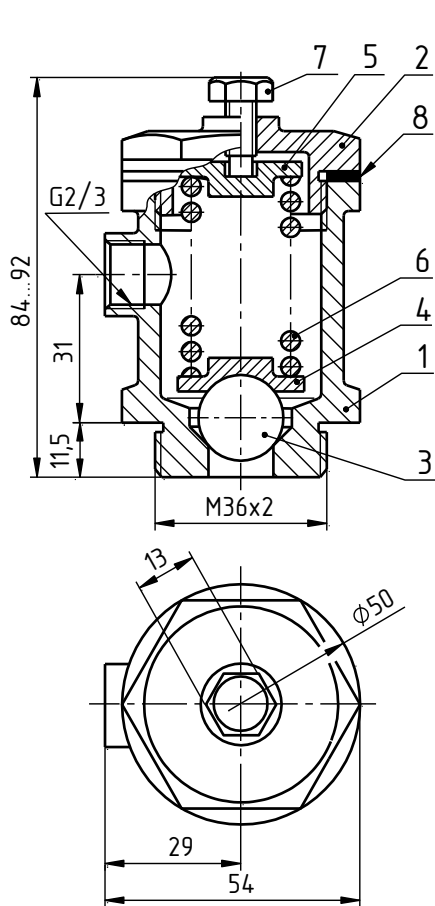
а) на разрезах изображают нерассеченными составные части, на которые оформлены самостоятельные сборочные чертежи. Допускается выполнять чертежи так, как показано на рис. 3.205;

б) типовые, покупные и другие широко применяемые изделия изображают внешними очертаниями.

Внешние очертания изделия, как правило, следует упрощать, не изображая мелких выступов, впадин и т. п.

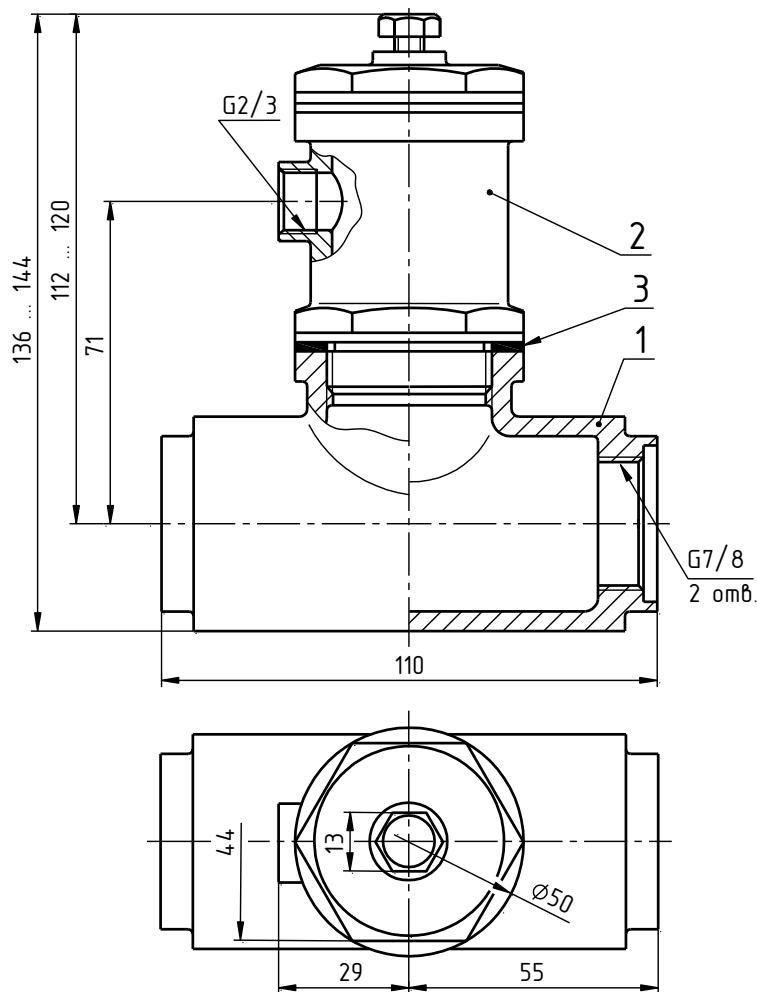
На сборочных чертежах допускается уплотнения и подшипники изображать условно, как показано на рис. 3.206, указывая стрелкой направление действия уплотнения.

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



Размеры для справок

Рис. 3.204. При упрощенном изображении пружины – только сечениями ее витков (это один из способов) – расположенные за ней контурные линии проводят только до осевой линии витков



Размеры для справок

Рис. 3.205. На разрезах изображают нерассеченными составные части изделия, на которые оформлены самостоятельные сборочные чертежи (см. рис. 3.204)

Сварное, паяное, клееное и тому подобное изделие из однородного материала в сборе с другими изделиями в разрезах и сечениях штрихуют в одну сторону, изображая границы между деталями изделия сплошными основными линиями (рис. 3.207). Допускается не показывать границы между деталями, т. е. изображать конструкцию как монолитное тело.

Если необходимо указать положение центра масс изделия, то на чертеже приводят соответствующие размеры и на полке линии-выноски помещают надпись: «Ц.М.».

Линии центров масс составных частей изделия наносят штрихпунктирной линией, а на полке линии-выноски делают надпись: «Линия Ц.М.».

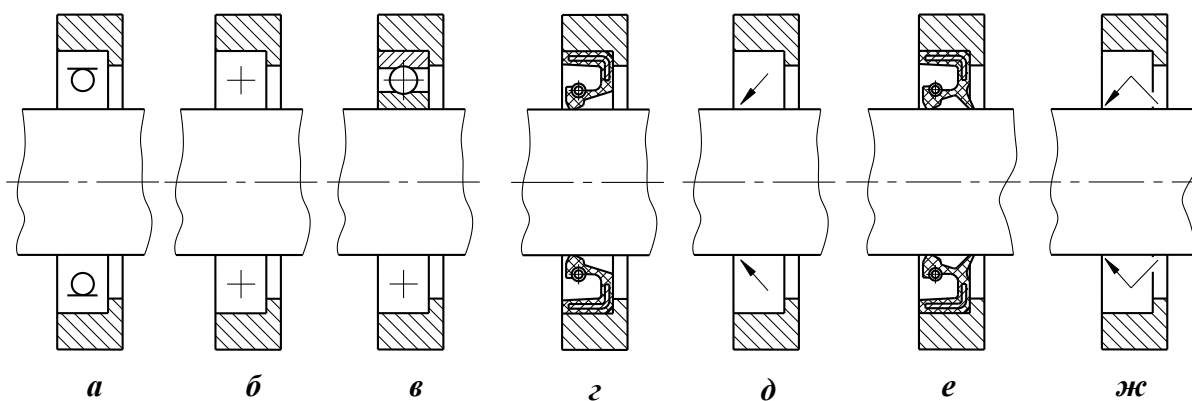
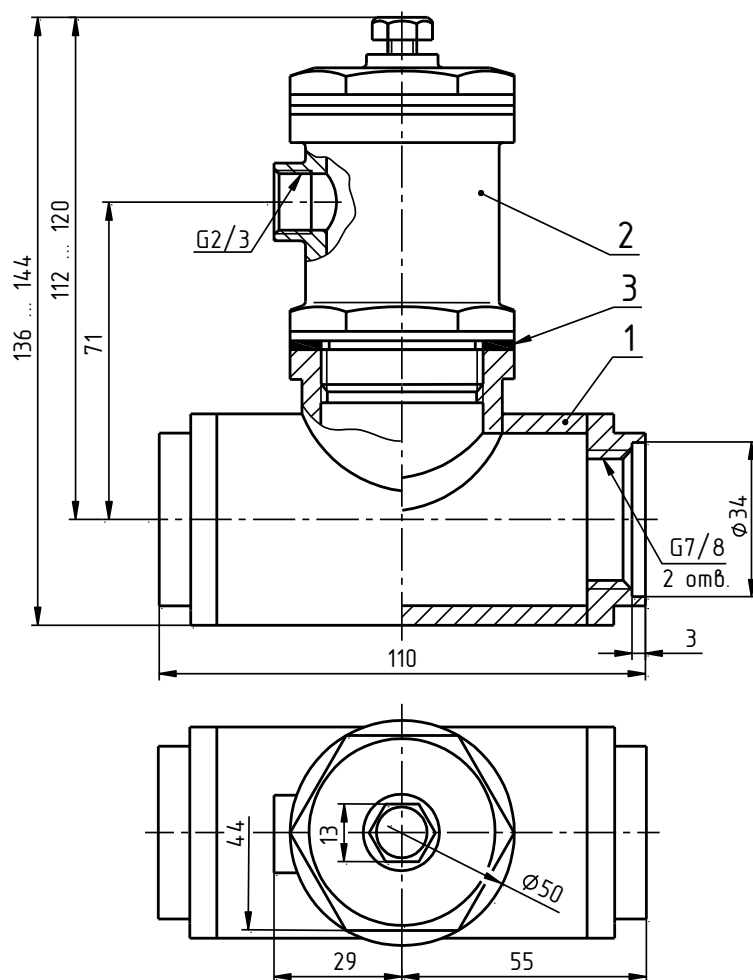


Рис. 3.206. Изображение подшипников и манжетных уплотнений на чертеже: упрощенное изображение подшипников – с указанием типа согласно ГОСТ 2.770-68 (*а* – шариковый), без указания типа (*б*) и в разрезе (*в*); полное (*г* и *е*) и условное (*д* и *ж*) изображения манжетных уплотнений на сборочных чертежах – однокромочное (*г* и *д*) и однокромочное с пыльником (*е* и *ж*)



Размеры для справок

Рис. 3.207. Сварное, паяное, клееное и тому подобное изделие из однородного материала в сборе с другими изделиями в разрезах и сечениях штрихуют в одну сторону, изображая границы между деталями изделия сплошными основными линиями

3.4.3.2. Номера позиций

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

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

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

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

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

Допускается делать общую линию-выноску с вертикальным расположением номеров позиций:

а) для группы крепежных деталей, относящихся к одному и тому же месту крепления (рис. 3.208). Если крепежных деталей две и более и при этом разные составные части крепятся одинаковыми крепежными деталями, то количество их допускается проставлять в скобках после номера соответствующей позиции и указывать только для одной единицы закрепляемой составной части, независимо от количества этих составных частей в изделии;

б) для группы деталей с отчетливо выраженной взаимосвязью, исключаяющей различное понимание, при невозможности подвести линию-выноску к каждой составной части (рис. 2.209).

В этих случаях линию-выноску отводят от закрепляемой составной части;

в) для отдельных составных частей изделия, если графически изобразить их затруднительно, в этом случае допускается на чертеже эти составные части не показывать, а местонахождение их определять при помощи линии-выноски от видимой составной части и на поле чертежа, в технических требованиях помещать соответствующее указание.

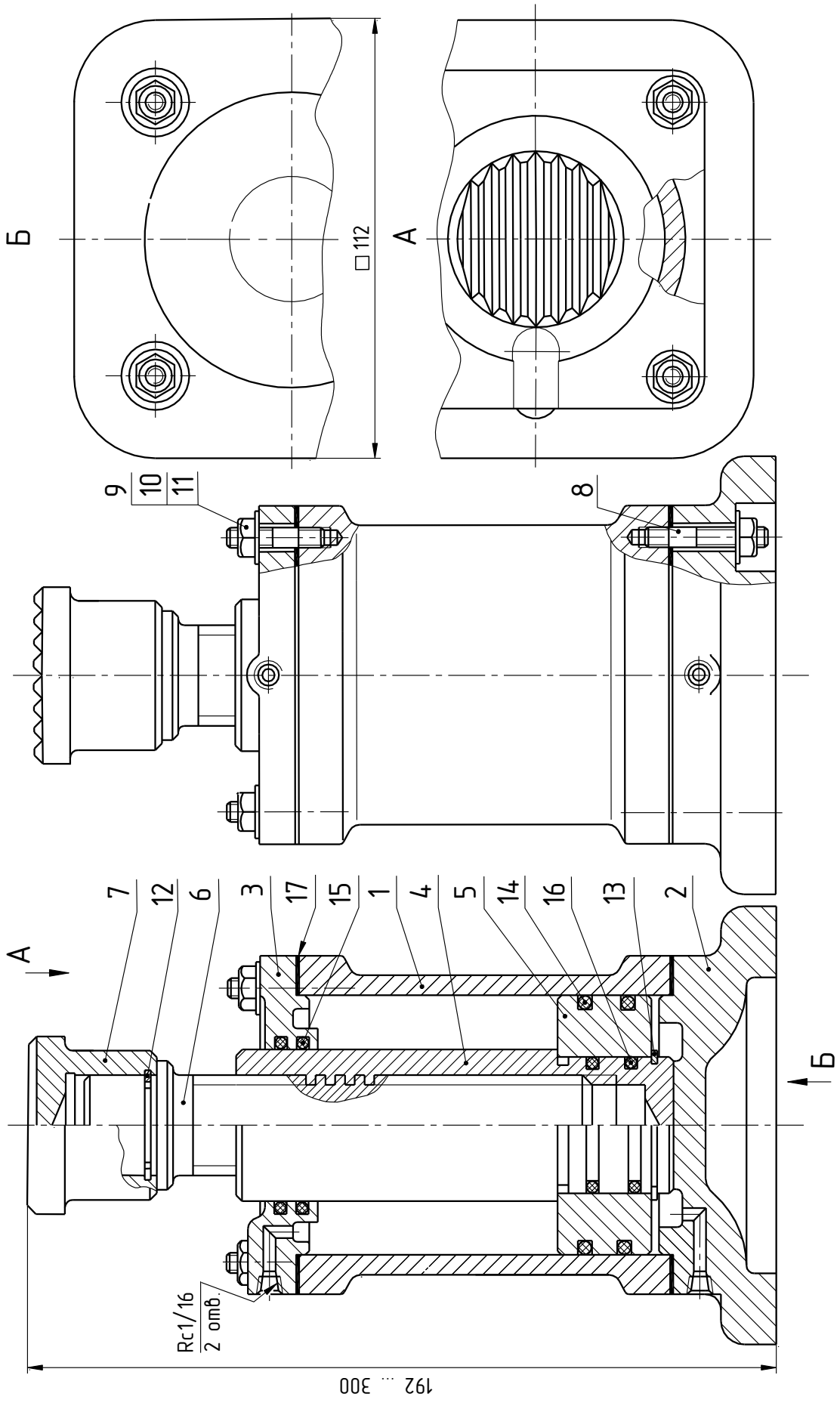


Рис. 3.208. Допускается общая линия-выноска с вертикальным расположением номеров позиций для группы крепежных изделий

Вопросы и задания

1. Какова роль *электронных моделей* при разработке электронных чертежей и чертежей на бумажном носителе?

2. В чем отличие *стандартных и покупных изделий*?

3. Должны ли быть зарегистрированы в установленном порядке в государственном реестре *технические условия*, указываемые в чертежах изделий серийного и массового производства?

4. В каком случае допускается давать ссылки на *технологические инструкции* при указании требований, гарантирующих требуемое качество изделия, и должны ли быть они приложены к комплекту конструкторской документации на изделие при передаче ее другому предприятию?

5. Допускается ли давать *ссылки на отдельные пункты стандартов*, технических условий и технологических инструкций или необходимо давать на чертеже ссылку на весь документ или на отдельный его раздел?

6. Допускается ли на рабочих чертежах помещать *технологические указания* ?

7. Назовите *исключения из технологических указаний*, которые допускается помещать на рабочих чертежах.

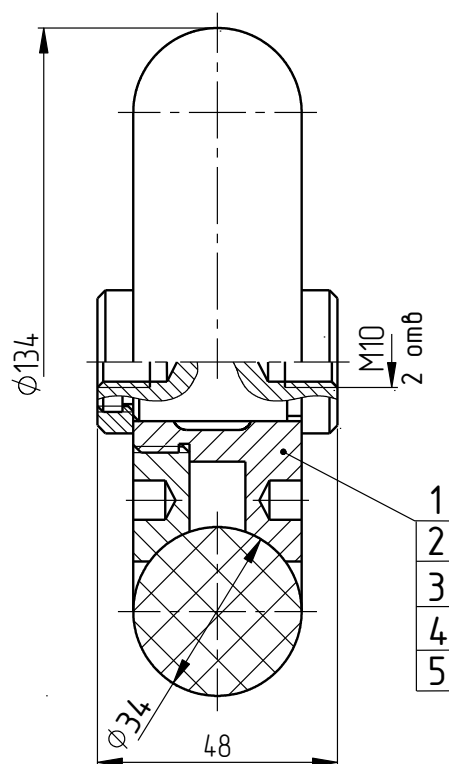
8. Допускается ли для изделий основного *единичного и вспомогательного* производств помещать на чертежах, предназначенных для использования на конкретном предприятии, различные указания по технологии изготовления и контролю изделий?

9. Назовите применяемые на чертежах *условные обозначения* (знаки, линии, буквенные и буквенно-цифровые обозначения), установленные в государственных (межгосударственных) стандартах.

10. В каком случае *элементы деталей* на их рабочих чертежах не изображают или не указывают их размеры, которые надо выдержать?

11. Если конструктивный элемент необходимо выполнить в процессе *совместной обработки* одновременно в обеих, а то и более двух собираемых деталях, то когда его выполняют?

12. В каком случае размер, который необходимо выдержать при обработке детали, *заклучают в скобки* согласно требованиям стандарта, и какую запись делают при этом в технических требованиях?



Размеры для справок

Рис. 3.209. Использование общей линии-выноски с вертикальным расположением номеров позиций при *трудной доступности* к каждой составной части изделия

13. Какой размер указывают на рабочих чертежах изделий, подвергаемых *покрытию*?

14. Допускается ли указывать *одновременно размеры* (и шероховатость поверхности) до и после покрытия детали?

15. Как поступают, если необходимо указать размеры (и шероховатость поверхности) только *после покрытия детали*, и что при этом указывают в технических требованиях?

16. Как поступают, если по чертежу ребро (*кромку*) необходимо изготовить острым или скруглить?

17. Если на чертеже нет никаких указаний о форме кромок или ребер, что с ними делают при изготовлении детали?

18. Если в окончательно изготовленном изделии должны быть стандартные *центровые отверстия*, как их изображают условно и как поступают, если их два одинаковых?

19. Как поступают на чертеже, если центровые отверстия в готовом изделии *недопустимы*?

20. Как поступают на чертеже, если наличие центровых отверстий конструктивно *безразлично*?

21. Как выполняют чертежи, если отдельные элементы изделия необходимо до сборки *обработать совместно* с другим изделием?

22. В каких случаях указываемые размеры заключают в *квадратные скобки*, и какое указание делают при этом в технических требованиях?

23. Приводят ли чертеж *исходной заготовки*, если деталь выполняют обработкой другой детали?

24. Как выполняют чертеж при *совместной обработке* частей нескольких деталей или разрезкой заготовки на части?

25. Какие размеры наносят на чертеж в том случае, если заготовкой является другая деталь – *дорабатываемая*? Что при этом указывают в графе 3 основной надписи?

26. Назовите случаи, когда *не требуется выпускать чертежи* на детали, входящие в изделие.

27. Где указывают *необходимые данные* для изготовления и контроля деталей, на которые не выпускают чертежи?

28. В каких случаях на чертеже детали помещают частичную или полную ее *развертку*, и какие размеры на ней указывают?

29. Как *обозначают развертку*?

30. Как обозначают линии сгиба на изображении развертки?

31. Допускается ли, не нарушая ясности чертежа, *совместить* изображение части развертки с видом детали, и как ее при этом изображают?

32. Как выглядит чертеж детали, у которой отдельные элементы должны быть измерены после изменения (в пределах *упругих деформаций*) первоначальной формы?

33. Чем определяется *количество сборочных чертежей* для рациональной организации производства (сборки и контроля) изделий?

34. Допускается ли на сборочных чертежах приводить *данные о работе изделия* и о взаимодействии его частей?
35. Назовите, что *должен содержать* сборочный чертеж.
36. Сформулируйте *предназначение изображения* сборочной единицы.
37. Допускается ли на сборочных чертежах помещать *дополнительные схематические изображения* соединения и расположения составных частей изделия?
38. Какие размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования *должен содержать* сборочный чертеж?
39. Что должно быть нанесено на чертеж при указании *установочных и присоединительных размеров*?
40. Допускается ли на сборочном чертеже изображать *перемещающиеся части* изделия в крайнем или промежуточном положении с соответствующими размерами?
41. Допускаются ли на сборочном чертеже с *упрощения*, соответствующие требованиям стандартов Единой системы конструкторской документации?
42. Какие элементы конструкции *допускается не показывать* на сборочных чертежах?
43. Как изображаются изделия из *прозрачного материала*?
44. Допускается ли на сборочных чертежах составные части изделий и их элементы, расположенные за *прозрачными предметами*, изображать как видимые?
45. Как изображаются изделия, расположенные за *винтовой пружиной*, изображенной лишь сечениями витков?
46. Назовите *способы упрощенного изображения* составных частей изделий на сборочных чертежах.
47. Как изображают на разрезах сборочных чертежей составные части изделия, на которые оформлены *самостоятельные сборочные чертежи*?
48. Как изображают на сборочных чертежах *типовые, покупные* и другие широко применяемые изделия?
49. Как изображают на сборочных чертежах *уплотнения* (манжеты)?
50. Как изображают на сборочных чертежах *одинаковые составные части* изделия?
51. Как изображают *сварное, паяное, клееное* и тому подобное изделие из однородного материала в сборе с другими изделиями в разрезах и сечениях?
52. Как *нумеруют позиции*, указанные в спецификации сборочной единицы?
53. Как *располагают номера позиций* на сборочном чертеже?
54. Какой *размер шрифта* применяют для номеров позиций?
55. Когда делают *общую линию-выноску* для указания номеров позиций?

4. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РЕЗЬБАХ И ИХ НАЗНАЧЕНИИ, РЕЗЬБОВЫХ ДЕТАЛЯХ И СОЕДИНЕНИЯХ

Краткое содержание:

- резьбы, их назначение, изображение и обозначение на чертеже:
 - а) основные параметры резьбы: шаг, ход, направление резьбы, число заходов, профиль резьбы;
 - б) общеупотребительные технические понятия о резьбе;
 - в) изображение резьбы на стержнях и в отверстиях и правило изображения резьбовых соединений деталей согласно ГОСТ 2.311-68 «Изображение резьбы»;
 - г) метрическая резьба – профиль, параметры и обозначение на чертеже согласно ГОСТ 8724-2002 «Резьба метрическая. Диаметры и шаги»;
 - д) резьба трубная цилиндрическая – профиль, параметры и обозначение на чертеже согласно ГОСТ 6357-81 «Резьба трубная цилиндрическая»;
 - е) резьба трубная коническая – профиль, параметры и обозначение на чертеже согласно ГОСТ 6211-81 «Резьба трубная коническая»;
 - ж) метрическая коническая резьба – профиль, параметры и обозначения на чертеже согласно ГОСТ 25229-82 «Резьба метрическая коническая»;
 - з) коническая дюймовая резьба – профиль, параметры и обозначения на чертеже согласно ГОСТ 6111-52 «Резьба коническая дюймовая с углом профиля 60°»;
 - и) трапецеидальная ходовая резьба – профиль, параметры и обозначение на чертеже согласно ГОСТ 24738-81 «Резьба трапецеидальная однозаходная. Диаметры и шаги» и ГОСТ 24739-81 «Резьба трапецеидальная многозаходная»;
 - к) упорная ходовая резьба – профиль, параметры и обозначение на чертеже согласно ГОСТ 10177-82 «Резьба упорная. Профили и основные размеры»;
 - л) прямоугольная нестандартная резьба – профиль и указание параметров на чертеже;
 - стандартные резьбовые крепежные изделия, изображение на чертеже резьбовых соединений:
 - а) соединение деталей болтом и характерный признак этого соединения на чертеже;
 - б) соединение деталей шпилькой и характерный признак этого соединения на чертеже;
 - в) соединение деталей винтами различных типов и характерный признак этих соединений на чертеже.

4.1. Геометрия образования резьб, их классификация по функциональному назначению, виды стандартных и нестандартных резьб, термины и определения

Резьба – винтовая поверхность (рис. 4.1) с постоянным *шагом*, геометрию образования которой можно представить как движение по цилиндрической или конической направляющей винтовой линии профиля определенной формы – треугольного (рис. 4.2), трапецеидального, прямоугольного, круглого.

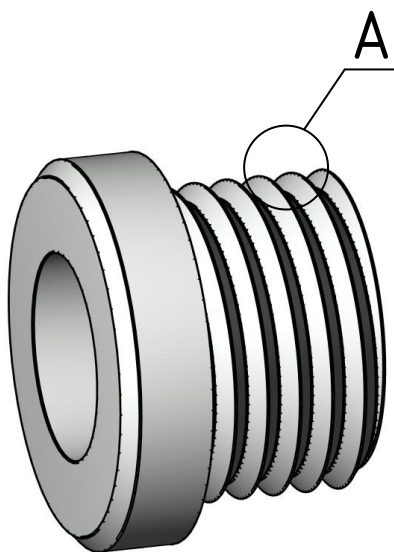


Рис. 4.1. Крепежная метрическая резьба с треугольным профилем (наружная)

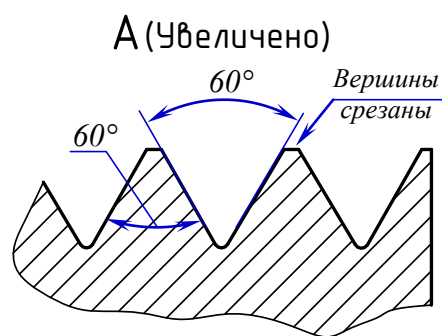


Рис. 4.2. Профиль крепежной метрической резьбы в поперечном сечении ее витков

Шаг резьбы – это расстояние между одноименными точками соседних профилей (рис. 4.3–4.4).

Выполненную снаружи цилиндра или конуса резьбу называют *наружной* (рис. 4.1), а выполненную в отверстии аналогичной формы – *внутренней*.

В зависимости от формы поверхности различают *цилиндрическую* и *коническую* резьбы.

В зависимости от направления винтовой поверхности различают *правую* (по часовой стрелке) и *левую* (против часовой стрелки) резьбы.

В зависимости от количества профилей, одновременно совершающих винтовое движение (*количество заходов*), различают *однозаходную*, *двухзаходную*, *трехзаходную* резьбы и т. д.

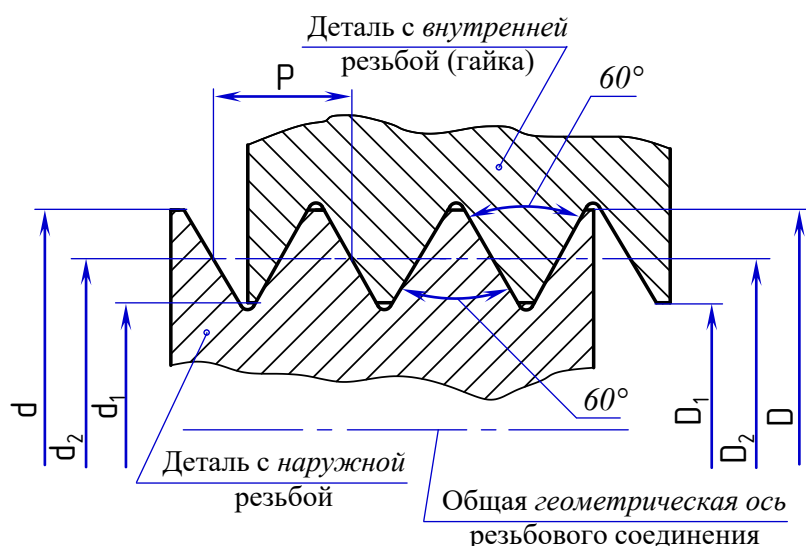


Рис. 4.3. Основной профиль *метрической* резьбы (изображено соединение витков резьбы в их поперечном сечении): d и D – номинальные наружные диаметры, соответственно, наружной и внутренней резьбы; d_1 и D_1 – номинальные внутренние диаметры этих резьб; d_2 и D_2 – их средние диаметры; P – шаг резьбы

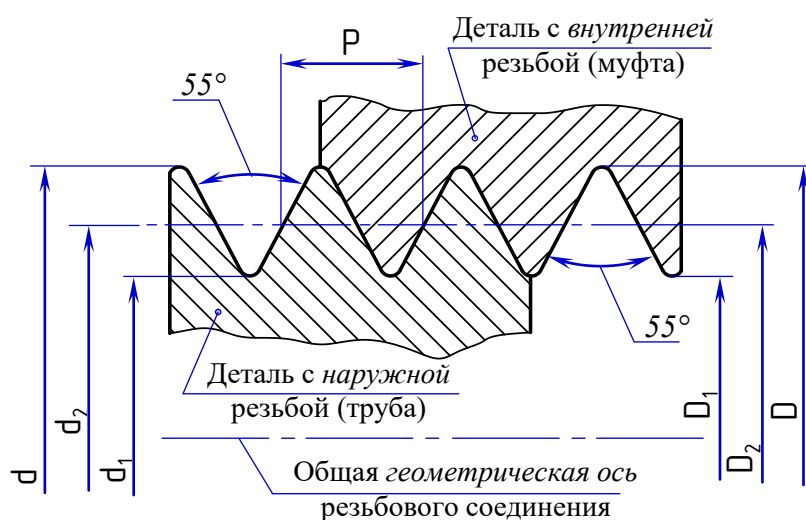


Рис. 4.4. Основной профиль *трубной* резьбы (изображено соединение витков резьбы в их поперечном сечении): d и D – номинальные наружные диаметры, соответственно, наружной и внутренней резьбы; d_1 и D_1 – номинальные внутренние диаметры этих резьб; d_2 и D_2 – их средние диаметры; P – шаг резьбы

По назначению резьбы классифицируют на *крепежные, крепежно-уплотнительные, ходовые, специальные* и др.

подавляющее большинство резьб являются *стандартными*, и их размеры задают по таблицам соответствующего стандарта.

Основным отличием различных типов резьб является, как указывалось, их стандартный профиль в поперечном сечении. Так, профиль метрической

резьбы устанавливает ГОСТ 9150-2002 «Резьба метрическая. Профиль». Он представляет собой треугольник с углом при вершине 60° . Для предотвращения залипания при сборке вершину треугольника срезают (рис. 4.2–4.3).

Это основной вид *крепежной* резьбы. Его использование для крепления деталей может быть двояким. Или резьба выполняется непосредственно на соединяемых деталях, которые затем свинчивают, или их соединение осуществляют посредством стандартных резьбовых изделий – болтов, винтов, шпилек, гаек – с использованием при этом, при необходимости, всякого рода других крепежных элементов – предохраняющих или стопорящих шайб, шплинтов, штифтов, проволоки.

Трубная резьба, выполняемая по ГОСТ 6357-81 «Резьба трубная цилиндрическая», применяется для соединения труб посредством фитингов (муфт, углов, тройников, штуцеров, заглушек, футорок и др.), а также для непосредственного присоединения трубопроводов к различным устройствам (кранам, вентилям и др.). При этом в соединениях трубными резьбами (рис. 4.4) для заполнения зазоров между витками и обеспечения необходимой герметичности используют уплотняющий материал: пеньку (льняные волокна-пряжи) с натуральной маслянистой пропиткой, например железным суриком или олифой на натуральной основе, асбестовый шнур, фторопластовую пленку и т. п. Трубную резьбу применяют также в соединениях с наружной конической резьбой, выполняемой по ГОСТ 6211-81 «Резьба трубная коническая». При этом цилиндрическую трубную резьбу выполняют внутренней, то есть в отверстии. Отличительной особенностью трубной резьбы является треугольный профиль с углом при вершине (впадине) 55° и со скругленными вершинами и впадинами (рис. 4.4).

Как правило, крепежные резьбы выполняют на цилиндрических стержнях и в цилиндрических отверстиях. В некоторых случаях, например для создания герметичных соединений без использования уплотняющих материалов, резьбу выполняют на стандартных конических стержнях и в таких же по форме отверстиях с конусностью 1:16 (угол при вершине конуса равен $3^\circ 34' 48''$) согласно указанному выше ГОСТ 6211-81 «Резьба трубная коническая», или ГОСТ 6111-52 «Резьба коническая дюймовая с углом профиля 60° », или ГОСТ 25229-82 «Резьба коническая метрическая».

Все эти резьбы – *трубная цилиндрическая, трубная коническая, коническая дюймовая и коническая метрическая* – применяются в связи с необходимостью придания крепежным соединениям, как указывалось, герметичности с применением или без применения специальных уплотняющих материалов для удержания под давлением внутри трубопроводов и других полостей воды, рабочей и смазывающей жидкости или жидкости другого назначения, а также пара, воздуха или другого газа.

К основным видам *ходовых* резьб относятся *трапецеидальная* и *упорная* резьбы (рис. 4.5), являющиеся стандартными, а также нестандартная *прямоугольная* резьба (рис. 4.6).

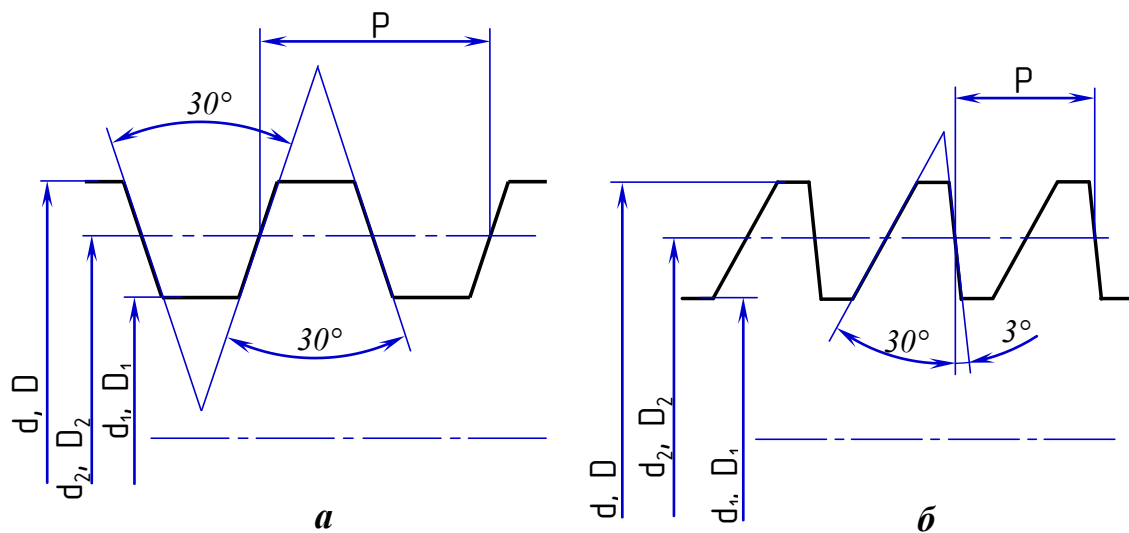


Рис. 4.5. Основной профиль *трапецидальной* (а) и *упорной* (б) резьб: d и D – номинальные наружные диаметры, соответственно, наружной и внутренней резьбы; d_1 и D_1 – номинальные внутренние диаметры этих резьб; d_2 и D_2 – их средние диаметры; P – шаг резьбы

Резьбу с профилем в виде равнобоочной трапеции с углом 30° между боковыми сторонами (симметричным) выполняем согласно ГОСТ 24738-81 «Резьба трапецидальная однозаходная. Диаметры и шаги», относится к *ходовым* (подвижным) резьбам. Она предназначена для линейного перемещения деталей в процессе преобразования вращения детали типа «Вал» в поступательное перемещение посаженной на него гайки, например, в станках. Такие детали, называемые *ходовыми винтами*, могут иметь диаметр от 8 до 640 мм.

Трапецидальная резьба может быть *однозаходной*, согласно указанному стандарту, и *многозаходной** (ГОСТ 24739-81 «Резьба трапецидальная многозаходная»). ГОСТ 9484-81 «Резьба трапецидальная. Профили» устанавливает профиль трапецидальных резьб (рис. 4.5, а).

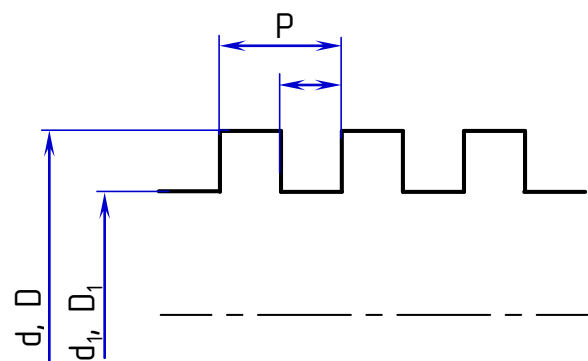


Рис. 4.6. Профиль *прямоугольной* резьбы: d и D – номинальные наружные диаметры, соответственно, наружной и внутренней резьбы; d_1 и D_1 – номинальные внутренние диаметры этих резьб; P – шаг резьбы

* Образование многозаходной резьбы можно представить как винтовое движение по поверхности цилиндра не одного, а нескольких трапецидальных профилей. В результате угол подъема такой винтовой поверхности возрастает в несколько раз, превышая угол трения контактирующих поверхностей деталей в таком резьбовом соединении. Благодаря этому эффект самоторможения в винтовой паре, при котором было невозможно преобразование поступательного движения во вращательное, исчезает. Винтовая пара приобретает свойство преобразовывать поступательное движение гайки во вращение винта, что применяется, например, в некоторых механических дрелях и шуруповертах.

Ходовую резьбу с профилем в виде неравнобочной трапеции с углом рабочей стороны 3° и нерабочей 30° (несимметричным) называют *упорной*. Она, как и трапецеидальная, может быть однозаходной и многозаходной. Ее выполняют на поверхностях диаметром от 10 до 600 мм (ГОСТ 10177-82 «Резьба упорная. Профили и основные размеры», рис. 4.5, б) для передачи больших усилий, действующих в одном направлении: в домкратах, прессах и т. п.

Прямоугольная ходовая резьба имеет прямоугольный (или квадратный, рис. 4.6) профиль. Этот профиль не стандартизован. Область применения прямоугольных ходовых резьб все больше сужается из-за сложности технологии изготовления, а также невозможности устранения зазоров в соединении, появляющихся по причине износа контактирующих поверхностей – она вытесняется трапецеидальной ходовой резьбой. В то же время прямоугольная ходовая резьба имеет право на дальнейшее существование благодаря высокому коэффициенту полезного действия винтовых передач на ее основе. Что касается конструктивных параметров, диаметры и шаги прямоугольной резьбы рекомендуется принимать по ряду диаметров и шагов трапецеидальных резьб.

4.2. Стандартные резьбовые крепежные изделия, особенности их применения

Соединения с использованием резьб позволяют обеспечивать и их разъемность – при необходимости детали могут быть разъединены без каких-либо разрушений самих соединяемых деталей и используемых для этого элементов. Это обеспечивает высокую ремонтпригодность сборных узлов и конструкций, и в этом основное преимущество резьбового вида соединений в отличие от других видов соединения деталей, осуществляемых, например, посредством заклепок, сварных и паяных швов, склеиванием, завальцовкой или развальцовкой деталей и др.

Применение резьбы для соединения деталей может иметь два исполнения – резьба выполняется непосредственно на соединяемых деталях или детали соединяют, используя стандартные резьбовые крепежные изделия. В первом случае конструкция отличается большей компактностью, надежностью, простотой (см. например, рис. 3.89–3.92, 3.206, 3.208). Но она трудоемка с технологической точки зрения. Может потребовать более сложного оборудования. Во втором случае, хотя и необходимо предусматривать, в ряде случаев, специальные дополнительные конструктивные элементы на соединяемых деталях, например, фланцы, приливы и т. п. (см, например, рис. 3.73, 3.83, 3.207), в целом реализовать такое соединение проще и дешевле в производстве благодаря использованию более простого технологического оборудования. На самих деталях при этом не потребуются нарезать резьбу, что технологически было бы сложнее, а можно применить готовые стандартные резьбовые изделия (покупные – винты, болты шпильки, гайки).

На рис. 4.7–4.21 приведен внешний вид различных стандартных резьбовых изделий как порознь, так и их применение в соединениях.

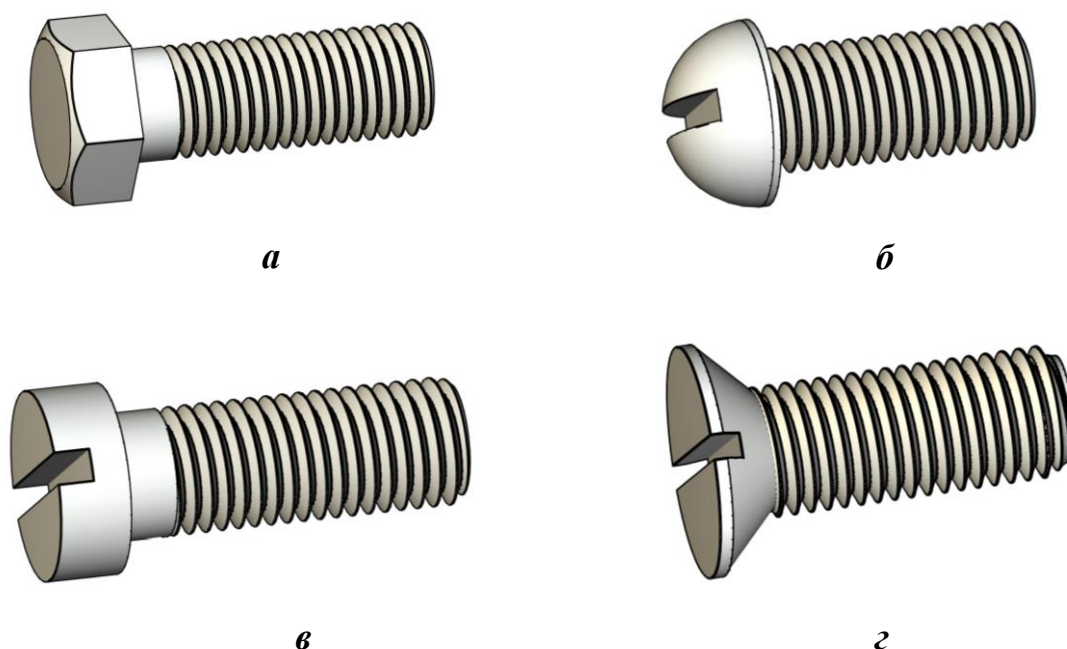


Рис. 4.7. Стандартные резьбовые изделия – винты:
а – с шестигранной головкой по ГОСТ 7798-70; *б* – с полукруглой головкой по ГОСТ 17473-80; *в* – с цилиндрической головкой по ГОСТ 1491-80; *г* – с потайной головкой по ГОСТ 17475-80

На рис. 4.7 приведены четыре вида стандартных винтов, отличающихся только формой головки. Вид и размеры каждой из них соответствуют определенному стандарту. Функционально винты предназначены для крепления одной детали (или нескольких деталей) к другой детали посредством ввинчивания его в предусмотренное в этой второй детали ответное резьбовое отверстие (без использования гайки). Через присоединяемые детали винт должен проходить, как правило, свободно. В присоединяемой детали выполняется под ту или иную головку винта соответствующей формы углубление – путем цекования или зенкования (рис. 4.8–4.15).

Для того чтобы винт можно было ввинтить и затянуть с определенным усилием, на его головке выполняется плоский, крестообразный или звездчатый шлиц под отвертку, внутренний или внешний шестигранник или квадрат или нечто иное под соответствующий инструмент.

Как правило, под головку винта подкладывают ту или иную шайбу (помимо потайной головки конической формы) в зависимости от того, что необходимо обеспечить – фиксирование от самоотвинчивания (пружинная шайба, рис. 4.11 и 4.13) или защиту от повреждения присоединяемой детали при затягивании винта его головкой – истирания, вмятия, контактного разрушения (плоская шайба большей площади, рис. 4.9).

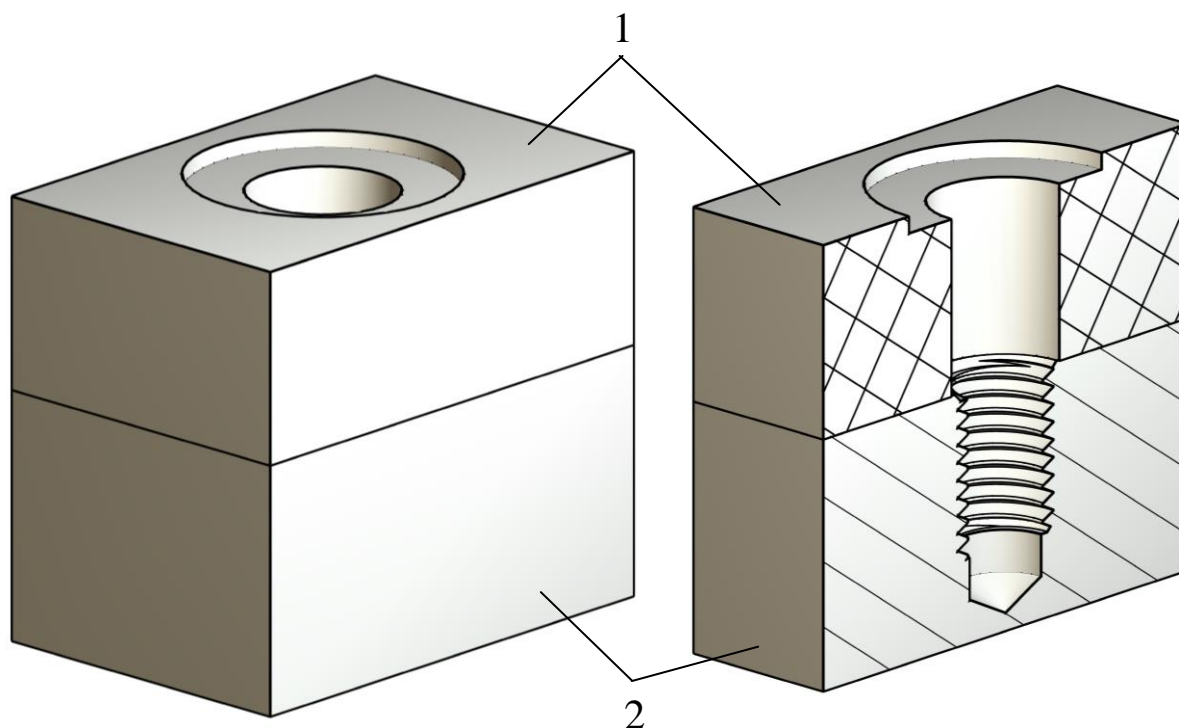


Рис. 4.8. Детали, соединяемые посредством стандартных крепежных изделий (справа изображение выполнено условно в разрезе): 1 – присоединяемая деталь с отверстием под винт и посадочным углублением (цековкой) под шайбу; 2 – деталь с резьбовым отверстием

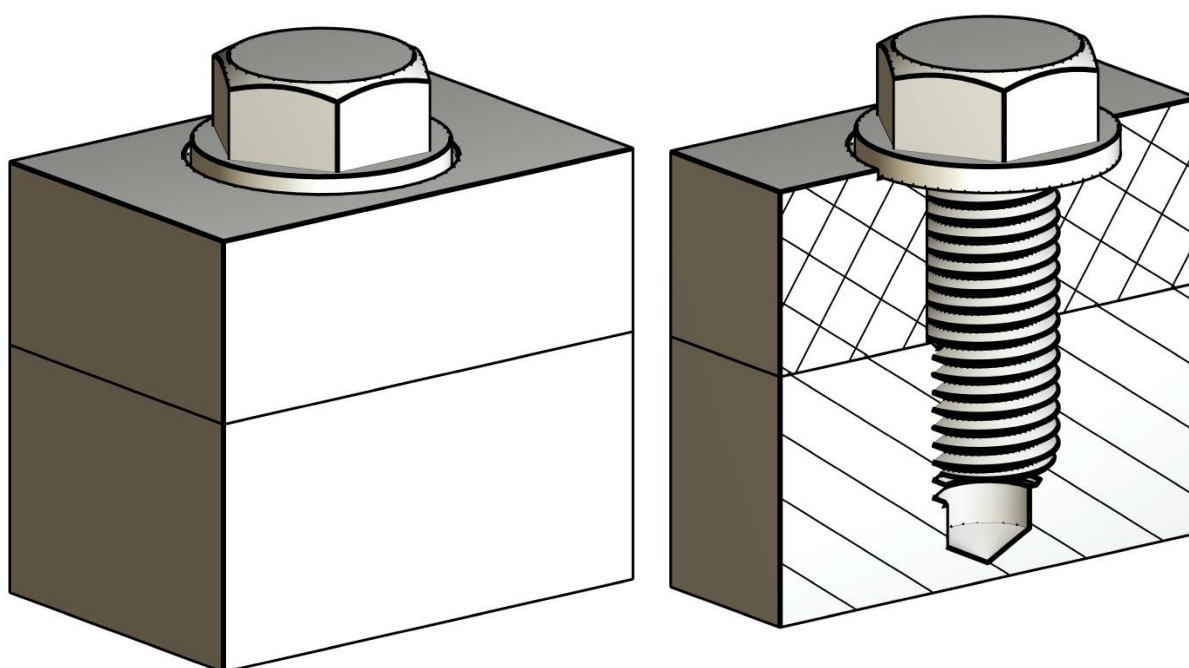


Рис. 4.9. Соединение деталей стандартными крепежными изделиями – винтом с шестигранной головкой (ГОСТ 7798-70) и круглой шайбой (ГОСТ 11371-78), предотвращающей повреждение верхней прикрепляемой неметаллической детали головкой винта (справа изображение выполнено условно в разрезе)

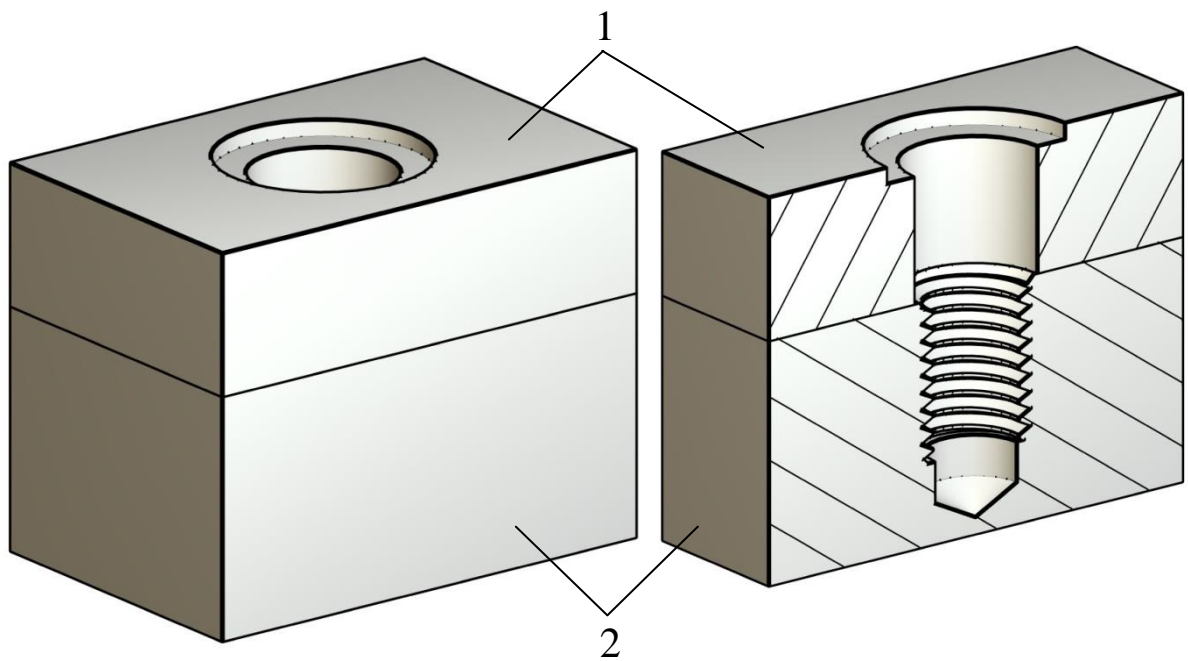


Рис. 4.10. Детали, соединяемые посредством стандартных крепежных изделий (справа изображение выполнено условно в разрезе): 1 – присоединяемая деталь с отверстием под винт и посадочным углублением (цековкой) под шайбу; 2 – деталь с резьбовым отверстием

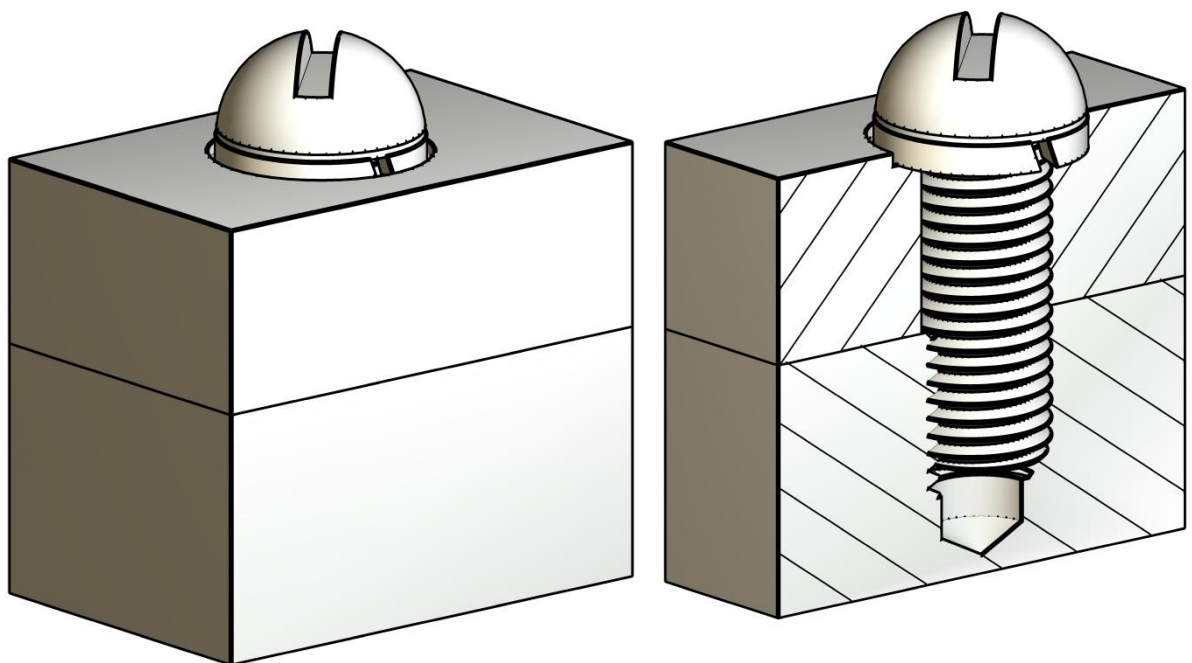


Рис. 4.11. Соединение деталей стандартными крепежными изделиями – винтом с полукруглой головкой (ГОСТ 17473-80) и пружинной шайбой (ГОСТ 6402-70), удерживающей винт от самопроизвольного вывинчивания (справа изображение выполнено условно в разрезе)

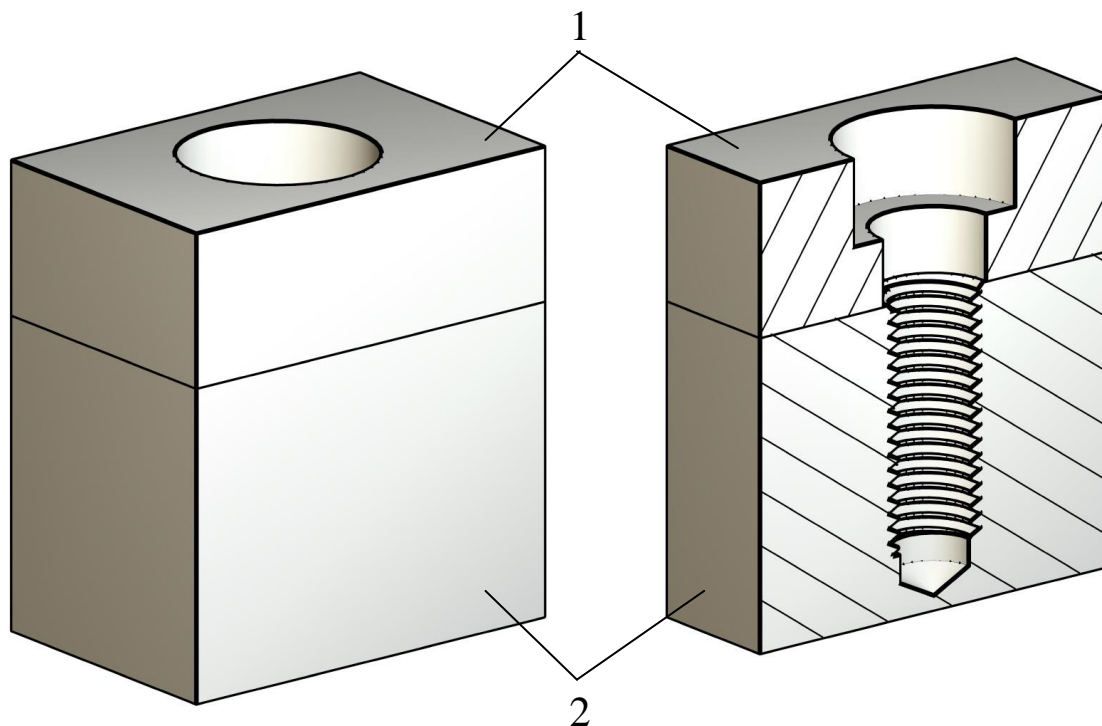


Рис. 4.12. Детали, соединяемые посредством стандартных крепежных изделий (справа изображение выполнено условно в разрезе): 1 – присоединяемая деталь со ступенчатым отверстием под головку винта и шайбу;
2 – деталь с резьбовым отверстием

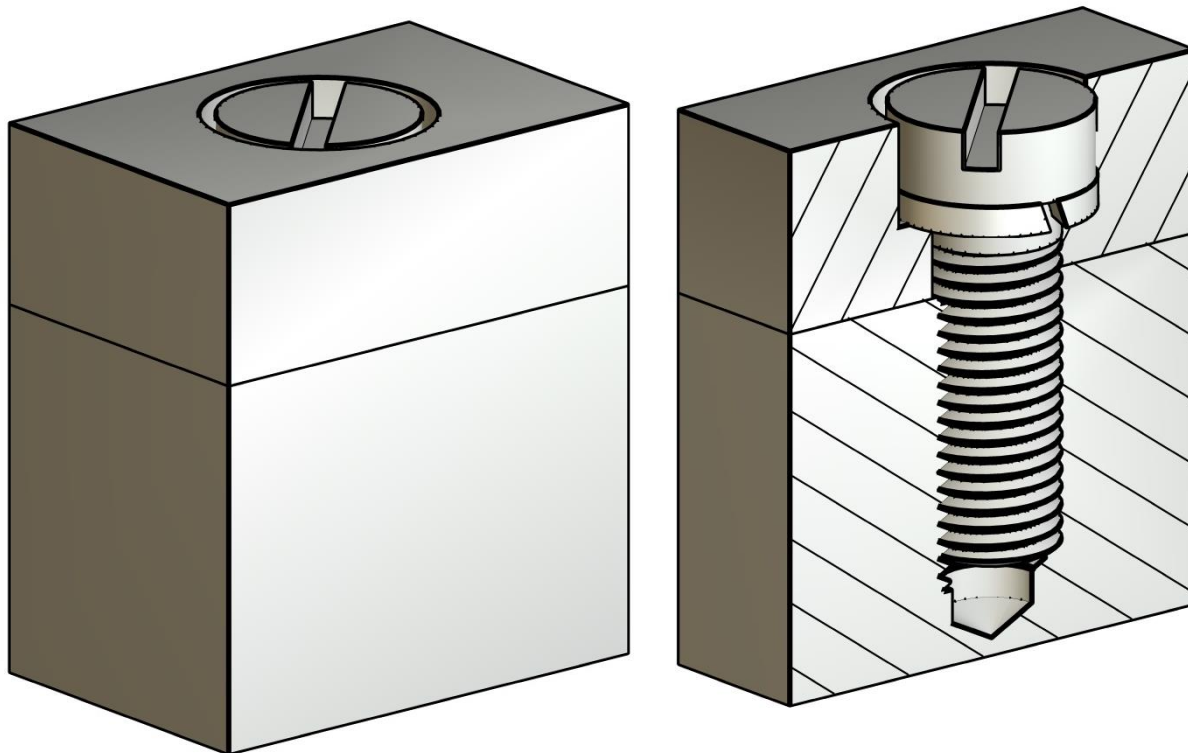


Рис. 4.13. Соединение деталей стандартными крепежными изделиями – винтом с цилиндрической головкой (ГОСТ 1491-80) и пружинной шайбой (ГОСТ 6402-70), удерживающей винт от самопроизвольного вывинчивания (справа изображение выполнено условно в разрезе)

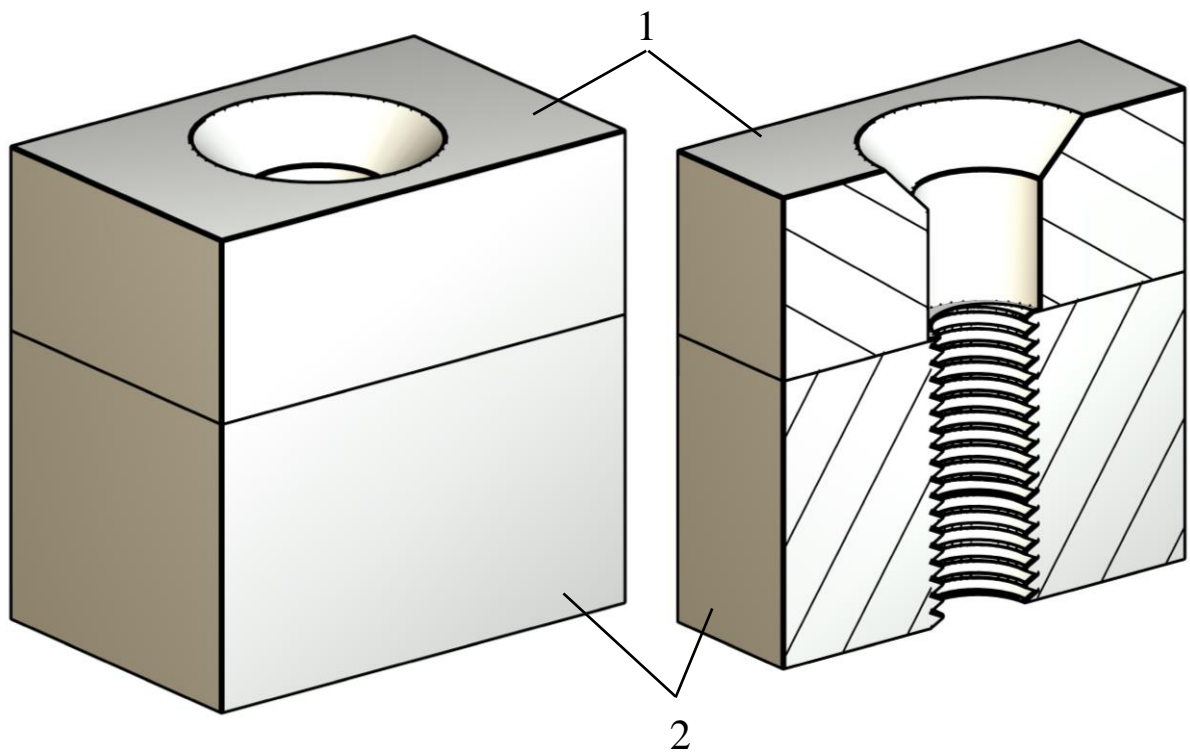


Рис. 4.14. Детали, соединяемые посредством стандартного крепежного изделия – винта (справа изображение выполнено условно в разрезе): 1 – присоединяемая деталь с отверстием под винт и посадочным углублением (зенковкой) под головку винта; 2 – деталь с резьбовым отверстием

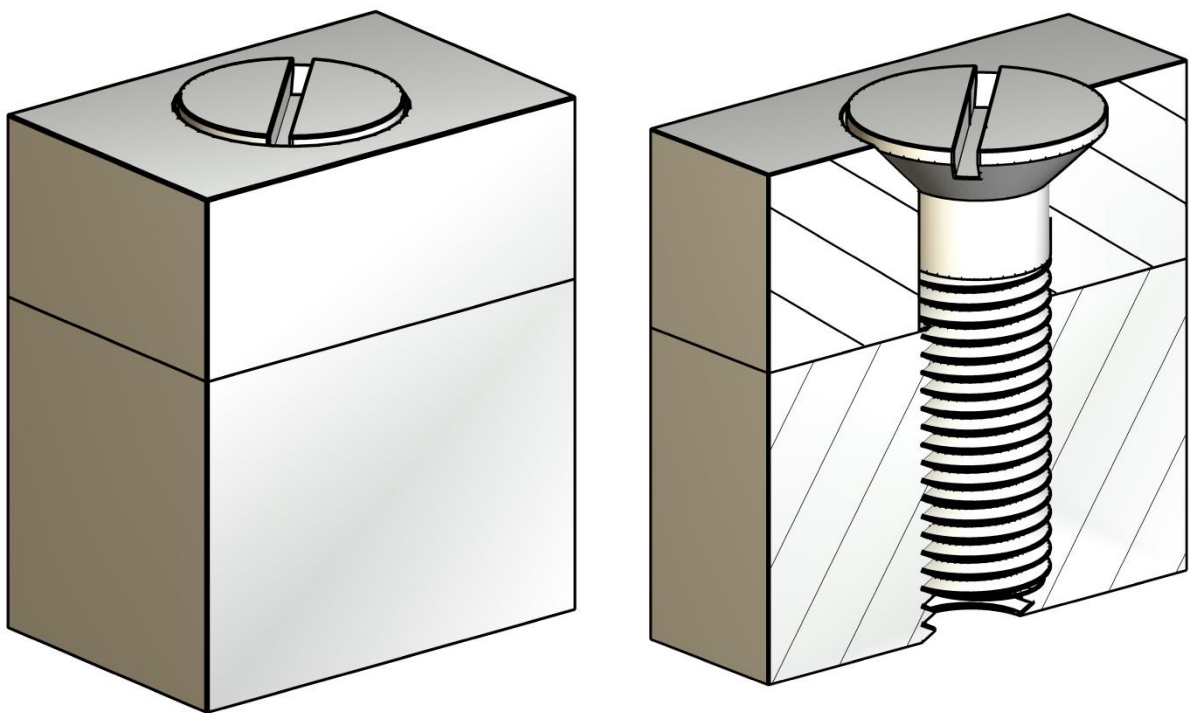


Рис. 4.15. Соединение деталей стандартным крепежным изделием – винтом с потайной головкой по ГОСТ 17475-80 (справа изображение выполнено условно в разрезе)

На рис. 4.16 и 4.17 приведены стандартные резьбовые изделия, позволяющие осуществить соединение деталей вкупе с использованием гаек.

На рис. 4.16 показан внешний вид резьбовых изделий, называемых шпильками. Шпилька – это цилиндрический стержень с резьбой на обоих концах, называемых ввинчиваемым (короткий конец) и гаечным (как правило, более длинный конец). Особенностью применения шпилек является следующее. Шпилька ввинчивается в резьбовое отверстие, выполненное в одной из соединяемых деталей, на всю длину ее резьбы и затягивается специальным эксцентриковым ключом. Этот конец шпильки называется, как указывалось, ввинчиваемым. Длина резьбы на нем определяется прочностью материала той детали, в которой выполнено резьбовое отверстие и регламентируется тремя стандартами от значения, равного диаметру наружной резьбы шпильки (сталь, или 1,25 диаметра – латунь бронза) до значения, равного 2 или 2,5 диаметра (легкие сплавы – на основе алюминия или магния). Промежуточное значение соответствует 1,6 диаметра (серый и ковкий чугуны). Длина шпильки, выступающая из детали, определяется толщиной присоединяемой детали, а также высотой гайки (рис. 4.18) и толщиной подкладываемой под нее шайбы (рис. 4.19), а также с учетом некоторого запаса, равного, как минимум, трем шагам резьбы (рис. 4.20).

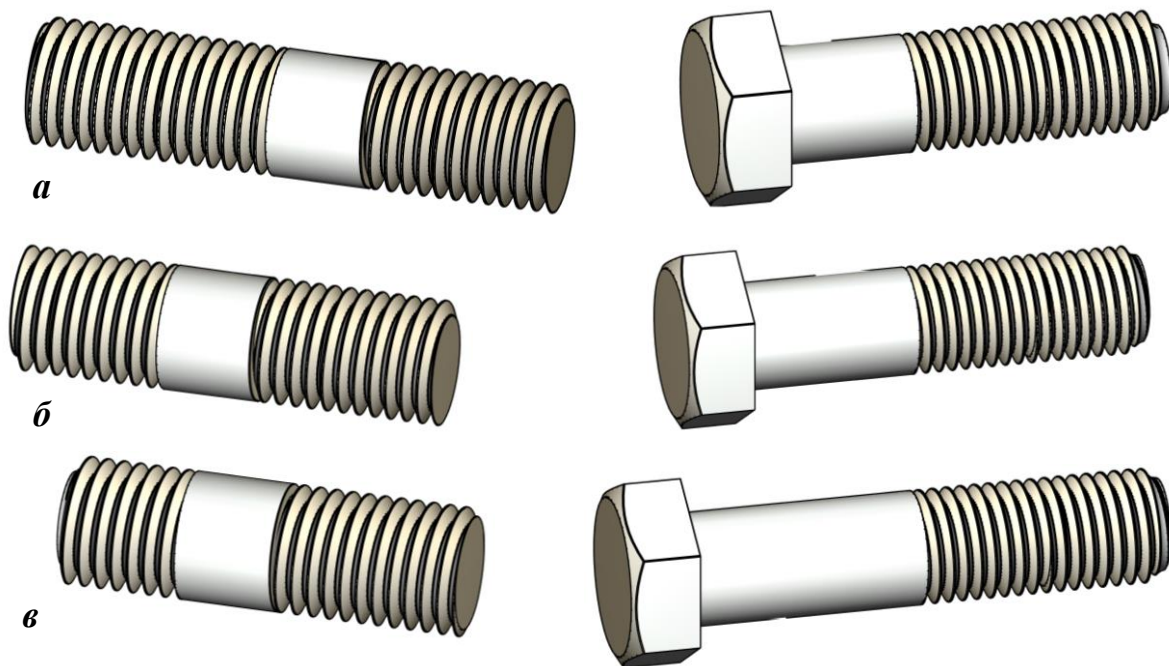


Рис. 4.16. Стандартные шпильки с ввинчиваемым концом:
а – по ГОСТ 22038-76;
б – по ГОСТ 22034-76;
в – по ГОСТ 22032-76

Рис. 4.17. Стандартные резьбовые изделия – болты разной длины с шестигранной головкой по ГОСТ 7798-70

На рис. 4.17 показан внешний вид резьбового изделия – болт. Болт – это цилиндрический стержень с резьбой на одном конце и шестигранной

головкой, как правило, на втором ее конце. Болт свободно пропускают через соосно расположенные отверстия, выполненные в соединяемых деталях, надевают шайбу и навинчивают гайку (рис. 4.21). Это самый простой вид соединения деталей, так как не требуется выполнять резьбовое отверстие ни в одной из соединяемых деталей – достаточно выполнить в них отверстия.

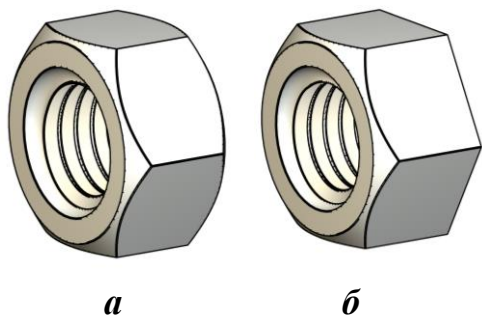


Рис. 4.18. Стандартные шестигранные гайки по ГОСТ 5915-70:
a – исполнение 1; *б* – исполнение 2

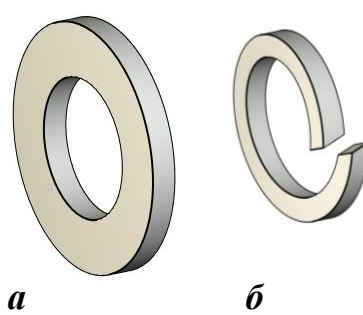


Рис. 4.19. Стандартные шайбы:
a – круглая по ГОСТ 11371-78;
б – пружинная по ГОСТ 6402-70

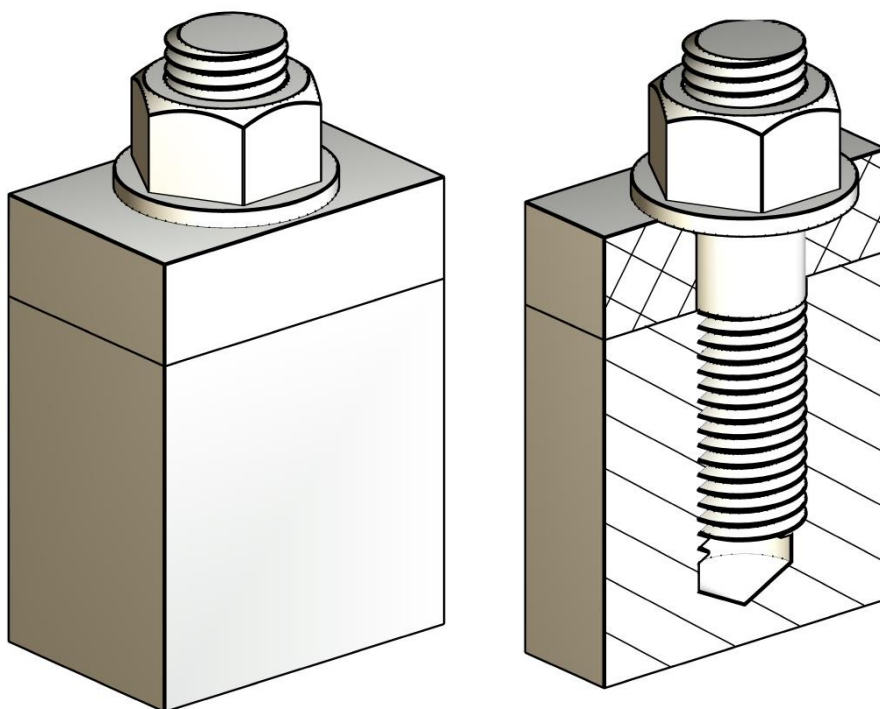


Рис. 4.20. Соединение деталей стандартными крепежными изделиями – шпилькой (ГОСТ 22038-76), шестигранной гайкой (ГОСТ 5915-70, исполнение 2) и круглой шайбой (ГОСТ 11371-78), предотвращающей повреждение гайкой верхней прикрепляемой неметаллической детали (справа изображение выполнено условно в разрезе)

Помимо рассмотренных, стандартами предусмотрен целый ряд других резьбовых крепежных изделий – установочных и стопорных винтов, корончатых, прорезных, круглых шлицевых, колпачковых и барашковых гаек и др.

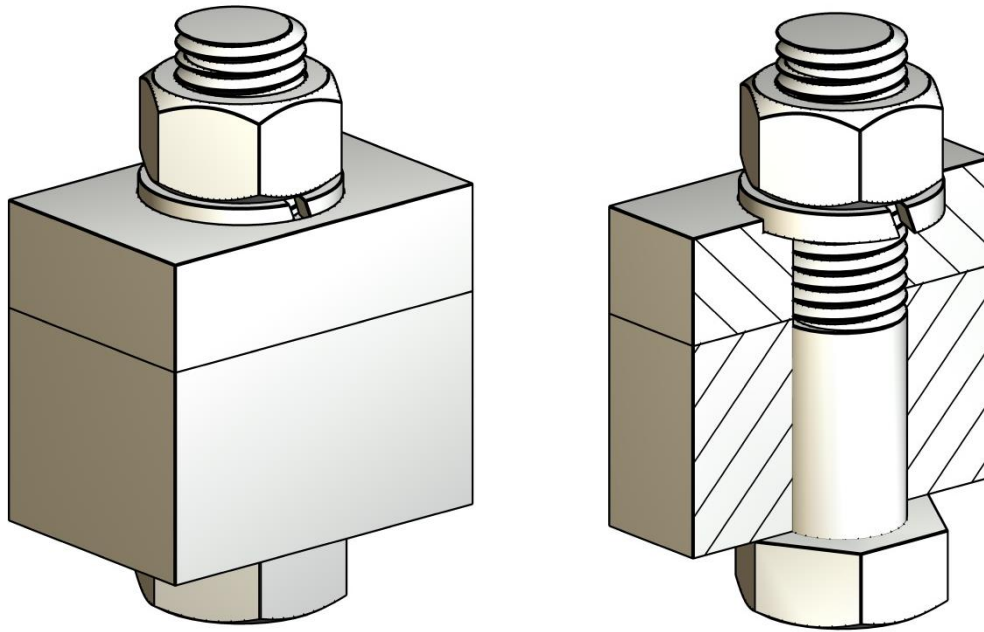


Рис. 4.21. Соединение деталей стандартными крепежными изделиями – болтом с шестигранной головкой (ГОСТ 7798-70), шестигранной гайкой (ГОСТ 5915-70, исполнение 1) и пружинной шайбой (ГОСТ 6402-70), удерживающей гайку от самопроизвольного отвинчивания (справа изображение выполнено условно в разрезе)

4.3. Изображение резьбы, применяемые условности и упрощения

Резьба, как было рассмотрено выше, применяется преимущественно в двух случаях: для крепления деталей (*крепежная*) и в качестве ходовой. Ходовая резьба предназначена для относительного перемещения сопрягаемых с ее помощью деталей и преобразования при этом одного вида движения в другой: преобразования вращения в линейное перемещение и наоборот – преобразование линейного перемещения во вращение. Что касается крепежной резьбы, она может также совмещать и функцию уплотнения соединения (*крепежно-уплотнительная резьба*). Такое различное функциональное назначение резьб обуславливает и различные ее профили в поперечном сечении в каждом указанном случае (рис. 4.2–4.6).

Но каким бы ни был профиль резьбы, является он стандартным или нестандартным, она изображается, согласно ГОСТ 2.311-68 «Изображение резьбы», всегда одинаково – условно сплошными тонкими линиями, располагаемыми друг от друга на расстоянии, равном на стержне ее внутреннему диаметру (рис. 4.22, *а*); в отверстии – ее наружному диаметру (рис. 4.22, *б*). При этом эти тонкие линии должны находиться на расстоянии не менее 0,8 мм от основной линии, но не далее от нее, чем размер шага резьбы P (рис. 4.23).

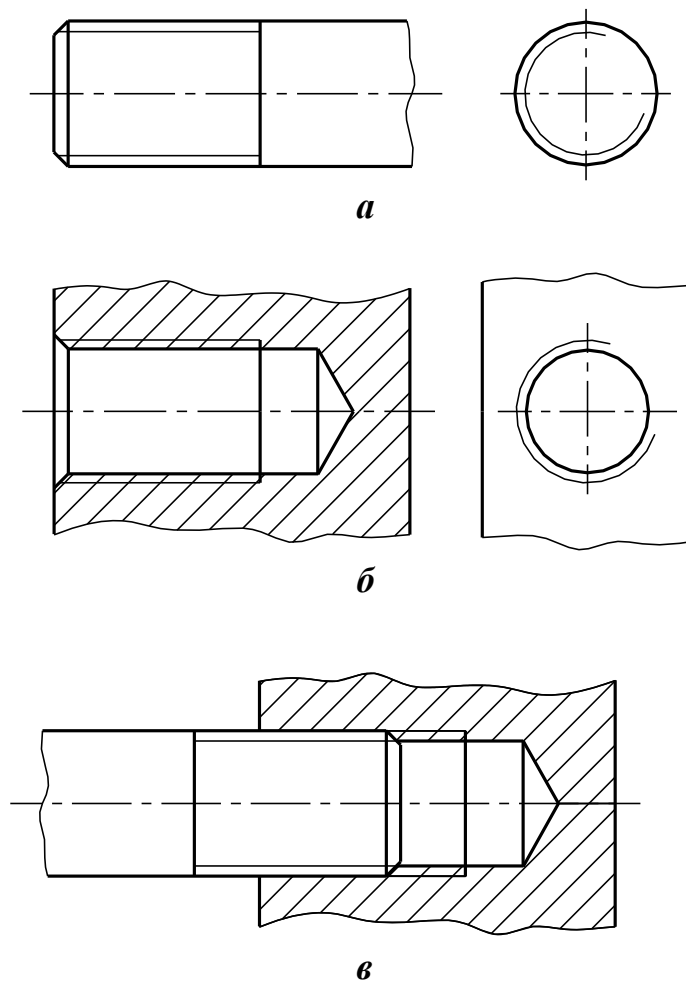


Рис. 4.22. Условности и упрощения
в изображении резьбы:
a – на стержне; *б* – в отверстии; *в* – в сборе

Границу резьбы изображают упрощенно: толстой основной линией, перпендикулярной к оси резьбовой поверхности, показывают, где заканчивается полный ее профиль (без вынужденного технологического сбега), проводя эту линию до линии наружного диаметра. У наружной резьбы, следовательно, – до толстой линии (рис. 4.22, *a* и рис. 4.23, *a*), а у внутренней – до тонкой линии (рис. 4.22, *б* и рис. 4.23, *б*). Штриховку на разрезах и сечениях наносят до сплошных основных линий, соответствующих внутреннему диаметру резьбы в отверстии (рис. 4.22, *б* и *в*). Стержень при этом показывают нерассеченным (рис. 4.22, *в* и рис. 4.23, *в*). В соединении резьбу изображают, как показано на рис. 4.22, *в*. При этом толстые линии, соответствующие наружному диаметру резьбы на стержне, перекрывают тонкие линии, соответствующие наружному диаметру резьбы в отверстии, на глубину ввинчивания (рис. 4.23, *в*).

Недорез резьбы в глухом отверстии всегда имеет место, так как до конца выполнить в нем резьбу не представляется возможным технически (рис. 4.22, *б*). Величина недореза – расстояние от границы полного профиля резьбы до конца цилиндрической части отверстия – составляет от 0,25

до 0,5 наружного диаметра резьбы (рис. 4.23, б). Завершается глухое отверстие конусом, изображаемым условно всегда в 120° при вершине (рис. 4.23, б). В действительности этот угол при выполнении отверстия зависит от угла резания различных материалов: сталь, чугун, твердая бронза – $116\dots118^\circ$; стальные паковки и закаленная сталь – 125° ; латунь и мягкая бронза – $130\dots140^\circ$; мягкая медь – 125° ; магниевые сплавы – $110\dots120^\circ$; алюминий и баббит – $130\dots140^\circ$.

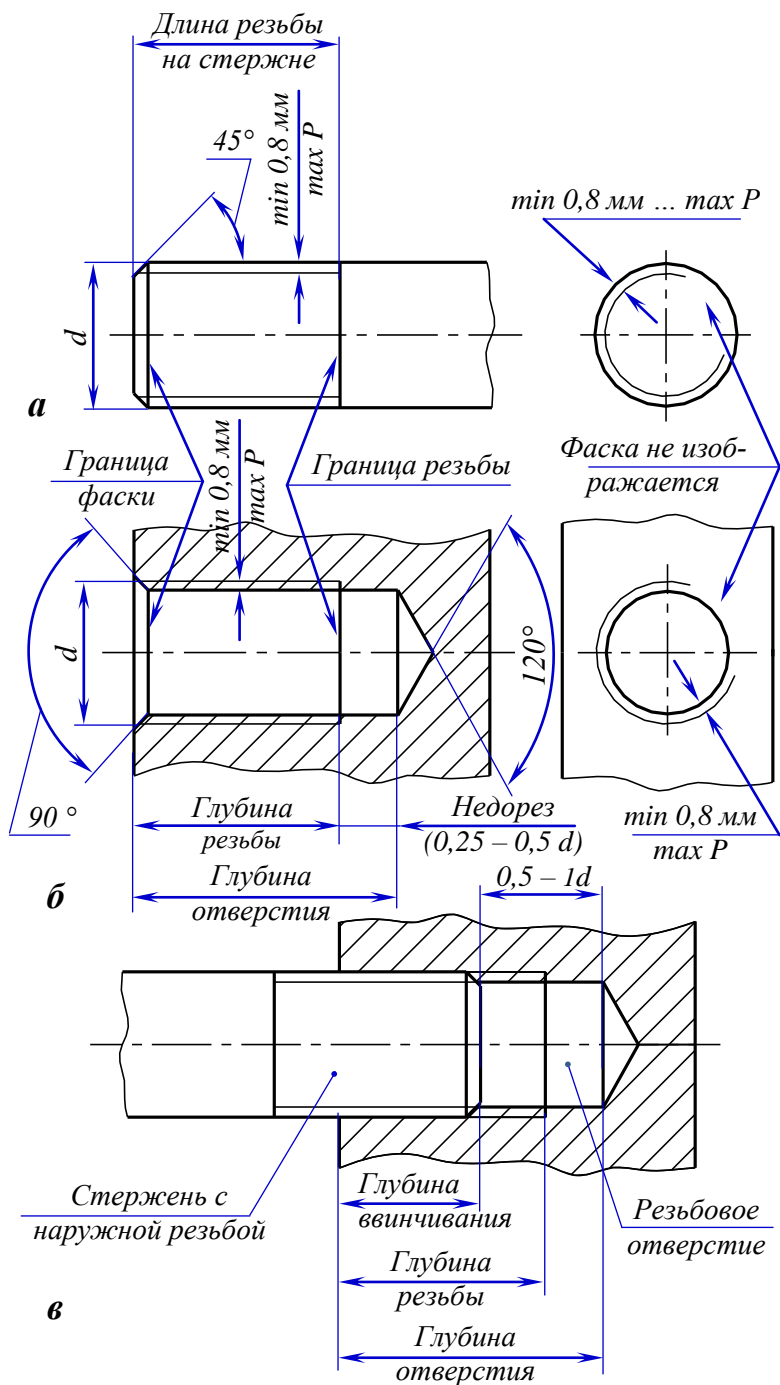


Рис. 4.23. Параметры условного изображения резьбы:
а – на стержне; **б** – в отверстии; **в** – в сборе;
 d – наружный диаметр резьбы; P – шаг резьбы

В начале резьбы на стержне и на входе резьбы в отверстие выполняются фаски для улучшения входа внутренней детали (стержня) во внешнюю. Фаски выполняются под углом 45° (рис. 4.23, *a* и *б*). Высота конуса фаски зависит от шага резьбы в соответствии с ГОСТ 10549-80 «Выход резьбы. Сбеги, недорезы, проточки и фаски».

При осевом изображении резьбы фаска условно не изображается, а окружности, соответствующие внутреннему диаметру резьбы на стержне и наружному диаметру резьбы в отверстии, выполняются тонкой сплошной линией длиной в $3/4$ окружности. Разрыв в $1/4$ окружности при этом изображается в любом месте и не должен заканчиваться на центровых линиях (рис. 4.22, *a* и *б*, рис. 4.23, *a* и *б*).

4.4. Обозначения и параметры стандартных и нестандартных резьб

Так как все виды резьб изображаются условно одинаково: тонкими линиями вместо изображения того или иного профиля, то для того, чтобы различать один тип резьбы от другого, используют буквенные обозначения: **M** – метрическая, **G** – трубная цилиндрическая, **R** – трубная наружная коническая, **Rc** – трубная внутренняя коническая, **K** – коническая дюймовая, **MK** – метрическая коническая, **Tg** – трапецеидальная, **S** – упорная и др.

Параметры всех стандартных резьб устанавливает тот или иной стандарт. При определении размеров резьбы исходят из ее номинального наружного диаметра и шага. Оба параметра указывают в миллиметрах вслед за буквенным обозначением типа резьбы. Исключение составляют трубные цилиндрические и конические резьбы, у которых за буквенным обозначением указывают в дюймах диаметр проходного сечения присоединяемой трубы. Шаг резьбы указывают только тогда, когда это резьба с мелким шагом. Крупный шаг подразумевается по умолчанию. Это же касается и направления резьбы. Если она правая – самая распространенная – это понимается по умолчанию. Если левая резьба, то ее обозначают латинскими буквами **LH** вслед за размерными параметрами.

4.4.1. Стандартная крепежная резьба

Согласно ГОСТ 9150-2002 «Резьба метрическая. Профиль», эта резьба является основным видом *крепежной* резьбы, которую выполняют или непосредственно на соединяемых деталях, или на стандартных изделиях: болтах, винтах, шпильках, гайках. Отличительной особенностью метрической резьбы является треугольный профиль с углом при вершине (впадине) 60° , как указывалось выше в пункте 4.1.

Ее размеры в миллиметрах устанавливает ГОСТ 24705-2004 «Резьба метрическая. Основные размеры». Резьба выполняется с *крупным и мелким шагом*, причем мелкий шаг может быть разным для одного и того же диа-

метра, а крупный имеет только одно значение, согласно ГОСТ 8724-2002 «Резьба метрическая. Диаметры и шаги». Как отмечалось ранее, крупный шаг в условном обозначении резьбы не указывают, равно как и правое направление ее витков (принимаются по умолчанию).

Согласно ГОСТ 8724-2002 «Резьба метрическая. Диаметры и шаги», метрические резьбы выполняются с крупным и мелким шагом на поверхностях диаметром от 1 до 68 мм. Свыше 68 мм резьба имеет только мелкий шаг, причем мелкий шаг резьбы может быть разным для одного и того же диаметра, а крупный имеет только одно значение. Например, для резьбы диаметром 10 мм крупный шаг резьбы равен 1,5 мм, мелкий – 1,25; 1; 0,75; 0,5 мм.

Обозначение крепежной метрической резьбы, приведенное на рис. 4.24, следует понимать так: **M20×2** – резьба метрическая, номинальный диаметр 20 мм, шаг мелкий 2 мм, правая (по часовой стрелке). Другие примеры условных обозначений метрических резьб: **M24** – резьба метрическая, номинальный диаметр 24 мм, шаг крупный, правая; **M24×2-LH** – резьба метрическая, номинальный диаметр 24 мм, шаг мелкий 2 мм, левая. На рис. 4.25 приведен чертеж детали цилиндрической ступенчатой формы (ее трехмерное изображение – на рис. 4.1), на меньшей ступени которой выполнена метрическая резьба **M42×3-LH**. Указанные обозначения и размеры этой резьбы следует понимать так: резьба метрическая с номинальным диаметром 42 мм, с мелким шагом 3 мм, левая (против часовой стрелки).

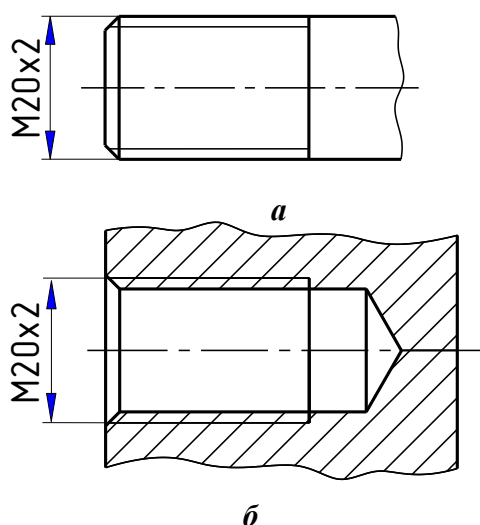


Рис. 4.24. Обозначение метрической резьбы, нанесение ее размера:
a – на стержне; **б** – в отверстии

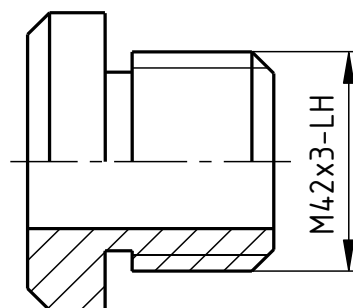


Рис. 4.25. Указание размеров метрической резьбы на чертеже детали

4.4.2. Стандартные крепежно-уплотнительные резьбы

К этому виду резьб относятся: *трубная цилиндрическая, трубная коническая, коническая дюймовая, метрическая коническая*. Некоторые из них, относясь к разным типам, могут применяться в сочетании с целью обеспечения герметичности соединения. Это, наряду с крепежной функцией, является

основным назначением рассматриваемого вида резьб. При этом если одна или обе резьбы конические, то герметичность соединения обеспечивается даже без применения уплотнительных материалов, в отличие от соединений, осуществляемых на основе цилиндрических резьб. Герметичность обеспечивается исключительно за счет геометрии сопрягаемых поверхностей этих резьбовых деталей – их конусности.

Трубная цилиндрическая резьба, выполняемая по ГОСТ 6357-81 «Резьба трубная цилиндрическая», имеет такую отличительную особенность, что ее треугольный профиль с углом при вершине (впадине) 55° выполняется со скругленными вершинами и впадинами (см. раздел 4.1, рис. 4.4).

Примеры условных обозначений трубной цилиндрической резьбы на чертежах следует понимать следующим образом: **G1/2-A** – резьба трубная цилиндрическая с диаметром проходного сечения трубы $1/2$ дюйма (внутреннего сечения трубы на просвет), правая, класс точности – **A**; **G3/4LH-B** – резьба трубная цилиндрическая с диаметром проходного сечения трубы $3/4$ дюйма, левая, класс точности – **B**.

Таким образом, размер резьбы, выполняемой снаружи трубы, или внутри навинчиваемого на нее фитинга, или в отверстии, выбирается по стандарту из таблиц ГОСТ 6357-81 «Резьба трубная цилиндрическая», исходя из размера отверстия в трубе для прохода жидкости. Поскольку это обозначение не связано с заданием наружного диаметра трубной резьбы, как у других типов резьб, его приводят на полке линии-выноски, заканчивающейся стрелкой к основной толстой линии снаружи на изображении трубы (рис. 4.26, *а*) или к основной толстой линии в резьбовом отверстии (рис. 4.26, *б*).

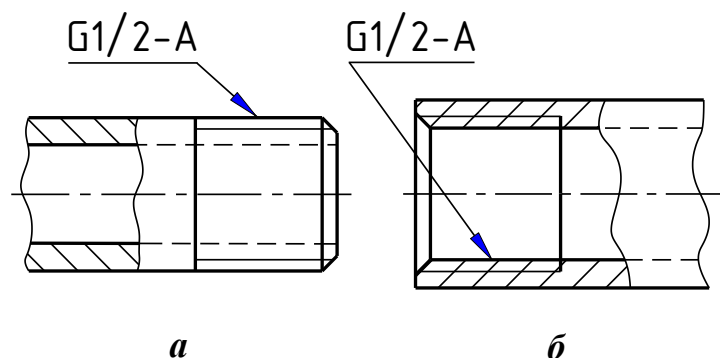


Рис. 4.26. Обозначение трубной цилиндрической резьбы, нанесение ее размера:

а – наружной; *б* – внутренней (в обоих случаях в обозначении резьбы свинчиваемых деталей в дюймах указывается диаметр проходного отверстия в трубе, на которой выполнена наружная резьба, то есть изображенной слева)

Трубная цилиндрическая резьба применяется не только в соединениях с аналогичной резьбой, но также в соединениях с наружной *трубной конической* резьбой, выполняемой по ГОСТ 6211-81 «Резьба трубная коническая» (в этом случае трубную цилиндрическую резьбу выполняют *только*

внутренней, т. е. в отверстии). Соединение правой внутренней трубной цилиндрической резьбы с наружной трубной конической резьбой обозначают как $G/R3/4-A$.

Все конические резьбы выполняют на деталях со стандартной конической поверхностью – стержнях и в отверстиях – с конусностью в обоих случаях 1:16 (угол при вершине конуса равен $3^{\circ}34'48''$) согласно ГОСТ 6211-81 «Резьба трубная коническая», или ГОСТ 6111-52 «Резьба коническая дюймовая с углом профиля 60° », или ГОСТ 25229-82 «Резьба коническая метрическая».

Герметичность всех соединений с применением конических резьб будет иметь место тогда, когда при свинчивании совпадут их *основные плоскости* (рис. 4.27). Основной плоскостью конической резьбы называется плоскость, перпендикулярная к оси резьбы, в которой задаются номинальные размеры диаметров резьбы. Положение основной плоскости устанавливается соответствующим стандартом на ту или иную коническую резьбу в зависимости от номинальных размеров резьбы.

Примеры условных обозначений *трубной конической* резьбы на чертежах следует понимать следующим образом: $R3/4$ – резьба наружная трубная коническая $3/4$ дюйма, правая; $R_c3/4$ – резьба внутренняя трубная коническая $3/4$ дюйма, правая (рис. 4.27); $R_p3/4$ – резьба внутренняя трубная цилиндрическая $3/4$ дюйма, правая; $R_p3/4 LH$ – резьба внутренняя трубная цилиндрическая $3/4$ дюйма, левая. Соединение двух правых трубных конических резьб обозначают дробью $R_c/R 3/4$, а соединение двух правых внутренней трубной цилиндрической и наружной трубной конической резьб – $R_p/R 3/4$. Соединение двух левых внутренней трубной цилиндрической резьбы класса точности **A** по ГОСТ 6357 и наружной трубной конической резьбы имеет обозначение $G/R 3/4 LH-A$.

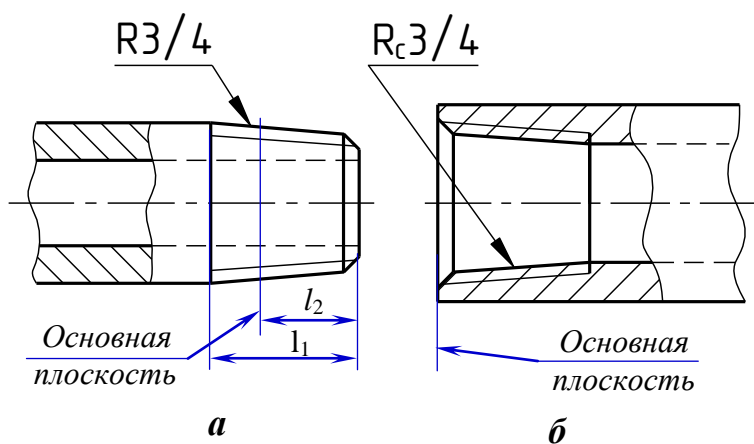


Рис. 4.27. Обозначение трубной конической резьбы:
a – наружной; **б** – внутренней;
 l_1 – рабочая длина резьбы; l_2 – длина наружной резьбы от торца до основной плоскости

В обозначении *конической дюймовой* резьбы кроме ее основного параметра указывают и *единицу измерения* этого параметра – *дюйм*, а также номер стандарта, например: **К3/4" ГОСТ 6111-52** – резьба коническая дюймовая **3/4** дюйма, правая (в дюймах указывают диаметр отверстия в присоединяемой трубе, рис. 4.28). При свинчивании без натяга трубы (детали с наружной конической дюймовой резьбой) и муфты (детали с внутренней конической резьбой) основная плоскость резьбы трубы, указываемая в стандарте в зависимости от номинальных размеров резьбы, совпадает с торцом муфты.

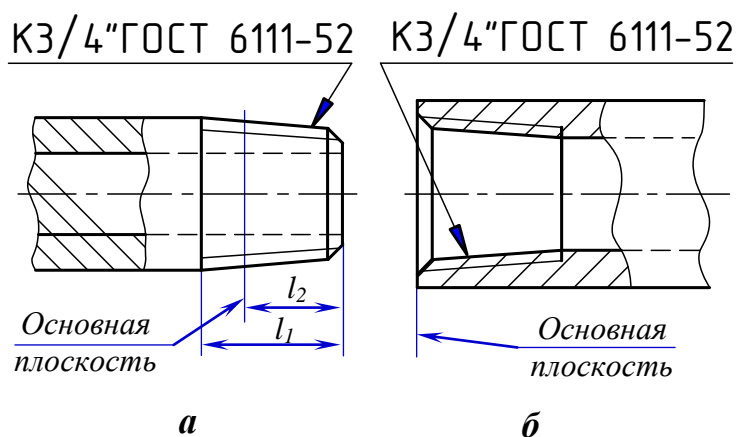


Рис. 4.28. Обозначение дюймовой конической резьбы:
a – наружной; ***б*** – внутренней;
 l_1 – рабочая длина резьбы; l_2 – длина наружной резьбы от торца до основной плоскости

В обозначении *конической метрической* резьбы указывают, например: **МК20×1,5** – резьба коническая метрическая номинальным диаметром 20 мм и шагом 1,5 мм, правая (рис. 4.29).

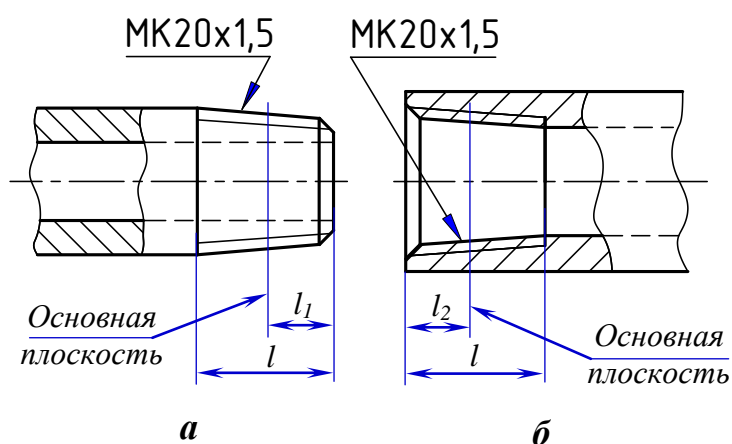


Рис. 4.29. Обозначение метрической конической резьбы:
a – наружной; ***б*** – внутренней;
 l – рабочая длина резьбы; l_1 – длина наружной резьбы от торца до основной плоскости; l_2 – длина внутренней резьбы от торца до основной плоскости

Номинальные диаметры метрических конических резьб измеряют в так называемых *основных* плоскостях. Эти плоскости смещены на некоторые расстояния l_1 и l_2 (см. рис. 4.29) от торцов деталей, на которых они выполнены, причем как у наружной, так и внутренней резьб, в отличие от других типов конических резьб, рассмотренных выше (у рассмотренных выше конических резьб основная плоскость у детали с внутренней резьбой совпадает с торцом детали, см. рис. 4.27 и 4.28).

В случае соединения наружной метрической конической резьбы с внутренней *цилиндрической* резьбой с профилем по ГОСТ 9150-2002 «Резьба метрическая. Профиль», что также устанавливает упомянутый ГОСТ 25229-82 «Резьба коническая метрическая», этот стандарт указывают в обозначении резьбы, например: **M20×1,5 ГОСТ 25229-82** – резьба цилиндрическая номинальным диаметром 20 мм и шагом 1,5 мм, правая. Соединение внутренней цилиндрической резьбы с наружной конической резьбой обозначают дробью **M/МК**, например: **M/МК 20×1,5 ГОСТ 25229-82**.

При наворачивании детали (муфты) с цилиндрической резьбой на трубу с конической резьбой муфта легко будет наворачиваться от руки до тех пор, пока не дойдет до *основной плоскости* конической резьбы. Дальнейшее наворачивание возможно лишь с помощью трубного ключа для получения соединения в натяг. Как показывает практика, в этом случае получается достаточно герметичное соединение без применения уплотнительного материала.

В обозначениях всех левых конических резьб используют прописные буквы латинского алфавита LH, например: **R3/4LH** – резьба *наружная трубная коническая 3/4 дюйма, левая*; **R_c3/4LH** – резьба *внутренняя трубная коническая 3/4 дюйма, левая*; **M/МК 20×1,5LH ГОСТ 25229-82** – соединение внутренней цилиндрической резьбы с наружной метрической конической резьбой номинальным диаметром 20 мм и шагом 1,5 мм, с левой резьбой.

4.4.3. Стандартные ходовые резьбы

Ходовые винты, предназначенные для преобразования вращения в линейное перемещение посаженных на них деталей – гаек, являются разновидностью валов, называемой вал-винт. Выполняемая на них так называемая *ходовая резьба* может быть стандартной – *трапецеидальной (упорной)*, или нестандартной – *прямоугольной*.

Трапецеидальная резьба характеризуется профилем в форме равнобоковой трапеции с углом 30° между боковыми сторонами и выполняется в соответствии с ГОСТ 9484-81 «Резьба трапецеидальная. Профили». Трапецеидальная резьба может быть *однозаходной*, согласно ГОСТ 24738-81 «Резьба трапецеидальная однозаходная. Диаметры и шаги», и *многозаходной*, согласно ГОСТ 24739-81 «Резьба трапецеидальная многозаходная» (подробнее о *ходовых резьбах* см. выше).

В обозначение *однозаходной* трапецеидальной резьбы входит буквенное обозначение **T_г**, за ним – значение наружного диаметра резьбы в мм,

затем – ее шага (через знак умножения). Пример ее условного обозначения: **Tr40×6** – трапецидальная однозаходная резьба с наружным диаметром 40 мм и шагом 6 мм, правая (с правым направлением винтовой поверхности – по часовой стрелке). Если резьба с левым направлением винтовой поверхности (против часовой стрелки), то в конце добавляются еще и латинские прописные буквы **ЛН**. Например: **Tr40×3 ЛН** – трапецидальная однозаходная резьба с наружным диаметром 40 мм и шагом 3 мм, левая.

В обозначение *многозаходной* трапецидальной резьбы входит то же буквенное обозначение **Tr**, значение ее наружного диаметра в мм, затем – ее хода (через знак умножения), а шаг резьбы в мм указывается в скобках с применением буквы **P**. Пример условного обозначения этой резьбы приведен на рис. 4.30. Его следует понимать следующим образом: **Tr40×6(P3)** – трапецидальная резьба с наружным диаметром 40 мм, ходом 6 мм и шагом 3 мм, правая. Количество заходов многозаходной резьбы определяется делением хода на шаг, то есть в данном примере оно равно двум.

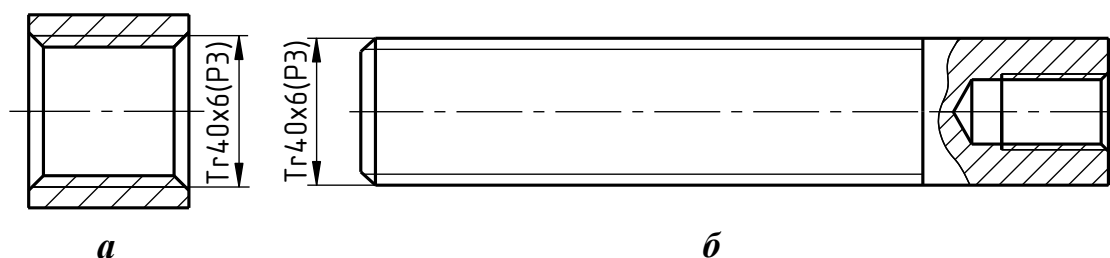


Рис. 4.30. Обозначение трапецидальной ходовой резьбы и указание ее основных параметров на чертежах деталей винтовой передачи: **а** – внутренней резьбы в отверстии внешней детали (гайки); **б** – наружной резьбы на внутренней детали (винте)

Если бы эта резьба была левая, то в конце ее обозначения необходимо было бы добавить еще и **ЛН**, то есть обозначение выглядело бы так: **Tr40×6(P3)ЛН**.

Упорная резьба характеризуется профилем в форме неравнобочной трапеции с углом рабочей стороны в 3°, а нерабочей – 30° в соответствии с ГОСТ 10177–82 «Резьба упорная. Профили и основные размеры». Упорная резьба, как и трапецидальная, может быть однозаходной и многозаходной. Предназначена она для передачи больших усилий, действующих в одном направлении: в домкратах, прессах и т. п.

Обозначение упорной резьбы аналогично тому, которое используется для трапецидальной резьбы, за исключением первых букв. Вместо них используется одна прописная буква латинского алфавита – **S**. Для указания того, что резьба является левой, в конце добавляется **ЛН**. Примеры условного обозначения упорной резьбы: **S52×3** – упорная однозаходная резьба с наружным диаметром 52 мм, шагом 3 мм, правая; **S52×3ЛН** – упорная однозаходная резьба с наружным диаметром 52 мм, шагом 3 мм, левая.

На рис. 4.31 приведены чертежи (фрагменты) деталей домкрата, подвергаемых нагружению в одном направлении – силой тяжести груза. Надпись

S40×6(P3) над размерной линией в этом случае надо понимать так: это упорная резьба с наружным диаметром **40** мм, ходом **6** мм и шагом **3** мм. Она имеет два захода, что определяется делением хода на шаг. Такая же резьба, но левая: **S40×6(P3)LH** – упорная двухзаходная резьба с наружным диаметром **40** мм, ходом **6** мм и шагом **3** мм, левая.

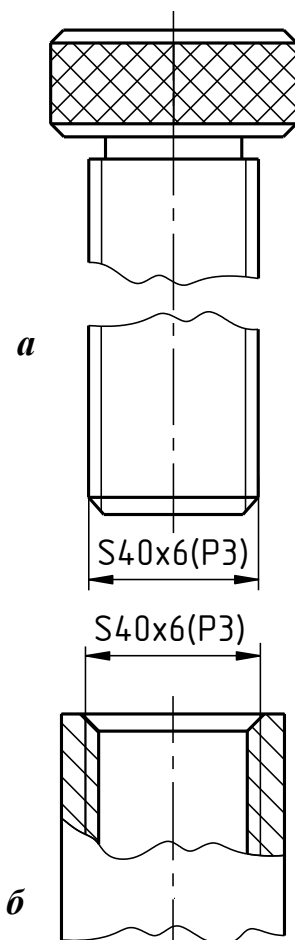


Рис. 4.31. Обозначение упорной ходовой резьбы и указание ее основных параметров на чертежах деталей винтового домкрата:
а – наружной резьбы на ввинчиваемой детали – опорном винте;
б – внутренней резьбы в отверстии внешней детали – штоке

4.4.4. Нестандартные резьбы

К нестандартным резьбам относится, в частности, *прямоугольная* ходовая резьба, имеющая соответствующей формы профиль поперечного сечения – прямоугольный или квадратный (рис. 4.32). Такой профиль не предусмотрен никаким стандартом, и поэтому на прямоугольную ходовую резьбу не существует условного обозначения, в отличие от рассмотренных других ходовых резьб – трапецеидальной и упорной. Все ее размеры и другие конструктивные параметры указывают на чертеже. Для этого выполняют местный разрез (рис. 4.32). Если резьба имеет несколько заходов, их количество указывают текстовой надписью, равно как и левое ее направление.

Однозаходная резьба понимается по умолчанию (без текстовой надписи). Правое направление резьбы – тоже по умолчанию (рис. 4.33 и 4.34).

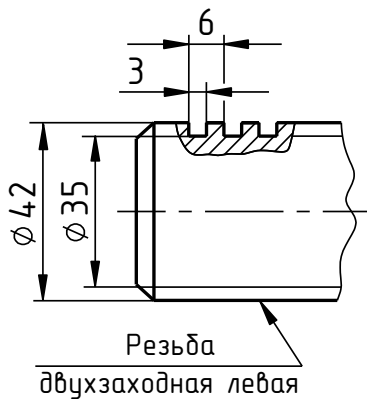


Рис. 4.32. Нанесение размеров прямоугольной резьбы, указание количества ее заходов и направления винтовой поверхности на чертеже

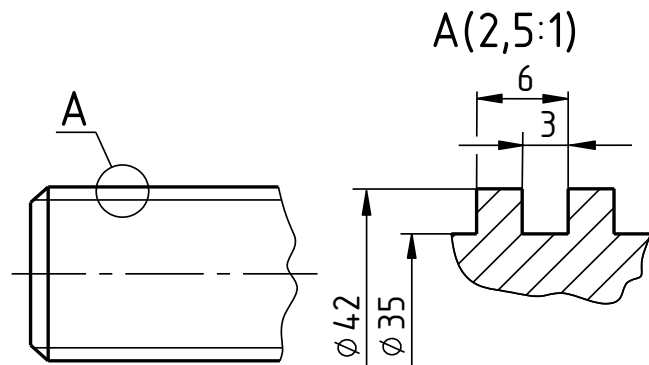


Рис. 4.33. Указание размеров наружной прямоугольной резьбы на выносном элементе

При необходимости размеры винтовой поверхности прямоугольной резьбы могут указываться на выносных элементах, выполненных в масштабе увеличения со всеми подробностями, как это предписывает ГОСТ 2.305-2008 «Изображения – виды, разрезы, сечения». При этом основное изображение может быть видом, а выносной элемент – разрезом (рис. 4.33). Прямоугольную резьбу применяют для передачи движения в тех случаях, когда требуется высокий коэффициент полезного действия винтовой передачи, не смотря на сложности в изготовлении прямоугольной резьбы и сложности в ее эксплуатации (борьбу с появляющимися зазорами).

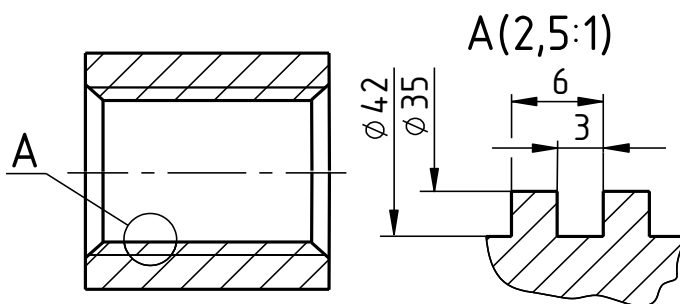


Рис. 4.34. Указание размеров внутренней прямоугольной резьбы на выносном элементе

Как видно из рис. 4.32–4.34, для задания размеров прямоугольной резьбы на чертеже указывают: шаг резьбы (6 мм), ширину прорези (3 мм), внутренний диаметр ($\varnothing 35$ мм), наружный диаметр ($\varnothing 42$ мм). Для нанесения этих размеров в тех случаях, когда необходимо применить масштаб увеличения с использованием выносного элемента, на главном виде окружностью, выполняемой тонкой линией, отмечают некий участок резьбы, помечают его буквой, применяя полку-выноску. Профиль же прямоугольной резьбы изображают на свободном поле чертежа, надписывая его той же буквой, и в скобках указывают масштаб увеличения изображения (рис. 4.33).

Аналогичным образом поступают и при указании на чертеже размеров внутренней прямоугольной резьбы (рис. 4.34).

Вопросы и задания

1. Что называют резьбой в машиностроении?
2. Что такое ход и шаг резьбы?
3. Какие резьбы называют многозаходными?
4. Как взаимосвязаны ход, шаг и количество заходов резьбы?
5. Как называют резьбы в зависимости от направления винтового выступа поверхности резьбы?
6. Какие различают резьбы в зависимости от формы осевого сечения винтовой поверхности резьбы (формы профиля)?
7. Чем отличается коническая резьба от цилиндрической?
8. Что такое наружная и внутренняя резьба?
9. Как изображают резьбу на стержне и в отверстии?
10. В чем особенность изображения наружной и внутренней резьбы при проецировании на плоскость, перпендикулярную к оси ее винтовой поверхности?
11. В каких пределах должно находиться расстояние между сплошной тонкой и основной линиями при изображении резьбы?
12. Какой толщины и длины должна быть линия, определяющая границу полного профиля резьбы?
13. Как выполняют штриховку при изображении резьбы в разрезах и сечениях?
14. Как изображают резьбу с нестандартным профилем?
15. Как изображают резьбу в отверстии на разрезах резьбового соединения?
16. Какие резьбы называют крепежными, крепежно-уплотнительными и какие ходовыми?
17. Чем отличаются обозначения стандартных, нестандартных и специальных резьб?
18. Охарактеризуйте метрическую резьбу и ее обозначение на чертеже.
19. Что кроме наружного диаметра может входить в обозначение резьбы?
20. Охарактеризуйте трубную цилиндрическую и трубную коническую резьбы и их обозначения на чертеже.
21. Охарактеризуйте основную плоскость и ее положение на стержне и в отверстии при изображении конической резьбы.
22. Охарактеризуйте метрическую коническую резьбу и ее обозначение на чертеже.
23. Охарактеризуйте коническую дюймовую резьбу и ее обозначение на чертеже.
24. При обозначении каких резьб в дюймах знак «"» не наносят?
25. Какая величина конусности у конических резьб?
26. Охарактеризуйте трапецеидальную резьбу и ее обозначение.
27. Охарактеризуйте упорную резьбу и ее обозначение на чертеже.

4.5. Графическая работа «Соединения резьбовые стандартными крепежными изделиями»

Выполните чертеж соединения деталей стандартными крепежными изделиями (рис. 4.35) по одному из приведенных на рис. 4.36–4.41 *образцов** – винтом, шпилькой, болтом, штифтом – и глухого резьбового отверстия, выполненного в одной из присоединяемых деталей.

Исходные данные по вариантам к каждому образцу возьмите в соответствующей табл. 4.1 или 4.2.

Размеры стандартных крепежных изделий, входящих в соединение, определите по справочным данным, приведенным в пункте 4.4.2 данного раздела «Поэтапное выполнение графической работы», или справочникам, указанным в рекомендуемом списке литературы.

Задание:

1. Изучите ГОСТ 11708-82 «Резьба. Термины и определения» и классификацию резьб.

2. Изучите ГОСТ 2.311-68 «Изображение резьбы», основные элементы и параметры резьбы; научитесь изображать резьбу на видах и разрезах – наружную и внутреннюю, цилиндрическую и коническую, изображать границу резьбы и фаски на ней; выполните штриховки резьбы в разрезах.

3. Научитесь изображать соединения различными стандартными крепежными изделиями – винтами (ГОСТ 1491-80, ГОСТ 17473-80, ГОСТ 17474-80, ГОСТ 17475-80), болтами (ГОСТ 7798-70, ГОСТ 7805-80) и шпильками (ГОСТ 22032-76, ГОСТ 22041-76) с применением гаек (ГОСТ 5915-70, ГОСТ 5927-70) и шайб (ГОСТ 11371-78, ГОСТ 6402-70).

4. Научитесь определять необходимые размеры стандартных резьбовых крепежных изделий и пользоваться справочными материалами.

5. Научитесь изображать глухое отверстие с резьбой, рассчитывать глубину сверления и длину резьбы в нем с учетом недореза резьбы по ГОСТ 10549-80, а также наносить размеры глухого резьбового отверстия.

Графическую работу выполните на белой чертежной бумаге формата А3 и оформите по образцу, соблюдая установленные стандартами начертания и назначение линий на чертежах, правила нанесения размеров, начертание букв, цифр, знаков и требования к основной надписи.

* Объем подлежащего выполнению задания в соответствии с приведенными образцами определяет преподаватель (на рис. 4.35 представлены трехмерные изображения резьбовых соединений только к первому образцу).

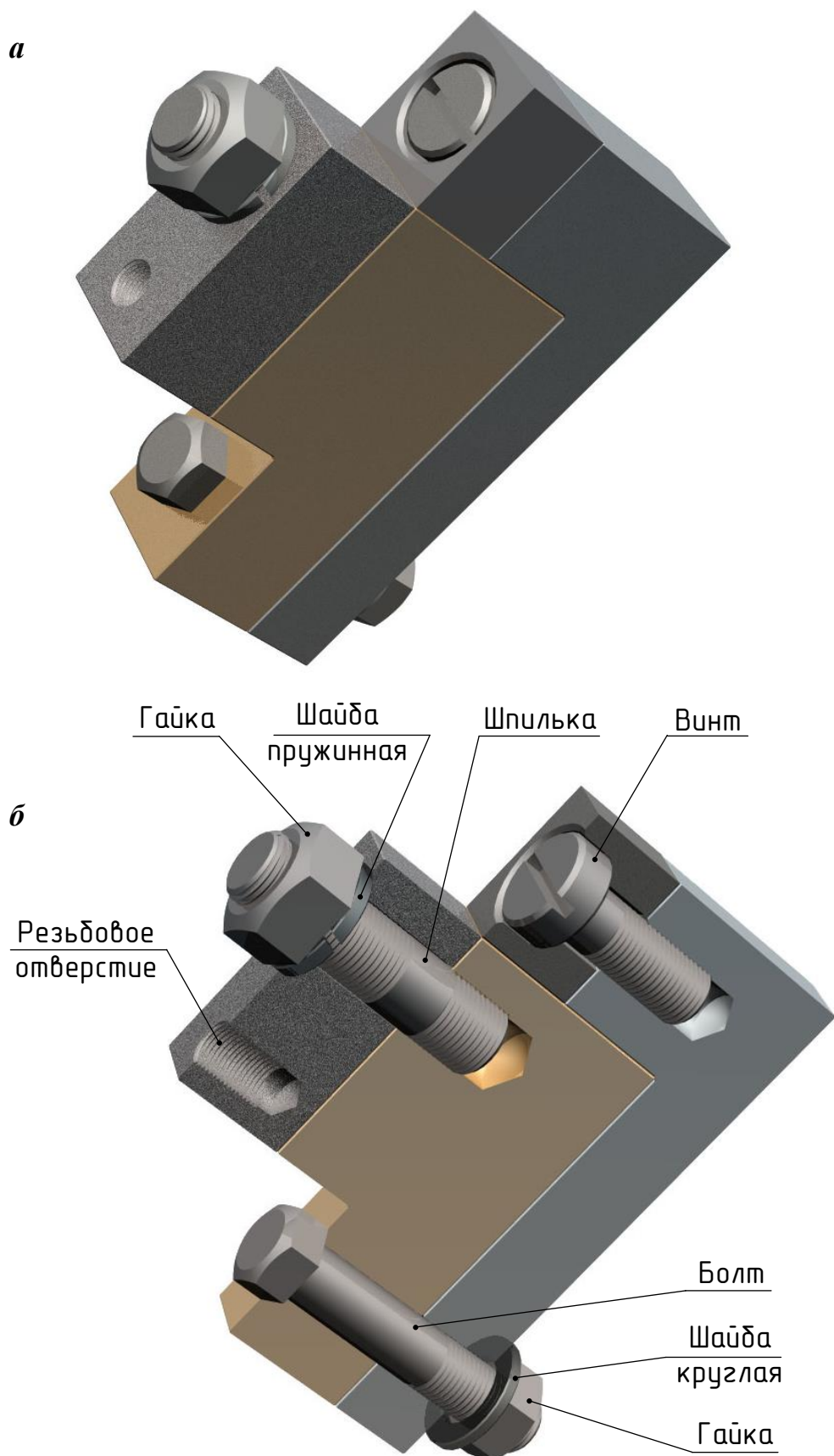


Рис. 4.35. Резьбовое соединение деталей стандартными крепежными изделиями (винтом с цилиндрической головкой; шпилькой с пружинной шайбой; болтом с круглой шайбой): **а** – внешний вид соединения; **б** – условный разрез соединения по осям резьбовых изделий

Исходные данные к графической работе (рис. 4.36–4.40)

Исходные данные к заданию "Соединения резьбовые"									
№ вар.	Резьб отв. d, мм	Винт		Шпилька d, мм	Болт d, мм	Штифт d x l, мм	Материал детали		
		d, мм	ГОСТ				1	2	3
1	10	12	1491-80	24	20	цилиндрич. 12x55	лезк.спл. (Al)	СЧ	КЧ
2	12	16	17473-80	16	24	цилиндрич. 16x60	лезк.спл. (Mg)	КЧ	Бр
3	12	16	17474-80	20	24	конический 16x60	лезк.спл. (Al)	лезк.спл. (Al)	КЧ
4	16	12	17475-80	24	20	цилиндрич. 12x55	СЧ	Ст	Ст
5	10	10	1491-80	16	24	конический 16x60	КЧ	Бр	Ст
6	12	12	17474-80	20	16	цилиндрич. 10x50	лезк.спл. (Al)	Ла	СЧ
7	14	16	17473-80	20	24	цилиндрич. 16x60	Ла	СЧ	Ст
8	16	12	17474-80	24	20	цилиндрич. 12x55	Бр	КЧ	Ст
9	10	12	17475-80	16	24	конический 16x60	СЧ	лезк.спл. (Al)	КЧ
10	14	10	1491-80	24	16	конический 10x50	лезк.спл. (Al)	Ст	Бр
11	10	12	17473-80	20	24	цилиндрич. 16x60	Ст	лезк.спл. (Mg)	лезк.спл. (Al)
12	12	16	17474-80	16	20	цилиндрич. 12x55	СЧ	лезк.спл. (Al)	Ст
13	12	16	17475-80	20	24	конический 16x60	Ла	СЧ	КЧ
14	16	12	1491-80	24	20	цилиндрич. 12x55	Ст	КЧ	Бр
15	14	12	17475-80	16	24	цилиндрич. 16x60	лезк.спл. (Mg)	Ст	Ла
16	10	16	17473-80	24	16	конический 10x50	СЧ	Бр	Ст
17	12	16	17474-80	20	24	конический 16x60	КЧ	лезк.спл. (Mg)	СЧ
18	12	12	1491-80	16	24	цилиндрич. 16x60	лезк.спл. (Al)	СЧ	Ст
19	16	10	17475-80	20	24	конический 16x60	КЧ	Ст	Ла
20	14	12	17473-80	24	16	цилиндрич. 10x50	Бр	КЧ	Ст
21	10	12	17474-80	16	20	цилиндрич. 12x50	СЧ	лезк.спл. (Al)	Бр
22	12	16	1491-80	24	20	конический 12x55	СЧ	Бр	лезк.спл. (Al)
23	16	12	17473-80	16	24	цилиндрич. 16x60	лезк.спл. (Al)	СЧ	Ст
24	16	10	1491-80	20	16	цилиндрич. 10x50	КЧ	Ст	Бр
25	14	12	17473-80	16	24	конический 16x60	лезк.спл. (Al)	Ст	Бр
26	10	16	17475-80	24	20	цилиндрич. 12x55	Бр	КЧ	лезк.спл. (Al)
27	12	16	17474-80	20	24	конический 16x60	Ст	лезк.спл. (Al)	СЧ
28	12	12	17473-80	16	20	конический 12x55	лезк.спл. (Al)	Бр	КЧ
29	16	10	17475-80	20	24	цилиндрич. 16x60	лезк.спл. (Al)	Ла	Ла
30	14	12	1491-80	24	16	цилиндрич. 10x50	СЧ	Ст	Бр

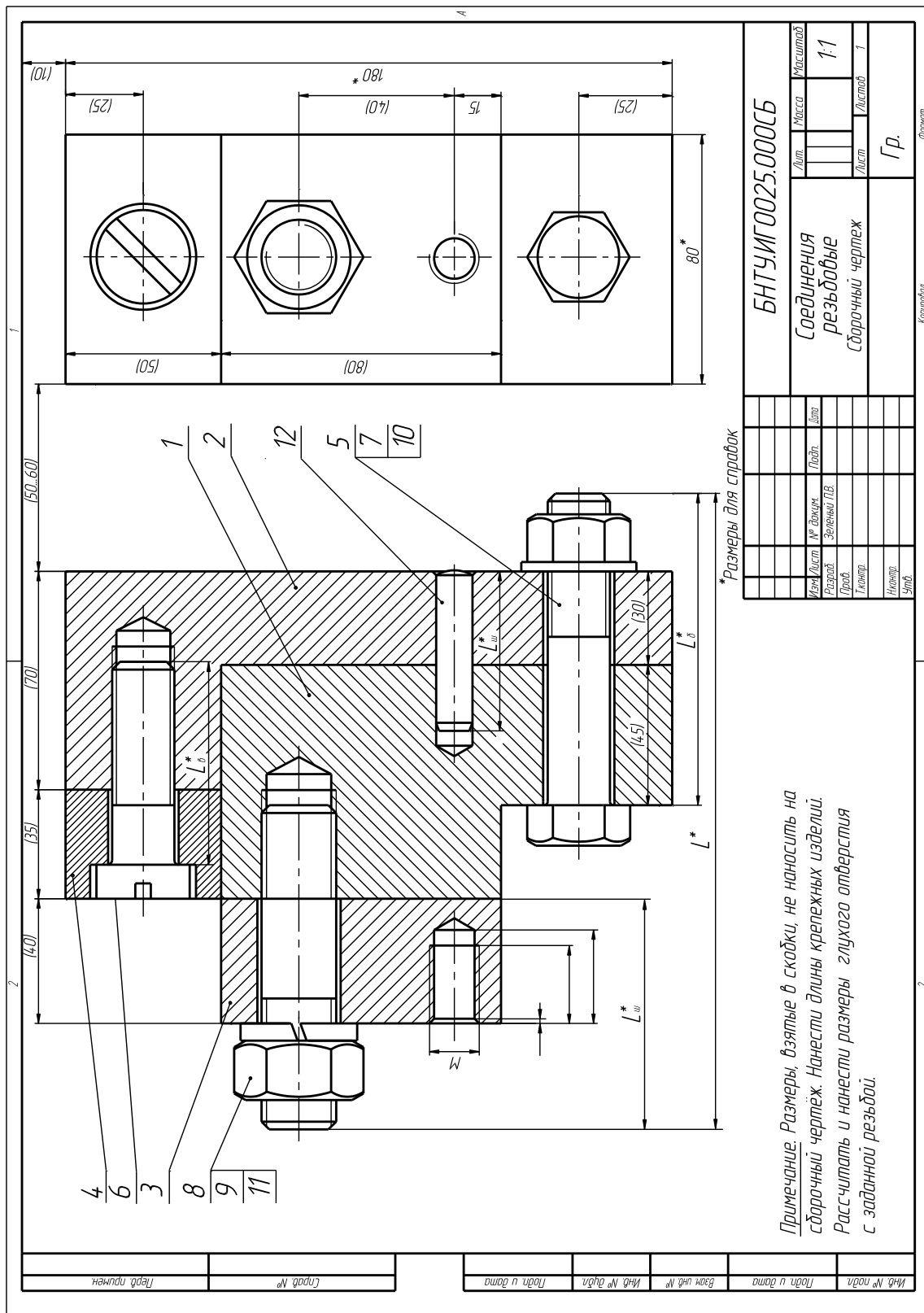


Рис. 4.36. Образец выполнения графич. работы «Соединения резьбовые винтом, шпилькой, болтом и цилиндрическим штифтом» (табл. 4.1)

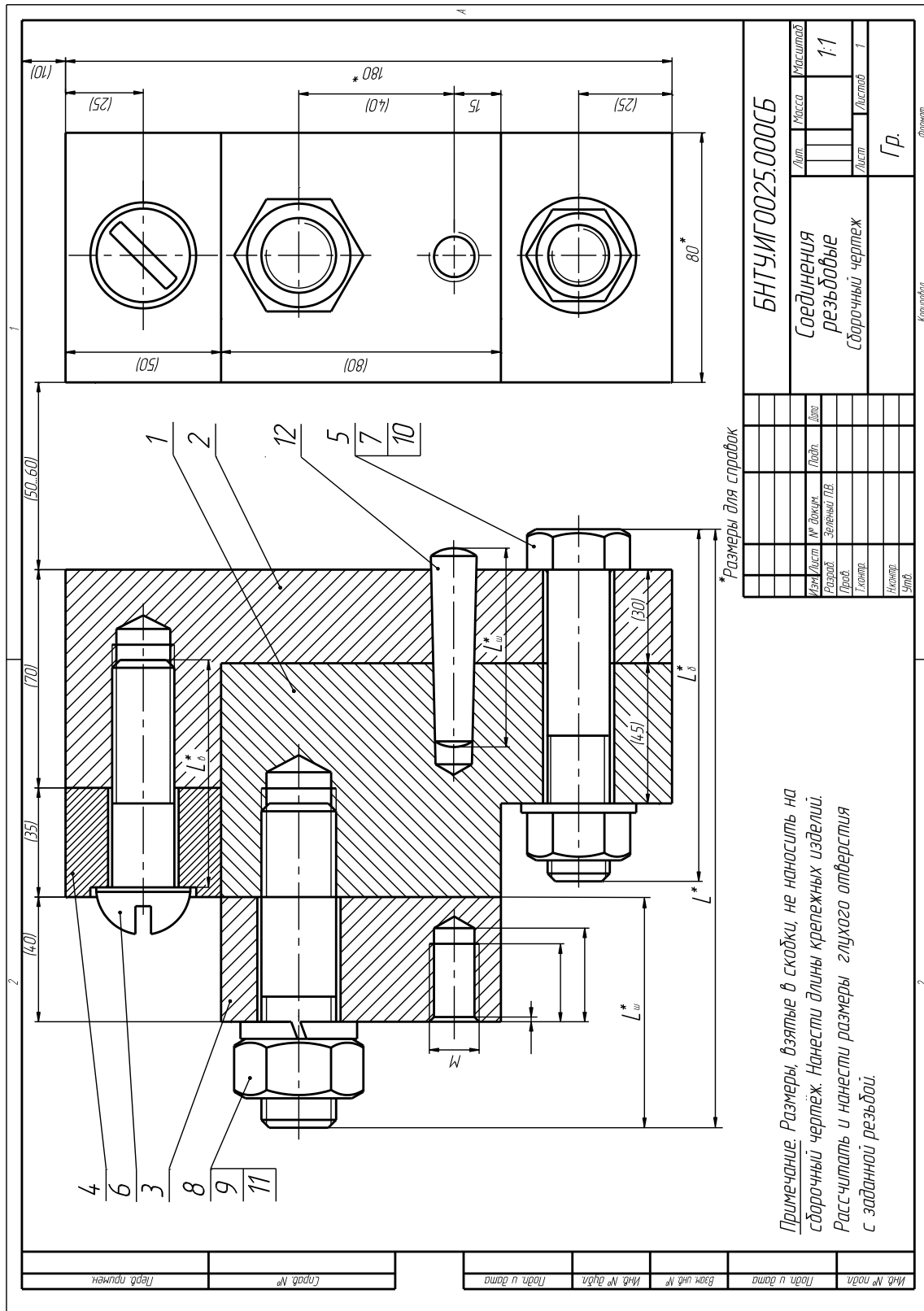


Рис. 4.37. Образец выполнения графич. работы «Соединения резьбовые винтом, шпилькой, болтом и коническим штифтом» (табл. 4.1)

Таблица 4.2

Исходные данные к графической работе № 1 (рис. 4.41)

Исходные данные к заданию "Соединение резьбовое"				
№ вар.	Резьбовое отверстие d, мм	Шпилька d, мм	Материал детали	
			1	2
1	10	24	СЧ	КЧ
2	12	16	КЧ	Бр
3	12	20	легк.спл. (Al)	КЧ
4	16	24	Ст	Ст
5	10	16	Бр	Ст
6	12	20	Лд	СЧ
7	14	20	СЧ	Ст
8	16	24	КЧ	Ст
9	10	16	легк.спл. (Al)	КЧ
10	14	24	Ст	Бр
11	10	20	легк.спл. (Mg)	легк.спл. (Al)
12	12	16	легк.спл. (Al)	Ст
13	12	20	СЧ	КЧ
14	16	24	КЧ	Бр
15	14	16	Ст	Лд
16	10	24	Бр	Ст
17	12	20	легк.спл. (Mg)	СЧ
18	12	16	СЧ	Ст
19	16	20	Ст	Лд
20	14	24	КЧ	Ст
21	10	16	легк.спл. (Al)	Бр
22	12	24	Бр	легк.спл. (Al)
23	16	16	СЧ	Ст
24	16	20	Ст	Бр
25	14	16	Ст	Бр
26	10	24	КЧ	легк.спл. (Al)
27	12	20	легк.спл. (Al)	СЧ
28	12	16	Бр	КЧ
29	16	20	Лд	Лд
30	14	24	Ст	Бр

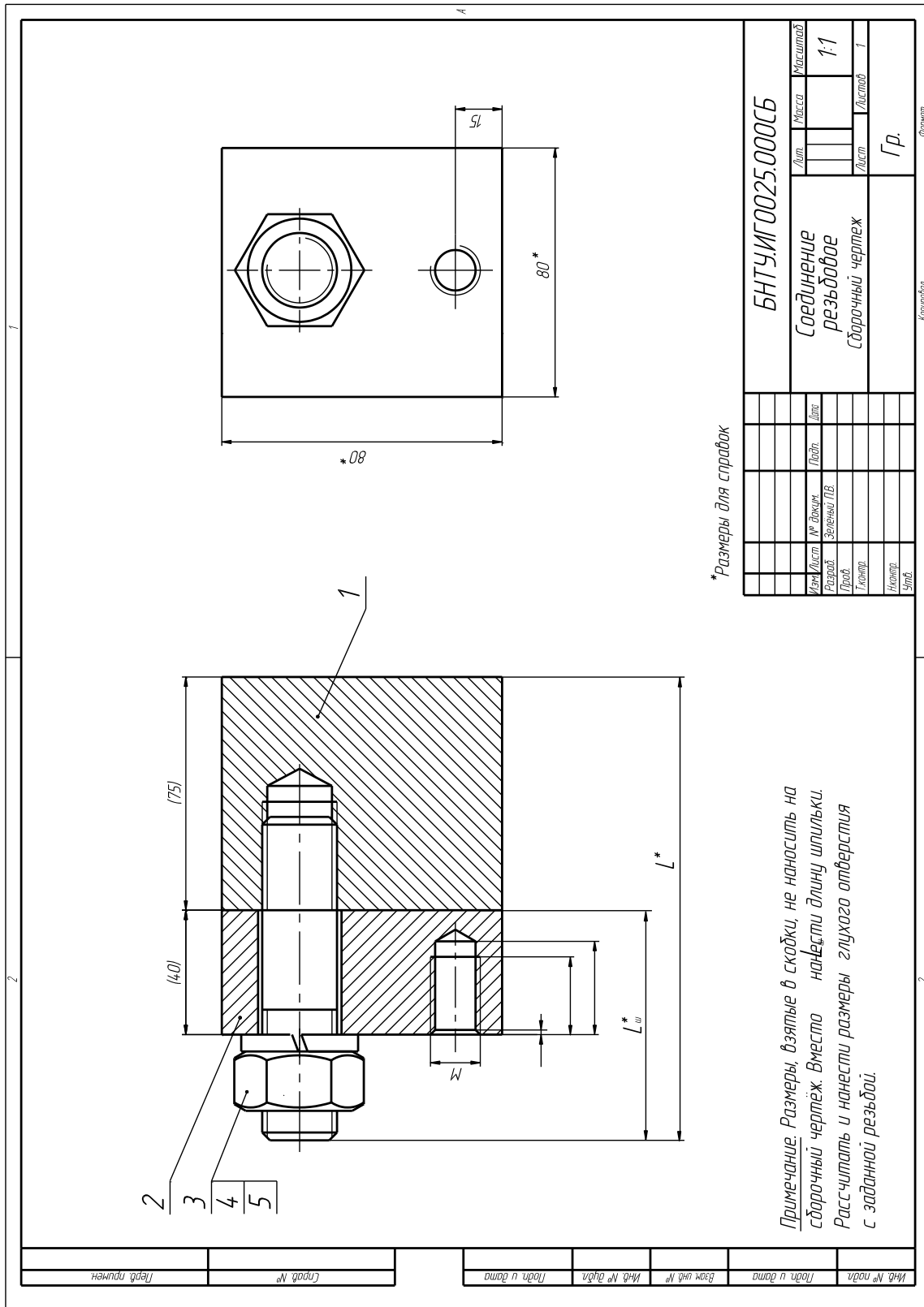


Рис. 4.41. Образец выполнения графической работы «Соединение резьбовое шпилькой» (табл. 4.2)

4.5.1. Поэтапное выполнение графической работы

Вычертите исходное условие (рис. 4.42), одинаковое для вариантов графической работы № 1 (рис. 4.36–4.38), состоящее из двух изображений – главного вида и вида слева. Штрихпунктирные линии на видах – осевые и центровые – указывают положение стандартных резьбовых изделий. При вычерчивании соблюдайте указанные в скобках расстояния от рамки чертежа до контурных линий изображений и расстояние между изображениями. Строгое соблюдение указанных расстояний необходимо для того, чтобы вместить оба вида на один формат А3. На главном виде, чтобы была видна та часть каждого резьбового изделия, которая находится внутри соединяемых деталей, необходимо выполнить полный разрез по геометрическим осям, но сами изделия не должны изображаться в разрезе согласно ГОСТ 2.305-2008 «Изображения – виды, разрезы, сечения». Не следует изображать в разрезе и другие крепежные изделия – гайки и шайбы (рис. 4.36–4.41).

Для начала построений выберите по табл. 4.1 или 4.2 (по указанию преподавателя) значение наружных диаметров резьбы d для каждого резьбового изделия – винта, шпильки, болта – и резьбового отверстия.

4.5.1.1. Вычерчивание соединения винтом

Винт, согласно ГОСТ 27017-86 «Изделия крепежные. Термины и определения», представляет собой стандартное резьбовое изделие в виде цилиндрического стержня с метрической резьбой и фаской на одном конце и головкой определенной формы, соответствующей тому или иному ГОСТ, на втором ее конце.

Головка винта может быть различной в зависимости от назначения: цилиндрической формы, полукруглой в виде полусферы и двух разновидностей с конической формой. Если со стороны большого основания конуса поверхность плоская, то это винт с так называемой потайной головкой. Если выполнена небольшая сферическая выпуклость, то это винт с так называемой полупотайной головкой (рис. 4.43).

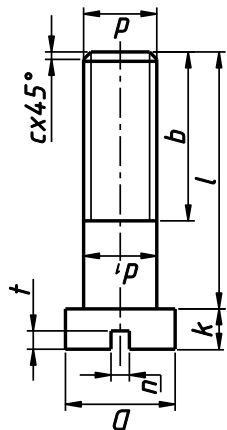
Головки цилиндрической формы, как правило, прячут в присоединяемой детали благодаря выполнению в ней специальной утопленной опорной поверхности – цековки – по ГОСТ 12876-67 «Поверхности опорные под крепежные детали» (рис. 4.44).

В присоединяемой детали прячут также и коническую часть потайных и полупотайных головок, для чего в ней выполняют по тому же самому ГОСТ 12876-67 опорную поверхность в виде углубления ответной конической формы, называемой зенковкой.

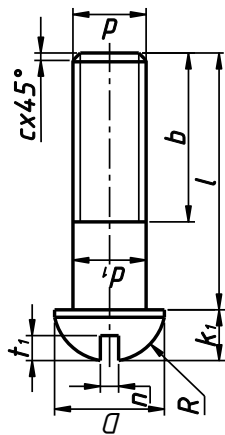
Под полукруглые головки выполняют неглубокие цековки или цекованию подвергают специально выполненную для этого невысокую бобышку, чтобы обеспечить опорную поверхность плоской и перпендикулярной продольной оси отверстия под головку (рис. 4.44).

Стандартные крепежные резьбовые изделия – винты

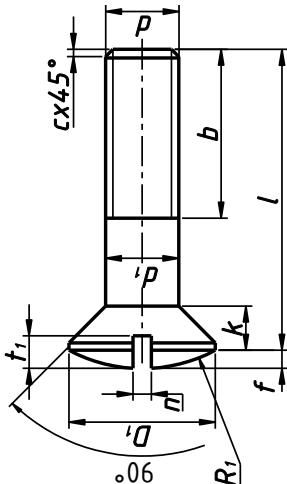
с цилиндрической
головой
по ГОСТ 1491-80



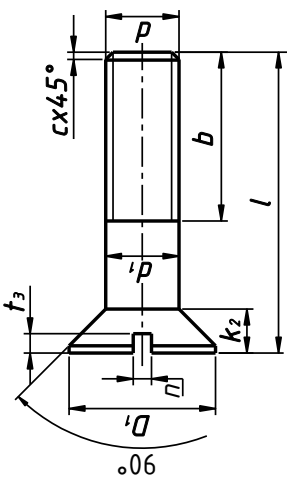
с полукруглой
головой
ГОСТ 17473-80
Исполнение 1



с полуотойной
головой
ГОСТ 17474-80
Исполнение 1



с отойной
головой
ГОСТ 17475-80
Исполнение 1



$$d_1 = d$$

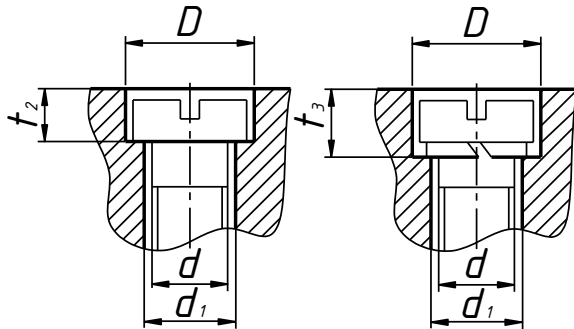
d (диаметр резьбы)	P (шаг резьбы)		D	D ₁	k	k ₁	k ₂	b	n не менее	t	t ₁	t ₃	f	R	R ₁	l (длина винта)		
	крупная	мелкая														ГОСТ 1491-80	ГОСТ 17473-80	ГОСТ 17474-80
10	1,5	1,25	16	18	6	7	5	26(40)	2,5	~3	~4,5	~2	2,5	8,1	19	20...80	12...80	
12	1,75	1,25	18	21,5	7	8	6	30(46)	3	~3,5	~5,4	~2,4	3	9,1	22,5	20...80	16...80	
16	2	1,5	24	28,2	9	11	8	38(58)	4	~4	~7,2	~3,2	4	12,1	30	30...80	30...80	
20	2,5	1,5	30	36	11	14	10	46(70)	5	~5	~8,9	~4	5	15,1	38	40...80	40...80	

В скобках указана удлиненная резьба, которая является предпочтительной.

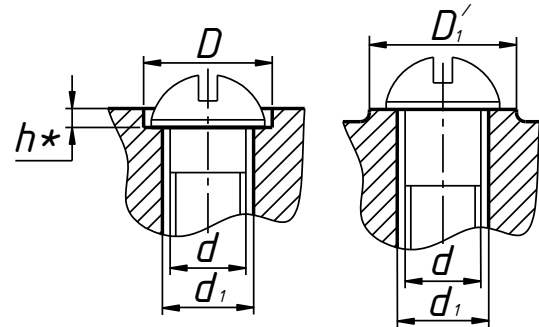
Рис. 4.43. Размеры стандартных винтов

Опорные поверхности (гнезда) под крепежные изделия (головки винтов) в соответствии с ГОСТ 12876-67

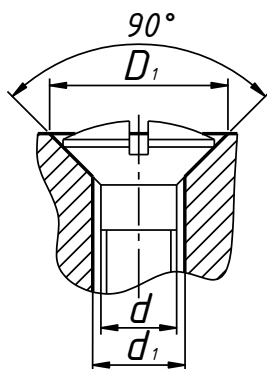
Под цилиндрическую
головку винта
по ГОСТ 1491-80



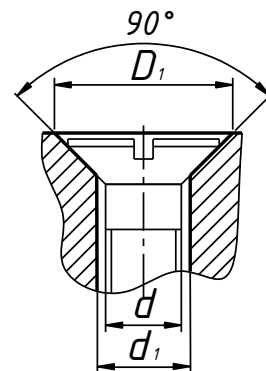
Под полукруглую
головку винта
по ГОСТ 17473-80



Под полупотайную
головку винта
по ГОСТ 17474-80



Под потайную
головку винта
по ГОСТ 17475-80



Диаметр резьбы, d	6	8	10	12	14	16	18	20
D	11	15	18	20	24	26	30	34
D_1	12,4	16,4	20,4	24,4	28,4	32,4	36,4	40,4
D'_1	18	20	24	26	30	34	36	40
t_2	4,7	6	7	8	9	10,5	11,5	12,5
t_3	6,5	8	9,5	11	12,5	14	15	16,5
d_1^{**}	6,4	8,4	10,5	13	15	17	19	21

* Размер устанавливается конструктором

** Отверстия сквозные под винты принимаются по ГОСТ 11284-75

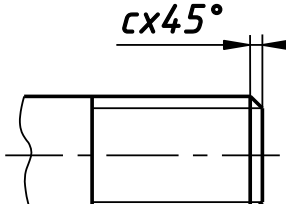
Рис. 4.44. Размеры стандартных опорных поверхностей под крепежные изделия:
ГОСТ 12876-67 «Поверхности опорные под крепежные детали»

Соединение винтом обеспечивается следующим образом. Винт свободно пропускают через присоединяемую деталь и ввинчивают в резьбовое отверстие во второй детали до тех пор, пока присоединяемая деталь не окажется прижатой, затем затягивают с определенным усилием. Чтобы притягивание было возможным и винт не упирался в конец резьбы в отверстии, глухое отверстие в детали и саму резьбу в нем выполняют с запасом.

1. Изображение резьбовых изделий начните с винта: вначале начертите две параллельные прямые линии по обе стороны оси, причем так, чтобы расстояние между ними было равно d .

2. Определите глубину l_f ввинчивания винта и скорректируйте ее в сторону увеличения так, чтобы длина винта l была круглым числом – заканчивалась на цифру 5 или 0, что является стандартным ее значением. Глубина ввинчивания l_f зависит от материала детали, в которой выполнено резьбовое отверстие, и должна быть не меньше расчетного значения (с учетом указанной корректировки длины винта).

3. Добавьте фаску резьбы на внутренний, находящийся в детали, конец винта. Высота c фаски должна соответствовать ГОСТ 10549-80 «Выход резьбы. Сбеги, недорезы, проточки и фаски» (рис. 4.45). Она выбирается в зависимости от шага P резьбы (шаг следует принять крупным для указанного согласно варианту наружного диаметра резьбы d).

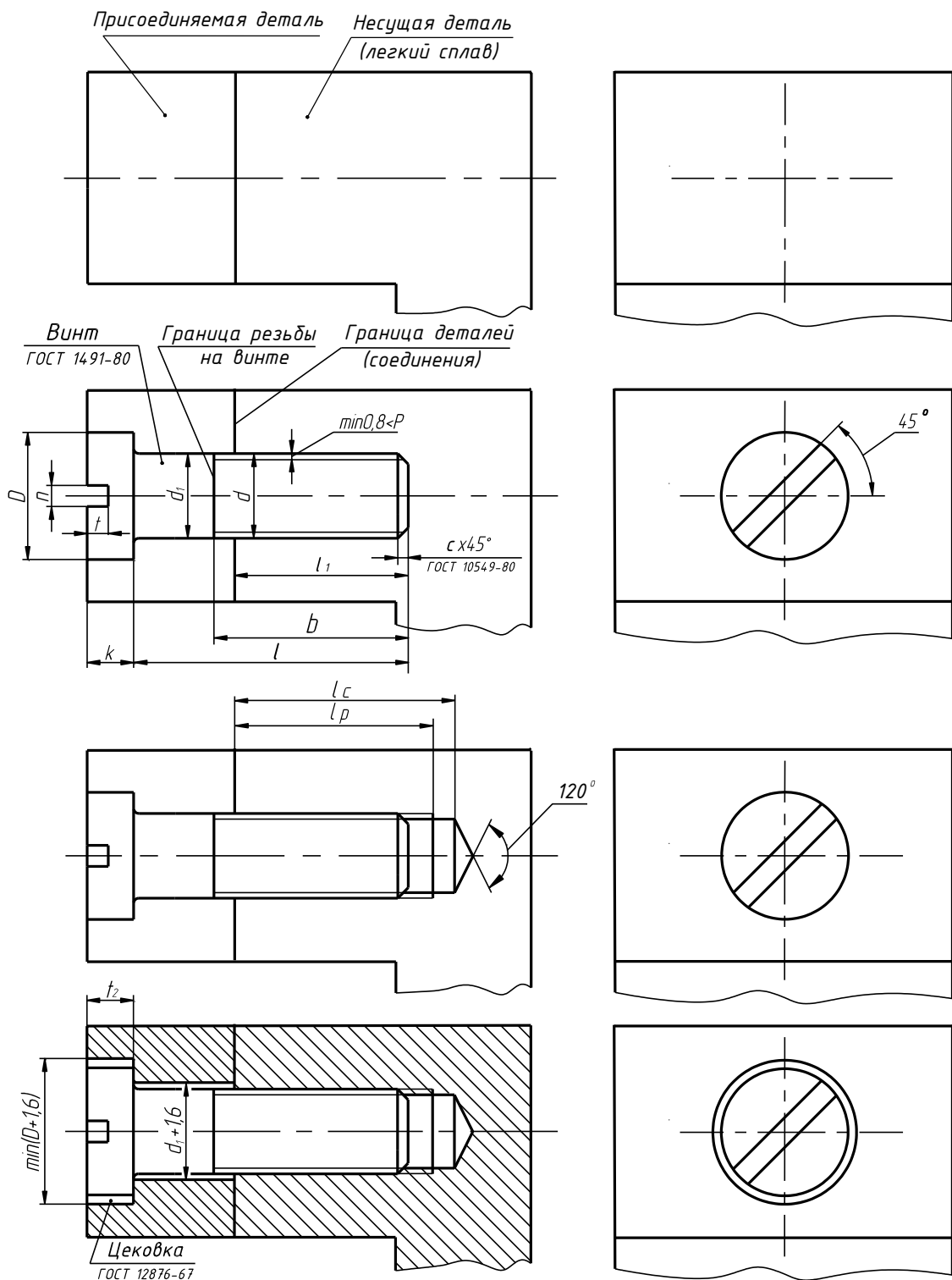


d (наруж. диаметр резьбы)	6	8	10	12	16	20	24	30
P (крупный шаг резьбы)	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0	3,5
c (фаска резьбы)	1	1,6		2		2,5		

Рис. 4.45. Высота *фаски* резьбы в соответствии ГОСТ 10549-80 «Выход резьбы. Сбеги, недорезы, проточки и фаски»

4. В соответствии со стандартом (ГОСТ) выберите головку винта согласно своему варианту и вычертите ее по размерам, указанным в стандарте для данного диаметра d (см. таблицу на рис. 4.43). По этой же таблице выберите стандартную длину l_p резьбы на винте (ее граница – толстая линия, рис. 4.46). Длина резьбы l_p должна превышать глубину ввинчивания l_f . Винты со стержнем длиной менее длины резьбы с учетом недореза изготавливают с резьбой по всей длине стержня.

5. Изобразите резьбу. Согласно ГОСТ 2.311-68 «Изображение резьбы» линии, условно изображающие резьбу по внутреннему диаметру, должны быть тонкими. Согласно ГОСТ 2.303-68 «Линии» они должны располагаться на расстоянии не менее 0,8 мм – требование на минимально допустимое сближение линий на чертеже, независимо от фактического расстояния между ними, если оно меньше указанного размера. В то же время оно не должно превышать значения шага P резьбы в соответствии с указанием ГОСТ 2.311-68. Тонкие линии проводятся на длину полного профиля резьбы – до толстой линии, изображающей границу резьбы (сбег не изображается).



- $d=M$ - наружный диаметр резьбы ($d_1=d$ - диаметр винта)
 P - шаг резьбы (стандартный)
 l_1 - глубина ввинчивания винта:
 $l_1=d$ - сталь (Ст), бронза (Бр), латунь (Лат);
 $l_1=1,25d$ или $1,6d$ - ковкий (КЧ) и серый (СЧ) чугуны;
 $l_1=2d$ или $2,5d$ - легкие сплавы на основе алюминия (Ал) или магния (Мг)
 $l_p=l_1+(0,25...0,5)d$ - глубина резьбы в отверстии
 $l_c=l_1+(0,5...1,0)d$ - глубина резьбового отверстия
 b - длина резьбы на винте (стандартная)
 l - длина винта (стандартная)

Рис. 4.46. Поэтапное построение чертежа соединения деталей стандартным резьбовым изделием – винтом с цилиндрической головкой (ГОСТ 1491-80)

6. По завершении изображения винта вычертите ту часть резьбового отверстия под винт, которая не будет им закрыта (рис. 4.46): определите полную глубину отверстия, которая должна превышать глубину l_1 ввинчивания на величину $(0,5...1,0)d$, и определите глубину резьбы в отверстии $l_p=(0,25...0,5)d$. Граница резьбы в отверстии изображается толстой линией. Наружный диаметр резьбы в отверстии изображается тонкими линиями, являющимися продолжением толстых линий, изображающих наружный диаметр резьбы на винте (сбег резьбы не изображается). Толстые линии, изображающие внутренний диаметр резьбы в отверстии, совпадают с тонкими линиями, изображающими внутренний диаметр резьбы на винте, являясь их продолжением. Эти линии продлеваются до конца отверстия, заканчивающегося конусом с углом при вершине в 120° (в действительности этот угол, соответствующий углу заточки сверла, может несколько отличаться от указанного значения и зависит от материала, в котором выполняется отверстие).

7. В завершение изобразите зазор между поверхностью цилиндрического отверстия в присоединяемой детали и стержнем винта (рис. 4.46). Его величина согласно ГОСТ 2.303-68 «Линии» должна составлять 0,8 мм, если в действительности зазор меньше, что определяется по ГОСТ 11284-75 «Отверстия сквозные под крепежные детали. Размеры». Если определено, что зазор больше 0,8 мм, то изображают его таким, какой он есть.

Кроме того, если согласно варианту задания головка винта цилиндрическая, то есть в задании указан ГОСТ 1491-80 «Винты с цилиндрической головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры», то необходимо изобразить и зазор между цилиндрической поверхностью головки и боковой поверхностью цевки под нее. Величина этого зазора определяется по ГОСТ 12876-67 «Поверхности опорные под крепежные детали» (рис. 4.44), но минимальное значение, как было сказано, не должно быть меньше 0,8 мм.

8. Вычертите вид слева на данный винт. При этом выполненный в головке винта шлиц под отвертку на сборочных чертежах следует изображать условно повернутым по часовой стрелке на угол в 45° (рис. 4.46).

9. Изображения других видов винтов следует выполнять аналогично, производя те же вычисления геометрических параметров той части винта, которая находится внутри деталей. Отличие будет состоять только в изображении головки винта, которая разная у разных вариантов заданий, соответствуя указанным там ГОСТ (см. табл. 4.1 или 4.2 и рис. 4.36–4.39; 2.13). Необходимые геометрические параметры головок не вычисляются, а берутся по таблице, приведенной на рис. 4.43, в которой собрана необходимая информация о разных головках винтов из стандартов на них.

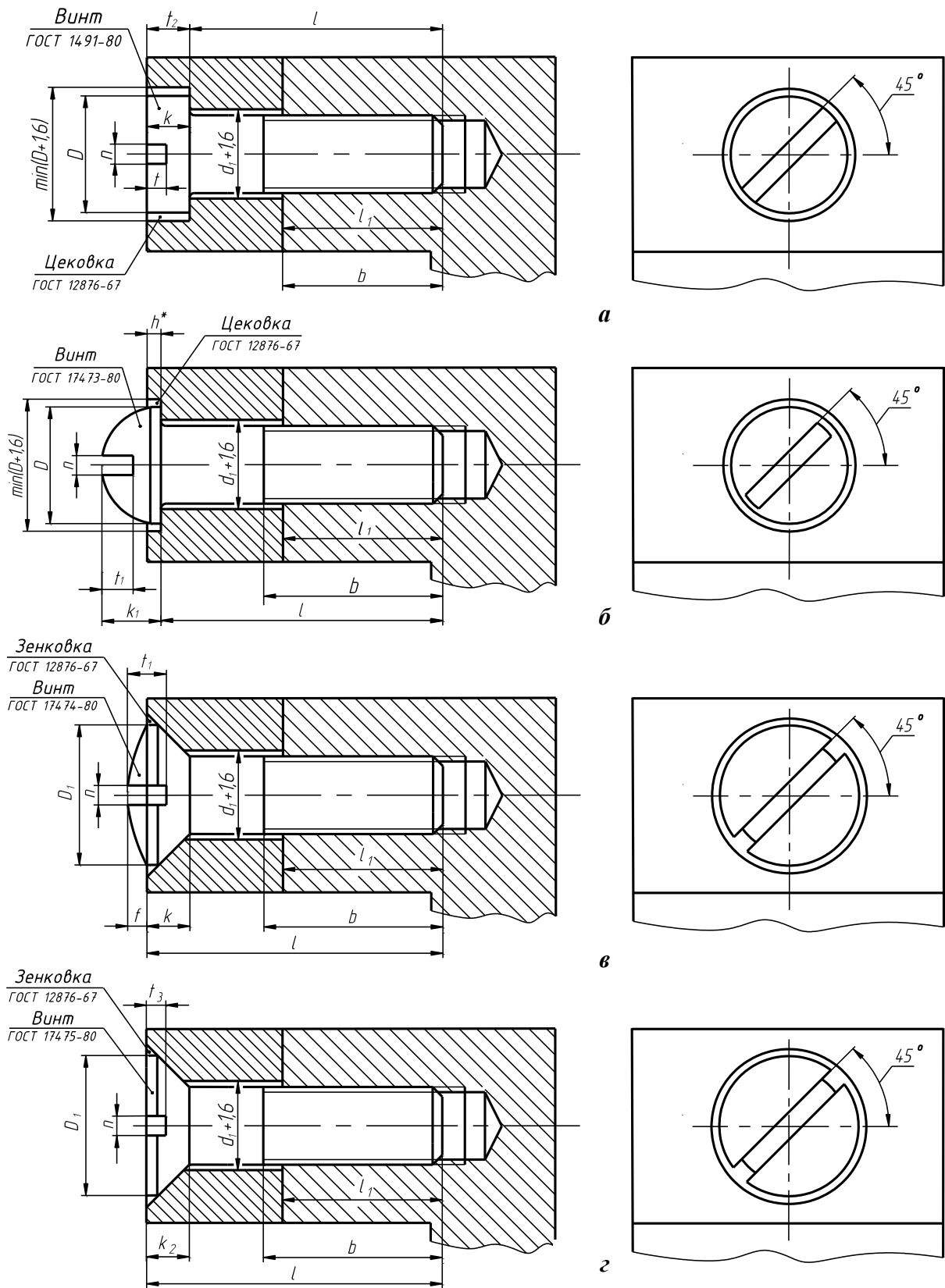


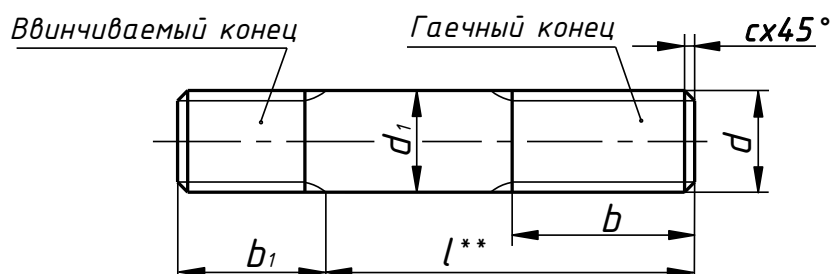
Рис. 4.47. Построение стандартных головок винтов: **а** – ГОСТ 1491-80 «Винты с цилиндрической головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры»; **б** – ГОСТ 17473-80 «Винты с полукруглой головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры»; **в** – ГОСТ 17474-80 «Винты с полупотайной головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры»; **г** – ГОСТ 17475-80 «Винты с потайной головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры»

4.5.1.2. Вычерчивание соединения шпилькой

Шпилька согласно ГОСТ 27017-86 «Изделия крепежные. Термины и определения» представляет собой стандартное резьбовое изделие в виде цилиндрического стержня с метрической резьбой на обоих концах и фасками (рис. 4.48). Средняя часть шпильки, не содержащая резьбу, предназначена для обхвата шпильки специальным инструментом при ее ввинчивании. Ввинчивают шпильку на всю длину выполненной на ней резьбы, включая сбег резьбы, и затягивают с определенным усилием. Чтобы это было возможным и шпилька не упиралась в конец резьбы в отверстиях, глухое отверстие в детали и резьбу в нем выполняют с запасом (рис. 4.49).

Стандартные шпильки

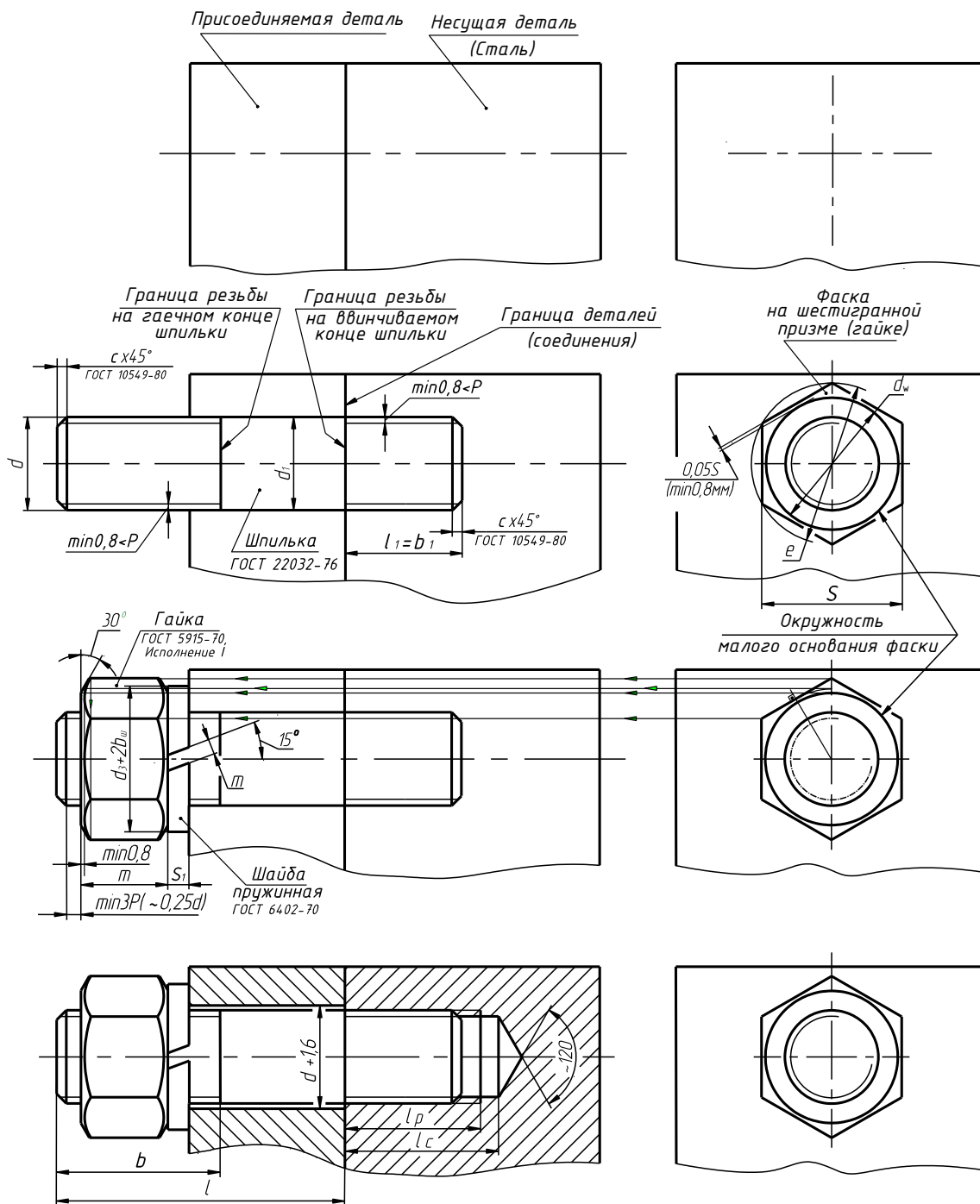
Исполнение 1



Материал детали, в которую ввинчивается шпилька	ГОСТ Шпильки класса точности В	Длина ввинчиваемого конца (с учетом сбега резьбы) b_1	$d=d_1$		
			16	20	24
			P-шаг крупный		
Сталь (Ст), бронза (Бр), латунь (Лат)	22032-76	1d	2	2,5	3
Ковкий (КЧ) и серый (СЧ) чугуны (допускается сталь, бронза)	22034-76	1,25d	20	25	30
Ковкий (КЧ) и серый (СЧ) чугуны (допускается сталь, бронза)	22036-76	1,6d	25	32	38
Легкие сплавы* (допускается сталь)	22038-76	2d	32	40	48
Легкие сплавы* (допускается сталь)	22040-76	2,5d	40	50	60
*Алюминиевый (Al), магниевый (Mg), цинковый и т.п. сплавы			Длина гаечного конца b		
**Длину шпилек выбирают из следующего ряда: 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 100, 110			38	46	54
			Фаска c		
			2,0	2,5	2,5

Рис. 4.48. Размеры стандартных шпилек для ввинчивания в различные материалы

1. Приступая к вычерчиванию, вначале определите стандарт на шпильку (ГОСТ), исходя из материала детали, в которую она должна быть ввинчена. Материал детали указан в табл. 4.1 или 4.2, в которой приведены исходные данные по вариантам. Для каждого материала предусмотрена шпилька с соответствующими размерами ввинчиваемого конца, приведенными на рис. 4.48 согласно стандарту.



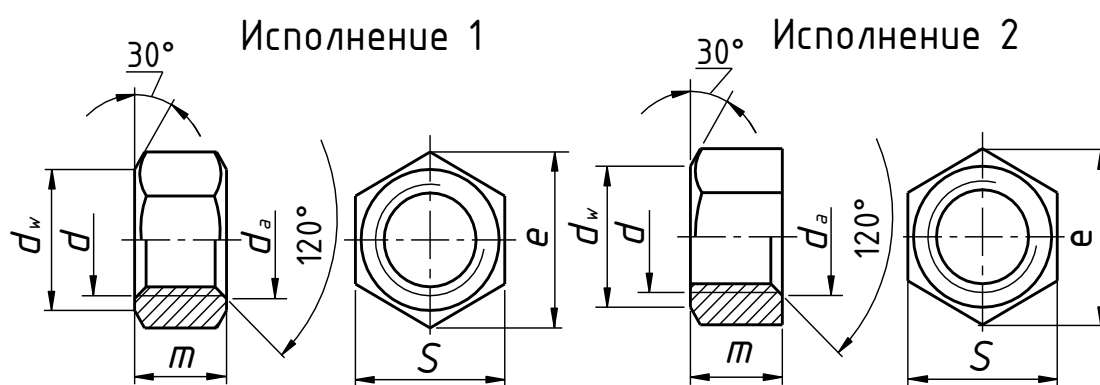
- $d=M$ - наружный диаметр резьбы ($d_1=d$ - диаметр шпильки)
 P - шаг резьбы (стандартный)
 l_1 - глубина ввинчивания шпильки (равна стандартной длине b_1 её ввинчиваемого конца с учетом сбега резьбы):
 $l_1=d$ (ГОСТ 22032-76) - сталь (Ст), бронза (Бр), латунь (Лд);
 $l_1=1,25d$ (ГОСТ 22034-76) или $1,6d$ (ГОСТ 22036-76) - ковкий (КЧ) и серый (СЧ) чугуны;
 $l_1=2d$ (ГОСТ 22038-76) или $2,5d$ (ГОСТ 22040-76) - легкие сплавы на основе алюминия (Ал) или магния (Мг)
 $l_p=l_1+(0,25...0,5)d$ - глубина резьбы в отверстии
 $l_c=l_1+(0,5...1,0)d$ - глубина резьбового отверстия
 b - длина гаечного конца шпильки (стандартная)
 l - длина шпильки (стандартная)

Рис. 4.49. Поэтапное построение чертежа соединения деталей стандартным резьбовым изделием – шпилькой (ГОСТ 22032-76) с использованием шестигранной гайки (ГОСТ 5915-70, исполнение I) и пружинной шайбы (ГОСТ 6402-70)

2. Определив размеры шпильки, изобразите ее в таком положении, чтобы граница резьбы на ее ввинчиваемом конце условно совпадала с общей границей соединяемых деталей (рис. 4.49). Информацию по определению других размеров выбранной шпильки, в зависимости от наружного диаметра резьбы, следует принимать по таблице, содержащей сведения из стандартов для различных материалов, приведенной на рис. 4.48.

3. Вычертите гайку вначале на виде слева, определив ее размеры по таблице, приведенной на рис. 4.50.

Стандартные гайки шестигранные класса точности В ГОСТ 5915-70



$$d_w = 0,9S$$

Резьба d , мм		16	20	24
Шаг резьбы (крупный)	P	2	2,5	3
Размер под ключ	S	24	30	36
Высота гайки	m	13	16	19
	e	26,2	33	39,6
	d_a	16 ÷ 17,3	20 ÷ 21,6	24 ÷ 25,9
	d_w не менее	22,0	27,7	33,2

Рис. 4.50. Размеры стандартных шестигранных гаек двух исполнений

Гайка имеет шестигранную форму как конструктивный элемент согласно ГОСТ 27017-86 «Изделия крепежные. Термины и определения» с расстоянием S между гранями, соответствующим стандартному зеву гаечного ключа (ГОСТ 6424-73 «Зев (отверстие), конец ключа и размер "под ключ"»). В зависимости от вида исполнения она может содержать фаску или с обеих сторон (исполнение 1), или с одной стороны (исполнение 2). В данном случае следует применить гайку исполнения 1 (рис. 4.50).

На виде слева начертите тонкой линией вспомогательную окружность диаметром e и разбейте ее на шесть равных частей, причем так, чтобы на главном виде отображались три грани гайки (рис. 4.49).

В полученный шестигранник впишите окружность такого диаметра d_w , чтобы между нею и сторонами шестигранника было расстояние в 0,8 мм. Эта окружность представляет собой меньшее основание конической фаски, выполняемой на гайке с двух сторон (в последующем при утолщении линий при оформлении чертежа надо следить, чтобы указанный зазор сохранялся).

Для изображения фаски гайки на главном виде выполните следующие построения, приведенные на рис. 4.49: определите по линиям связи положение ребер шестигранника; из крайних точек малого основания конуса постройте линии во внешние стороны под углом в 30° к основанию. Соедините полученные таким образом крайние точки на ребрах гайки между собой вспомогательной прямой линией. Эти точки, а также точки на двух оставшихся внутренних ребрах будут являться концами трех дуг – большой средней и двух крайних, вдвое меньших по ширине. Вершины же дуг будут лежать на одной прямой вспомогательной линии посередине между ребрами, отстоящей от линии, изображающей малое основание конуса фаски, на расстояние 0,8 мм. Фаску с противоположной стороны гайки постройте так же (в последующем при утолщении линий при оформлении чертежа надо следить, чтобы эти зазоры сохранялись). Указанные дуги с точки зрения начертательной геометрии являются гиперболами – сечениями конической поверхности плоскостями, параллельными оси ее вращения. Условно для упрощения построений их заменяют дугами окружности.

4. Между гайкой и деталью следует поместить стопорящую пружинную шайбу, выполняемую по ГОСТ 6402-70 «Шайбы пружинные. Технические условия».

Пружинная шайба изготавливается из закаленной стали, представляя собой незамкнутое кольцо – содержит сквозную прорезь согласно ГОСТ 27017-86 «Изделия крепежные. Термины и определения». При этом в свободном состоянии выполненные по краям прорези острые кромки разведены в противоположных направлениях (рис. 4.51). Этим обеспечивается фиксирование гайки от самопроизвольного отвинчивания – благодаря врезанию кромок шайбы при затягивании гайки с одной стороны в гайку, с другой – в деталь (рис. 4.49).

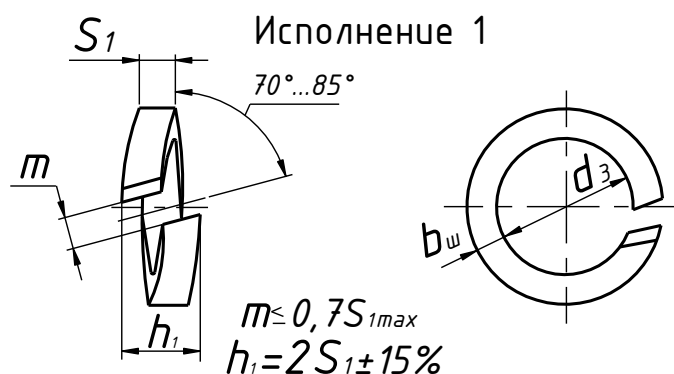
На чертеже *прорезь* шайбы следует изображать наклонно, повернув против часовой стрелки на угол в 15° к продольной оси (рис. 4.49).

5. Уточните по сделанным построениям длину гаечного конца l шпильки. Он должен выступать за торец гайки на расстояние, равное не менее трем шагам резьбы ($3P$). При этом уточненная в большую сторону его величина должна соответствовать одному из стандартных значений, приведенных в таблице на рис. 4.48.

6. Далее вычертите ту часть резьбового отверстия в несущей детали под шпильку, которая не будет ей закрыта (рис. 4.49). Для этого определите полную глубину отверстия, которая должна превышать глубину l_1 винчивания на величину $(0,5 \dots 1,0)d$, и определите глубину резьбы в отверстии $l_p = (0,25 \dots 0,5)d$. Граница резьбы в отверстии изображается толстой линией.

Наружный диаметр резьбы в отверстии изображается тонкими линиями, являющимися продолжением толстых линий, изображающих наружный диаметр резьбы на шпильке (сбег резьбы не изображается). Толстые линии, изображающие внутренний диаметр резьбы в отверстии, совпадают с тонкими линиями, изображающими внутренний диаметр резьбы на шпильке, являясь их продолжением. Эти линии продлеваются до конца отверстия, заканчивающегося конусом с углом при вершине в 120° (в действительности этот угол, соответствующий углу заточки сверла, может несколько отличаться от указанного значения и зависит от материала, в котором выполняется отверстие).

Стандартные шайбы пружинные, ГОСТ 6402-70



d (диаметр резьбы крепежной детали)	10	12	16	20	24
d_3	10,2	12,2	16,3	20,5	24,5
S	2	2,5	3	4	
$S_1 = b_{ш}$	2,5	3	3,5	4,5	5,5

Рис. 4.51. Размеры стандартных пружинных шайб исполнения 1

7. В завершение изобразите зазор между поверхностью цилиндрического отверстия в присоединяемой детали и стержнем шпильки (рис. 2.49). Согласно ГОСТ 2.303-68 «Линии» его величина должна составлять 0,8 мм, если в действительности, в соответствии с ГОСТ 11284-75 «Отверстия сквозные под крепежные детали. Размеры», она окажется меньше (в последующем при утолщении линий при оформлении чертежа этот зазор должен сохраняться). Если для крупных резьбовых изделий она окажется больше, то надо изобразить то, что получается по факту.

8. Завершите вид слева, изобразив толстой сплошной линией полную окружность, соответствующую наружному диаметру резьбы d , а тонкой линией – неполную окружность меньшего диаметра, соответствующую ее внутреннему диаметру, согласно условному изображению резьбы по ГОСТ 2.311-68 «Изображение резьбы». Между окружностями должно быть расстояние не менее 0,8 мм, если шаг резьбы P меньше этого значения,

и не более величины шага во всех других случаях. При этом внутреннюю окружность выполняют в $3/4$ окружности с разрывом линии в любом месте (разрыв не должен заканчиваться на центровых линиях, см. рис. 4.49).

4.5.1.3. Вычерчивание соединения болтом

Болт согласно ГОСТ 27017-86 «Изделия крепежные. Термины и определения» представляет собой стандартное резьбовое изделие в виде цилиндрического стержня с головкой шестигранной формы на одном конце и метрической резьбой с фаской на втором, согласно ГОСТ 7798-70 «Болты с шестигранной головкой класса точности В. Конструкция и размеры». Для образования соединения болт используют с другими крепежными изделиями: гайкой, а при необходимости и шайбой. В отличие от винта и шпильки, болт в данном задании свободно проходит через обе соединяемые детали, соосные отверстия в которых несколько больше по диаметру, чем диаметр стержня болта (рис. 4.52), согласно ГОСТ 11284-75 «Отверстия сквозные под крепежные детали. Размеры». Так же как и на гайке, шестигранник головки болта предназначен для захвата ключом со стандартным размером зева – параметр S (ГОСТ 6424-73 «Зев (отверстие), конец ключа и размер "под ключ"»).

1. Вычерчивание болта начните с вида слева – с шестигранника, разбив окружность диаметром e на шесть равных частей. Параметр e и другие размеры необходимо принимать по диаметру наружной резьбы d согласно своему варианту по таблице, приведенной на рис. 4.52. Затем впишите в шестигранник окружность диаметра D , которая будет находиться на удалении от сторон шестиугольника на расстоянии 0,8 мм (рис. 4.53). Эта окружность представляет собой меньшее основание конической фаски, выполняемой на головке болта с внешней стороны (в последующем при утолщении линий при оформлении чертежа надо следить, чтобы указанный зазор сохранялся).

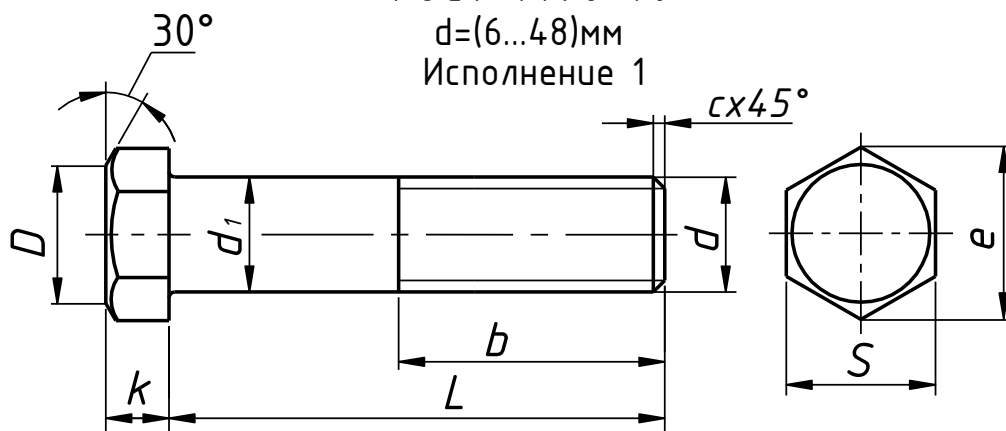
2. На главном виде выполните построения, приведенные на рис. 4.53: определите по линиям связи положение ребер шестигранника; из крайних точек малого основания конуса постройте линии во внешние стороны под углом в 30° к основанию. Соедините полученные таким образом крайние точки на ребрах между собой вспомогательной прямой линией. Эти точки, а также точки на двух оставшихся внутренних ребрах будут являться концами трех дуг – большой средней и двух крайних, вдвое меньших по ширине. Вершины же дуг будут лежать на одной прямой вспомогательной линии посередине между ребрами, отстоящей от линии, изображающей малое основание конуса фаски, на расстояние 0,8 мм (в последующем при утолщении линий при оформлении чертежа надо следить, чтобы эти зазоры сохранялись). Указанные дуги с точки зрения начертательной геометрии являются гиперболами – сечениями конической поверхности плоскостями, параллельными оси ее вращения. Условно для упрощения построений их заменяют дугами окружности.

Стандартные болты с шестигранной головкой

ГОСТ 7798-70

$d=(6...48)$ мм

Исполнение 1



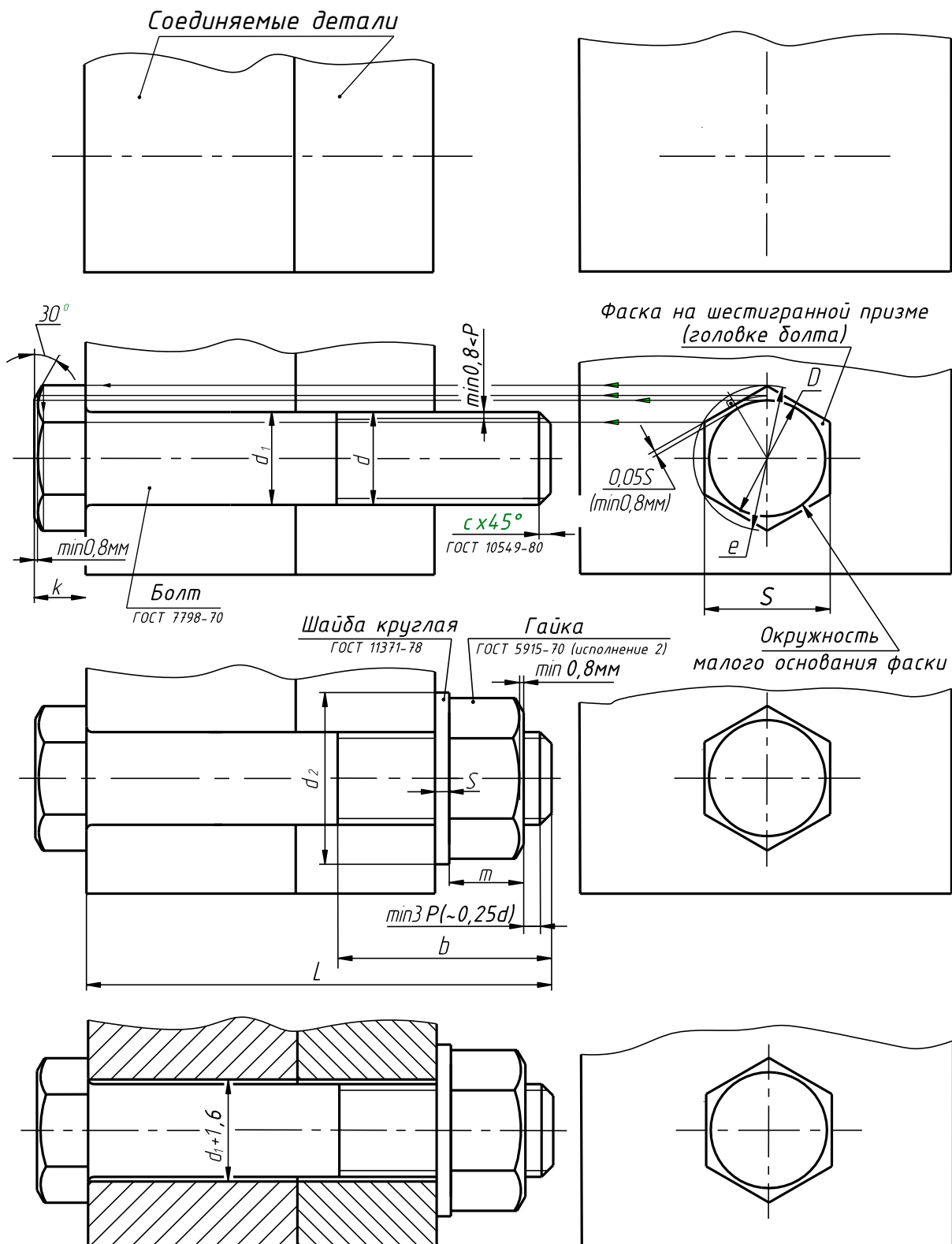
$$d_1=d; D=0,9S$$

Резьба d , мм		16	20	24
Шаг резьбы (крупный)	P	2	2,5	3
Размер под ключ	S	24	30	36
Высота головки болта	k	10	13	15
	e	26,2	33,0	39,6
Фаска резьбы	c	2	2,5	2,5
Длина болта, L		Длина резьбы, b		
80,90,100,110,120,130		38	46	54

Рис. 4.52. Размеры стандартных болтов с шестигранной головкой исполнения 1

3. По завершении построения головки болта приступите к вычерчиванию его цилиндрического стержня. Диаметр стержня d_1 примите равным размеру наружного диаметра резьбы d согласно варианту задания (оба эти диаметра равны только для болтов данного стандарта ГОСТ 7798-70). Завершить вычерчивание стержня можно только по завершении вычерчивания гайки и шайбы, чтобы вычислить его длину и длину резьбы.

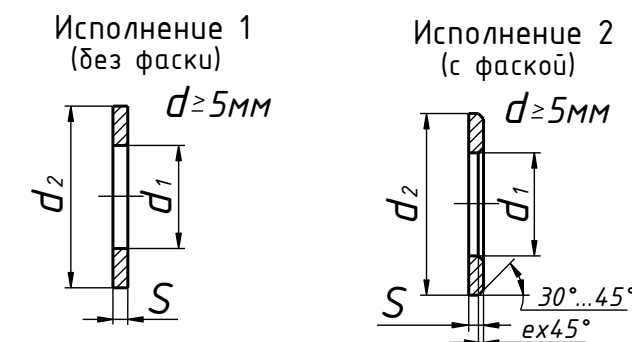
4. Шайбу в данном случае следует выбрать круглую плоскую исполнения 1 (без фаски) – ГОСТ 18123-82. «Шайбы. Общие технические условия» (рис. 4.54). Ее подкладывают под гайку, чтобы уменьшить давление на присоединяемую деталь при затягивании гайки и истирание детали при этом, согласно ГОСТ 27017-86 «Изделия крепежные. Термины и определения». С этой же целью следует применить гайку именно исполнения 2, у которой со стороны, не содержащей фаску, опорная поверхность больше, чтобы уменьшить давление и на шайбу, и на деталь (рис. 4.53 и 4.54).



$d=M$ – наружный диаметр резьбы ($d_1=d$ – диаметр болта)
 P – шаг резьбы (стандартный)
 b – длина резьбы на болте (стандартная)
 l – длина болта (стандартная)

Рис. 4.53. Поэтапное построение чертежа соединения деталей стандартным резьбовым изделием – болтом (ГОСТ 7798-70) с использованием шестигранной гайки (ГОСТ 9515-70, исполнение 2) и круглой шайбы (ГОСТ 11371-78)

Стандартные шайбы круглые, ГОСТ 11371-78



d (диаметр резьбы крепежной детали)	10	12	16	20	24
d₁ (класс точности А)	10,5	13	17	21	25
d₂	20	24	30	37	44
S	2	2,5	3		4
e	0,5 ÷ 1,0	0,6 ÷ 1,25	0,75 ÷ 1,5	0,75 ÷ 1,5	1,0 ÷ 2,0

Рис. 4.54. Размеры стандартных круглых шайб двух исполнений

5. Гайку исполнения 2, как указывалось, необходимо расположить стороной без фаски, повернутой к шайбе (рис. 4.53). Фаску на гайке постройте по тем же правилам, что и на гайке для шпильки (рис. 4.49) или так же, как фаску на головке болта (рис. 4.53), обращая внимание на то, чтобы при утолщении линий при оформлении чертежа на изображении фаски зазор между дугой и прямой линией оставался равным 0,8 мм.

6. Фаска на резьбе болта соответствует ГОСТ 10549-80 «Выход резьбы. Сбеги, недорезы, проточки и фаски». Она может быть начерчена только после определения длины болта *l*. Болт должен выступать за гайку на расстояние, равное не менее трем шагам резьбы на нем (*ЗР*). Но полученное значение следует увеличить на столько, чтобы длина болта, являясь стандартной величиной, соответствовала ближайшему круглому значению, приведенному в ГОСТ 7798-70 «Болты с шестигранной головкой класса точности В. Конструкция и размеры» (рис. 4.52). Завершив фаску и определив одно из ближайших приемлемых стандартных значений длины резьбы *b* на болте по таблице, приведенной на указанном рис. 4.52, изобразите сплошной толстой линией границу резьбы.

7. В завершение необходимо изобразить зазор между поверхностью общего отверстия в соединяемых деталях и пропущенным через них цилиндрическим стержнем болта. Величина этого зазора мала. Она устанавливается ГОСТ 11284-75 «Отверстия сквозные под крепежные детали. Размеры». Если значение диаметра отверстия по этому стандарту таково, что указанный зазор получается меньше 0,8 мм, то его изображают равным 0,8 мм. Если зазор получается больше этой величины, то изображают то, что получается по факту. Необходимость поступать так вытекает из требо-

ваний ГОСТ 2.303-68 «Линии» на минимально допустимое расстояние между близко расположенными линиями на чертеже.

4.5.1.4. Вычерчивание соединения штифтом

Штифт – крепежное изделие в виде цилиндрического или конического стержня, предназначенное для неподвижного соединения деталей. Штифт плотно вставляется в отверстие, проходящее через обе соединяемые детали, предотвращая их поперечное относительное смещение. Применение штифтов обеспечивает не только дополнительное крепление, но и точное взаимное положение соединяемых деталей, а также разгрузку применяемых совместно со штифтами резьбовых и других крепежных изделий, подвергающихся действию поперечно-направленных сил.

Вычерчивание штифтового соединения, используемого в вариантах графических работ № 1 (рис. 4.36 и 4.37), необходимо начинать с нанесения штрихпунктирной осевой линии, указывающей местоположение штифта (рис. 4.42), и определения по табл. 4.1 исходных данных: вида штифта (цилиндрический или конический), его диаметра d и длины l . Остальные параметры для вычерчивания того или иного штифтового соединения (рис. 4.55) необходимо принять по таблицам, приведенным на рис. 4.56 и 4.57.

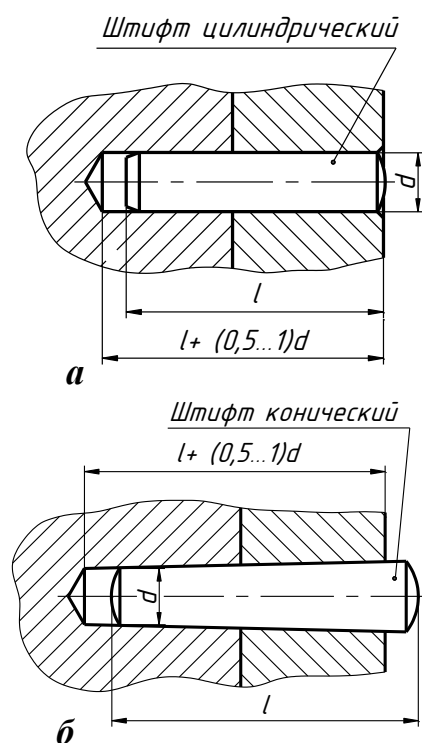


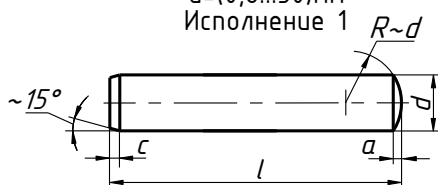
Рис. 4.55. Построение соединений деталей:
а – цилиндрическим штифтом (ГОСТ 3128-70, исполнение 1);
б – коническим штифтом (ГОСТ 3129-70, исполнение 2)

Стандартные штифты цилиндрические, незакаленные

ГОСТ 3128-70

$d=(0,6...50)$ мм

Исполнение 1



Диаметр d , мм	10	12	16
Фаска c	2	2,5	3
Величина выпуклости a	1,2	1,6	2
Длина болта, l	40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 80, 85		

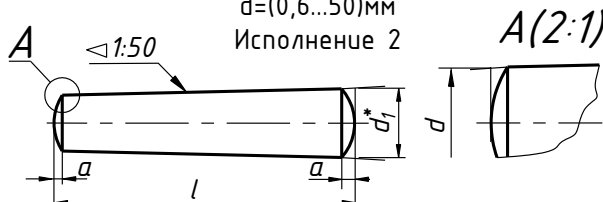
Рис. 4.56. Размеры стандартных цилиндрических штифтов исполнения 1

Стандартные штифты конические, незакаленные

ГОСТ 3129-70

$d=(0,6...50)$ мм

Исполнение 2



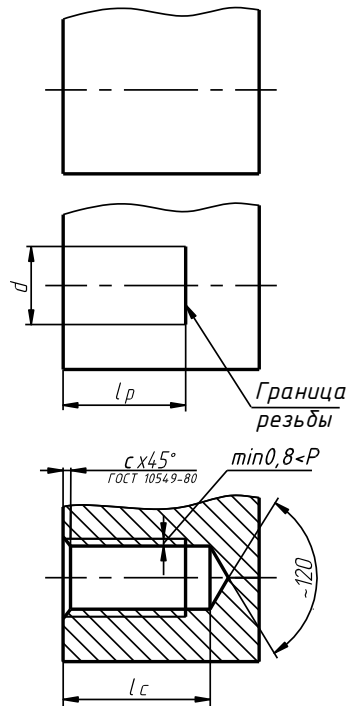
* Размер для справок $d_1=d+l/50$

Диаметр d , мм	10	12	16
Величина выпуклости a	1,2	1,6	2
Длина болта, l	40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 80, 85		

Рис. 4.57. Размеры стандартных конических штифтов исполнения 2

4.5.1.5. Вычерчивание резьбового отверстия

Для того чтобы изобразить резьбовое отверстие, необходимо, прежде всего, определить глубину ввинчивания l_1 в него некоего резьбового изделия. Как было рассмотрено на примерах шпильки и винта, эта величина зависит от материала, в котором изготавливается резьбовое отверстие. Информация для расчета необходимой глубины l_1 ввинчивания для различных материалов приведена на рис. 4.58. Глубина ввинчивания на изображениях резьбовых отверстий никак не отражается, а служит только для расчета глубины резьбы l_p и глубины отверстия l_c под нее.



$d=M$ - наружный диаметр резьбы

$l_p=l_1+(0,25...0,5)d$ - глубина резьбы в отверстии

$l_c=l_1+(0,5...1,0)d$ - глубина резьбового отверстия

l_1 - глубина ввинчивания:

$l_1=d$ - сталь (Ст), бронза (Бр), латунь (Лат);

$l_1=1,25d$ или $1,6d$ - ковкий (КЧ) и серый (СЧ) чугуны;

$l_1=2d$ или $2,5d$ - легкие сплавы на основе алюминия (Ал) или магния (Мг)

Рис. 4.58. Поэтапное построение изображения несквозного (глухого) резьбового отверстия на чертеже

Рассчитать глубину резьбы и полную глубину отверстия следует по тем же несложным зависимостям, что и для винта и шпильки (рис. 4.58): $l_p = l_1 + (0,25...0,5)d$; $l_c = l_1 + (0,5...1,0)d$. Основным определяющим параметром наряду с материалом детали при этом расчете является наружный диаметр резьбы d в отверстии, выбираемый согласно варианту задания по таблице исходных данных (табл. 4.1 или 4.2).

Размер фаски c резьбы в отверстии выбирается по табличным данным, приведенным на рис. 4.45, в зависимости от шага резьбы для того или ино-

го ее наружного диаметра (в данной графической работе необходимо использовать крупный шаг).

Если отверстие является глухим (несквозным), то его заканчивают конусом в 120° при вершине. Этот конус оставляет сверло при изготовлении отверстия, то есть он – это неизбежное последствие сверления. Для различных материалов сверло затачивают под разными углами с целью обеспечения оптимальных условий резания. Необходимая величина этого угла в каждом конкретном случае отличается от указанного значения несущественно (в несколько градусов в ту или другую сторону). Это и является основанием изображать конус в конце отверстия именно такой, приблизительно средней, величины, тем более что на чертежах его значение не принято указывать вовсе, если конус не изготавливается специально для каких-то других целей.

Вопросы и задания

1. Назовите стандартные изделия, которые могут применяться в качестве крепежных для соединения деталей?
2. Охарактеризуйте каждый вид стандартных изделий для соединения.
3. Охарактеризуйте соединение деталей болтом и упрощенное (без класса прочности, покрытия, поля допуска и др.) обозначение входящих в него крепежных изделий.
4. Охарактеризуйте соединение деталей шпилькой и упрощенное обозначение входящих в него крепежных изделий.
5. Как определяется длина шпильки и номер ГОСТа для ее стандартного обозначения?
6. Охарактеризуйте назначение ввинчиваемого и гаечного концов шпильки.
7. Охарактеризуйте соединение деталей винтами и упрощенное обозначение входящих в него крепежных изделий.
8. Какой формы выполняют головки винтов в соответствии со стандартами?
9. Охарактеризуйте назначение различных форм головок винтов.
10. Что входит в длину винта, приводимую в его обозначении, у различных видов винтов (в зависимости от формы головки)?
11. Поясните назначение штифтов, применяемых в соединениях деталей стандартными изделиями.
12. Как рассчитывается глубина глухого резьбового отверстия?
13. Какие детали изображают в продольных разрезах *нерассеченными* (см. рис. 4.59)?

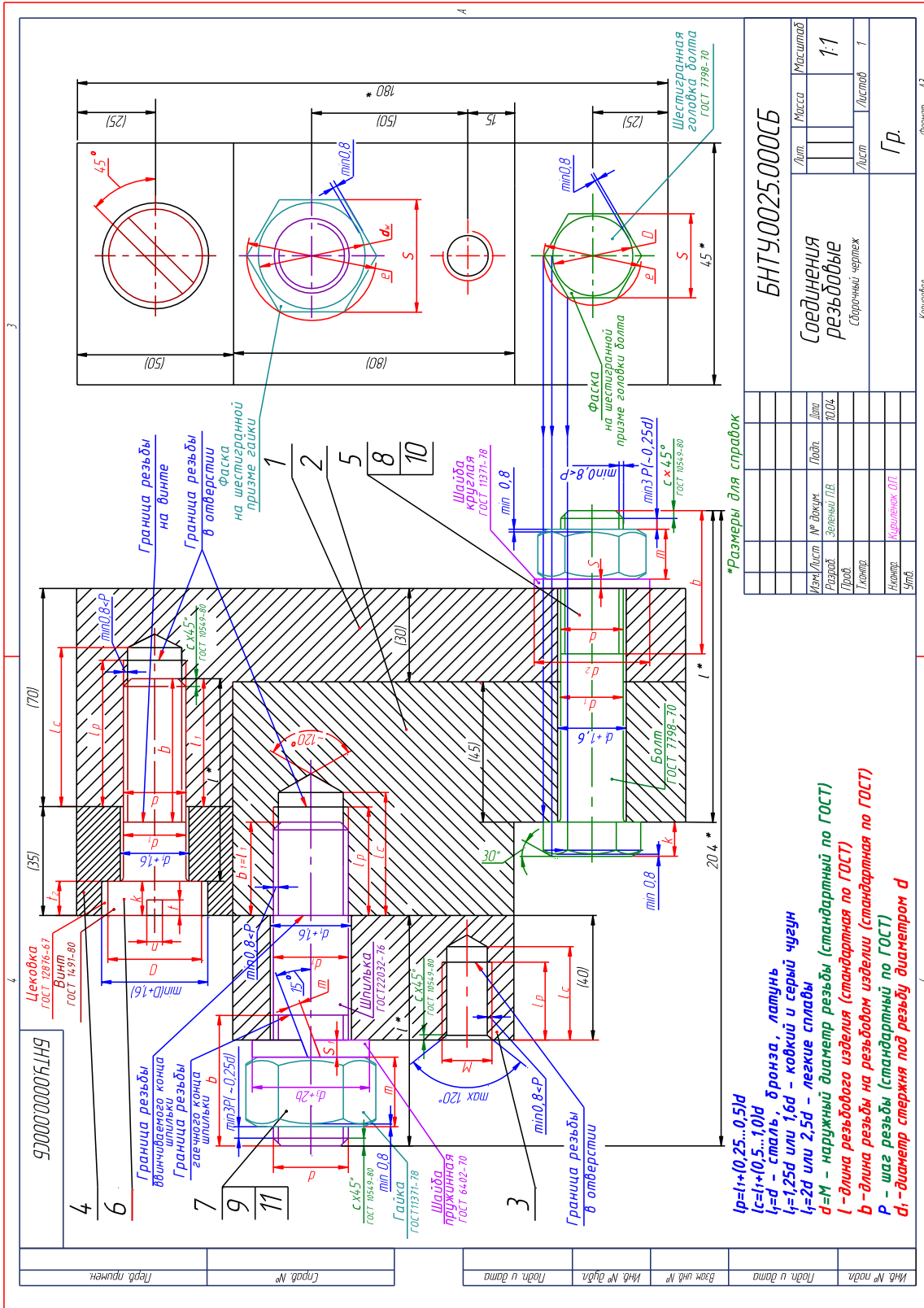


Рис. 4.59. Объединенная схема выполнения графической работы «Соединения резьбовые»

4.6. Графическая работа «Конструкторские документы на изделие – спецификация и сборочный чертеж»

4.6.1. Условности и упрощения при изображении крепежных изделий на чертежах сборочных единиц

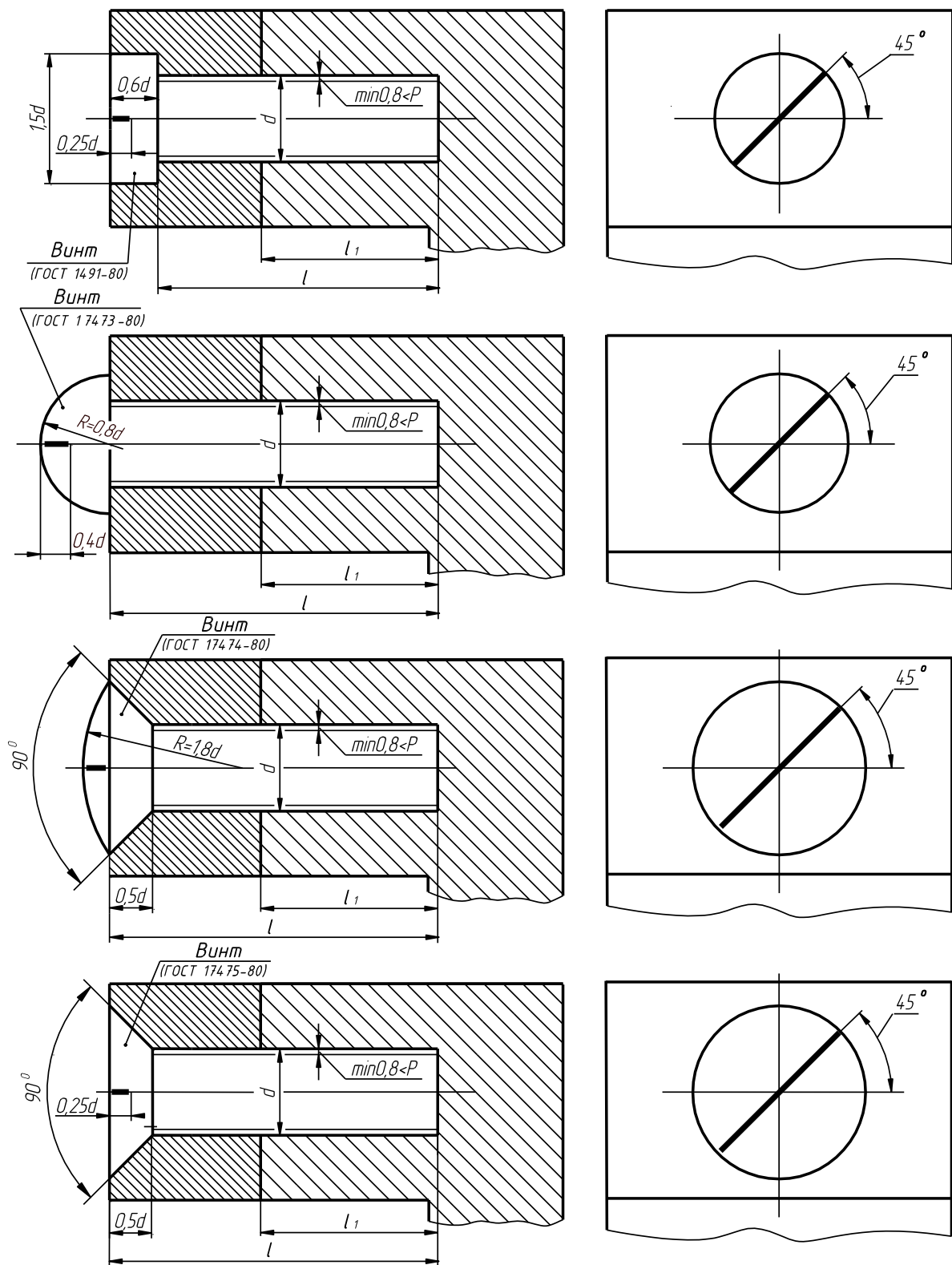
На сборочных чертежах резьбовые детали, поскольку они являются стандартными, принято изображать с условностями и упрощениями согласно ГОСТ 2.315-68 «Изображения упрощенные и условные крепежных деталей». Саму резьбу, как было рассмотрено, условно изображают тонкими линиями – по внутреннему диаметру на стержнях или по наружному диаметру в отверстиях.

Дополнительные упрощения на сборочных чертежах заключаются в том, что не изображают фаски резьбы, а также фаски на гайках и головках болтов и винтов, на шайбах. Не изображают зазоры между цилиндрическим стержнем резьбового изделия и поверхностью отверстия, через которое то пропущено. Границу резьбы в отверстии показывают без запаса глубины отверстия.

Для упрощения построений размеры стандартных крепежных изделий допускается принимать не по справочным таблицам ГОСТ, а вычислять по отношению к наружному диаметру резьбы d . В этом случае они соответствуют справочным приблизительно.

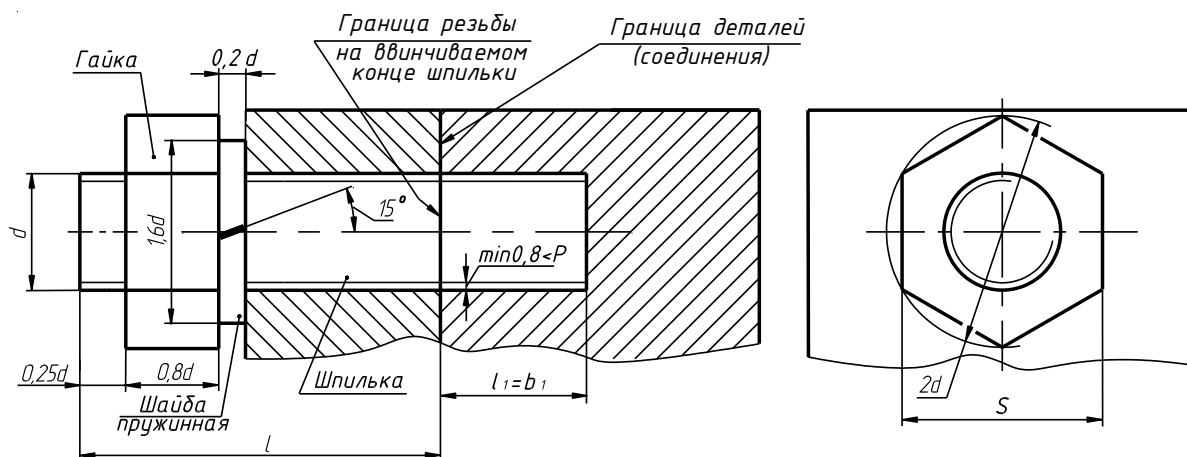
На рис. 4.60–4.62 приведены упрощенные изображения ряда стандартных крепежных изделий в соединениях, выполненные по приблизительным относительным размерам. С примененными условностями и упрощениями показаны соединения всеми теми крепежными изделиями, которые приведены в рассмотренных выше вариантах графических работ – винтами с различной формой головки (рис. 4.60), шпилькой с шестигранной гайкой и стопорящей пружинной шайбой (рис. 4.61) и болтом с шестигранной гайкой и плоской круглой шайбой (рис. 4.62).

На рис. 4.63 приведено изображение резьбы в глухом отверстии со всеми условностями и упрощениями, выполняемыми по ГОСТ 2.311-68 «Изображение резьбы».



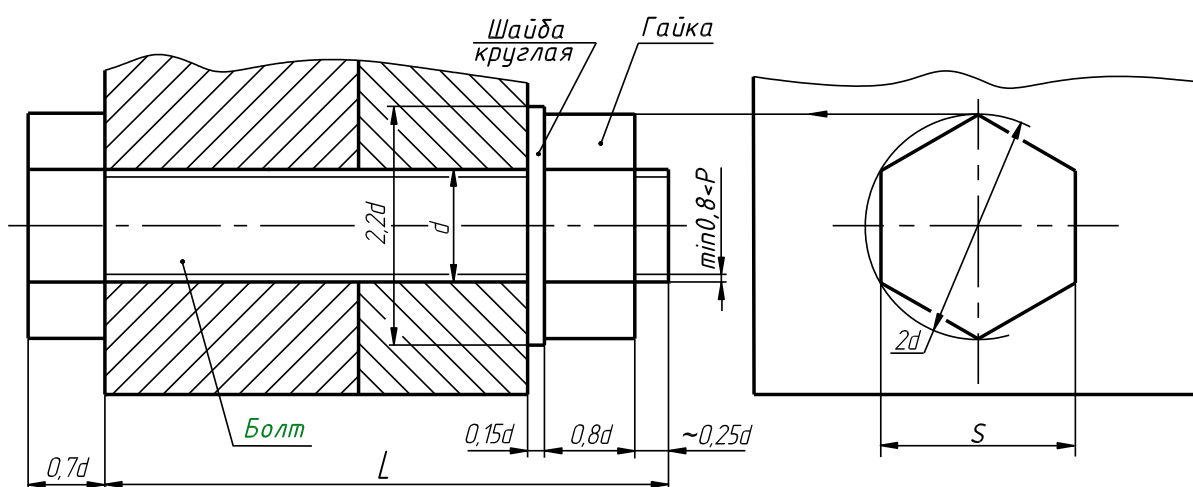
$d=M$ - наружный диаметр резьбы ($d_1=d$ - диаметр винта)
 P - шаг резьбы (стандартный)
 l_1 - глубина ввинчивания винта:
 $l_1=d$ - сталь (Ст), бронза (Бр), латунь (Лд);
 $l_1=1,25d$ или $1,6d$ - ковкий (КЧ) и серый (СЧ) чугуны;
 $l_1=2d$ или $2,5d$ - легкие сплавы на основе алюминия (Al) или магния (Mg)
 l - длина винта (стандартная)

Рис. 4.60. Упрощенные изображения соединений деталей винтами с различной формой головки на сборочных чертежах по относительным размерам



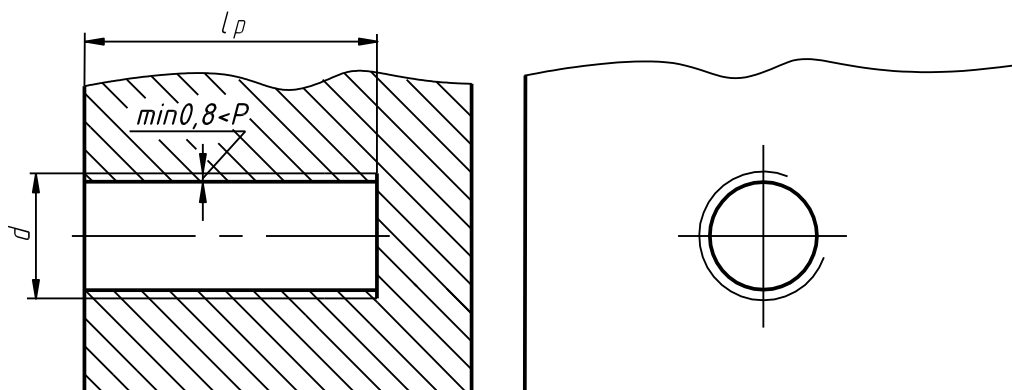
$d=M$ – наружный диаметр резьбы ($d_1=d$ – диаметр шпильки)
 P – шаг резьбы (стандартный)
 l_1 – глубина ввинчивания шпильки (равна стандартной длине b_1 её ввинчиваемого конца с учетом сбега резьбы):
 $l_1=d$ (ГОСТ 22032-76) – сталь (Ст), бронза (Бр), латунь (Лд);
 $l_1=1,25d$ (ГОСТ 22034-76) или $1,6d$ (ГОСТ 22036-76) – ковкий (КЧ) и серый (СЧ) чугуны;
 $l_1=2d$ (ГОСТ 22038-76) или $2,5d$ (ГОСТ 22040-76) – легкие сплавы на основе алюминия (Ал) или магния (Мг)
 l – длина шпильки (стандартная)

Рис. 4.61. Упрощенное изображение соединения деталей шпилькой с шестигранной гайкой и пружинной шайбой на сборочных чертежах по относительным размерам



$d=M$ – наружный диаметр резьбы
 P – шаг резьбы
 S – размер под ключ
 l – длина болта

Рис. 4.62. Упрощенное изображение соединения деталей болтом с шестигранной гайкой и круглой шайбой на сборочных чертежах по относительным размерам



$d=M$ - наружный диаметр резьбы
 $l_p=l_1+(0,25\dots 0,5)d$ - глубина резьбы в отверстии
 l_1 - глубина ввинчивания:
 $l_1=d$ - сталь (Ст), бронза (Бр), латунь (Лат);
 $l_1=1,25d$ или $1,6d$ - ковкий (КЧ) и серый (СЧ) чугуны;
 $l_1=2d$ или $2,5d$ - легкие сплавы на основе алюминия (Ал) или магния (Мг)

Рис. 4.63. Упрощенное изображение резьбового отверстия на сборочных чертежах

4.6.2. Чертежи сборочных единиц как составная часть комплекта конструкторской документации к основному конструкторскому документу – спецификации

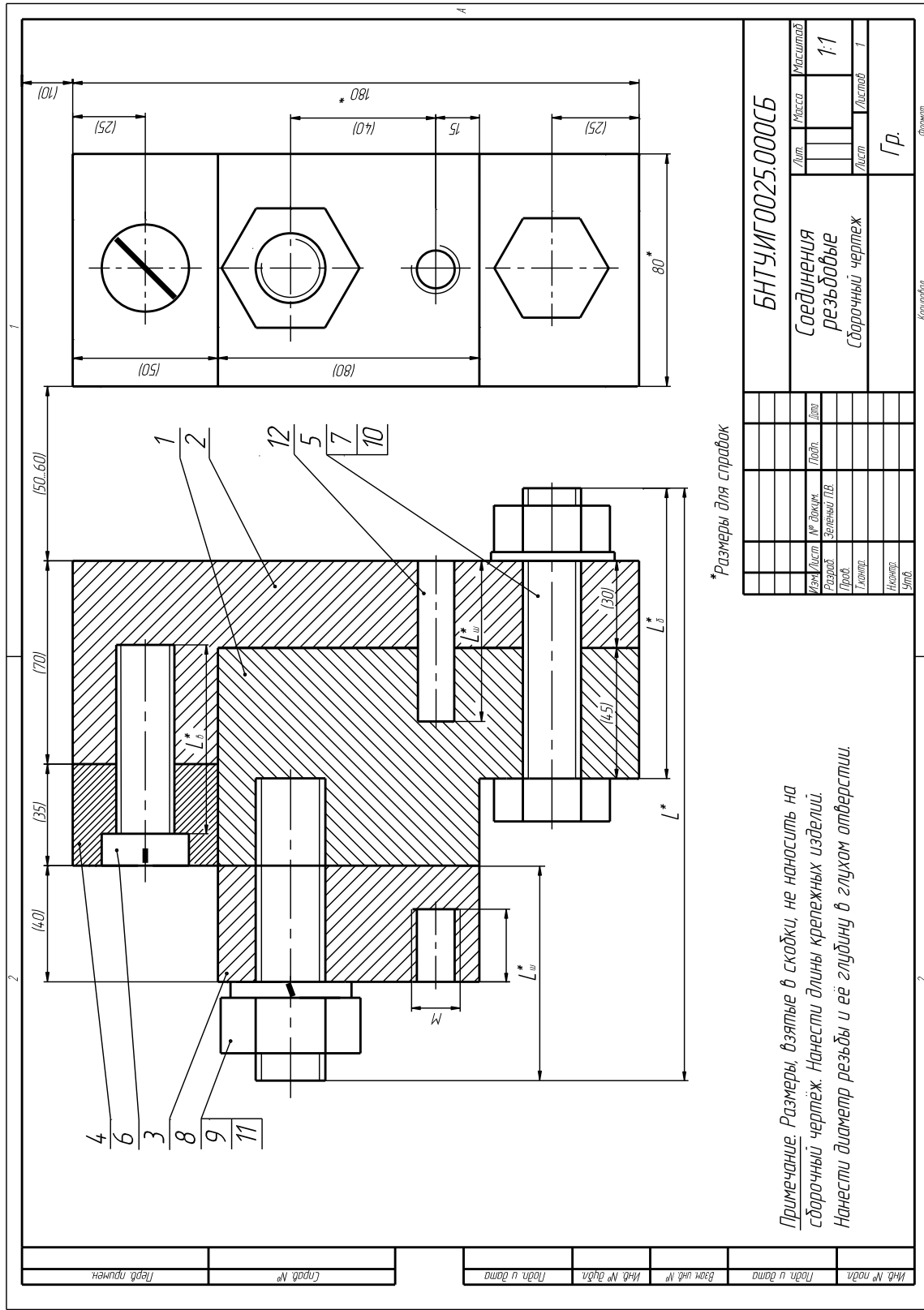
Соединения посредством стандартных резьбовых крепежных изделий – основной способ сборки деталей наряду с другими видами соединений. Согласно ГОСТ 2.102-2013 «Виды и комплектность конструкторских документов», сборочные чертежи входят в комплект конструкторской документации, прилагаемой к такому конструкторскому документу, как спецификация (рис. 4.64).

В соответствии с указанным ГОСТ 2.102-2013, спецификация является основным конструкторским документом на изделие, определяя состав сборочной единицы (рис. 4.65). Сборочный чертеж является подчиненным документом, входя в комплект конструкторских документов, прилагаемых к ней. Сборочный чертеж – это документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля (рис. 4.66).

Несмотря на указанную подчиненность, на практике вначале разрабатывают сборочный чертеж, другие конструкторские документы основного комплекта и только затем составляют спецификацию и прикладывают к ней эти чертежи.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документация</u>						
A3			БНТУ.ИГО025.000 СБ	Сборочный чертеж		
<u>Детали</u>						
A4	1		БНТУ.ИГО025.001	Корпус	1	
A4	2		БНТУ.ИГО025.002	Крышка	1	
A4	3		БНТУ.ИГО025.003	Накладка	1	
A4	4		БНТУ.ИГО025.004	Пластина	1	
<u>Стандартные изделия</u>						
	5			Болт М20х100 (S30)		
				ГОСТ 7798-70	1	
	6			Винт М20х65		
				ГОСТ 1491-80	1	
	7			Гайка ГОСТ 5915-70		
				М20 (S30)	1	
	8			М24 (S36)	1	
	9			Шайба 24.65Г		
				ГОСТ 6402-70	1	
	10			Шайба 20		
				ГОСТ11371-78	1	
	11			Шпилька М24х70		
				ГОСТ 22038-76	1	
	12			Штифт 12х55		
				ГОСТ 3128-70	1	
БНТУ.ИГО025.000						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Зелёный П.В.			Лит.	Лист
Проб.						Листов
Н. контр.						1
Утв.					Гр.	
				Соединения резьбовые		

Рис. 4.65. Образец выполнения спецификации – основного конструкторского документа на изделие «Соединения резьбовые», приведенного на рис. 4.66



269 Рис. 4.66. Образец выполнения сборочного чертежа – подчиненного спецификации конструкторского документа (к спецификац. на рис. 4.65)

4.6.2.1. Сборочный чертеж

Назначение сборочного чертежа и его содержание

По сборочному чертежу изделия рабочий должен, прежде всего, правильно понять принцип работы устройства, определить положение его составных частей, их взаимодействие. Затем убедиться в том, что на сборку поступили требуемые детали, прочесть монтажные размеры, уяснить, как соединяются детали, выяснить размеры, необходимые для дополнительной обработки в процессе сборки, определить технические условия на испытания, разобраться с подвижностью деталей, установить вид покрытия и т. д.

Сборочный чертеж согласно ГОСТ 2.109-73 «Основные требования к чертежам» должен содержать:

- изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и обеспечивающее возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы;
- размеры и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу;
- номера позиций составных частей, входящих в изделие;
- габаритные, установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры.

Выбор и выполнение изображений

Изображения (виды, разрезы, сечения) располагают на сборочных чертежах так же, как и на чертежах деталей – в проекционной связи согласно ГОСТ 2.305-68 «Изображения – виды, разрезы, сечения».

Количество изображений на сборочном чертеже должно быть минимальным, но достаточным, чтобы дать представление о расположении и взаимной связи составных частей изделия, соединяемых по данному чертежу и обеспечивающих возможность осуществления сборки (изготовления) и контроля изделия.

Изображение простых изделий следует ограничивать одним видом или разрезом, если его достаточно для осуществления сборки. Сборочный чертеж не должен содержать тех изображений, которые даны только для выявления формы и размеров элементов деталей (эти изображения типичны для чертежей общего вида и необходимы для разработки рабочей документации). Однако в практике встречаются сборочные чертежи, которые ничем не отличаются от чертежей общего вида, так как все изображения, поясняя взаимное расположение деталей и способы их соединения, одновременно выявляют и форму всех элементов деталей.

Штриховку смежных сечений деталей на сборочном чертеже выполняют в противоположных направлениях и под углом 45° , или со сдвигом штриховки, или с изменением расстояния между штрихами (ГОСТ 2.306-68

«Обозначения графических материалов и правила их нанесения на чертежах»). Обязательно одну и ту же деталь штрихуют в одном направлении на всех изображениях.

Болты (без отверстий облегчения), винты, шпильки, гайки, шайбы, заклепки, стержни, сплошные валы, шпиндели, рукоятки, шпонки, шарики изображают в продольных разрезах нерассеченными согласно ГОСТ 2.305-68 «Изображения – виды, разрезы, сечения».

Линии невидимого контура на сборочных чертежах применяют только для изображения простых (невидимых) элементов, когда выполнение разрезов не упрощает чтение чертежа, а увеличивает его трудоемкость.

На сборочном чертеже подвижные детали показывают, как правило, в рабочем положении. Крайние и промежуточные положения механизма или отдельных частей устройства изображают штрихпунктирной линией с двумя точками толщиной от $S/3$ до $S/2$ по контуру (ГОСТ 2.303-68 «Линии»).

Все составные части сборочной единицы на сборочном чертеже нумеруют в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации сборочной единицы, то есть вначале заполняют спецификацию, а потом переносят номера позиций на сборочный чертеж изделия.

Нанесение номеров позиций составных частей сборочной единицы

Номера позиций деталей и других составных частей изделия указывают на полках линий-выносок, выполняемых тонкими сплошными линиями, проводимых от изображений составных частей согласно ГОСТ 2.109-73 «Основные требования к чертежам». При этом в начале линии на изображении составной части изделия, к которой она относится, ставится точка. При узких изображениях составной части изделия точку заменяют стрелкой. Номера позиций располагают параллельно основной надписи вне контура изображения на расстоянии не менее 30 мм и группируют в строчку или колонку (по возможности) на одной линии (рис. 4.66).

Размер шрифта, которым выполняют номера позиций, должен быть на один-два номера больше размера шрифта, принятого для размерных чисел на данном чертеже. Линии-выноски не должны быть параллельными линиям штриховки разрезов и сечений и не должны пересекаться между собой и пересекать (по возможности) размерные и выносные линии, изображения других составных частей изделия (рис. 4.66). Допускается их выполнять с одним изломом.

Допускается проводить общую линию-выноску с вертикальным расположением номеров позиций для группы крепежных изделий (болт, гайка, шайба), относящихся к одному и тому же месту крепления, причем на верхней полке указывают номер позиции той детали, на изображении которой линия-выноска начинается точкой или стрелкой (рис. 4.66).

Краткие сведения о составной части приводят в спецификации.

Нанесение размеров и обозначений на сборочных чертежах

Простановка размеров на сборочных чертежах обусловлена расчетом, компоновкой, требованиями технологии и условиями эксплуатации изделия. Назначая их, конструктор тем самым требует точного их исполнения в процессе сборки или точной взаимосвязи, согласования всех составных частей.

Размеры на сборочных чертежах можно отнести к двум группам:

– размеры, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу, то есть все исполнительные размеры, характеризующие эксплуатационные параметры изделия: ход поршня, клапана и т. п.;

– размеры, не подлежащие выполнению по данному сборочному чертежу и указываемые для большего удобства пользования чертежом, обычно справочные размеры, такие как:

1) *габаритные*, определяющие предельные внешние (внутренние) очертания изделия, например высоту, длину, ширину или его наибольший диаметр;

2) *установочные и присоединительные* размеры, определяющие величины элементов, по которым данное изделие устанавливают на месте монтажа или присоединяют к другому изделию, например размеры центровых окружностей на фланцах, по которым расположены крепежные отверстия, и диаметры этих отверстий, расстояния между отверстиями, присоединительные размеры резьбы и др.;

3) *характерные* (директивные) размеры, например размеры плеч рычагов и рукояток, диаметры штурвалов (маховичков), диаметры отверстий и размеры резьб для присоединения трубопроводов, по которым подается рабочее тело (жидкость или газ) и др.

Габаритные, установочные, присоединительные, эксплуатационные размеры и размеры, характеризующие положения движущихся частей изделия, относятся к справочным и сопровождаются надписью «*Размеры для справок*» над основной надписью (рис. 4.66). При наличии на сборочном чертеже и рабочих размерах все справочные размеры отмечаются знаком «*» и с этого же знака начинают указанную надпись – «* *Размеры для справок*» (рис. 4.66).

Размеры стандартных крепежных изделий можно узнать по номеру позиции на сборочном чертеже и по их обозначению в спецификации.

Заполнение основной надписи сборочного чертежа

Сборочные чертежи содержат ту же основную надпись, что и чертежи деталей согласно ГОСТ 2.104-2006 «Основные надписи», в соответствующих графах которой приводятся важные технические сведения и обозначения. Содержание, расположение и размеры граф основных надписей должны соответствовать форме 1 (рис. 4.66). Для последующих листов чертежа допускается применять форму 2а (не приведена).

В графе основной надписи, где приводится буквенно-цифровое обозначение сборочного чертежа (рис. 4.66), в конце наносят прописные буквы **СБ**, но в основной надписи спецификации (рис. 4.65) эти буквы приводить не надо.

4.6.2.2. Спецификация

Назначение спецификации

Спецификация является обязательным основным конструкторским документом на изделие. В соответствии с ГОСТ 2.106-96 «Текстовые документы» спецификация – текстовый документ, определяющий состав сборочной единицы и разработанной для нее рабочей конструкторской документации, необходимый для комплектования конструкторских документов, подготовки производства, изготовления изделия и планирования запуска производства.

Спецификацию составляют на каждую сборочную единицу на отдельных листах формата А4 по установленным формам (форма 1 – заглавный лист, приведена на рис. 4.64).

В спецификацию вносят составные части, которые входят в специфицируемое изделие, и конструкторские документы, относящиеся к этому изделию и к его составным частям, не входящим в данную спецификацию (рис. 4.65).

По спецификации узнают, сколько наименований составных частей поступят на сборку, сколько из них изготавливаются по чертежам, сколько являются стандартными, в частности крепежными, входят ли в изделие предварительно собранные другие сборочные единицы, какое количество каждого наименования составных частей.

Форма спецификации, ее разделы и графы, содержание разделов и их заполнение

В случае простых изделий спецификация состоит из следующих разделов, которые располагают в такой последовательности:

- документация;
- детали;
- стандартные изделия;
- материалы.

Наименование каждого раздела указывают в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивают (рис. 4.65). Ниже каждого заголовка оставляют свободную строку, а в конце каждого раздела – не менее одной строки для возможных дополнительных записей. Ширина строк – не менее 8 мм.

В раздел «Документация» вносят документы, которые составляют основной комплект конструкторских документов специфицируемого изделия (для простых изделий – только сборочный чертеж).

В раздел «Детали» вносят все нестандартные (оригинальные) детали, непосредственно входящие в специфицируемое изделие. Запись деталей производят в порядке возрастания цифр, входящих в их обозначение (рис. 4.65).

В раздел «Стандартные изделия» вносят изделия, примененные по государственным, отраслевым стандартам. В пределах каждой категории стандартов запись производят по группам изделий, объединяемых по функциональному назначению (крепежные изделия, подшипники и т. п.), в пределах группы – в алфавитном порядке наименований (например болты, винты, гайки, шпильки, шпильки), в пределах каждого наименования – в порядке возрастания обозначений стандартов, а в пределах каждого обозначения – в порядке возрастания основных параметров, например диаметра, длины (рис. 4.65).

В раздел «Материалы» записываются материалы, непосредственно входящие в сборочную единицу, в следующей последовательности: металлы черные, металлы цветные, провода, пластмассы, бумажные и текстильные материалы, резиновые, кожевенные и т. д.

В графе «Формат» указывают форматы документов, обозначения которых записаны в графе «Обозначение».

В графе «Зона» указывают обозначение зоны, в которой находится номер позиции составной части изделия (при разбивке поля чертежа на зоны).

В графе «Поз.» указывают порядковые номера составных частей изделия в последовательности записи их в спецификации. Для раздела «Документация» графу не заполняют (рис. 4.65).

В графе «Обозначение» в разделе «Документация» указывают обозначение записываемых документов, в разделе «Детали» – обозначение основных конструкторских документов. В разделах «Стандартные изделия» и «Материалы» графы «Формат» и «Обозначение» не заполняют (рис. 4.65).

В графе «Наименование» в разделе «Документация» указывают только наименования документов, в частности «Сборочный чертеж», а в разделе «Детали» – наименования деталей в соответствии с основными надписями на их чертежах.

В разделах «Стандартные изделия» и «Материалы» записывают наименования и обозначения в соответствии со стандартами на них.

Наименования деталей записывают в именительном падеже единственного числа. Если наименование состоит из двух слов, то на первом месте пишут имя существительное.

В графе «Кол.» указывают количество деталей на одно изделие (рис. 4.65).

Заполнение основной надписи спецификации

Спецификация согласно ГОСТ 2.104-2006 «Основные надписи» содержит на заглавном листе основную надпись формы 2 (рис. 4.64), а на последующих листах – формы 2а и 2б (не изображены).

4.6.3. Задание, исходные данные по вариантам и образцы выполнения графической работы «Конструкторские документы на изделие – спецификация и сборочный чертеж»

Для выполнения данной графической работы используйте предыдущую графическую работу, максимально применив все условности и упрощения, используемые на сборочных чертежах. Используйте тот же вариант выполненной графической работы, указываемый преподавателем – один из 6 образцов, отличающихся друг от друга полнотой применения резьбовых крепежных изделий в соединении деталей (рис. 4.36–4.41).

Вначале составьте спецификацию как основной конструкторский документ, определяющий состав данного изделия «Соединения резьбовые», представляющий собой текст, разбитый на графы по форме 1 (заглавный лист*), регламентированной ГОСТ 2.106-96 «Текстовые документы». Текстовую часть спецификации выполните в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам» чертежным шрифтом согласно ГОСТ 2.304-81 «Шрифты чертежные» (рис. 4.65, 4.67, 4.69, 4.71, 4.73 и 4.75).

Выполните сборочный чертеж резьбового соединения, вычерчивая крепежные изделия по относительным к наружному диаметру резьбы d размерам. При этом максимально используйте рассмотренные условности и упрощения, предусмотренные ГОСТ 2.315-68 «Изображения упрощенные и условные крепежных деталей» (рис. 4.66, 4.68, 4.70, 4.72, 4.74 и 4.76).

Нанесите номера позиций составных частей сборочной единицы в соответствии с ГОСТ 2.109-73 «Основные требования к чертежам».

Нанесите размеры, предусматриваемые этим ГОСТ на сборочных чертежах.

Задание:

1. Получите первоначальные навыки выполнения и оформления сборочных чертежей.

2. Изучите и научитесь применять упрощения и условности на сборочных чертежах, в частности упрощенные изображения крепежных деталей (рис. 4.66, 4.68, 4.70, 4.72, 4.74 и 4.76).

3. Получите навыки оформления и заполнения спецификации к сборочному чертежу (форма 1, рис. 4.64).

Графическую работу выполните на белой чертежной бумаге, соблюдая установленные стандартами требования: заглавный лист спецификации** – на формате А4 (форма 1, рис. 4.65, 4.67, 4.69, 4.71, 4.73 и 4.75); сборочный чертеж – на формате А3 (рис. 4.66, 4.68, 4.70, 4.72, 4.74 и 4.76).

* Объем задания в соответствии с приведенными образцами определяет преподаватель.

** Ввиду малого количества деталей, входящих в специфицируемое изделие, следующие листы спецификации (форма 1а) оформлять не понадобится.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документация</u>						
A3			БНТУ.ИГО0025.000 СБ	Сборочный чертеж		
<u>Детали</u>						
A4	1		БНТУ.ИГО0025.001	Корпус	1	
A4	2		БНТУ.ИГО0025.002	Крышка	1	
A4	3		БНТУ.ИГО0025.003	Накладка	1	
A4	4		БНТУ.ИГО0025.004	Пластина	1	
<u>Стандартные изделия</u>						
	5			Болт М20х100 (S30)		
				ГОСТ 7798-70	1	
	6			Винт М20х75		
				ГОСТ 17473-80	1	
	7			Гайка ГОСТ 5915-70		
				2М20 (S30)	1	
	8			М24 (S36)	1	
	9			Шайба 24.65Г		
				ГОСТ 6402-70	1	
	10			Шайба 20		
				ГОСТ11371-78	1	
	11			Шпилька М24х70		
				ГОСТ 22038-76	1	
	12			Штифт 2.12х55		
				ГОСТ 3129-70	1	
			БНТУ.ИГО0025.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Зелёный П.В.			Лит.	Лист
Проб.						Листов
Н. контр						1
Утв.					Гр.	
				Соединения резьбовые		

Рис. 4.67. Образец выполнения спецификации – основного конструкторского документа на изделие «Соединения резьбовые», приведенного на рис. 4.68

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документация</u>						
A3			БНТУ.ИГО025.000 СБ	Сборочный чертеж		
<u>Детали</u>						
A4	1		БНТУ.ИГО025.001	Корпус	1	
A4	2		БНТУ.ИГО025.002	Крышка	1	
A4	3		БНТУ.ИГО025.003	Накладка	1	
A4	4		БНТУ.ИГО025.004	Пластина	1	
<u>Стандартные изделия</u>						
	5			Болт М20х100 (S30)		
				ГОСТ 7798-70	1	
	6			Винт М20х75		
				ГОСТ 17474-80	1	
				Гайка ГОСТ 5915-70		
	7			2М20 (S30)	1	
	8			М24 (S36)	1	
	9			Шайба 24.65Г		
				ГОСТ 6402-70	1	
	10			Шайба 20		
				ГОСТ11371-78	1	
	11			Шпилька М24х70		
				ГОСТ 22038-76	1	
БНТУ.ИГО025.000						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Зелёный П.В.			Лит.	Лист
Проб.						Листов
						1
Н. контр					Гр.	
Утв.						
Соединения резьбовые						

Рис. 4.69. Образец выполнения спецификации – основного конструкторского документа на изделие «Соединения резьбовые», приведенного на рис. 4.70

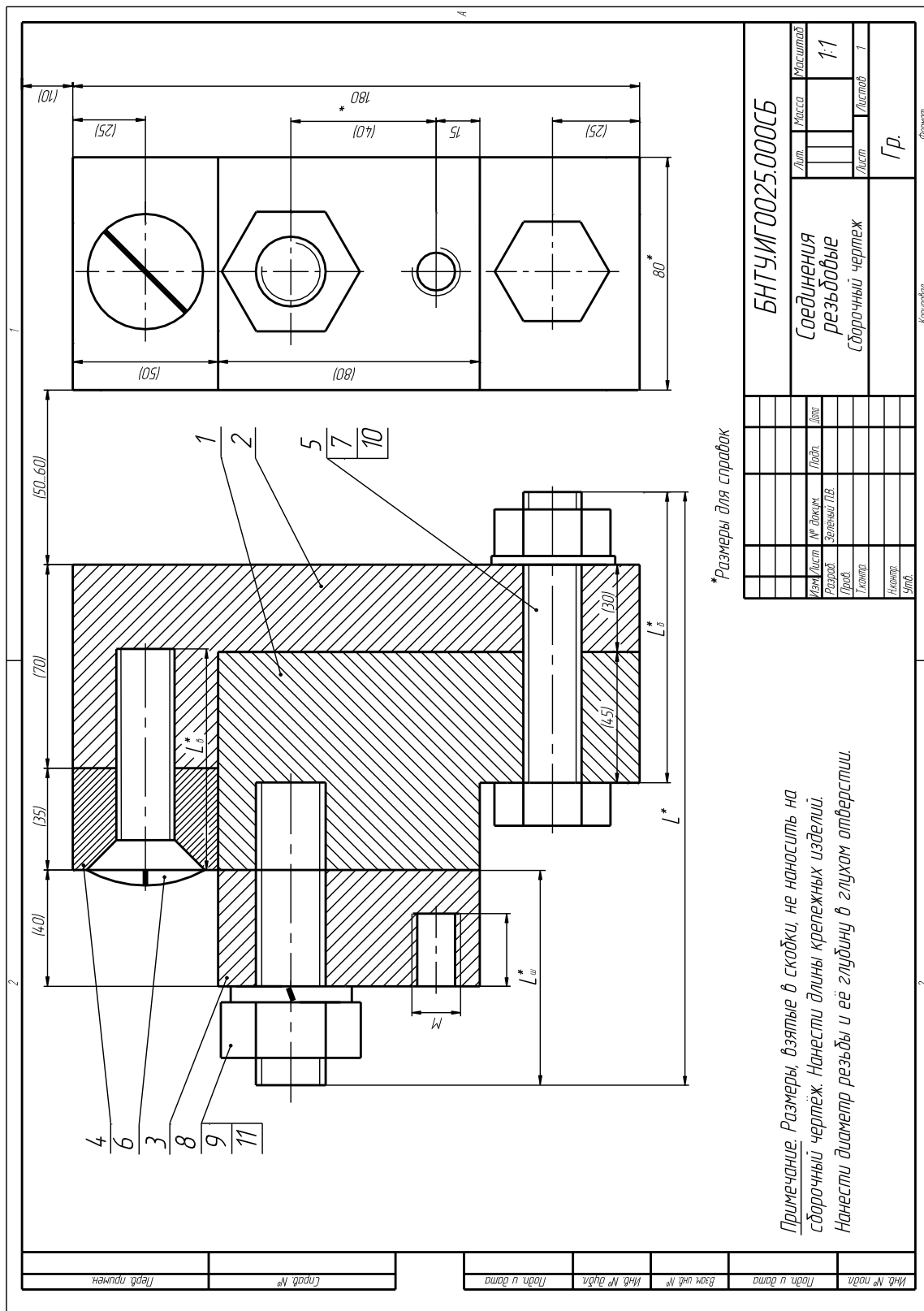


Рис. 4.70. Образец выполнения сборочного чертежа – подчиненного спецификационного конструкторского документа (к спецификац. на рис. 4.69)

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документация</u>						
А3			БНТУ.ИГО0025.000 СБ	Сборочный чертеж		
<u>Детали</u>						
А4	1		БНТУ.ИГО0025.001	Корпус	1	
А4	2		БНТУ.ИГО0025.002	Крышка	1	
А4	3		БНТУ.ИГО0025.003	Пластина	1	
<u>Стандартные изделия</u>						
	4		Болт М20х100 (S30)			
			ГОСТ 7798-70		1	
	5		Винт М20х65			
			ГОСТ 17475-80		1	
	6		Гайка 2М20 (S30)			
			ГОСТ 5915-70		1	
	7		Шайба 20			
			ГОСТ11371-78		1	
БНТУ.ИГО0025.000						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Зеленый П.В.			Лит.	Лист
Пров.						Листов
Н. контр						1
Утв.					Гр.	
				Соединения резьбовые		

Рис. 4.71. Образец выполнения спецификации – основного конструкторского документа на изделие «Соединения резьбовые», приведенного на рис. 4.72

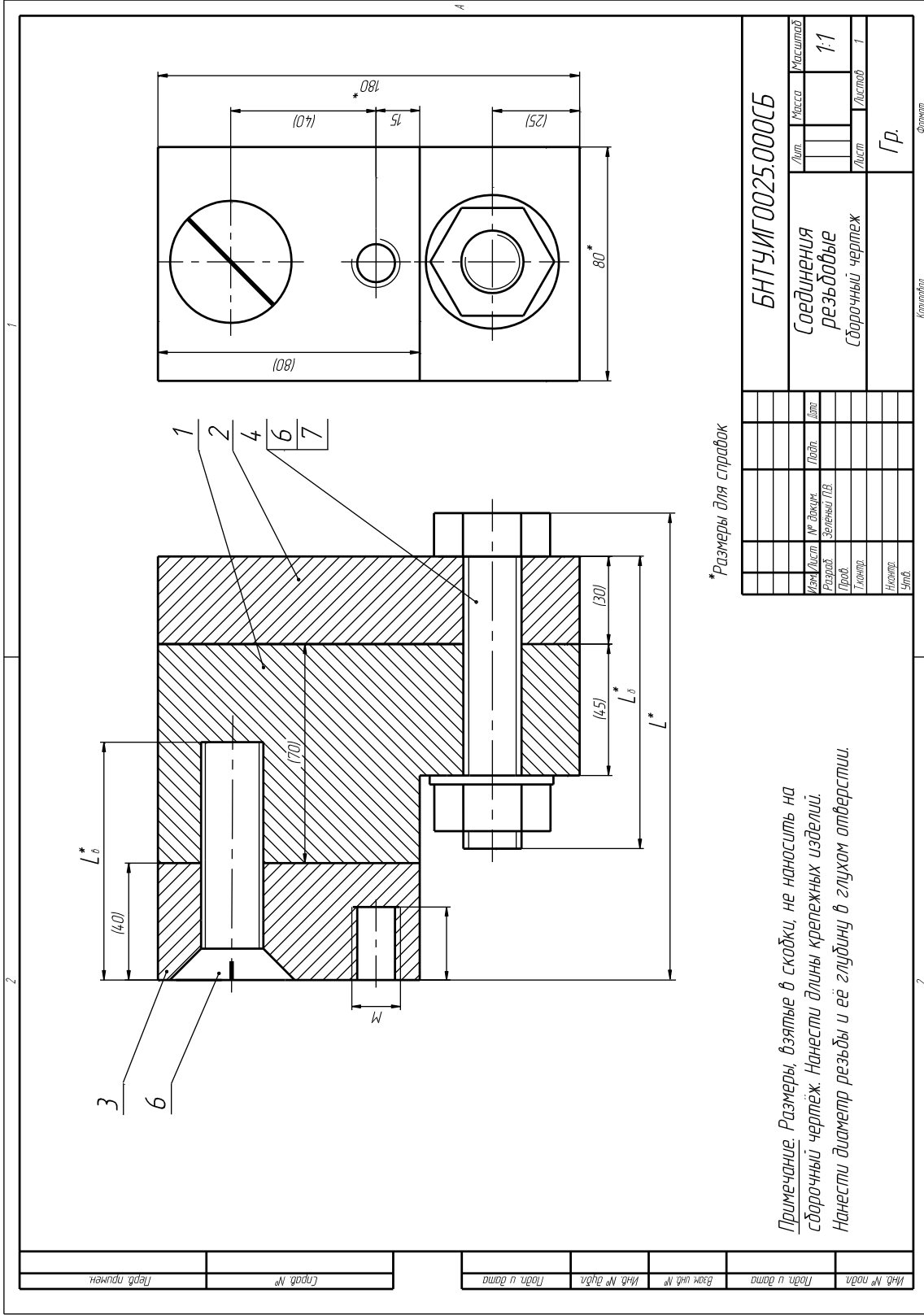


Рис. 4.72. Образец выполнения сборочного чертежа – подчиненного спецификации конструкторского документа (к спецификац. на рис. 4.71)

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						<u>Документация</u>		
		A3			БНТУ.ИГО0025.000 СБ	Сборочный чертёж		
						<u>Детали</u>		
Справ. N		A4	1		БНТУ.ИГО0025.001	Корпус	1	
		A4	2		БНТУ.ИГО0025.002	Крышка	1	
		A4	3		БНТУ.ИГО0025.004	Пластина	1	
						<u>Стандартные изделия</u>		
			4			Болт М20х100 (S30) ГОСТ 7798-70 Гайка ГОСТ 5915-70	1	
Подп. и дата			5			2М20 (S30)	1	
			6			М24 (S36)	1	
			7				Шайба 24.65Г ГОСТ 6402-70	1
Инд. N дубл.			8			Шайба 20 ГОСТ11371-78	1	
			9			Шпилька М24х70 ГОСТ 22038-76	1	
Взам. инв. N								
Подп. и дата.								
					БНТУ.ИГО0025.000			
		Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата		
Инд. N подл.		Разраб.	Зелёный П.В.				Лит.	Лист
		Проб.						Листов
		Н. контр					1	
		Утв.					Гр.	
						Соединения резьбовые		

Рис. 4.73. Образец выполнения спецификации – основного конструкторского документа на изделие «Соединения резьбовые», приведенного на рис. 4.74

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
					<u>Документация</u>			
Справ. N	A3			БНТУ.ИГО0025.000 СБ	Сборочный чертеж			
					<u>Детали</u>			
	A4	1		БНТУ.ИГО0025.001	Корпус	1		
	A4	2		БНТУ.ИГО0025.002	Крышка	1		
					<u>Стандартные изделия</u>			
Подп. и дата			3		Гайка М24 (S36) ГОСТ 5915-70	1		
			4		Шайба 24.65Г ГОСТ 6402-70	1		
			5		Шпилька М24х70 ГОСТ 22038-76	1		
Инв. N подл.	Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата	БНТУ.ИГО0025.000		
	Разраб.		Зелёный П.В.			Лит.	Лист	Листов
	Проб.							1
	Н. контр					Соединение резьбовое		
	Утв.					Гр.		

Рис. 4.75. Образец выполнения спецификации – основного конструкторского документа на изделие «Соединения резьбовые», приведенного на рис. 4.76

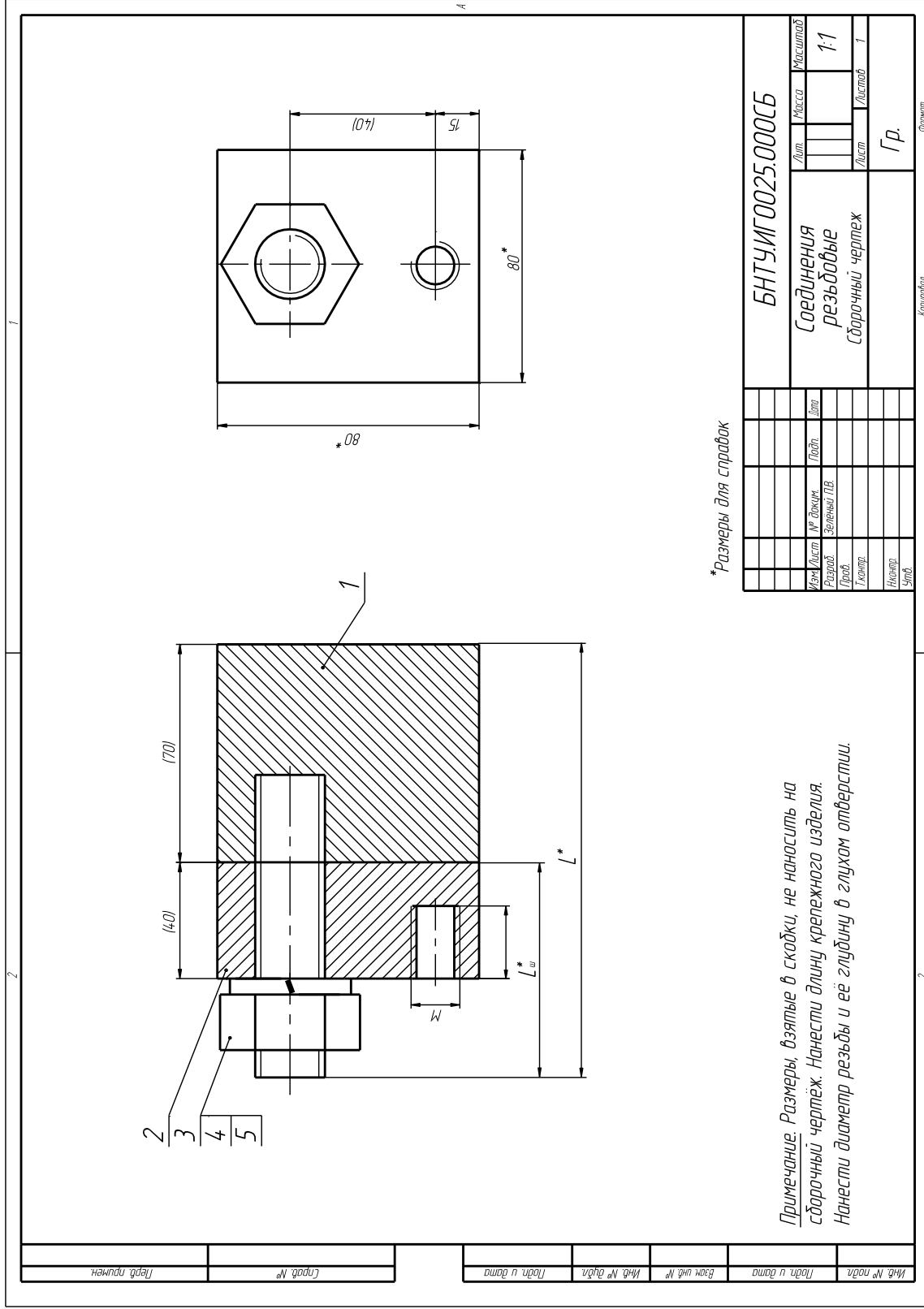


Рис. 4.76. Образец выполнения сборочного чертежа – подчиненного спецификационного конструкторского документа (к спецификац. на рис. 4.75)

Вопросы и задания

1. На какой *стадии проектирования* и на основании какого документа разрабатываются спецификация и сборочный чертеж?
2. Охарактеризуйте *назначение спецификации и сборочного чертежа* как конструкторских документов и их *соподчиненность*.
3. Что должен содержать *сборочный чертеж*?
4. Исходя из каких соображений выбирают *необходимые изображения* на сборочном чертеже?
5. Как выполняют *штриховку смежных сечений деталей* на сборочном чертеже, содержащем разрезы, и как штрихуют одну и ту же деталь на всех ее изображениях, выполненных в разрезах?
6. Как наносят *номера позиций* деталей на сборочных чертежах, в каком порядке и где приводят краткие сведения о них?
7. Когда применяют общую линию-выноску при *нанесении позиций*?
8. Какие *размеры* наносят на сборочных чертежах?
9. Расскажите о *форме и порядке заполнения* спецификации?
10. Как записываются в ней *нестандартные и стандартные изделия*?
11. Какие *формы основной надписи* применяются на спецификации?

5. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧАХ И ИХ НАЗНАЧЕНИИ

Краткое содержание:

- назначение зубчатых передач;
- принцип действия;
- классификация по функциональному назначению;
- особенности конструкции элементов зацепления;
- термины и определения;
- основные геометрические параметры;
- условное изображение согласно ГОСТ 2.402-68 «Условные изображения зубчатых колес, реек, червяков и звездочек цепных передач»;
- основные параметры зубчатой передачи;
- делительный окружной модуль (ГОСТ 9563-60 «Колеса зубчатые. Модули»);
- геометрический расчет параметров зубчатой передачи (ГОСТ 16532-70 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрии»);
- соединение зубчатых колес с валами.

5.1. Назначение, классификация по функциональному назначению, геометрия формы рабочих поверхностей, конструктивные особенности, различных типов зубчатых передач, термины и определения

5.1.1. Назначение, геометрия и общие сведения о зубчатых передачах

Зубчатые передачи по определению предназначены для передачи движения, а также позволяют его преобразовывать. Их действие основано не на фрикционном констатировании, а на *зацеплении* взаимодействующих деталей друг с другом посредством зубьев. Форма деталей, несущих зубья, находящиеся в зацеплении, определяет тип зубчатой передачи. У цилиндрических зубчатых передач – это пара цилиндрических зубчатых колес. У конических зубчатых передач, соответственно, – пара конических зубчатых колес. Если цилиндрическое зубчатое колесо своими зубьями взаимодействует с винтовой поверхностью, выполненной на детали типа «вал», называемой червяком, передача называется так и называется – червячной. Если зубчатое колесо взаимодействует с зубчатой рейкой, передача называется соответственно – реечной. В зависимости от целей, возможны и другие формы деталей, на которых выполняют зубья для обеспечения зацепления – в форме зубчатых секторов, сегментов, эллиптических колес и т. д.

Примечание: в отличие от зубчатых передач, фрикционные и ременные передачи, имея близкое функциональное назначение, передают движение исключительно за счет сил трения.

Упомянутое неоднократно зацепление осуществляется зубьями определенного *профиля*. Форма профиля зуба задается в соответствии с требованиями, так называемой, *теоремы зацепления*, подробно изучаемой в курсе «Теория механизмов и машин». Кроме того, профиль зуба должен быть *технологичен* в изготовлении, т. е. должен получаться при массовом производстве наиболее простым и высокопроизводительным способом. Из множества теоретически возможных форм зубьев преимущественное применение получили зубья с *эвольвентным* профилем боковых поверхностей (рис. 5.1). Именно зубья такой формы проще всего обработать в условиях массового производства способами копирования или обкатки, изучаемыми в курсе технологии машиностроения.

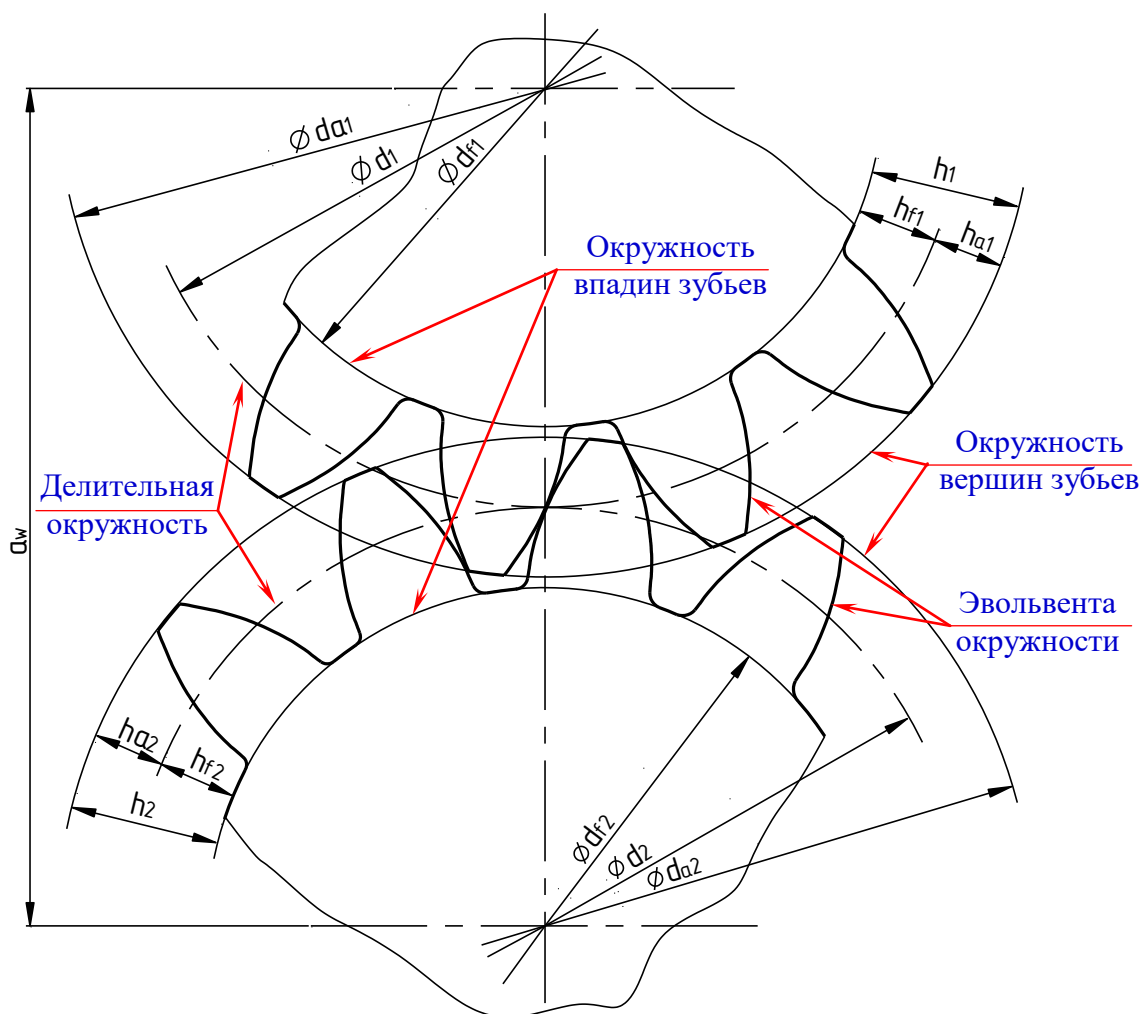


Рис. 5.1. Геометрия эвольвентного зубчатого зацепления и его основные параметры

Эвольвента, в форме которой выполняются боковые стороны профиля зуба – это кривая линия, описываемая точкой, принадлежащей прямой линии, перекатывающейся по окружности без скольжения. Именно взаимодействием двух эвольвент обеспечиваются передача движения с одного зуб-

чатого колеса на другое зубчатое колесо или зубчатую рейку при *минимальных потерях энергии на трение в зоне контакта зубьев* (благодаря сведению к минимуму скольжения в зоне контакта). При этом одна пара зубьев постепенно выходит из зацепления, а ей на смену, также постепенно, входит в зацепление очередная пара зубьев (рис. 5.1 и 5.2).

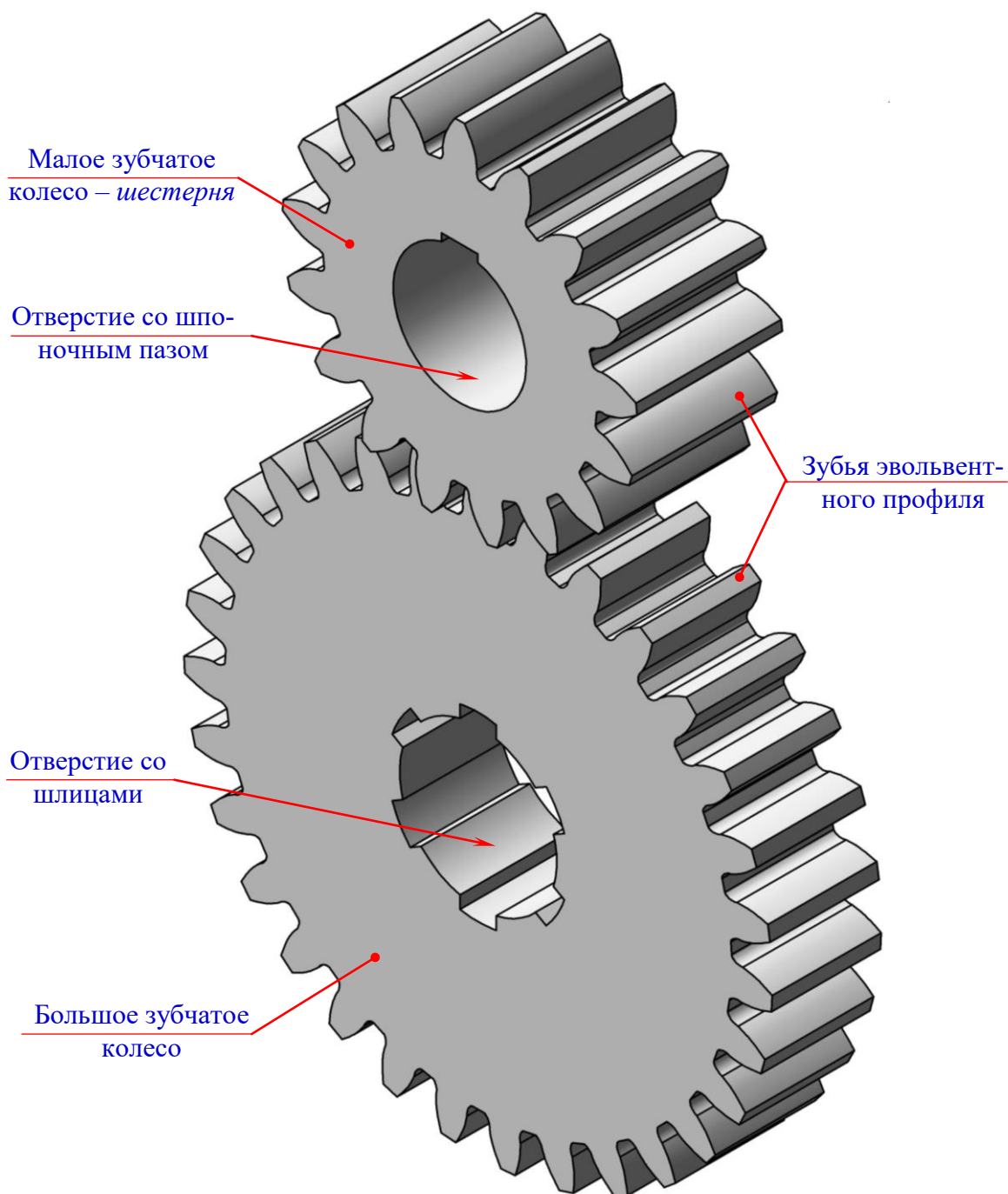


Рис. 5.2. Цилиндрическая зубчатая передача предназначена для передачи вращения между *параллельными* валами, устанавливаемыми в отверстия зубчатых колес, а также уменьшения при этом количества оборотов большого зубчатого колеса или увеличения количество оборотов малого зубчатого колеса (*шестерни*) пропорционально соотношению количества их зубьев

5.1.2. Основные типы зубчатых передач в зависимости от функционального назначения

В зависимости от функционального назначения зубчатые передачи подразделяют на, как указывалось, *цилиндрические, конические, червячные, реечные, винтовые, эллиптические* и другие.

Цилиндрические зубчатые передачи предназначены для передачи вращения между параллельными валами. Свое название они получили потому, что зубья выполняют, как упоминалось, на колесах цилиндрической формы (рис. 5.2). Меньшее зубчатое колесо, из пары находящихся в зацеплении, имеет еще одно название – *шестерня* (видимо, чтобы различать зубчатые колеса одно от другого – малое от большого). Вращение, как правило, передается от шестерни ко второму зубчатому колесу большего диаметра. Благодаря такому соотношению размеров, количество оборотов при этом уменьшается, а крутящий момент напротив – увеличивается. Степень уменьшения количества оборотов и увеличения крутящего момента на ведомом зубчатом колесе характеризуется *передаточным отношением* зубчатой передачи. Передаточное отношение зависит от относительных размеров зубчатых колес или, что то же самое, от относительного количества выполненных на них зубьев. Для обеспечения большого передаточного отношения применяют многоступенчатые (с несколькими валами) цилиндрические редукторы. Именно уменьшение количества оборотов называют редуцированием, а соответствующий зубчатый механизм – редуктором. Обратную функцию называют мультипликацией, а соответствующие механизмы – мультипликаторами.

Прямозубой называется зубчатая передача, если зубья нарезаются параллельно геометрическим осям вращения зубчатых колес. Если зубья нарезаются под углом, передачу называют косозубой. Если до срединной плоскости (плоскости продольной симметрии колеса) с одной стороны зуб имеет одно направление, а по другую ее сторону – зуб расположен симметрично в другом угловом направлении, такие зубчатые колеса называют шевронными (по аналогии со знаком различия на форменной одежде – шевронами на рукаве или погонах). Косые или шевронные зубья отличаются большей прочностью благодаря большей длине. Кроме того, такие передачи создают меньше шума в работе, так как очередная пара зубьев вступает в контакт, а контактирующая – выходит из контакта не сразу по всей длине контактной линии, а постепенно. Из-за этого такие зубчатые передачи называют тихоходными.

Конические передачи предназначены для передачи вращения между валами расположенными под углом. Свое название они получили оттого, что зубья выполняются на колесах конической формы. Угол между валами может быть задан конструктивно любым в широких пределах. Чаще всего применяют конические передачи с расположением валов под прямым углом.

Геометрия зубьев у конических передач может быть различной в зависимости от решаемых задач. Но и технология изготовления усложняется, если зубья будут не прямыми как на рис. 5.3. Усложнение геометрии зуба и технологии их изготовления (криволинейная форма) оправдывается благодаря улучшению ряда параметров работоспособности конических зубчатых передач – более плавное зацепление, меньший шум, большая несущая способность и окружная скорость. Конические передачи с круговым зубом имеют в зацеплении одновременно не менее двух зубьев, обеспечивая за счет формы зуба непрерывный контакт, бесшумность и плавность даже при высоких скоростях вращения.

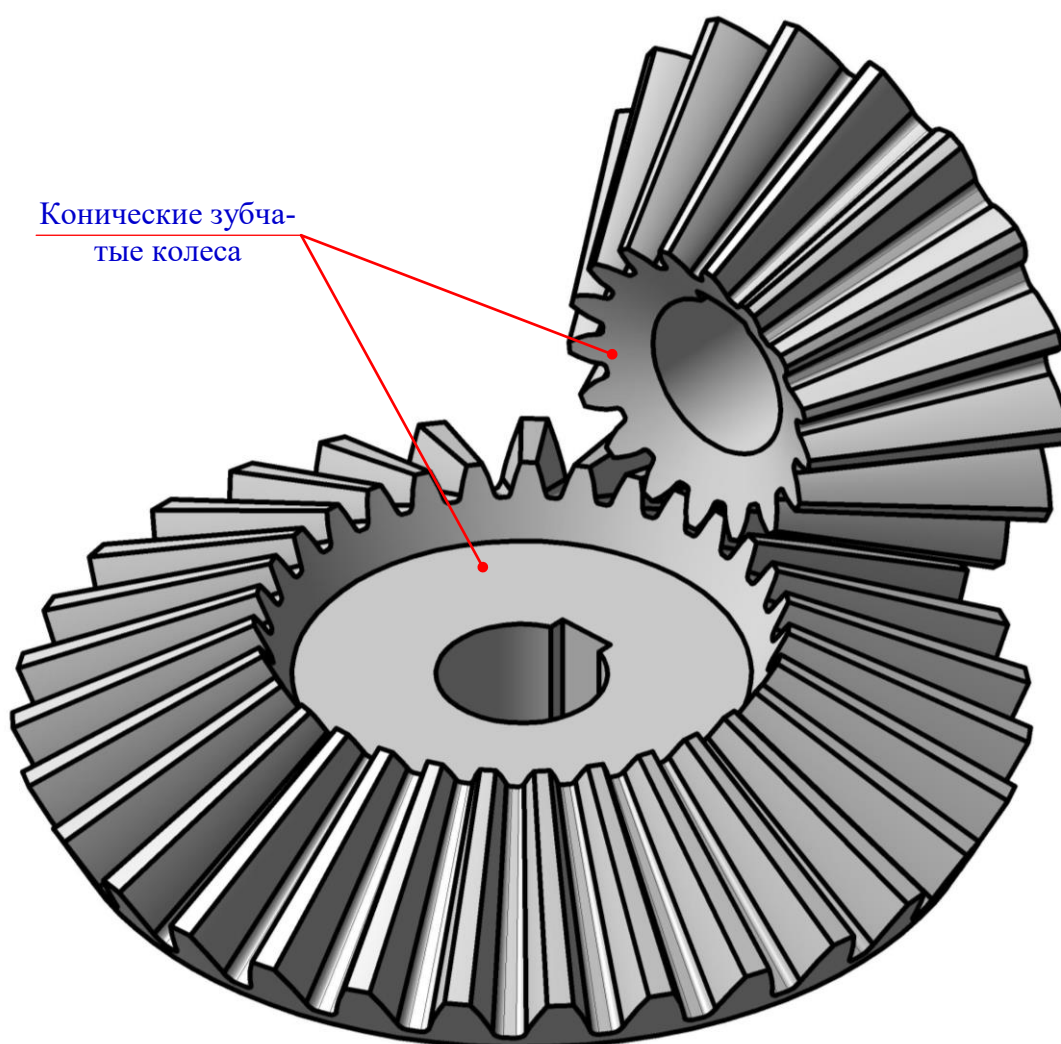


Рис. 5.3. Коническая зубчатая передача предназначена для передачи вращения между валами, расположенными *под углом* друг к другу, и изменения при этом количества оборотов (при необходимости)

Стремясь улучшить технические характеристики конических зубчатых передач, зубья выполняют прямыми и тангенциально расположенными, могут выполнять круговыми, как указывалось, и др. Геометрические верши-

ны конусов пары конических зубчатых колес должны находиться в точке пересечения их геометрических осей вращения.

Все рассмотренные типы передач могут различаться по признакам внешнего и внутреннего зацепления. Для реализации внутреннего зацепления зубья одного из находящихся в контакте зубчатых колес, нарезаются не как показано на приведенных рис. 5.2 и 5.3, то есть снаружи цилиндрического или конического колеса, а внутри – внутри обода.

Червячные передачи состоят из детали типа «вал» с выполненной на ней винтовой поверхностью, называемой *червяком*, и *зубчатого колеса* с наклонным расположением зубьев.

Угол наклона зубьев выполняют равным углу подъема винтовой поверхности червяка, благодаря чему зубья колеса, находясь между витками винтовой поверхности, имеют с ними линейный контакт. Червячные передачи предназначены для получения больших передаточных чисел при небольших габаритах. Это достигается большой разницей между количеством зубьев на червячном колесе, которых, как правило, несколько десятков, и количеством заходов винтовой поверхности червяка, которых, как правило, всего лишь 1, 2, 3. Червячные передачи, в отличие от других, обладают эффектом *самоторможения*, так как передача вращения возможна только от червяка к колесу. Малый угол подъема винтовой поверхности червяка исключает передачу вращения в обратном направлении. В этом случае имеет место самоблокирование передачи. Такое положительное свойство используется в различных механизмах, где оно необходимо, например, в приводе рулевого управления колес автомобилей для того, что бы исключить передачу на руль толчков от неровностей дороги, т. е., в итоге, для повышения безопасности движения автомобиля. Свое название червячные передачи получили от характерной формы детали с винтовой поверхностью.

Геометрия червячных передач отличается некоторым разнообразием. Помимо простой изначальной цилиндрической формы, зубчатое колесо и червяк могут иметь глобоидную форму – форму внутренней поверхности отрытого кольцевого тора. Это обеспечивает больший охват зубчатым колесом червяка. В контакте с винтовой поверхностью благодаря этому находится большее количество зубьев, и, следовательно, улучшаются прочностные характеристики червячной передачи, уменьшаются контактные давления и ее нагрев из-за трения в зоне контакта.

Если обеспечивают зацепление червяка с коническим зубчатым колесом, то такая передача называется *спироидной зубчатой передачей*.

Примечание: из-за значительного трения скольжения винтовой поверхности червяка о зубья колеса КПД таких передач невысокий. Кроме того, требуется применение дорогостоящих материалов с низким коэффициентом трения, а в ряде случаев, снабжение червячных редукторов системами охлаждения для отвода и рассеяния выделяющегося при трении большого количества тепла.

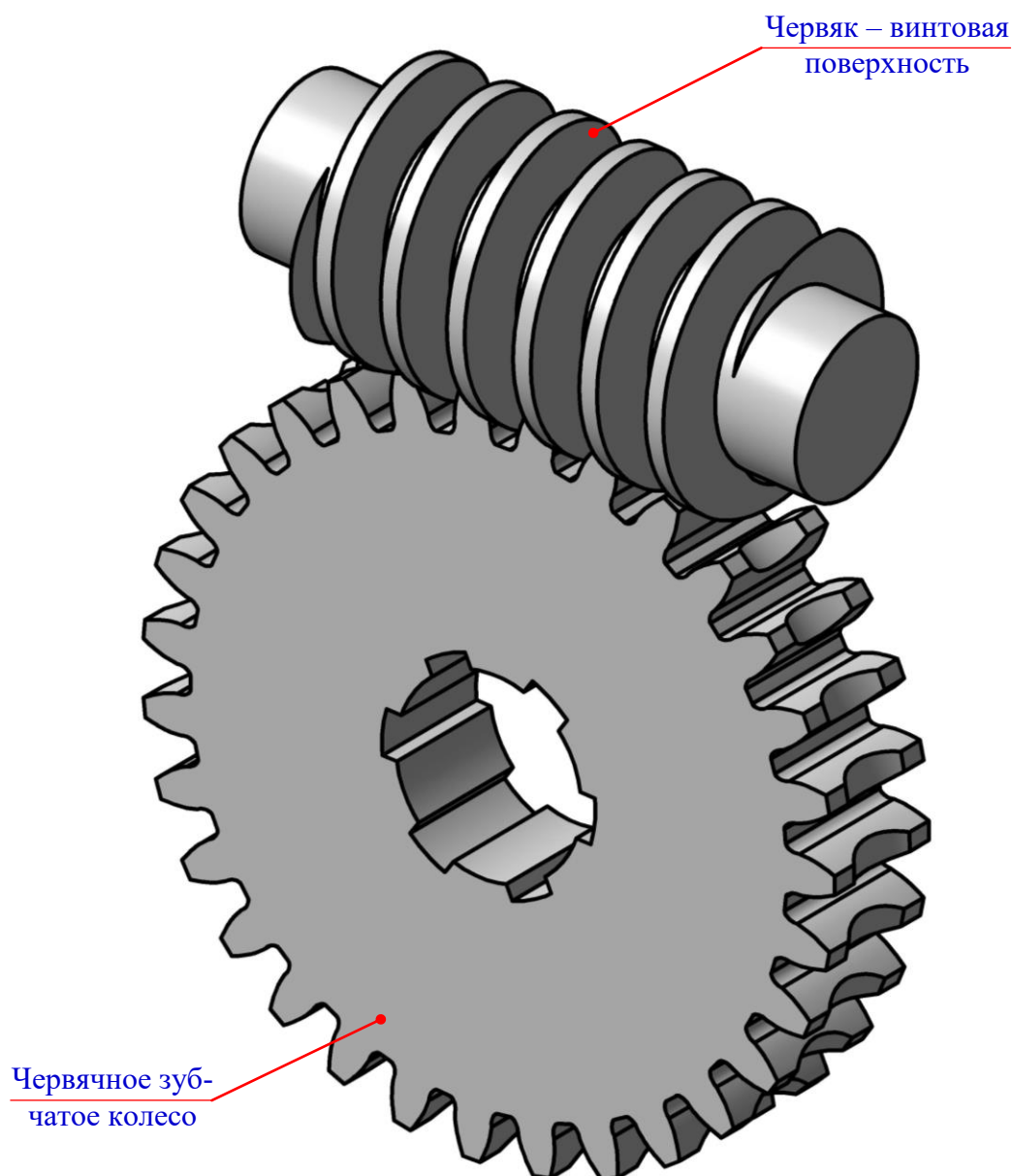


Рис. 5.4. Червячная зубчатая передача предназначена для передачи вращения между *скрецающимися* валами и значительного (в десятки раз) уменьшения количества оборотов червячного колеса

Реечные зубчатые передачи предназначены для преобразования вращательного движения в поступательное и наоборот. Они, как правило, состоят из цилиндрического зубчатого колеса или сектора и зубчатой рейки, определившей название передачи.

Винтовые передачи предназначены для передачи вращения между скрецающимися валами. Для этого их цилиндрические колеса снабжают винтовыми зубьями, представляющими собой многозаходную винтовую поверхность с большим углом подъема.

Эллиптические зубчатые передачи предназначены для обеспечения в процессе вращения циклического изменения передаточного отношения. Их колеса имеют форму эллипсов.

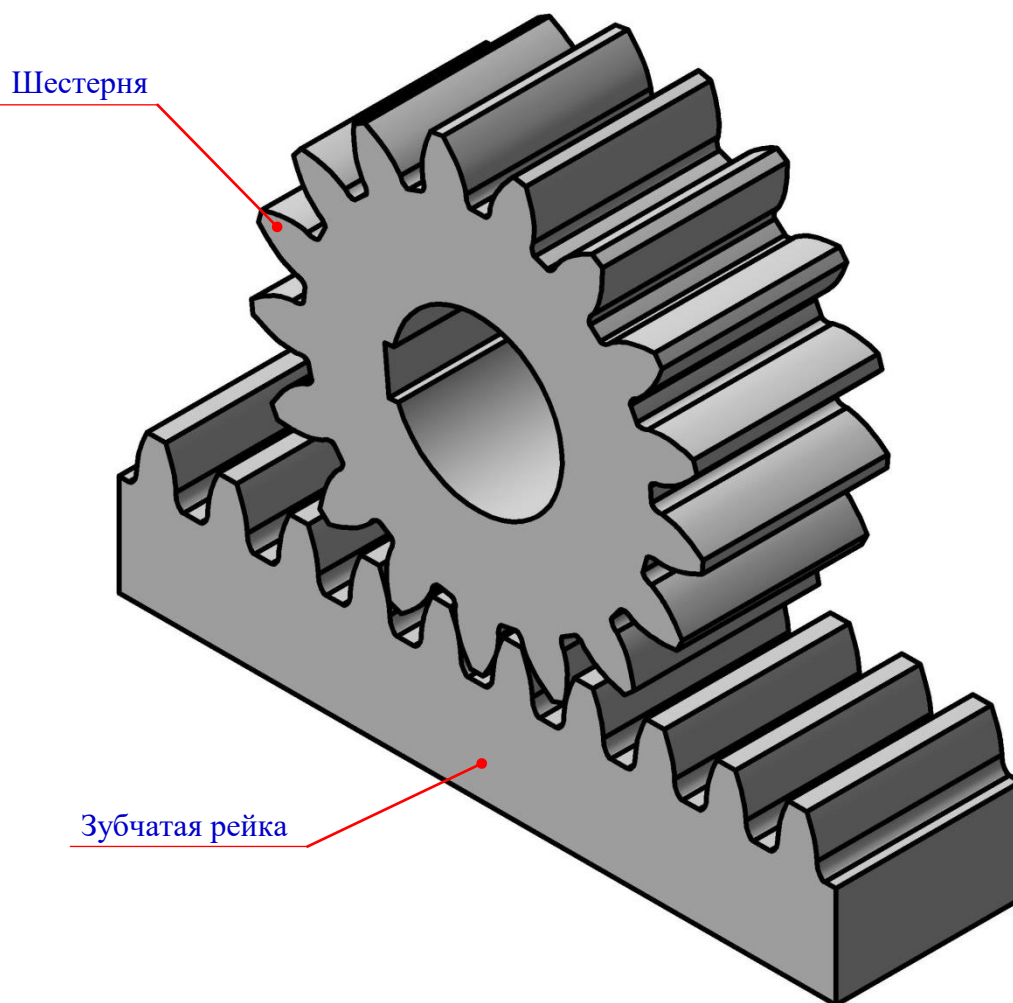


Рис. 5.5. Реечная зубчатая передача предназначена для *преобразования* одного вида движения в другой: вращения зубчатого колеса (шестерни) в поступательное перемещение зубчатой рейки и наоборот – поступательного перемещения зубчатой рейки во вращение зубчатого колеса (шестерни)

5.1.3. Основные элементы эвольвентного зацепления (на примере цилиндрических зубчатых колес)

Основными геометрическими элементами эвольвентного зацепления зубчатых колес, в соответствии с теорией зацепления, являются:

- *начальные (делительные) окружности* – это соприкасающиеся окружности, имеющие общие с зубчатыми колесами геометрические центры, катящиеся одна по другой без скольжения и служащие для определения основных параметров зубчатой передачи (рис. 5.1);

- *полюс зацепления* – это точка касания начальных (делительных) окружностей;

- *головка зуба* – это та его часть, которая выступает за начальную (делительную) окружность;

- *ножка зуба* – часть зуба, расположенная внутри начальной (делительной) окружности;

– *окружность выступов (вершин зубьев)* – окружность, проходящая по вершинам зубьев;

– *окружность впадин* – окружность, проходящая по впадинам зубьев;

– *высота зуба* $h = h_a + h_f$ – радиальное расстояние между окружностью выступов и окружностью впадин, где h_a и h_f – высота головки и ножки зуба соответственно (рис. 5.1);

– *шаг зацепления* P_t – кратчайшее расстояние между точками на одноименных поверхностях смежных зубьев, взятое по делительной окружности.

$P_t = \pi d / z$, где d – диаметр делительной окружности, z – количество зубьев колеса (рис. 5.1);

– *модуль зацепления (модуль зуба)* $m = P_t / \pi = \pi d / z \pi = d / z$ показывает количество миллиметров диаметра d делительной окружности, приходящихся на один зуб;

– *межосевое расстояние* a_w зубчатой передачи назначается из условий прочности ее зубьев (рис. 5.1).

5.1.4. Расчет геометрических параметров зубчатого зацепления цилиндрических колес

Модуль m зацепления принимается в пределах $(0,01-0,02)a_w$ из рекомендованного по ГОСТ 9563-60 «Колеса зубчатые. Модули» ряда значений (1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 7; 8; 10). Он служит для определения *геометрических параметров* зубчатых колес и в целом зубчатой передачи, основными из которых являются:

– *диаметр делительной окружности* $d = mz$;

– *высота головки зуба* $h_a = m$;

– *высота ножки зуба* $h_f = 1,25m$;

– *диаметр окружности выступов*

$d_a = d + 2h_a = d + 2m = mz + 2m = m(z + 2)$;

– *диаметр окружности впадин*

$d_f = d - 2h_f = d - 2,5m = mz - 2,5m = m(z - 2,5)$;

– *уточненное межосевое расстояние* пары зубчатых колес, находящихся в зацеплении $a_w = \frac{d_1}{2} + \frac{d_2}{2} = \frac{mz_1}{2} + \frac{mz_2}{2} = \frac{m}{2}(z_1 + z_2)$.

Ширина зубчатого венца B устанавливается в зависимости от межосевого расстояния для закрытых передач или в зависимости от модуля для открытых передач: $B = (0,2-0,4)a_w$ или $B = (6-8)m$.

5.1.5. Конструктивные особенности зубчатых колес и их связи с несущими с валами

Периферийную часть зубчатого колеса, содержащую зубья, называют *зубчатым венцом*. Она является основным конструктивным элементом, позволяющим реализовать функциональное назначение зубчатой передачи – надежную передачу движения с одного зубчатого колеса на второе зубчатое колесо, или зубчатую рейку, или наоборот.

Зубчатые колеса, как правило, устанавливают на деталях, называемых валами. Центральную часть конструкции зубчатого колеса, содержащую отверстие для установки, называют *ступицей*. В малоответственных случаях, когда нет необходимости передавать большой крутящий момент, ширина ступицы имеет ту же ширину, что и зубчатый венец, тем более что такая конструкция зубчатого колеса проще в изготовлении (рис. 5.2). Но, как правило, ступицу зубчатого колеса выполняют более широкой, чем зубчатый венец. Ее определяют исходя из прочностных расчетов, иногда – из конструктивных соображений.

Для связи зубчатого колеса с валом в окружном направлении в гладком отверстии ступицы выполняют *паз* (рис. 5.2, 5.3 и 5.5) под выступающую из вала, так называемую, *шпонку*. Шпонка может иметь призматическую форму со скругленными концами (рис. 5.6, а и 5.7) или иметь форму сегмента цилиндрического диска – сегментная шпонка (рис. 5.6, б и 5.8).

Вся внутренняя поверхность отверстия в ступице зубчатого колеса может выполняться сплошь в форме зубьев для обеспечения более надежного соединения его с валом (рис. 5.2 и 5.4). Посадочная поверхность вала при этом должна иметь ответную зубчатую форму (рис. 5.6, а и 5.9). Такие зубчатые поверхности называют *шлицами*, а соединение, соответственно, *шлицевым*. Возможны и другие способы соединения зубчатого колеса с валом – посредством цилиндрических или конических штифтов, установочных винтов и т. д. Они, как и соединения шпонками, проигрывают шлицевым соединениям в надежности, но зато – намного проще и вполне приемлемы в малоответственных случаях.

Ту часть зубчатого колеса, которая находится между зубчатым венцом и ступицей, объединяя всю конструкцию воедино, называют *диском*. Эта часть конструкции может быть никак не выраженной – иметь ту же ширину, что и зубчатый венец со ступицей (рис. 5.2 и 5.5). Такая конструкция, естественно, проще в изготовлении, но материалоемка.

Как правило, диск зубчатого колеса выполняют тоньше (рис. 5.3), существенно уменьшая материалоемкость конструкции. С этой же целью в диске выполняют отверстия, а то и вовсе зубчатый венец связывают со ступицей посредством спиц, отливаемых за одно целое с остальной частью зубчатого колеса. Конечно, стремясь уменьшить материалоемкость зубчатого колеса, что вполне естественно, исходят из расчетов его на прочность.

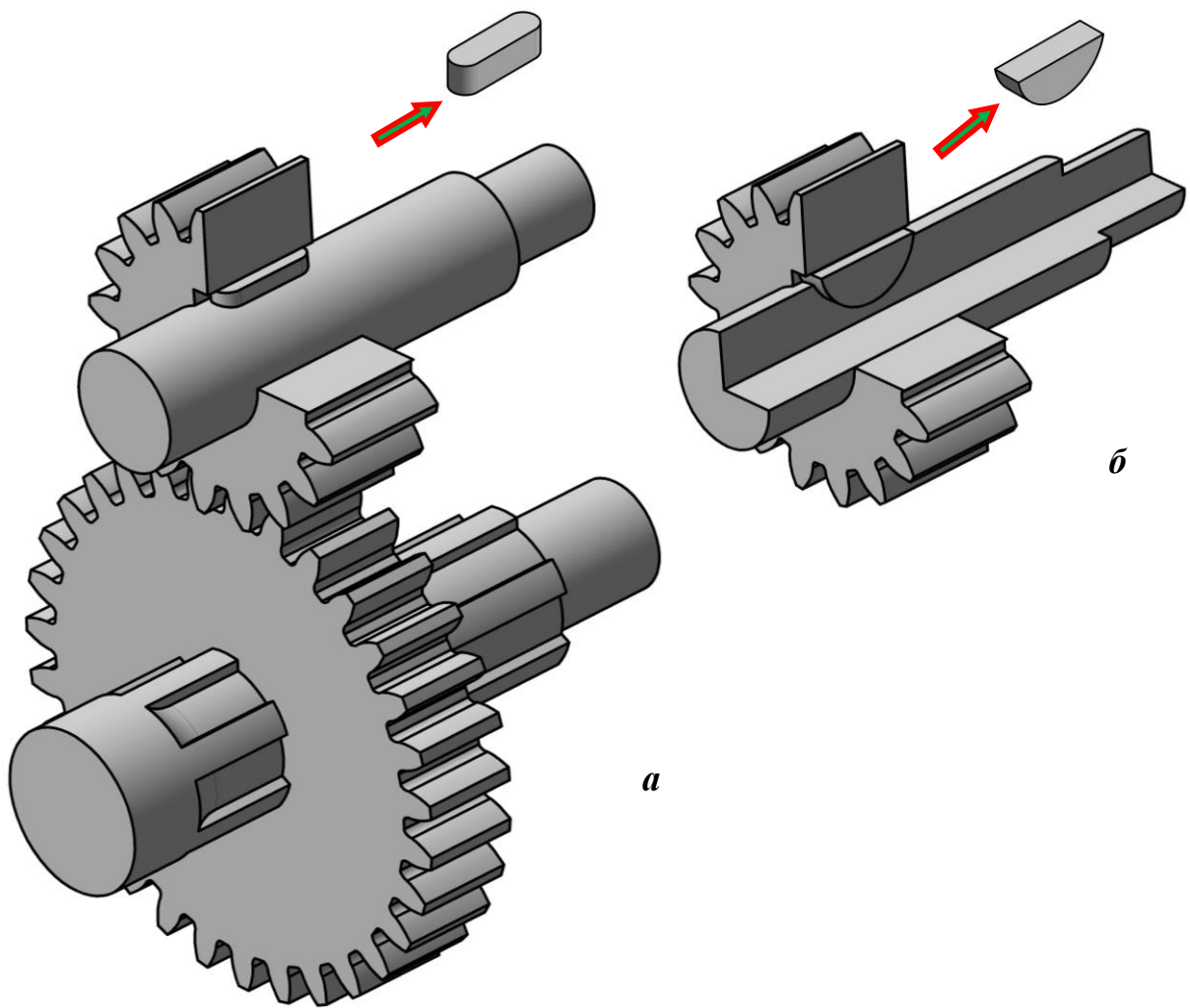


Рис. 5.6. Варианты конструкций для *соединения* зубчатых колес с несущими их валами: *а* – соединение шестерни с валом призматической шпонкой, а большого зубчатого колеса с валом – посредством шлицев; *б* – соединение шестерни с валом сегментной шпонкой

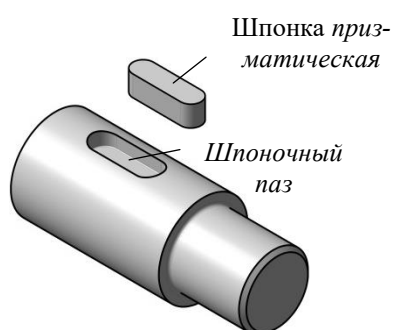


Рис. 5.7. Вал с пазом под *призматическую* шпонку

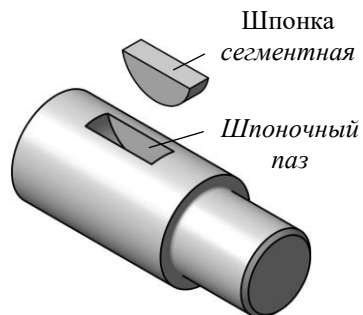


Рис. 5.8. Вал с пазом под *сегментную* шпонку

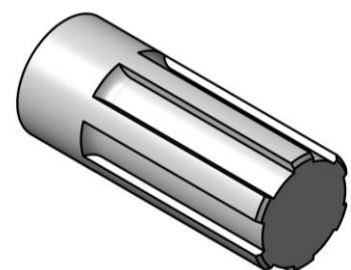


Рис. 5.9. Вал со шлицами *прямоугольными*

Для того чтобы обеспечить необходимое передаточное отношение зубчатой передачи при минимальной ее материалоемкости, зубчатые колеса стремятся выполнить минимального размера, насколько это позволяет прочность материала, используемого для их изготовления. При этом может оказаться, что диаметр зубчатого венца не на много превышает диаметр вала, который определяют также из условий обеспечения необходимой прочности проектируемого устройства – редуктора. В таком случае зубчатый венец выполняют непосредственно на самом валу, то есть и зубчатое колесо (шестерня), и вал представляют собой не две детали, а одну, цельную (рис. 5.10 и 5.11), и вопрос соединения шестерни с валом, естественно, не встает.

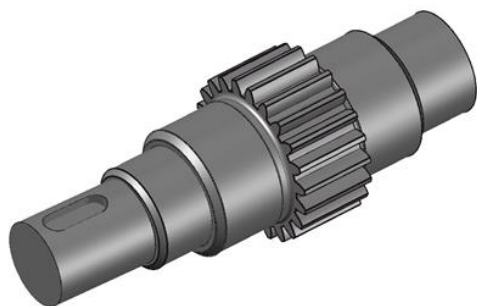


Рис. 5.10. Образец детали «вал-шестерня»

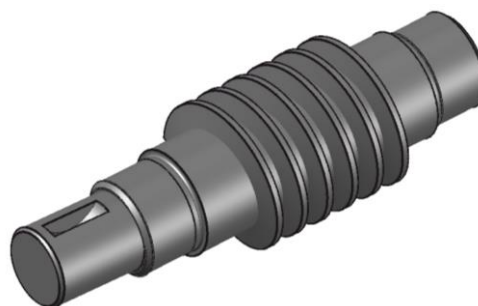


Рис. 5.11. Образец детали «вал-червяк»

5.2. Изображение зубчатых колес на чертеже

При изображении зубчатых колес применяют ряд упрощений и условностей. Прежде всего, при виде сбоку (вдоль оси) зубья зубчатого венца не изображают, обходясь условным изображением. Внешний контур зубчатого венца изображают сплошной толстой линией диаметром, соответствующим размеру окружности, описанной вокруг вершин зубьев. Окружность, соответствующая впадинам между зубьями, изображают тонкой сплошной линией. Ее допускается и не изображать. Изображают также теоретическую окружность, геометрически делящую каждый зуб на головку и ножку. Ее так и называют – делительная окружность. Для нее используют тонкую штрихпунктирную линию (рис. 5.1, 5.12 и 5.13).

При изображении пары колес, находящихся в зацеплении, делительные окружности располагают так, чтобы обеспечить их касание. При этом их внешние толстые контурные линии должны пересекаться между собой, а внутренние тонкие линии не должны с ними соприкасаться. Зуб одного зубчатого колеса, попадая во впадину между зубьями второго зубчатого колеса, не должен упираться в «дно» этой впадины. Величина необходимого зазора определяется простым геометрическим расчетом, но при его изображении, если он *менее 0,8 мм*, меньшей величины этот зазор изображать нельзя, исходя из того, что, согласно ГОСТ 2.303-68 «Линии», на чертеже никакие линии не должны располагать ближе, чем на расстоянии

в 0,8 мм. Таким образом, описана одна из условностей, применяемых на чертежах зубчатых колес. Но, в целом, все зависит от масштаба изображения – если он достаточно велик, то применять данную условность нет необходимости.

Еще одну условность применяют при изображении пары зубчатых колес в осевом разрезе (рис. 5.12 и 5.13). Она заключается в том, что в зоне зацепления зуб большого зубчатого колеса показываются находящимся за зубом малого зубчатого колеса (шестерни), и изображают его штриховой линией. При этом зуб малого зубчатого колеса считают попавшим в воображаемую секущую плоскость, но его условно не штрихуют, считая тонкой стенкой, рассекаемой вдоль (см. ГОСТ 2.305-2008 «Изображения – виды, разрезы, сечения»).

Кроме того, если нет ограничений, малое зубчатое колесо, которое для удобства называют еще и шестерней, выполняют шире большого зубчатого колеса. При этом исходят из простого геометрического расчета.

5.3. Графическая работа «Передача зубчатая»

Выполните чертеж зубчатой цилиндрической передачи (рис. 5.12) по приведенному на рис. 5.13 образцу согласно ГОСТ 2.402-68 «Условные изображения зубчатых колес...», предварительно рассчитав геометрические параметры зубчатого зацепления по исходным данным, приведенным в табл. 5.1. Там же приведены размеры прямобоочных шлицев, выполненных в отверстии зубчатого колеса, и размеры отверстия в шестерне.

Размеры шпоночного паза, выполненного в отверстии шестерни, определите по справочным данным, приведенным в таблице на рис. 5.14, или по справочникам (см. список рекомендуемой литературы).

Задание:

1. Научитесь выполнять чертежи зубчатых колес в зацеплении в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД (ГОСТ 2.402-68 «Условные изображения зубчатых колес...»).

2. Научитесь выполнять расчет геометрических параметров зубчатого зацепления по его модулю и количеству зубьев колеса и шестерни, а также наносить их на чертеж (ГОСТ 16532-70 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрии»).

3. Научитесь пользоваться справочными пособиями для определения размеров шпоночного паза по диаметру отверстия, изображать шпоночные пазы на чертеже, наносить размеры шпоночного паза (ГОСТ 23360-78 «Соединения шпоночные с призматическими шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов...»).

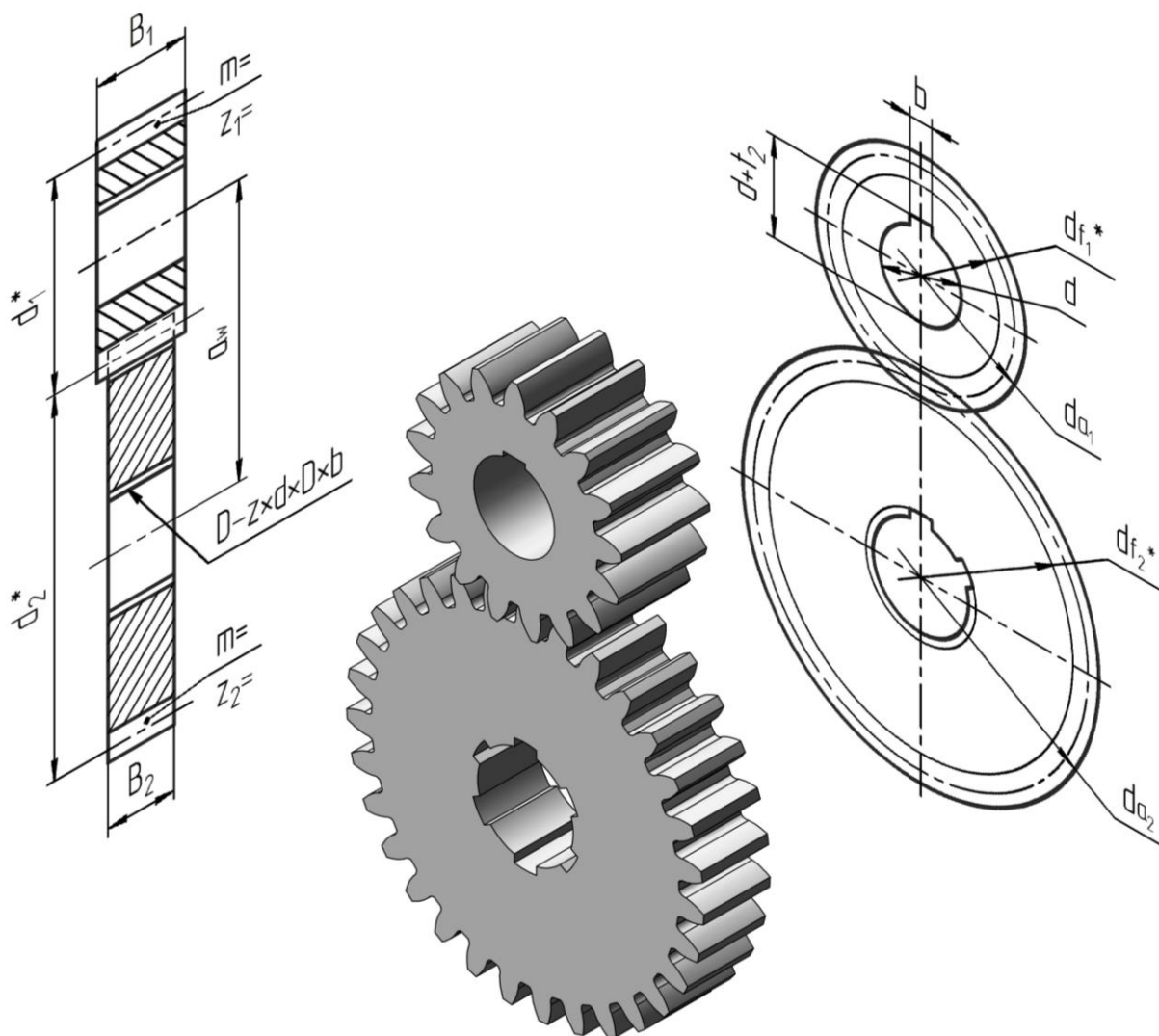


Рис. 5.12. Образование проекционных изображений зубчатой передачи, состоящей из находящихся в зацеплении малого (шестерни) и большого цилиндрических зубчатых колес: отверстия в колесах предназначены для установки колес на несущих их валах, между которыми передается вращение; в отверстии шестерни выполнен шпоночный паз, а в отверстии большого зубчатого колеса – шлицы, обеспечивающие соединение колес с валами (к чертежу на рис. 5.13)

4. Научитесь изображать прямобочные шлицы по стандарту ЕСКД ГОСТ 2.409-74 «Правила выполнения чертежей зубчатых (шлицевых) соединений», назначать и обозначать их параметры на чертеже согласно стандарту Основных норм взаимозаменяемости ГОСТ 1139-80 «Соединения шлицевые прямобочные. Размеры и допуски».

Графическую работу выполните на белой чертежной бумаге формата А3 и оформите по образцу (рис. 5.13), соблюдая установленные стандартами требования к начертанию и назначению линий на чертежах (табл. 1.5 и 1.6).

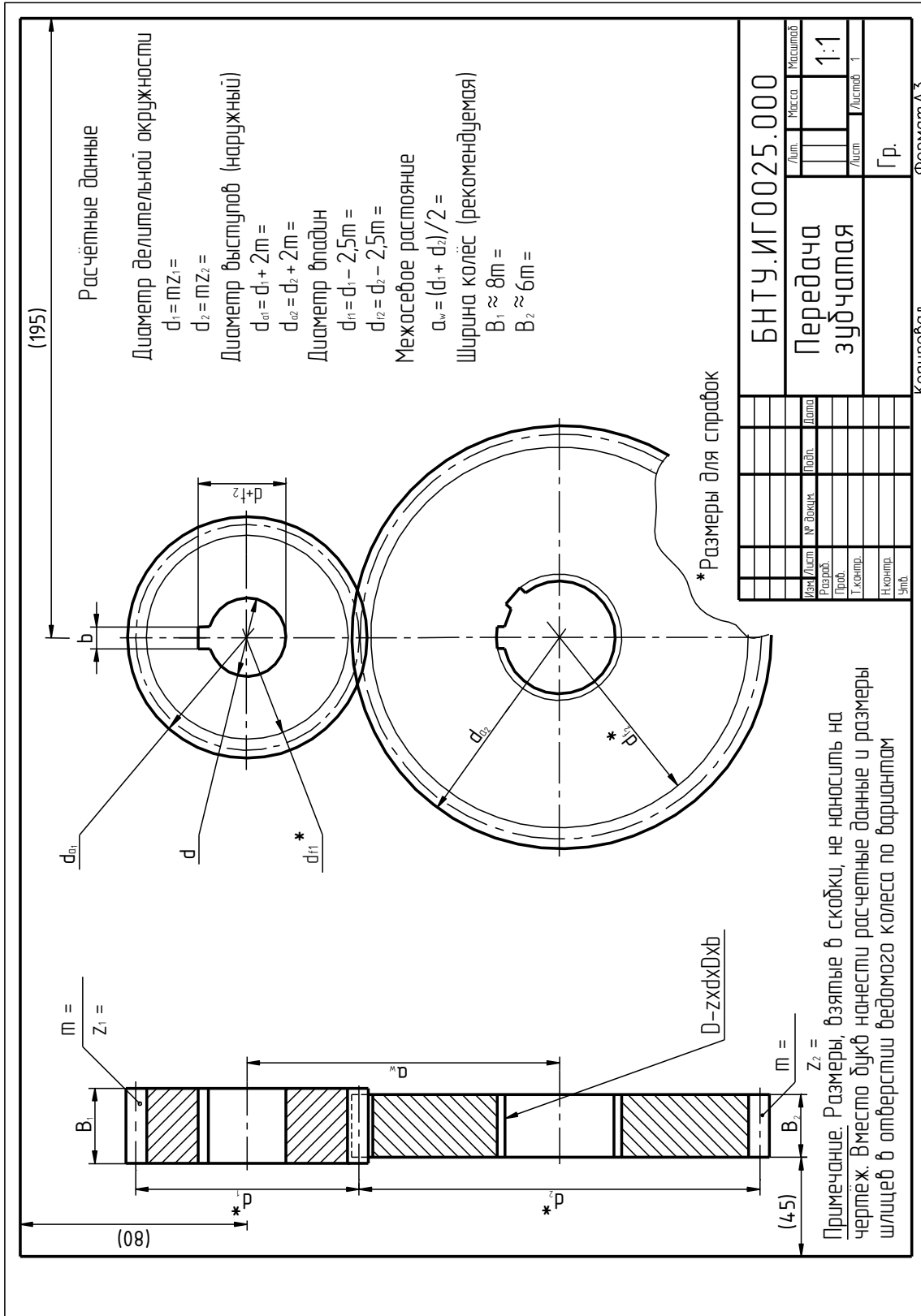
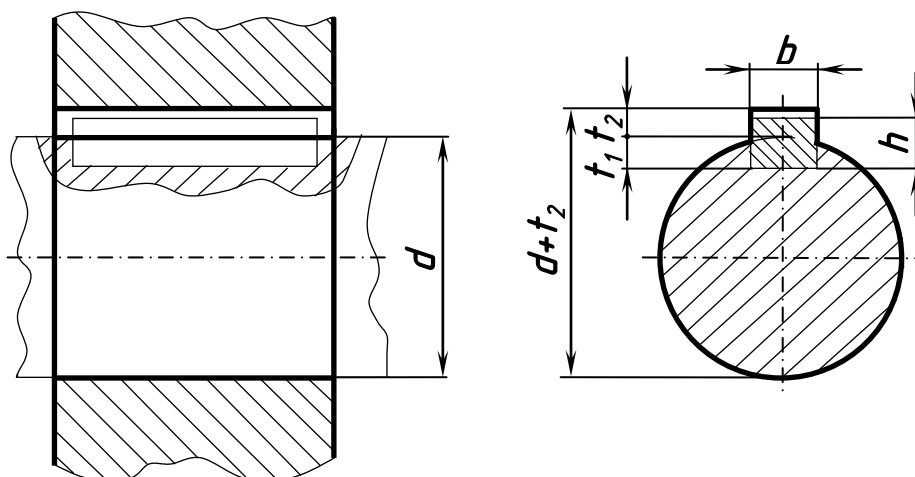


Рис. 5.13. Образец выполнения графической работы «Передача зубчатая»

Исходные данные к графической работе «Зубчатая передача»

Данные для задания «Передача зубчатая»																		
Номер варианта	Параметры зубчатой передачи				Номер варианта	Параметры прямозубых шлицев в отверстии ведомого колеса				Параметры прямозубых шлицев в отверстии ведомого колеса								
	Модуль, мм	Количество зубьев ведомого колеса, Z ₂	Количество зубьев ведущего колеса, Z ₁	Модуль, мм		Количество шлицев, Z	Диаметр отверстия, мм	Диаметр, мм	Ширина, мм	Количество шлицев, Z	Диаметр отверстия, мм	Диаметр, мм	Ширина, мм					
1	2,5	17	63	20	6	23	28	6	6	16	3	24	43	26	6	28	34	7
2	2,5	18	62	20	6	23	28	6	6	17	3	17	33	26	6	28	34	7
3	2,5	19	61	20	6	23	28	6	6	18	4	18	32	26	6	28	34	7
4	2,5	20	60	20	6	23	28	6	6	19	4	19	31	26	8	32	38	6
5	2,5	21	59	20	6	23	28	6	6	20	4	20	30	26	8	32	38	6
6	2,5	22	58	22	6	23	28	6	6	21	4	21	29	28	8	32	38	6
7	2,5	23	57	22	6	26	32	6	6	22	4	22	28	28	8	32	38	6
8	2,5	24	56	22	6	26	32	6	6	23	4	23	27	28	8	32	38	6
9	3	17	50	22	6	26	32	6	6	24	4	24	26	28	8	32	38	6
10	3	18	49	22	6	26	32	6	6	25	3	26	39	28	8	36	42	7
11	3	19	48	24	6	26	32	6	6	26	2,5	30	50	28	8	36	42	7
12	3	20	47	24	6	26	32	6	6	27	2,5	29	51	25	8	36	42	7
13	3	21	46	24	6	28	34	7	7	28	2,5	28	52	25	8	36	42	7
14	3	22	45	24	6	28	34	7	7	29	2,5	27	53	25	8	36	42	7
15	3	23	44	24	6	28	34	7	7	30	2,5	26	54	25	8	36	42	7



Диаметр вала	Ширина шпоночного паза	Высота шпонки	Глубина паза на валу	Глубина паза в отверстии
d	b	h	t_1	t_2
Св.17 до 22	6	6	3,5	2,8
Св.22 до 30	8	7	4	3,3

Рис. 5.14. Размеры призматических шпонок и шпоночных пазов, выполняемых в отверстии ступицы, мм (выдержки из ГОСТ 23360-78 «Соединения шпоночные с призматическими шпонками»)

Вопросы и задания

1. Охарактеризуйте назначение зубчатых передач и принцип их действия, их классификацию по функциональному назначению.
2. Охарактеризуйте особенности конструкции элементов зацепления.
3. Назовите термины и определения, используемые в описании зубчатых передач.
4. Приведите основные геометрические параметры зубчатого зацепления.
5. Какие условности применяют при изображении зубчатые колес, реек, червяков?
6. Назовите основные параметры зубчатой передачи.
7. Что такое делительный окружной модуль?
8. В чем заключается геометрический расчет параметров зубчатой передачи?
9. Охарактеризуйте возможные конструктивные решения соединения зубчатых колес с несущими их валами.

6. НАНЕСЕНИЕ ОБОЗНАЧЕНИЙ МАТЕРИАЛОВ НА РАБОЧИХ ЧЕРТЕЖАХ ДЕТАЛЕЙ

На рабочих чертежах деталей необходимые данные о материале, из которого она должна быть изготовлена, указывают в основной надписи в графе 3 (рис. 1.2), приводя марку материала в соответствии со стандартом.

ГОСТ 380-2005 «Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки» устанавливает следующие марки сталей: Ст0, Ст1кп, Ст1пс, Ст1сп, Ст2кп, Ст2пс, Ст2сп, Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс, Ст3Гсп, Ст4кп, Ст4пс, Ст4сп, Ст5кп, Ст5пс, Ст5сп, Ст5Гпс, Ст6кп, Ст6пс, Ст6сп. Цифрой обозначают условный номер стали в зависимости от химического состава. Буквой «Г» обозначают марганец при его массовой доле 0,80 % и более. Буквы «кп», «пс» и «сп» обозначают степень раскисления стали: «кп» – кипящая; «пс» – полуспокойная; «сп» – спокойная. Примеры указания марки стали в графе 3 основной надписи: Ст0 ГОСТ 380-2005; Ст1кп ГОСТ 380-2005; Ст3Гпс ГОСТ 380-2005.

ГОСТ 1050-88 «Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия» устанавливает следующие марки сталей: 08, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 58 (55пп) и 60 диаметром или толщиной до 250 мм. В обозначение этой стали, приводимом в графе 3 основной надписи, входит двузначное число, указывающее на среднее содержание углерода в сотых долях процента, например: **Сталь 30 ГОСТ 1050-88; Сталь 45 ГОСТ 1050-88.**

ГОСТ 1435-99 «Прутки, полосы, мотки из инструментальной легированной стали» устанавливает следующие марки стали: У7, У8, У8Г, У9, У10, У12, У7А, У8А, У8ГА, У9А, У10А, У12А. Буквы и цифры в обозначении этой марки стали означают: У – углеродистая сталь; расположенные за этой буквой цифры указывают на среднюю массовую долю углерода в десятых долях процента, содержащегося в стали; буква Г указывает на повышенную долю марганца в стали. Примеры указания марки инструментальной стали в графе 3 основной надписи: **У8 ГОСТ 1435-99; У8ГА ГОСТ 1435-99; У12 ГОСТ 1435-99.**

ГОСТ 4543-71 «Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия» устанавливает следующие группы марок качественной, высококачественной и особовысококачественной сталей, главным отличием которых является содержание основного легирующего компонента: хромистая (15ХА, 20Х и др.), марганцовистая (15Г, 25 Г и др.), хромомарганцовая (18ХГ, 25ХГТ и др.), хромокремнистая (33ХС, 40ХС и др.), хромомолибденовая и хромомолибденованадиевая (15ХМ, 30Х3МФ), хромованадиевая (15ХФ и 40ХФА), никель-молибденовая (15Н2М и 20Н2М), хромоникелевая и хромоникелевая с бором (12ХН, 20ХН3А, 20ХНР и др.), хромокремнемарганцовая и хромокремнемарганцовоникелевая (20ХГСА, 30ХГСН2А и др.), хромомарганцовоникелевая (14ХГН и др.) и хромомар-

ганцовоникелевая с титаном и бором (20ХГНТР и др.), хромоникельмолибденовая (20ХН2М, 38ХН3МА и др.), хромоникельмолибденованадиевая и хромоникельванадиевая (30ХН2МФА, 20ХН4ФА и др.), хромоалюминиевая с молибденом (38Х2МЮА), хромомарганцовоникелевая с молибденом и титаном (20ХНМ, 25ХГНТ и др.). В обозначении легированных сталей первые две цифры указывают среднюю массовую долю углерода в сотых долях процента. Буквы за цифрами означают: Р – бор, Ю – алюминий, С – кремний, Т – титан, Ф – ванадий, Х – хром, Г – марганец, Н – никель, М – молибден, В – вольфрам. Цифры после буквы указывают примерную массовую долю легирующего элемента в целых единицах. Отсутствие цифры означает, что в стали содержится менее 1,5 % этого легирующего элемента. Буква А в конце наименования марки стали обозначает, что это «высококачественная сталь». «Особовысококачественная сталь» обозначается буквой Ш через тире. Примеры обозначений: 30ХГС – качественная сталь; 30ХГСА – высококачественная; 30ХГС-Ш и 30ХГСА-Ш – особовысококачественная. Примеры указания марки инструментальной стали в графе 3 основной надписи: **Сталь 20ХН ГОСТ 4543-71; Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-71.**

ГОСТ 977-88 «Отливки стальные. Общие технические условия» распространяется на стальные отливки, изготавливаемые всеми способами литья из нелегированных (15Л, 20Л, 25Л, 30Л, 35Л, 40Л, 45Л, 50Л) и легированных (40ХЛ, 35ХГСЛ, 35НГМЛ, 20ФЛ, 20ДХЛ и др.) конструкционных *литейных сталей*. В обозначении марок литейных сталей первые цифры указывают среднюю долю или максимальную (при отсутствии нижнего предела) массовую долю углерода в сотых долях процента; буквы за цифрами означают: Г – марганец; Н – никель; С – кремний; Д – медь; Ф – ванадий, Х – хром; М – молибден; Л – литейная. Примеры указания марки литейной стали: **35ХГСЛ ГОСТ 977-88; 25Л ГОСТ 977-88; 40ХЛ ГОСТ 977-88; 35НГМЛ ГОСТ 977-88.**

ГОСТ 1412-85 «Чугун с пластическим графитом для отливок. Марки» устанавливает следующие марки *серого чугуна*: СЧ10, СЧ15, СЧ18, СЧ20, СЧ21, СЧ24, СЧ25, СЧ30 и СЧ35. В своем обозначении марка чугуна содержит величину минимального временного сопротивления при растяжении (первые две цифры после букв) в МПа $\times 10^{-1}$ (кгс/мм²), например: **СЧ18 ГОСТ 1412-85.**

ГОСТ 1215-79 «Отливки из ковкого чугуна. Общие технические условия» устанавливает следующие марки: КЧ 30-6, КЧ 33-8, КЧ 35-10, КЧ 37-12 ферритного класса, характеризующегося ферритной или ферритно-перлитной микроструктурой металлической основы; КЧ 45-7, КЧ 50-5, КЧ 55-4, КЧ 60-3, КЧ 65-3, КЧ 70-2, КЧ 80-1,5 перлитного класса, характеризующегося в основном перлитной микроструктурой металлической основы. В своем обозначении этот чугун содержит величину временного сопротивления разрыву (первые две цифры после букв) в МПа $\times 10^{-1}$ (кгс/мм²) и относительное удлинение в % (цифры после тире), например: **КЧ 35-10-Ф**

ГОСТ 1215-79 – отливка из ковкого чугуна ферритного класса; КЧ 60-3-П
ГОСТ 1215-79 – отливка из ковкого чугуна перлитного класса.

Из сплавов цветных металлов в машиностроении наибольшее значение имеют медные, а также легкие алюминиевые, магниевые и титановые сплавы.

Латунь – это сплав двух основных компонентов – меди и цинка. Маркируют латуни буквой Л, затем буквами (А – алюминий; Мц – марганец; Ж – железо; Н – никель; Б – бериллий; К – кремний; О – олово; С – свинец) обозначают входящие в нее элементы (кроме меди) и указывают их содержание в процентах. ГОСТ 15527-2004 «Сплавы медно-цинковые (латуни), обрабатываемые давлением. Марки» устанавливает химический состав: простых (двойных) латуней Л96, Л63; свинцовых латуней ЛС74-3, ЛС64-2, ЛС63-3, ЛС58-2, ЛС58-3, ЛС59-2, ЛЖС58-1-1; сложнолегированных латуней – ЛО70-1; ЛО62-1; ЛКБО62-0,2-0,04-0,5; ЛОК 59-1-0,3; ЛК62-0,5; ЛАЖ 60-1-1; ЛАН 59-3-2; ЛЖМц 59-1-1; ЛМц58-2 (приведены только марки латуней для заготовок в форме прутков). Первое число в обозначении латуни указывает на среднее содержание меди – главного компонента сплава. Остальное – это цинк. Но в состав латуней могут входить и другие химические компоненты, которые добавляют к меди и цинку. Их среднее содержание в процентах в обозначении указывают через тире в порядке, соответствующем приведенным буквенным обозначениям этих компонентов. Примеры указания марок латуней: **Л63 ГОСТ 15527-2004** (где содержание в процентах: 63 – медь; остальное – цинк); **ЛС59-2 ГОСТ 15527-2004** (59 – медь; 2 – свинец; остальное – цинк).

ГОСТ 17711-93 «Сплавы медно-цинковые (латуни) *литейные*. Марки» устанавливает химический состав следующих латуней: свинцовых ЛЦ40С и ЛЦ40Сд; марганцовых ЛЦ40Мц1,5; марганцово-железных ЛЦ40Мц3Ж и марганцово-алюминиевых ЛЦ40Мц3А; марганцово-свинцовых ЛЦ38Мц2С2; алюминиевых ЛЦ30А3; оловянно-свинцовых ЛЦ25С2; алюминиево-железо-марганцевых ЛЦ23А6Ж3Мц2; кремнистых ЛЦ16К4; кремнисто-свинцовых ЛЦ14К3С3 (рядом с буквами, обозначающими основные химические компоненты, добавляемые к меди, указано их среднее содержание в процентах: О – олово; Ц – цинк; С – свинец; Ф – фосфор; Н – никель). Примеры указания марки латуни: **ЛЦ40С ГОСТ 17711-93** (где содержание в процентах: 40 – цинк; 1 – свинец; остальное – медь); **ЛЦ40Мц3А ГОСТ 17711-93** (40 – цинк; 3 – марганец; 1 – алюминий; остальное – медь).

Бронзами оловянными называются сплавы меди с оловом, *безоловянными* – с алюминием, бериллием, кремнием, свинцом. Кроме указанных элементов, бронзы дополнительно легируют фосфором, цинком, марганцем, железом, калием, титаном. Маркируют бронзы буквами **Бр**, затем обозначают входящие в нее элементы (кроме меди) и их содержание в процентах, как это указано выше для латуней. По технологическим свойствам бронзы делятся на *литейные* и *деформируемые* (обрабатываемые давлением).

ГОСТ 613-79 «Бронзы оловянные *литейные*. Марки» устанавливает химический состав сплавов следующих марок: БрОЗЦ12С5, БрОЗЦ7С5Н1, БрО4Ц7С5, БрО4С17, БрО5Ц5С5, БрО5С25, БрО6Ц6С3, БрО8Ц4, БрО10Ф1, БрО10Ц2, БрО10С10 (рядом с буквами, обозначающими основные химические компоненты, добавляемые к меди, указано их среднее содержание в процентах: О – олово; Ц – цинк; С – свинец; Ф – фосфор; Н – никель). Пример указания марки: **БрО4Ц7С5 ГОСТ 613-79** (где содержание в процентах: 4 – олово; 7 – цинк; 5 – свинец; остальное – медь).

Бронзы деформируемые (обрабатываемые давлением) изготавливают двух видов: *оловянные* и *безоловянные*. Эти бронзы поставляют в виде полос, лент, прутков, проволоки и трубок.

ГОСТ 5017-2006 «Бронзы *оловянные*, обрабатываемые давлением. Марки» устанавливает химический состав сплавов следующих марок: БрОФ7-0,2; БрОФ6,5-0,15; БрОЦ4-3 (приведены только марки бронз для заготовок в форме прутков). Вслед за буквами (О – олово; Ф – фосфор; Ц – цинк), обозначающими основные химические компоненты, добавляемые к меди, указано их среднее содержание в процентах. Примеры обозначения марок бронз: **БрОФ7-0,2 ГОСТ 5017-2006** (где содержание в процентах: 7 – олово; 0,2 – фосфор; остальное – медь); **БрОЦ4-3 ГОСТ 5017-2006** (4 – олово; 3 – цинк; остальное – медь).

ГОСТ 18175-78 «Бронзы *безоловянные*, обрабатываемые давлением. Марки» устанавливает химический состав сплавов следующих марок бронз: алюминиевых БрА5; БрА7-4, БрАМц9-2; БрАМц10-2, БрАЖ9-4; БрАЖМц10-3-1,5, БрАЖН10-4-4, БрАЖНМц9-4-4-1; бериллиевых БрБ2; кремниевых БрКМц3-1, БрКН1-3; марганцевых БрМц5; кадмиевых БрКд1; магниевых БрМг0,3 (вслед за буквами, обозначающими основные химические компоненты, добавляемые к меди, указано, соответственно, их среднее содержание в процентах: А – алюминий; Мц – марганец; Ж – железо; Н – никель; Б – бериллий; Т – титан; Мг – магний; К – кремний; Кд – кадмий; О – олово; Ц – цинк; С – свинец; Ф – фосфор). Примеры указания марки: **БрАМц9-2 ГОСТ 18175-78** (где содержание в процентах: 9 – алюминий; 2 – марганец; остальное – медь); **БрБ2 ГОСТ 18175-78** (2 – бериллий; остальное – медь).

ГОСТ 4784-97 «Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки» устанавливает, в частности, химический состав сплавов следующих марок в прутках и поковках: АК4, АК6, АК8 и др. ГОСТ 1583-93 «Сплавы алюминиевые литейные. Технические условия» – сплавов следующих марок в отливках и чушках: АК12 (или АЛ2), АК13, АК9, АК7 и др. Примеры указания марки: **АК4 ГОСТ 4784-97; АЛ2 ГОСТ 1583-93; АК7 ГОСТ 1583-93.**

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабулин, Н. А. Построение и чтение машиностроительных чертежей : учебник / Н. А. Бабулин. – 12-е изд., доп. – М. : Высшая школа, 2005. – 453 с. : ил.
2. Зеленый, П. В. Инженерная графика. Резьбы и резьбовые соединения : учебно-методическое пособие / П. В. Зеленый. – Минск : БНТУ, 2021. – 199 с.
3. Зеленый, П. В. Инженерная графика : учебно-методическое пособие по машиностроительному черчению : в 2 ч. / П. В. Зеленый, С. В. Солонко ; под ред. П. В. Зеленого. – Минск : БНТУ, 2015. – 81 с.
4. Зеленый, П. В. Инженерная графика : учебно-методическое пособие : в 2 ч. / П. В. Зеленый. – Минск : БНТУ, 2015. – Ч. 2: Чертежи корпусных деталей, крышек и валов. – 202 с.
5. Зеленый, П. В. Инженерная графика. Практикум по чертежам сборочных единиц : учебное пособие / П. В. Зеленый, Е. И. Белякова, О. Н. Кучура. – Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2015. – 128 с.: ил. – (Высшее образование : Бакалавриат).
6. Левицкий, В. С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей : учебник / В. С. Левицкий. – 2007. – 435 с. : ил.
7. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т., Т. 1 / В. И. Анурьев. – 8-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2006. – 920 с.: ил. и табл.
8. Машиностроительное черчение : учебник для студентов машиностроительных и приборостроительных специальностей вузов / Г. П. Вяткин [и др.]; под ред. Г. П. Вяткина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1985. – 368 с., ил.
9. Новичихина, Л. И. Справочник по техническому черчению / Л. И. Новичихина. – Минск : Книжный дом, 2004. – 320 с. : ил.
10. Попова, Г. Н. Машиностроительное черчение : справочник / Г. Н. Попова, С. Ю. Алексеев. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб. : Политехника, 1999. – 447 с. : ил и табл.
11. Справочное руководство по черчению / В. Н. Богданов [и др.]. – М. : Машиностроение, 1989. – 864 с. : ил.
12. Федоренко, В. А. Справочник по машиностроительному черчению / В. А. Федоренко, А. И. Шошин. – Л. : Машиностроение, 1984. – 416 с. : ил.
13. Чекмарев, А. А. Справочник по машиностроительному черчению / А. А. Чекмарев, В. К. Осипов. – 8-е изд., стер. – М. : Высшая школа, 2008. – 493 с. : ил.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ В СООТВЕТСТВИИ СО СТАНДАРТАМИ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ (ЕСКД).....	5
1.1. ГОСТ 2.301-68 «Форматы»	5
1.2. ГОСТ 2.104-2006 «Основные надписи».....	7
1.3. ГОСТ 2.302-68 «Масштабы».....	11
1.4. ГОСТ 2.303-68 «Линии»	14
1.5. ГОСТ 2.304-81 «Шрифты чертежные»	19
1.6. Графическая работа «Шрифт»	27
2. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ.....	30
2.1. Построения параллельных и перпендикулярных прямых, деление на равные части отрезков прямых и углов.....	30
2.2. Уклон и конусность.....	33
2.3. Многоугольники.....	35
2.4. Построение касательных прямых	40
2.5. Построение овалов, лекальных кривых и эллипсов	44
2.6. Сопряжения.....	46
2.7. Графическая работа «Сопряжения»	55
3. ВЫПОЛНЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ В СООТВЕТСВИИ СО СТАНДАРТАМИ ЕСКД	66
3.1. ГОСТ 2.305-2008 «Изображения – виды, разрезы, сечения»	66
3.1.1. Виды	66
3.1.2. Разрезы	74
3.1.3. Сечения.....	101
3.1.4. Выносные элементы.....	106
3.1.5. Очередность применения букв в обозначениях видов, разрезов, сечений и выносных элементов	108
3.1.6. Условности и упрощения на чертежах	110
3.2. ГОСТ 2.306-68 «Обозначения графическое материалов и правила их нанесения на чертежах»	134
3.3. ГОСТ 2.307-2011 «Нанесение размеров и предельных отклонений»	143
3.3.1. Нанесение размеров	144
3.3.2. Нанесение предельных отклонений размеров	175
3.3.3. Влияние технологии изготовления детали на особенности нанесения ее размеров.....	176
3.4. ГОСТ 2.109-73 «Основные требования к чертежам»	179
3.4.1. Общие требования к рабочим чертежам.....	180
3.4.1.1. Общие положения	180
3.4.1.2. Чертежи совместно обрабатываемых изделий.....	186

3.4.1.3. Чертежи изделий с дополнительной обработкой или переделкой	190
3.4.1.4. Чертежи изделия с надписями, знаками, фотоснимками.....	191
3.4.1.5. Чертежи изделий, изготавливаемых в различных производственно-технологических вариантах	192
3.4.2. Чертежи деталей.....	193
3.4.3. Чертежи сборочные.....	196
3.4.3.1. Содержание, изображения и нанесения размеров	196
3.4.3.2. Номера позиций.....	201
4. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РЕЗЬБАХ И ИХ НАЗНАЧЕНИИ, РЕЗЬБОВЫХ ДЕТАЛЯХ И СОЕДИНЕНИЯХ.....	206
4.1. Геометрия образования резьб, их классификация по функциональному назначению, виды стандартных и нестандартных резьб, термины и определения.....	207
4.2. Стандартные резьбовые крепежные изделия, особенности их применения.....	211
4.3. Изображение резьбы, применяемые условности и упрощения.....	219
4.4. Обозначение и параметры стандартных и нестандартных резьб.....	222
4.4.1. Стандартная крепежная резьба	222
4.4.2. Стандартные крепежно-уплотнительные резьбы	223
4.4.3. Стандартные ходовые резьбы	227
4.4.4. Нестандартные резьбы.....	229
4.5. Графическая работа «Соединения резьбовые стандартными крепежными изделиями»	232
4.5.1. Поэтапное выполнение графической работы.....	242
4.5.1.1. Вычерчивание соединения винтом	242
4.5.1.2. Вычерчивание соединения шпилькой.....	250
4.5.1.3. Вычерчивание соединения болтом.....	255
4.5.1.4. Вычерчивание соединения штифтом	259
4.5.1.5. Вычерчивание резьбового отверстия	260
4.6. Графическая работа «Конструкторские документы на изделие – спецификация и сборочный чертеж».....	263
4.6.1. Условности и упрощения при изображении крепежных изделий на чертежах сборочных единиц	263
4.6.2. Чертежи сборочных единиц как составная часть комплекта конструкторской документации к основному конструкторскому документу – спецификации	266
4.6.2.1. Сборочный чертеж	270
4.6.2.2. Спецификация	273
4.6.3. Задание, исходные данные по вариантам и образцы выполнения графической работы «Конструкторские документы на изделие – спецификация и сборочный чертеж».....	275

5. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧАХ И ИХ НАЗНАЧЕНИИ	287
5.1. Назначение, классификация по функциональному назначению, геометрия формы рабочих поверхностей, конструктивные особенности различных типов зубчатых передач, термины и определения	287
5.1.1. Назначение, геометрия и общие сведения о зубчатых передачах	287
5.1.2. Основные типы зубчатых передач в зависимости от функционального назначения	290
5.1.3. Основные элементы эвольвентного зацепления (на примере цилиндрических зубчатых колес)	294
5.1.4. Расчет геометрических параметров зубчатого зацепления цилиндрических колес	295
5.1.5. Конструктивные особенности зубчатых колес и их связи с несущими с валами	296
5.2. Изображение зубчатых колес на чертеже	298
5.3. Графическая работа «Передача зубчатая»	299
6. НАНЕСЕНИЕ ОБОЗНАЧЕНИЙ МАТЕРИАЛОВ НА РАБОЧИХ ЧЕРТЕЖАХ ДЕТАЛЕЙ	304
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	308

Учебное издание

ЗЕЛЕНЬ Петр Васильевич

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Учебно-методическое пособие
для студентов специальностей направления образования 37 «Транспорт»

Редактор *А. В. Кочемарова*
Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 08.11.2022. Формат 60×84 ¹/₈. Бумага офсетная. Цифровая печать.
Усл. печ. л. 36,86. Уч.-изд. л. 28,08. Тираж 300. Заказ 445.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.