

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Инженерная графика»

**А. М. Селютин, Т. А. Повжик**

## **ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ. СОЕДИНЕНИЯ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
и контрольные задания по курсу  
«Инженерная графика» для студентов  
машиностроительных специальностей  
заочной формы обучения**

**Электронный аналог печатного издания**

**Гомель 2008**

УДК 744.4(075.8)  
ББК 30.11я73  
С29

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом  
заочного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 7 от 13.06.2006 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц., декан машиностр. фак. ГГТУ им. П. О. Сухого *А. Т. Бельский*

**Селютин, А. М.**  
С29 Проекционное черчение. Соединения : метод. указания и контрол. задания по курсу «Инженерная графика» для студентов машиностр. специальностей заоч. формы обучения / А. М. Селютин, Т. А. Повжик. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2008. – 57 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://gstu.local/lib>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-420-642-4.

Даны варианты заданий контрольной работы второго семестра, изложены требования и рекомендации по их выполнению. Материал контрольной работы охватывает следующие темы курса «Инженерная графика»: «Геометрическое черчение», «Проекционное черчение» и «Соединения».

Для студентов машиностроительных специальностей заочной формы обучения.

**УДК 744.4(075.8)  
ББК 30.11я73**

**ISBN 978-985-420-642-4**

© Селютин А. М., Повжик Т. А., 2008  
© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2008

## ВВЕДЕНИЕ

Курс «Инженерная графика» служит основой технической подготовки инженеров. Курс последовательно рассматривает решения задач инженерной графики традиционными средствами: путем изучения его теоретической базы, а затем и отработки практических навыков вычерчивания объектов технического черчения в соответствии с нормами, правилами и стандартами на способы изображения и оформления чертежей.

Чертеж является знаковой моделью, используемой как средство графического выражения инженерной мысли. Чертежом называется изображение предмета на плоскости, по которому можно единственным образом судить о его форме, назначении, размерах, материале, из которого он изготовлен и т. п. Значение чертежа в нашей жизни очень велико. Без чертежей немислимо проектирование, изготовление, эксплуатация и ремонт современных машин и оборудования.

Данное издание руководство включает в себя минимальный объем теоретического материала, необходимого для выполнения заданий контрольной работы второго семестра студентами машиностроительных специальностей заочной формы обучения, содержит варианты заданий, требования и рекомендации по их выполнению.

Материал контрольной работы рассматривает три раздела курса «Инженерная графика»: геометрическое, проекционное черчение, а также частично знакомит с темой «Соединения».

В процессе изучения всего курса студент должен подготовиться к выполнению графической части расчетно-графических работ и курсовых проектов по специальным дисциплинам, а также дипломного проекта. Самостоятельное выполнение заданий данной контрольной работы позволит изучить методы создания изображений пространственных тел на плоскости, обучиться способам изображения различных деталей в прямоугольных и аксонометрических проекциях, усвоить основные правила и нормы оформления и выполнения чертежей, установленные стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), освоить технику выполнения чертежей.

## **1. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

### **1.1. Порядок изучения учебного материала курса**

Изучение курса инженерной графики рекомендуется вести в следующем порядке:

1. Уяснить название темы, указания к выполнению задания, ознакомиться с материалами данных методических указаний, относящимися к заданию.
2. Изучить стандарты, необходимые для выполнения графической работы по данной теме.
3. Изучить рекомендуемую литературу по данной теме.
4. Выполнить графическую работу в порядке, указанном в методических указаниях к заданию.
5. В случае возникновения затруднений следует обращаться за письменной или устной консультацией на кафедре.

Демонстрационные чертежи и чертежи-задания, помещенные в методических указаниях, не являются эталонами исполнения, а служат лишь примерами расположения материала на листе, характеризуют объем и содержание темы. Особенно следует обращать внимание на правильность расстановки размеров.

### **1.2. Рекомендации по выполнению и сдаче контрольной работы**

Номер варианта контрольных работ выбирается по сумме двух последних цифр номера зачетной книжки.

Все чертежи должны быть выполнены в соответствии с ГОСТами и требованиями ЕСКД, отличаться четким и аккуратным исполнением. Чертежи настоящей контрольной работы выполняются на листах бумаги стандартного формата А3 (297 × 420 мм).

После нанесения рамки чертежа в правом нижнем углу намечают размеры основной надписи чертежа, единой для всех форматов. Форма основной надписи в соответствии с ГОСТ 2.104–68 приведена на рис. 1. Обращаем внимание, что основная надпись размера 55 × 185 мм используется только для первого листа чертежа за данным номером. Если используется более одного листа для чертежа одной детали, то вторые и последующие листы снабжаются основной надписью размером 15 × 185 мм. Допускается использование бланков чертежей, выполненных типографским способом.

При формировании номера чертежа в том случае, если в данной теме только одно задание, номер задания темы не указывают.

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

Допускается для выполнения чертежей использовать графические редакторы для персональных компьютеров. В этом случае разрешается склеивать листы из форматов А4.

Студенты могут проверить правильность построений во время консультаций у преподавателя (см. график консультаций на стенде кафедры «Инженерная графика»).

Работа представляется и регистрируется в деканате. За результатом выполнения контрольных работ следует обращаться на кафедру «Инженерная графика».

Первая страница контрольной работы (титульный лист) должна быть оформлена по образцу, утвержденному кафедрой «Инженерная графика».

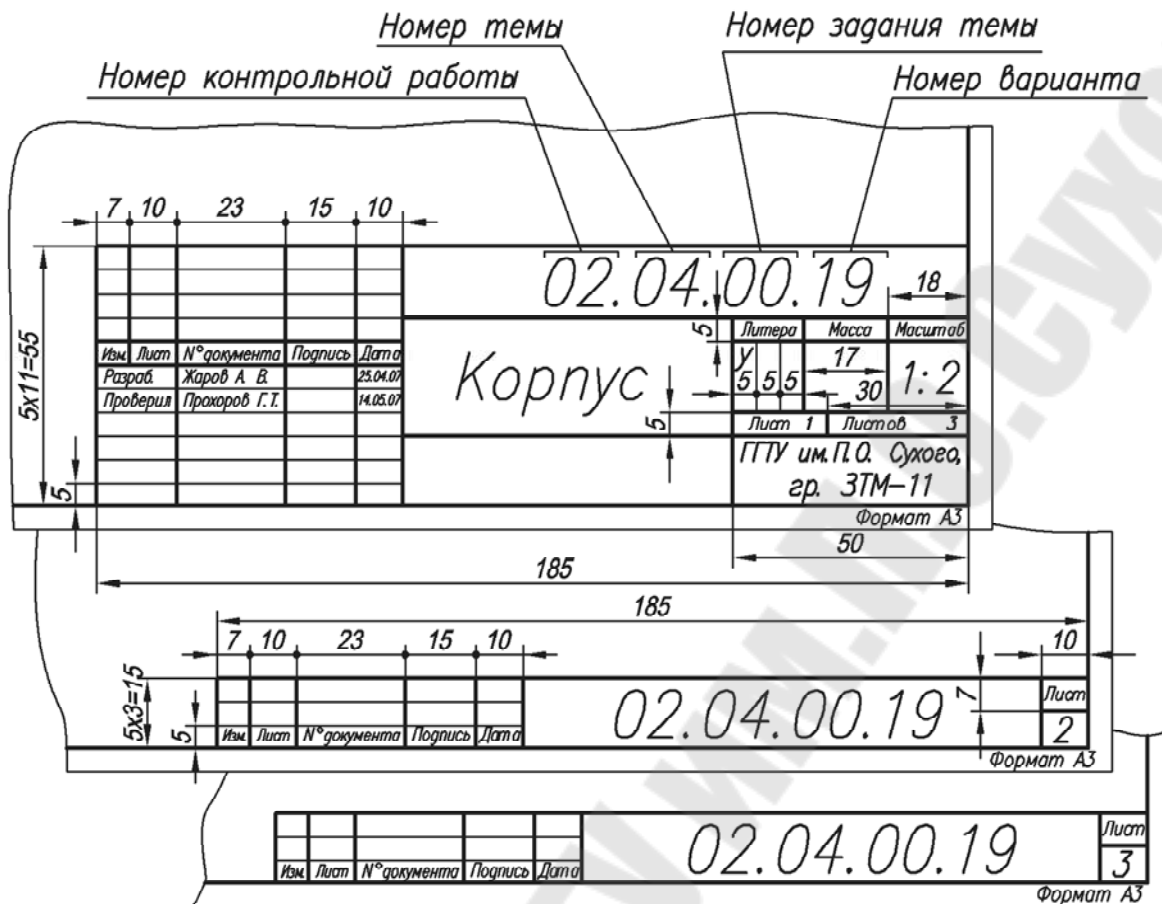


Рис. 1

Рецензирование контрольных работ является основной формой руководства самостоятельной работой студентов со стороны преподавателей. Прорецензированную контрольную работу вместе с рецензией возвращают студенту. Контрольная работа засчитывается только при правильном выполнении чертежей по всем темам, входящим в нее. На повторную рецензию в случае большого количества ошибок и необходимости их исправления нужно высылать всю работу полностью вместе со всеми предыдущими рецензиями.

### 1.3. Допуск и выполнение зачетного задания

В высших технических учебных заведениях установлены следующие основные правила проведения зачетов по инженерной графике:

- зачеты принимает заведующий кафедрой или по его назначению один из членов кафедры;
- к зачету допускают студентов, полностью выполнивших все чертежи работы, установленные рабочей программой; готовность работ определяется наличием положительной рецензии преподавателя-рецензента; во втором семестре установлен дифференцированный зачет.

Зачет состоит из: 1) просмотра преподавателем выполненных графических работ; 2) выполнения студентом зачетных заданий, содержание которых установлено кафедрой; 3) вопросов преподавателя по чертежам, выявляющим знание студентом ГОСТов ЕСКД и его умение читать чертежи. В случае выполнения чертежей средства-

ми машинной графики преподаватель вправе проверить умение студента пользоваться использованным им графическим редактором.

Оценка знаний по инженерной графике проводится по 10-балльной системе. В случае неудовлетворительной оценки заведующий кафедрой или лицо, им уполномоченное, определяет, должен ли допущенный к передаче студент выполнить дополнительные работы или может явиться для новой сдачи с прежними работами.

В случае установления факта несамостоятельного выполнения всей работы или ее части преподаватель обязан заменить вариант задания.

После сдачи зачета графические работы студентов остаются на хранении в университете.

## **2. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2**

Контрольная работа № 2 состоит из чертежей к темам № 1–3.

### **Тема № 1. Геометрическое черчение**

Изучаются требования, предъявляемые стандартами ЕСКД, к выполнению чертежей и построение сопряжений и лекальных кривых.

Задание № 1. Построение очертания кулачка.

### **Тема № 2. Проекционное черчение**

Задание № 1. Построение необходимого числа видов по данному наглядному изображению предмета.

Задание № 2. Построение трех видов детали по двум данным. Выполнение простых разрезов. Построение аксонометрической проекции.

Задание № 3. Построение третьего вида детали по двум заданным. Выполнение полезных (простых и сложных) разрезов. Построение натуральной величины наклонного сечения. Построение аксонометрической проекции.

Задание № 4. Построение линий «среза».

Задание № 5. Построение третьего изображения по двум данным. Построение линий перехода и пересечения поверхностей.

### **Тема № 3. Соединения**

Задание № 1. Вычерчивание крепежных изделий по размерам, установленным стандартами. Резьбовые соединения. Понятие о неразъемных соединениях.

#### **2.1. Тема № 1. Задание № 1**

Построить очертания кулачка. Данные к заданию приведены в табл. 1. Пример выполнения содержится на рис. 2. Графическую работу выполнять на листе чертежной бумаги формата А3 карандашом.

#### ***Порядок выполнения***

Изучить основные положения стандартов: ГОСТ 2.301–68, 2.302–68, 2.303–68, 2.304–68, 2.306–68, 2.307–68, данные в сборнике стандартов «Единая система конструкторской документации» и рекомендуемую литературу. Эти стандарты регламентируют форматы, масштабы, линии, шрифт, основные надписи и основные правила нанесения размеров. Ознакомиться с примером выполнения чертежа по теме (рис. 2).



- *основная линия* толщиной  $s$  (рекомендуется в учебных чертежах  $s = 0,8–1,0$  мм) для линий видимого контура;
- *штрих-пунктирная* толщиной  $s/3–s/2$  для осевых и центровых;
- *сплошная тонкая* толщиной  $s/3–s/2$  для размерных и выносных линий, штриховки, обозначения линий перехода;
- *штриховая* толщиной  $\frac{2}{3}s$  для линий невидимого контура;
- *сплошная волнистая* толщиной  $s/3–s/2$  для линий обрыва изображения и разграничения вида и разреза;
- *разомкнутая линия* толщиной  $(1–1,5)s$  для обозначения разрезов и сечений.

Начертание букв, цифр и знаков чертежным шрифтом следует изучать и применять при оформлении чертежей. Овладение навыками использования чертежных шрифтов требует определенной тренировки.

Правила нанесения размеров достаточно сложны. Их изучают в течение всего курса. При нанесении размеров учитываются форма детали, взаимодействие ее с другими деталями сборочной единицы, т. е. ее функционирование в изделии, особенности ее изготовления (технология), необходимость обеспечения ясности и выразительности чертежа. Некоторые из них будут приведены ниже.

### Сопряжения

**Сопряжением** принято называть плавный переход прямой линии в дугу окружности или одной дуги в другую. Общая для этих линий точка называется точкой сопряжения.

В основе решения задач на построение сопряжений лежат следующие правила:

**Правило 1.** Прямая, касательная к окружности, имеет прямой угол с радиусом, проведенным в точку касания.

**Правило 2.** Геометрическим местом центров окружностей, касательных к данной прямой, является прямая, параллельная заданной прямой и отстоящая от нее на величину радиуса окружности.

**Правило 3.** Точка касания двух окружностей (точка сопряжения) находится на линии, соединяющей их центры.

При построении сопряжений различают три элемента: точку сопряжения, центр дуги сопряжения, радиус дуги сопряжения. Сопряжение выполняют по одному из указанных элементов. При сопряжении прямой линии и дуги центр дуги сопряжения отмечают на перпендикуляре к прямой, восстановленном из точки сопряжения. При сопряжении двух дуг центры дуг лежат на прямой, проходящей через точку сопряжения перпендикулярно общей касательной этих дуг.

**Задан радиус сопряжения  $R$ .** Построим *сопряжение пересекающихся прямых дугой окружности данного радиуса* (рис. 3). По правилу 2 центр  $O$  сопрягающей окружности находят в пересечении вспомогательных прямых, параллельных заданным  $m$  и  $n$ , на расстоянии, равном радиусу  $R$ . Точки сопряжения  $A$  и  $B$  лежат в основании перпендикуляров к исходным прямым и ограничивают угловой размер дуги сопряжения.



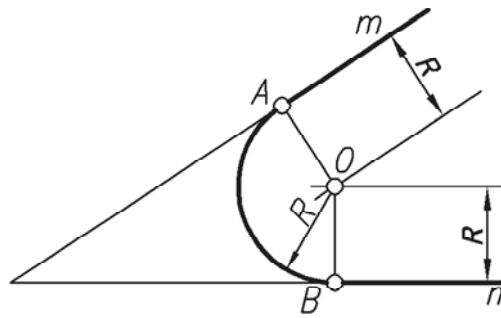


Рис. 3

Сопряжение дуги окружности и прямой линии дугой заданного радиуса при внешнем касании (рис. 4). Центр  $O_1$  дуги сопряжения находится на пересечении вспомогательной прямой, отстоящей от заданной прямой на величину радиуса  $R_1$ , и дуги радиуса  $R + R_1$  (или  $R - R_1$ ), из центра  $O$ . Точки сопряжения  $K$  и  $M$  находятся соответственно в основании перпендикуляра  $O_1K$  и на пересечении  $OO_1$  с основной окружностью.

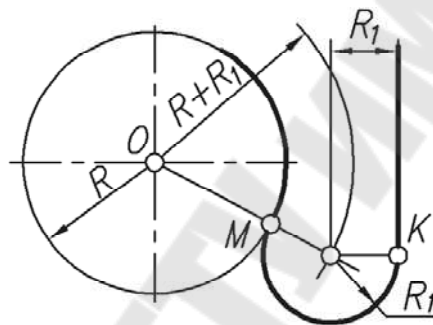


Рис. 4

Сопряжение двух окружностей дугой заданного радиуса  $R_3$ . При внешнем касании (рис. 5) центр  $O_3$  искомой дуги радиуса  $R_3$  находится в пересечении вспомогательных окружностей, описанных из центров  $O_1$  и  $O_2$  соответствующими радиусами  $R_1 + R_3$  и  $R_2 + R_3$ . Точки сопряжения окружностей  $K$  и  $M$  по правилу 3 лежат на лучах, соединяющих центры сопрягаемых окружностей. Кроме внешнего возможны внутреннее и смешанное касания. Сопряжение двух дуг при заданном радиусе  $R_3$  возможно при условии:  $O_1O_2 \leq R_1 + 2R_3 + R_2$ .

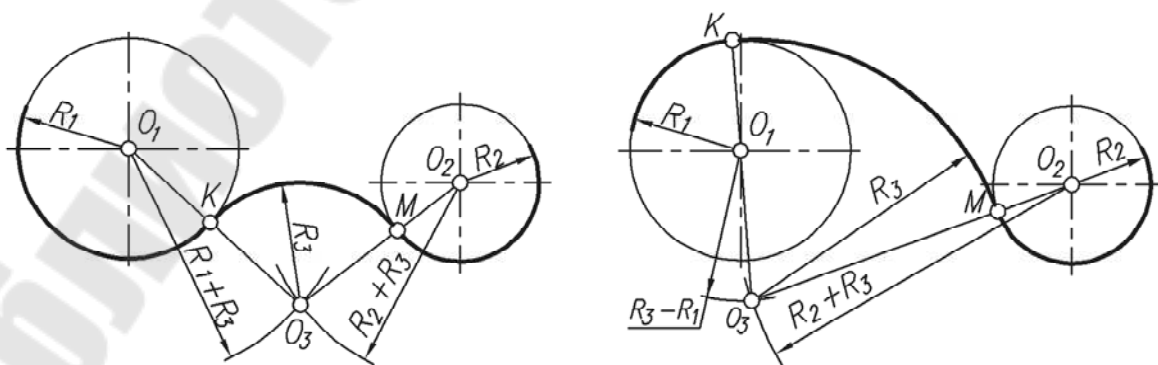


Рис. 5

**Задана точка сопряжения  $M$ .** Сопряжение двух пересекающихся прямых при заданном положении одной из точек сопряжения (точка  $A$  на рис. 6). Искомый центр  $O$  (и соответственно радиус сопряжения) находится на пересечении перпендикуляра из точки сопряжения  $A$  с биссектрисой угла, образованного заданными прямыми.

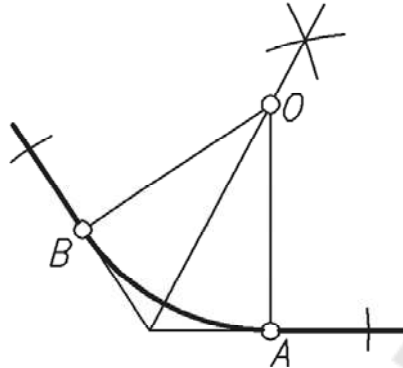


Рис. 6

**Сопряжение прямой линии с дугой радиуса  $R$ .** Задачу решают при заданной точке сопряжения на дуге или на прямой.

**Задана точка сопряжения  $A$  на окружности** (рис. 7 – внешнее касание). Центр дуги сопряжения – точка пересечения луча  $OA$ , проведенного через точку сопряжения  $A$  и центр заданной окружности, и биссектрисы угла  $ABK$ , образованного касательной  $AB$  в точке сопряжения и заданной прямой  $t$ . Радиус сопрягающей дуги равен расстоянию  $O_1A$ ;  $O_1K \perp t$ , где  $K$  – точка сопряжения на прямой  $t$ .

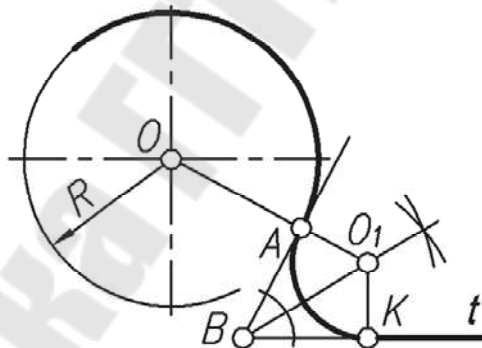


Рис. 7

**Задана на прямой  $t$  точка сопряжения  $A$**  (рис. 8 – внешнее касание). В данной точке  $A$  на прямой восстанавливают перпендикуляр  $m$  и откладывают на нем отрезок  $AB$ , равный радиусу  $R$  заданной окружности. Полученную точку  $B$  соединяют с центром  $O$  окружности и из середины отрезка  $OB$  восстанавливают к нему перпендикуляр  $n$ . В точке пересечения перпендикуляров  $m$  и  $n$  отмечают точку  $O_1$  – центр искомой дуги сопряжения. По правилу 3 точка  $K$  – точка сопряжения;  $O_1K$  – радиус дуги сопряжения.

Сопряжение двух дуг  $R_1$  из центра  $O_1$  и  $R_2$  из центра  $O_2$  (рис. 9). Точка сопряжения  $A$  задана на дуге радиуса  $R_1$ . Через точку  $A$  и центр  $O_1$  проводят отрезок радиусом  $R_2$  и отмечают на нем точку  $K$ . Дальнейшее построение аналогично предыдущему: точку  $K$  соединяют с центром  $O_2$  и через середину отрезка  $KO_2$  проводят перпендикуляр к нему.

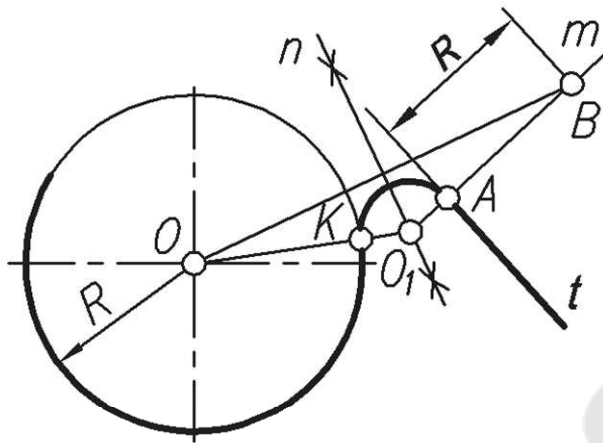


Рис. 8

Его пересечение с прямой  $AO_1$  определяет искомый центр  $O$ . Пересечение луча  $OO_2$  с дугой радиуса  $R_2$  дает вторую точку сопряжения. Радиус сопряжения  $R_x = OA = OB$ .

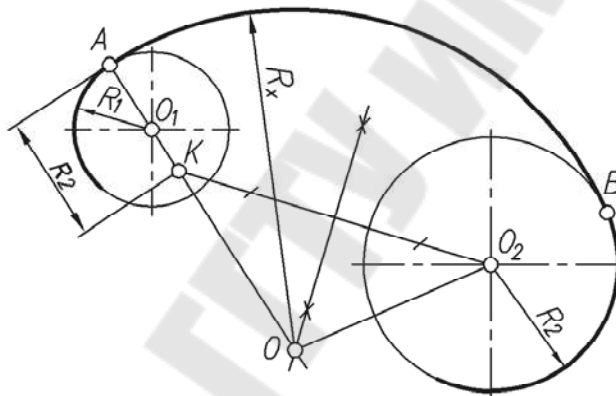
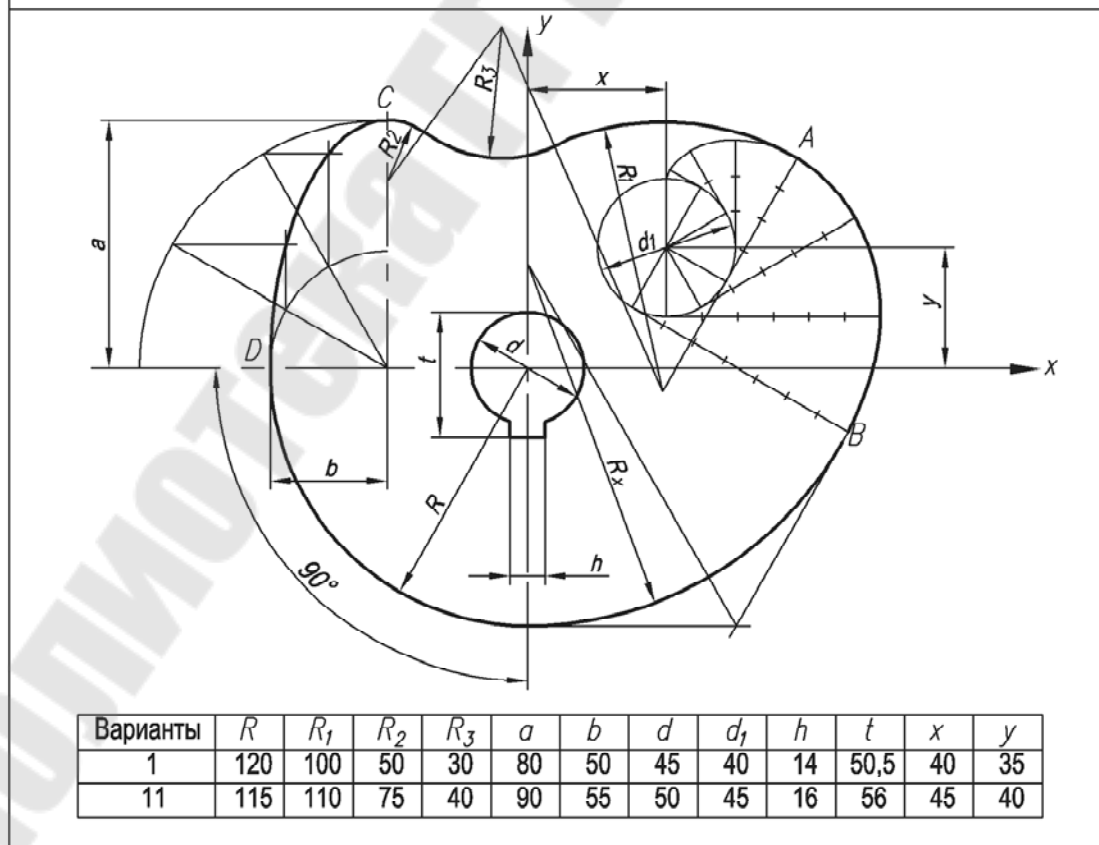
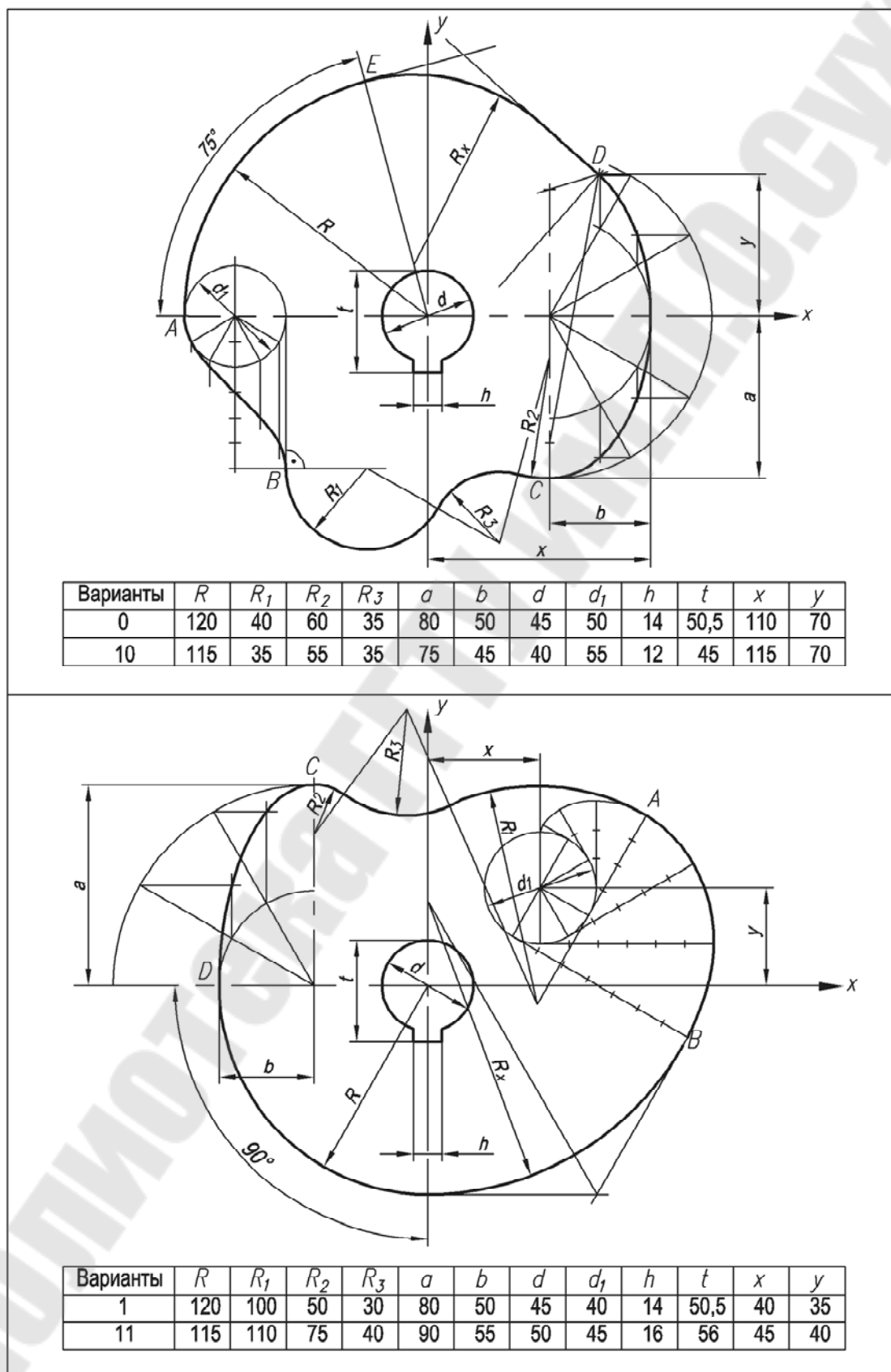
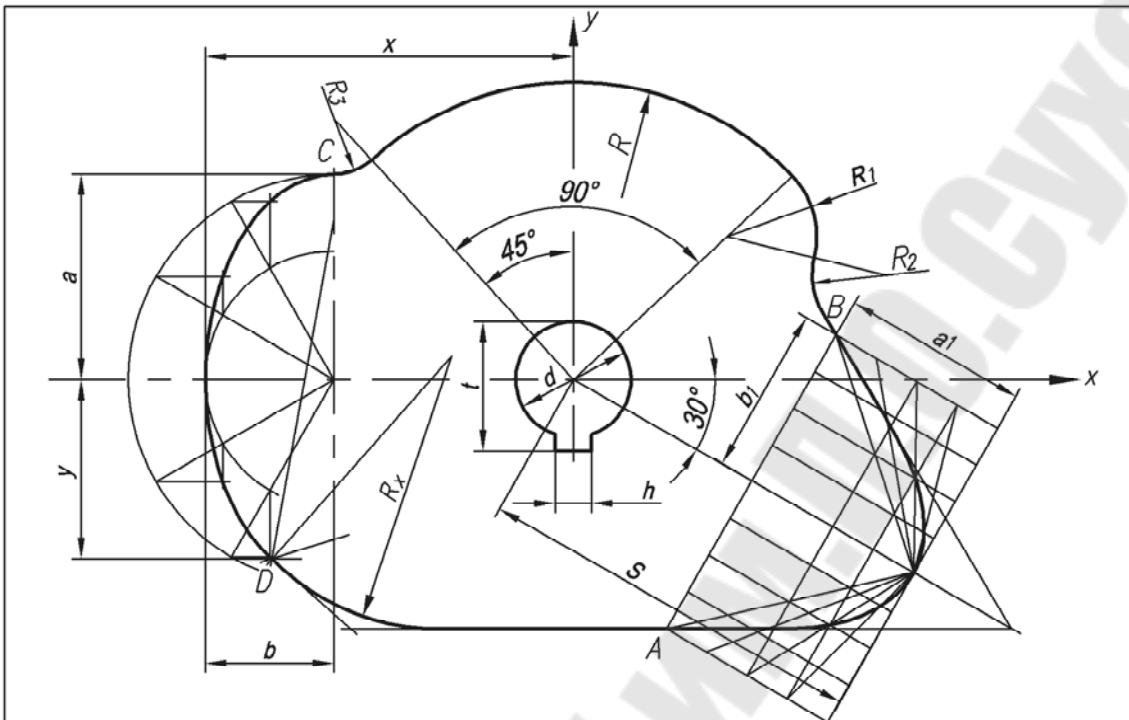


Рис. 9

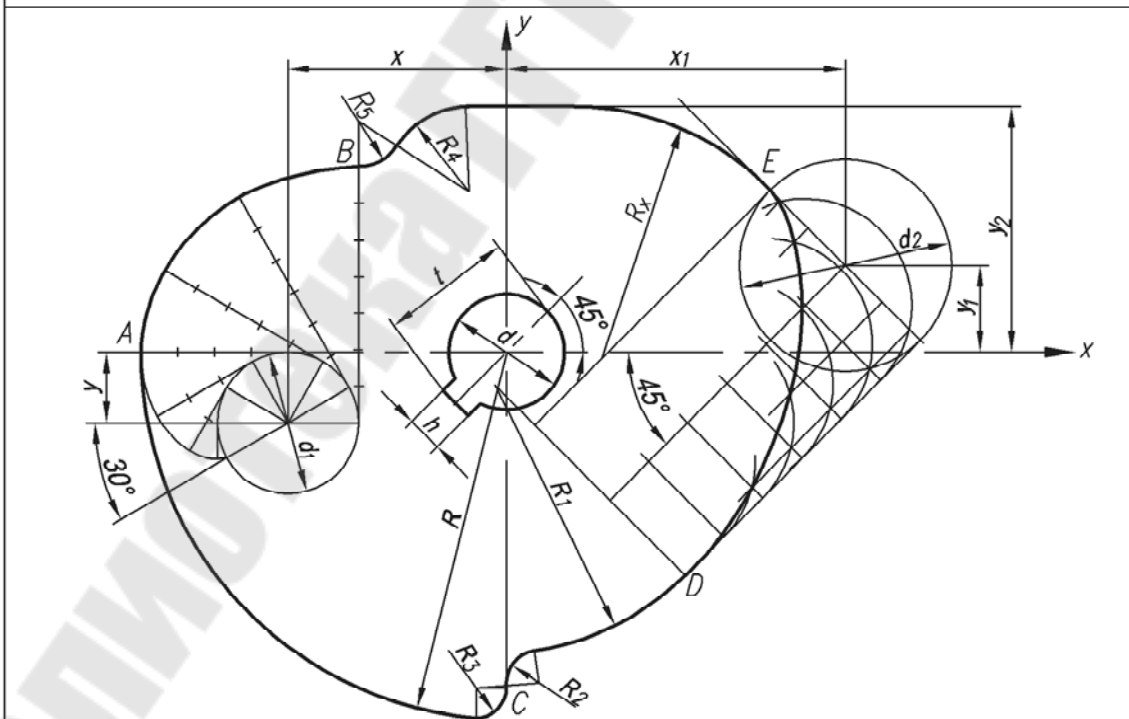
При обводке сопряженных линий вначале обводят дуги до точек сопряжений, а затем прямолинейные участки.

Данные для построения очертаний кулачка

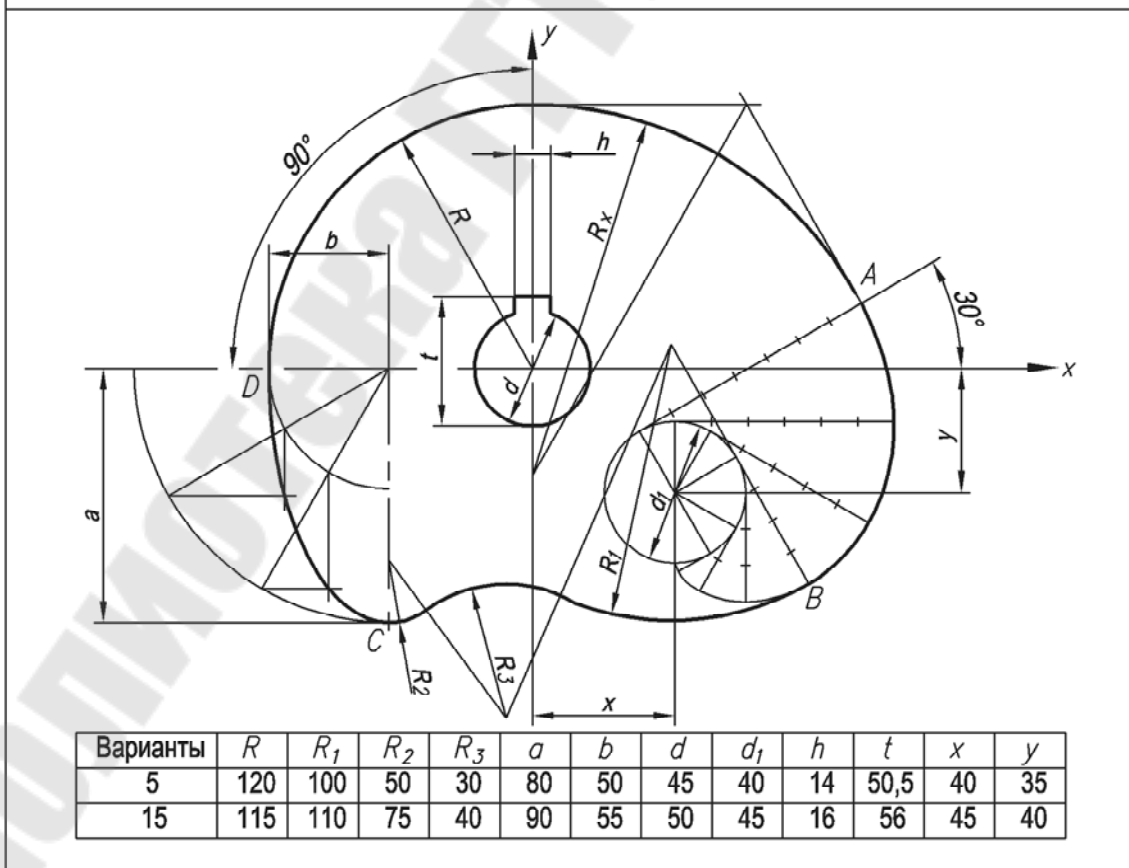
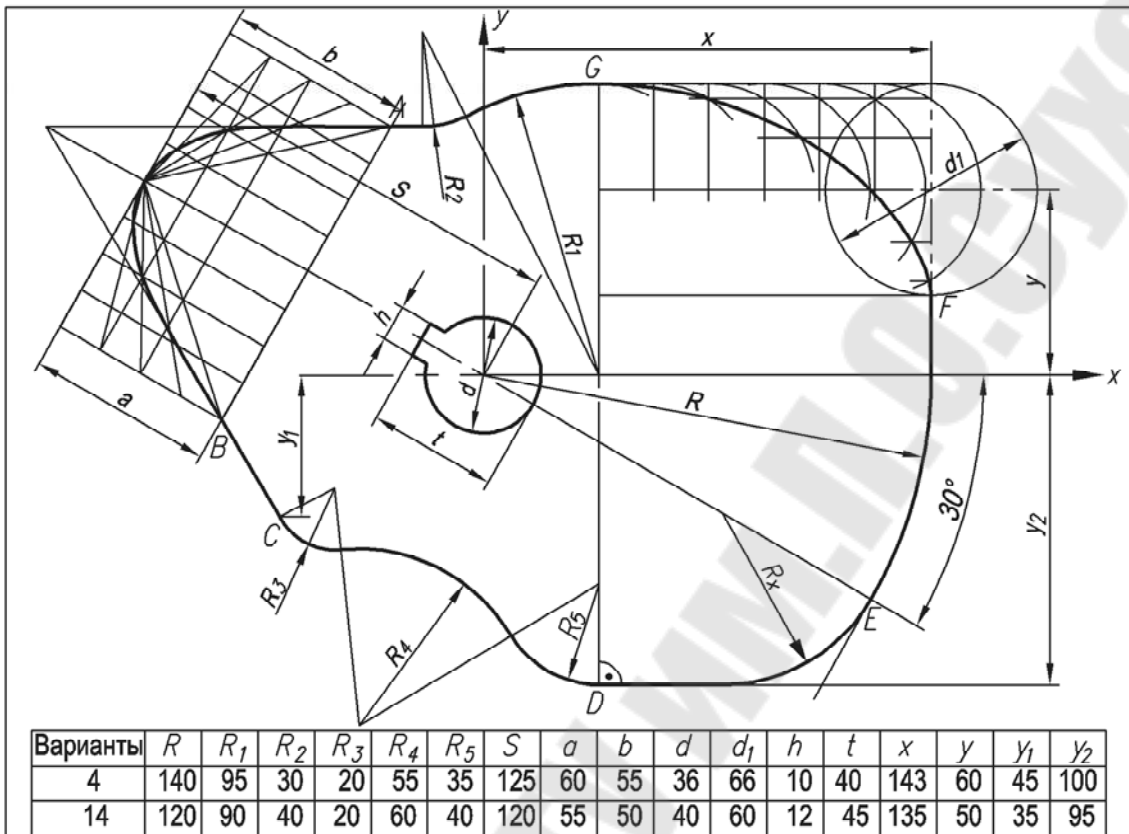


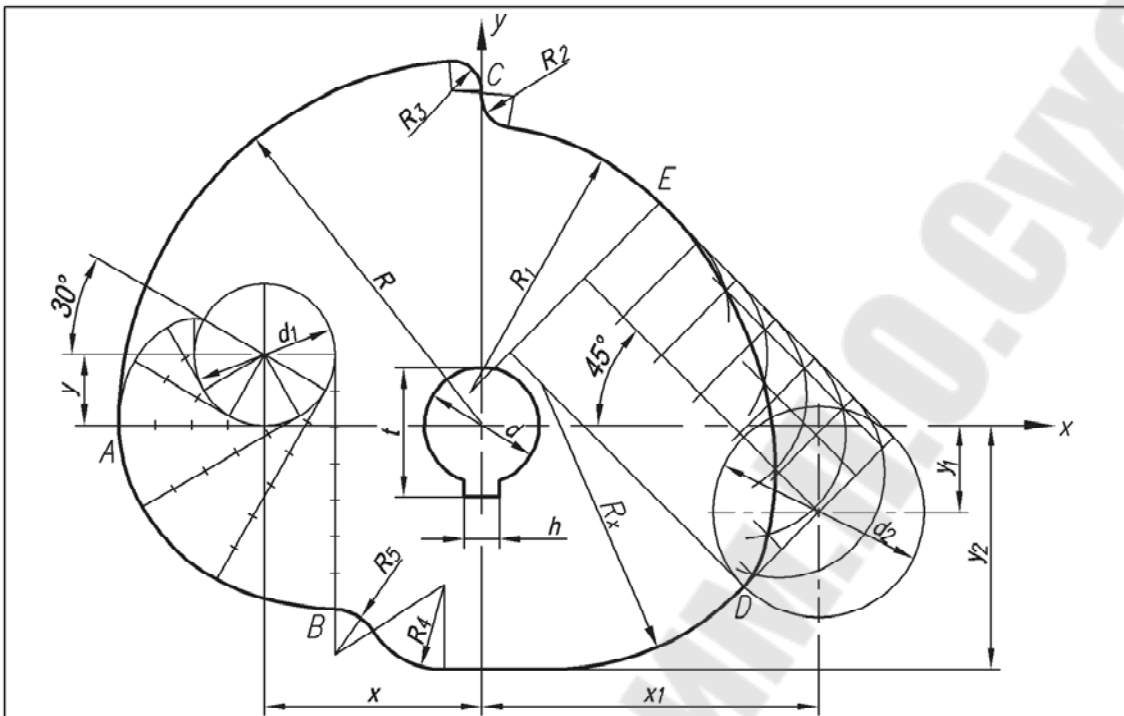


Варианты	$R$	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$S$	$a$	$a_1$	$b$	$b_1$	$d$	$h$	$t$	$x$	$y$
2	120	35	30	20	115	60	45	40	50	45	14	55,5	135	54
12	95	50	40	18	120	55	40	45	52	50	16	56	130	45

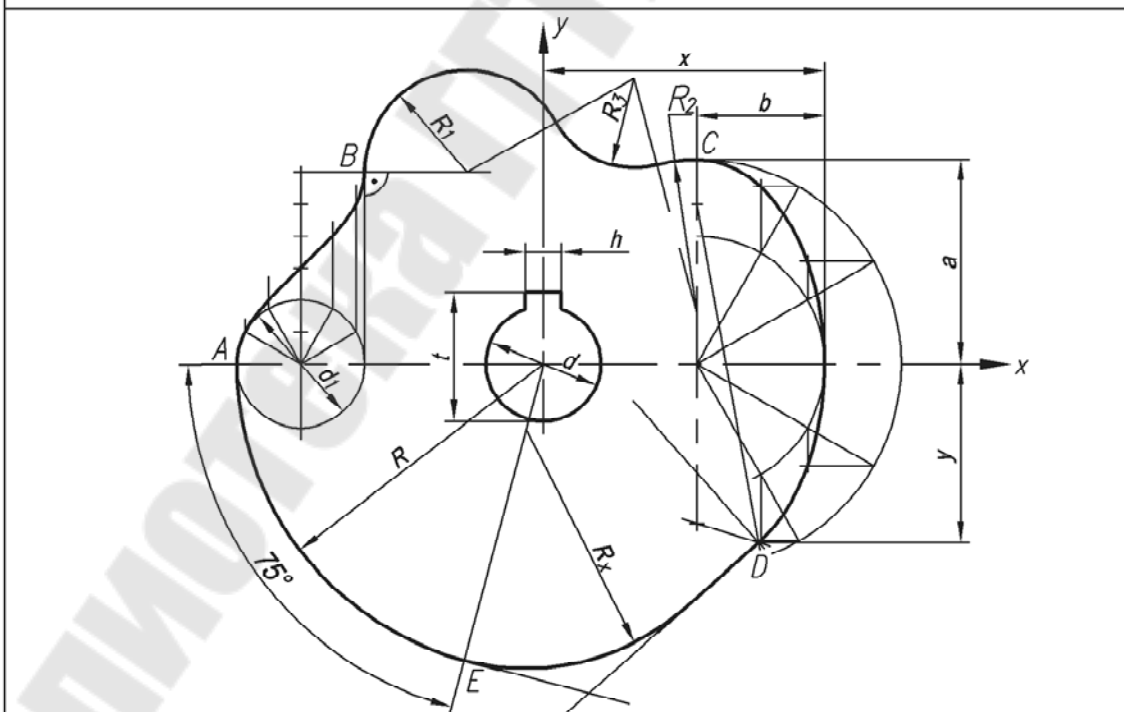


Варианты	$R$	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	$R_5$	$d$	$d_1$	$d_2$	$h$	$t$	$x$	$x_1$	$y$	$y_1$	$y_2$
3	114	84	26	9	15	16	36	40	60	10	40	68	105	22	30	80
13	120	110	40	10	40	40	40	50	66	12	45	78	115	30	35	85

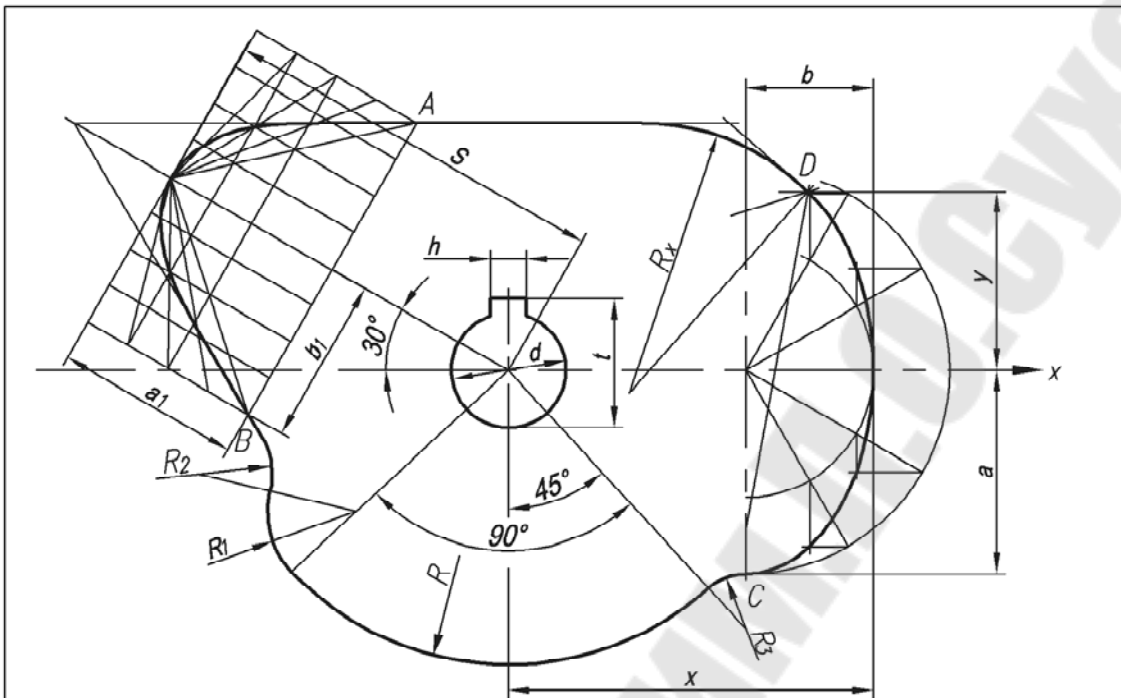




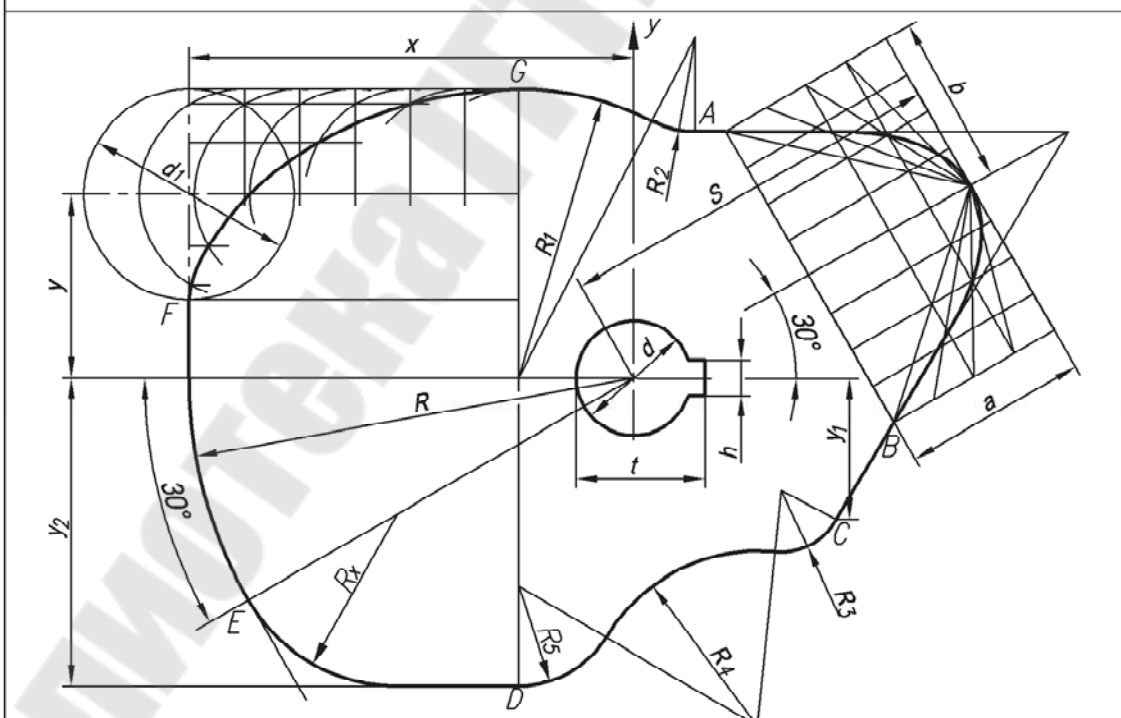
Варианты	$R$	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	$R_5$	$d$	$d_1$	$d_2$	$h$	$t$	$x$	$x_1$	$y$	$y_1$	$y_2$
6	114	84	26	9	15	16	36	40	60	10	40	68	105	22	30	80
16	120	110	40	10	40	40	40	50	66	12	45	78	115	30	35	85



Варианты	$R$	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$a$	$b$	$d$	$d_1$	$h$	$t$	$x$	$y$
7	120	40	60	35	80	50	45	50	14	50,5	110	70
17	115	35	55	45	75	45	40	55	12	45	115	70



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



Вариант	$R$	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	$R_5$	$S$	$a$	$b$	$d$	$d_1$	$h$	$t$	$x$	$y$	$y_1$	$y_2$
9	120	80	40	20	60	40	120	55	50	40	60	12	45	125	30	35	95



## Плоские кривые

Рассмотрим построение некоторых из них, имеющих в контурах кулачков.

*Эллипс* (рис. 10) – замкнутая плоская кривая, для которой сумма расстояний от любой ее точки до двух заданных в той же плоскости (фокусов эллипса) есть величина постоянная, равная большой оси эллипса. Отрезок  $AB$  – большая ось эллипса, отрезок  $CD$  – малая ось. Если из точек  $C$  или  $D$  провести дугу радиусом  $R = AB/2$ , то на большой оси эллипса будут отмечены его фокусы (точки  $F_1$  и  $F_2$ ).

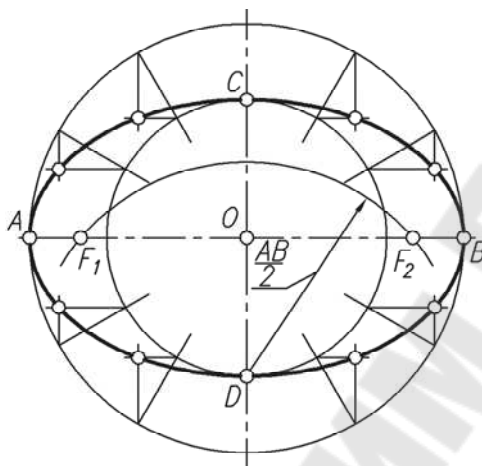


Рис. 10

*Построение эллипса по двум его осям.* На заданных осях эллипса (большой  $AB$  и малой  $CD$ ) строят как на диаметрах две concentрические окружности. Одну из них делят на 8–12 равных или неравных частей и через точку деления и центр  $O$  проводят радиусы до их пересечения с большой окружностью. Через точки 1, 2, ... деления большой окружности проводят прямые, параллельные малой оси  $CD$ , а через точки 1', 2', ... деления малой окружности – прямые, параллельные большой оси  $AB$ . Точки пересечения соответствующих прямых принадлежат искомому эллипсу. Полученную совокупность точек, включая точки на большой и малой осях, последовательно соединяют от руки плавной кривой, которую затем обводят по лекалу. Есть и другие способы построения эллипса.

*Парабола* (рис. 11) – плоская кривая, каждая точка которой расположена на одинаковом расстоянии от заданной прямой (директрисы) и точки (фокуса), расположенной в той же плоскости.

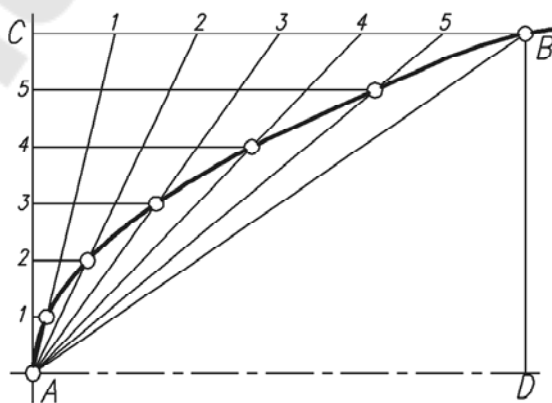


Рис. 11

На рис. 11 рассмотрен один из способов построения параболы – по заданной вершине, оси и одной из точек параболы. Из точек  $A$  и  $B$  проведены взаимно перпендикулярные прямые до пересечения в точке  $C$ .

Отрезки  $AO$  и  $BO$  разделены на одинаковое число равных частей. Из вершины  $A$  проведены лучи в точки деления на отрезке  $BC$ , а из точек деления на отрезке  $AO$  – прямые, параллельные оси параболы.

В пересечении соответствующих прямых отмечены точки одной ветви параболы. Точки другой ветви параболы симметричны относительно ее оси. Другие способы построения описаны в литературе.

*Циклоида* (рис. 12) – плоская кривая, принадлежащая окружности, перекатываемой без проскальзывания по прямой линии. Для построения циклоиды от начальной точки  $A$  окружности проводят направляющую прямую, ограничив ее длину отрезком  $AA_1$ , равным длине заданной окружности ( $2\pi R$ ). Делят отрезок  $AA_1$  и окружность на одинаковое число равных частей ( $n = 12$ ). Через точки деления окружности  $1, 2, \dots$  проводят ряд параллельно направляющей прямой  $AA_1$ , через точки деления прямой – перпендикуляры, которые при пересечении с осевой линией, продолженной из центра начальной окружности, обозначают ряд последовательно расположенных центров  $O_1, O_2, \dots$  перекатываемой окружности. Описывая из этих центров дуги радиусом  $R$ , последовательно отмечают точки их пересечения с соответствующими прямыми, параллельными  $AA_1$ , как точки, принадлежащие циклоиде.

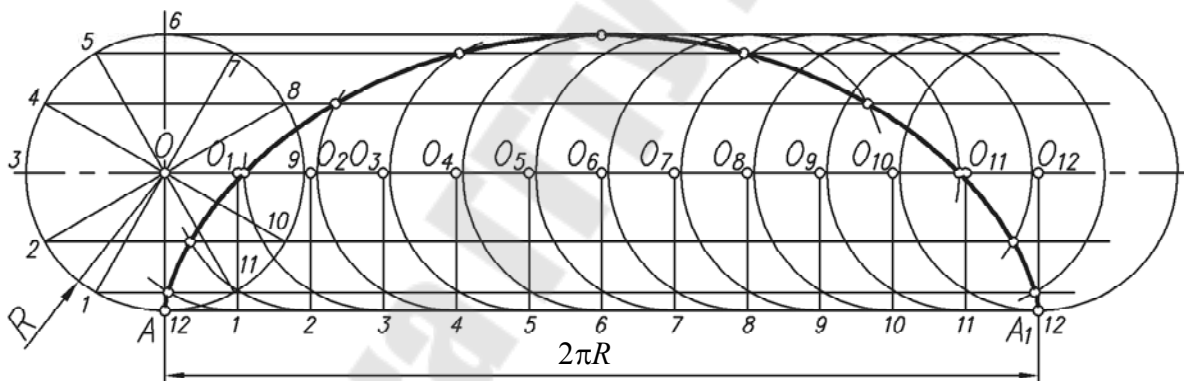


Рис. 12

*Синусоиду* (рис. 13) строят по заданному диаметру начальной окружности. Выбирают начало координат, совпадающим с точкой  $A$  на окружности заданного радиуса  $R$ , и на продолжении оси  $OA$  откладывают отрезок  $AA_1 = 2\pi R$  (равный длине окружности). Делят окружность и отрезок  $AA_1$  на одинаковое число равных частей и пронумеровывают точки деления. Через точки деления окружности проводят ряд прямых, параллельных  $AA_1$ ; из точек деления прямой  $AA_1$  – ряд прямых, перпендикулярных  $AA_1$ . На пересечении этих вспомогательных прямых, имеющих одноименные номера, отмечают точки синусоиды.

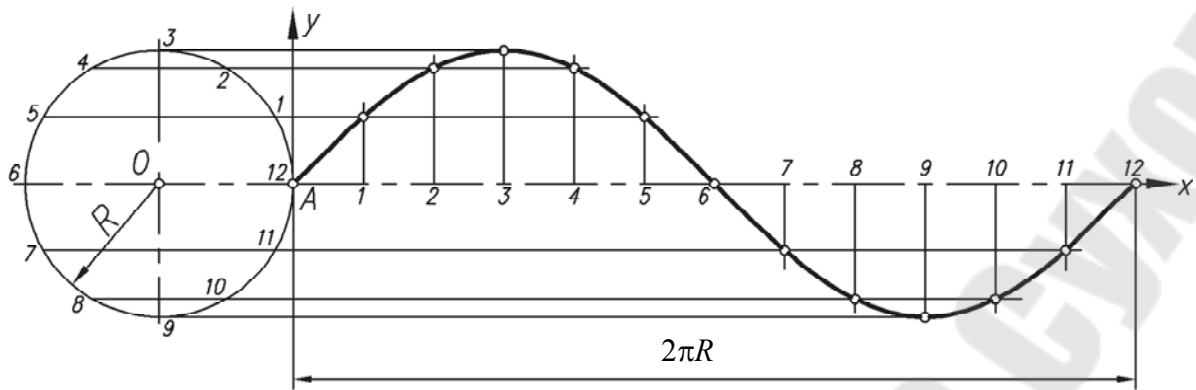


Рис. 13

Вид синусоиды имеют многие кривые, изображающие гармонические колебательные процессы или являющиеся проекциями винтовых линий. Для их построения выполнение условие  $AA_1 = 2\pi R$  не является обязательным, но принцип деления исходной окружности и прямой  $AA_1$  сохраняют.

*Эвольвента* (рис. 14) – траектория, описываемая каждой точкой прямой линии, перекатываемой по окружности без скольжения (развертка круга). В технике по эвольвенте выполняют профиль зубьев зубчатых колес. Для построения эвольвенты исходную окружность с центром  $O$  делят на произвольное число равных частей ( $n=12$ ). В точках деления 1, 2, ... 12 проводят касательные к окружности, направленные в одну сторону. Касательную, проведенную из последней точки деления, ограничивают отрезком, равным длине окружности ( $2\pi R$ ), и делят этот отрезок на то же число равных частей. Последовательно отмечая на всех касательных точки, соответствующие определенному числу делений длины окружности: на первой – одному делению, на второй – двумя и т. д., – соединяют их плавной кривой линией. Построения гиперболы, эпициклоиды, гипоциклоиды, спирали Архимеда и т. д. подробно описаны в литературе.

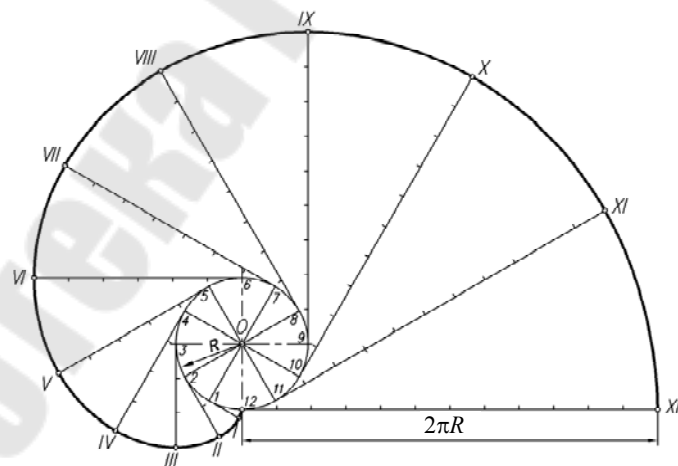


Рис. 14

При обводке кривых по лекалу следует подбирать отрезки дуг не менее чем для трех точек того или иного участка кривой, а обводить участок между двумя точками.

Выше рассмотрены различные случаи сопряжения прямых, прямой с дугой и двух дуг. Рассмотрим сопряжение прямой с некоторыми лекальными кривыми. Например, требуется построить сопряжение прямой с эллипсом (рис. 15). Если точка  $A$

сопряжения принадлежит эллипсу, то для построения касательной  $t$  и одновременно нормали  $n$  в точке  $A$  соединяют точку  $A$  с фокусом эллипса и строят биссектрису угла  $F_1AF_2$ , которая и служит нормалью  $n$ . Перпендикулярная ей прямая в точке  $A$  (биссектриса внешнего угла) – касательная  $t$ .

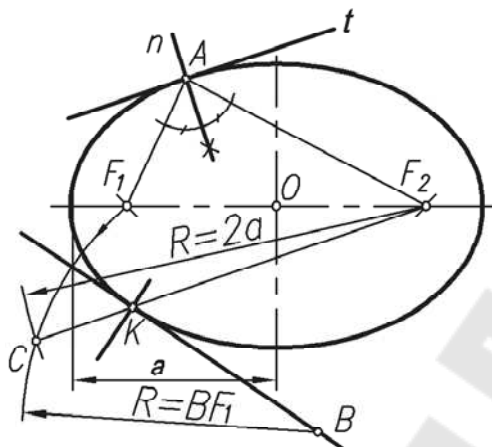


Рис. 15

Если точка  $B$  сопряжения расположена вне эллипса, находят положение вспомогательной точки  $C$ , как точки пересечения двух дуг, одна из которых проведена из точки  $B$  радиусом  $BF_1$ , а вторая из точки  $F_2$  радиусом  $R = 2a$ . На пересечении луча  $F_2C$  с кривой эллипса отмечают точку  $K$  как точку касания прямой  $BK$  к эллипсу. Нормаль в точке  $K$  перпендикулярна касательной  $BK$ . Положение фокусов эллипса отмечают запиской дугой  $R = a$ .

Построение касательной к параболе в заданной точке  $A$  показано на рис. 16. Ее проводят из точки  $K$ , положение которой определено соотношением  $KB = BL$ .

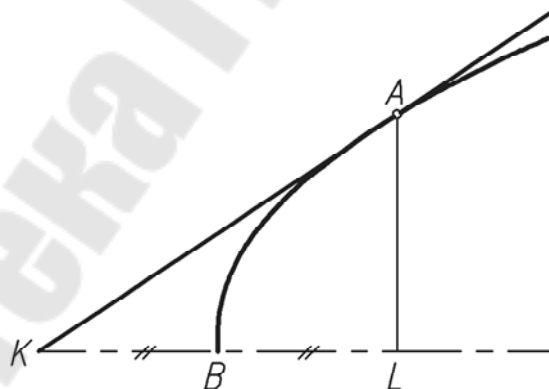


Рис. 16

### Некоторые правила нанесения размеров

Стандартом ГОСТ 2.307–68 регламентированы правила нанесения размеров и предельных отклонений. Их осваивают в течение всего курса, а также при изучении системы допусков и посадок, деталей машин и приборов. Рассмотрим те из них, которые применяют в данной работе.

Размеры на чертеже указывают размерными линиями и размерными числами. Размерные линии выполняют в виде прямолинейного отрезка или в виде дуги окружности с одной или двумя стрелками. Размерные числа без обозначения единицы измерения указывают линейные размеры в миллиметрах. При других единицах измерения длины (см, мкм) их указывают на чертеже. Угловые размеры – в градусах, минутах и секундах с обозначением единицы измерения, например:  $4^\circ$ ,  $4^\circ 30'$ ,  $0^\circ 30' 40''$ ,  $0^\circ 0' 30''$ .

Общее количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия. Размеры одного и того же элемента на разных изображениях повторять не допускается.

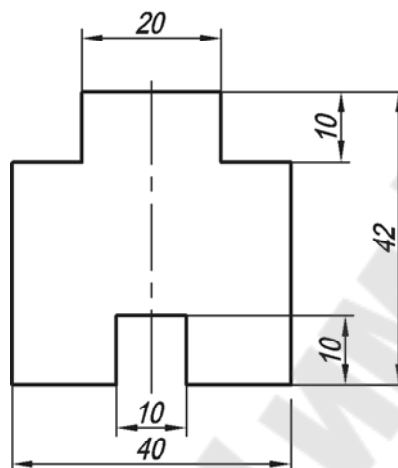


Рис. 17

Размеры и выносные линии предпочтительно наносить вне контура изображения (рис. 17). При нанесении размеров прямолинейного отрезка размерную линию проводят параллельно этому отрезку, а выносные – перпендикулярно этому отрезку. При нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги с центром в его вершине, а выносные линии – радиально (рис. 18). Выносные линии проводят, как правило, от линий видимого контура. От линий невидимого контура выносные линии проводят лишь в тех случаях, когда при этом отпадает необходимость в вычерчивании дополнительного изображения. Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 1–5 мм.

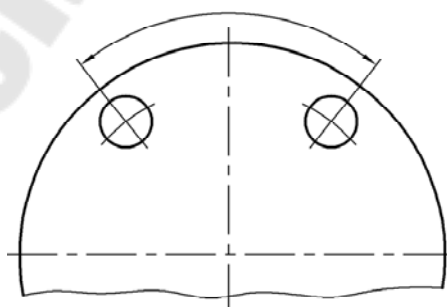


Рис. 18

Размерные линии допускается проводить непосредственно к линиям видимого контура, осевым, центровым и другим линиям. Однако в качестве размерных линий не допускается использовать линии контура, осевые, центровые и выносные линии. Минимальные расстояния между параллельными размерными линиями должны быть 7 мм,

а между размерной и линией контура – 10 мм (выбираются в зависимости от размеров изображения и насыщенности чертежа).

При исполнении эскизов на бумаге в клеточку расстояние между размерными линиями целесообразно выдерживать 10 мм (по линиям клеток).

При нанесении выносных и размерных линий на чертеже необходимо избегать их пересечения.

Размерные числа наносят над размерной линией возможно ближе к ее середине, но при нанесении размера диаметра внутри окружности размерные числа смещают относительно середины размерных линий. При нанесении нескольких параллельных или концентрических размерных линий на небольшом расстоянии друг от друга размерные числа над ними рекомендуется располагать в шахматном порядке (рис. 19).

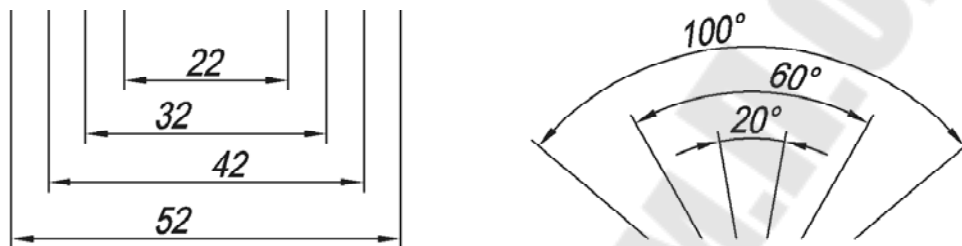


Рис. 19

При различных наклонах размерных линий размерные числа располагают, как показано на рис. 20. Если требуется нанести размер в заштрихованной зоне, то размерное число наносят на полке линии-выноски (рис. 21). Если для написания размерного числа недостаточно места над размерной линией или недостаточно места для нанесения стрелок, то размеры и стрелки наносят как показано на рис. 22 исходя из наибольшего удобства чтения. Размерные числа не допускаются пересекать какими бы то ни было линиями чертежа. В местах нанесения размерного числа осевые, центровые и линии штриховки прерывают. Не допускается разрывать линию контура для нанесения размерного числа. Не наносят размерные числа в местах пересечения размерных, осевых и центровых линий.

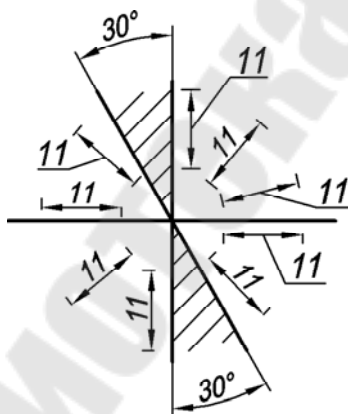


Рис. 20

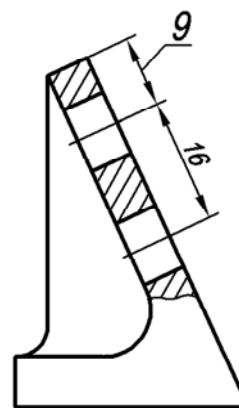


Рис. 21

При нанесении размера радиуса перед размерным числом помещают прописную букву *R*. Если требуется указать размер, определяющий положение центра радиуса дуги окружности, то центр изображают в виде пересечения центровых или выносных линий. При большой величине радиуса центр допускается приближать к дуге, а размер-

ную линию радиуса в этом случае показывают с изломом под углом  $90^\circ$  (рис. 23). Если надо показать координаты вершины скругляемого угла, то выносные линии проводят от точки пересечения сторон скругляемого угла (размеры 20 и 50 мм внизу на рис. 24). Если не требуется указывать размеры, определяющие положение центра дуги окружности, то размерную линию допускается не доводить до центра и смещать ее относительно центра. При проведении нескольких радиусов из одного центра размерные линии любых двух радиусов не располагают на одной прямой. Размеры радиусов наружных или внутренних скруглений наносят, как показано на рис. 25.

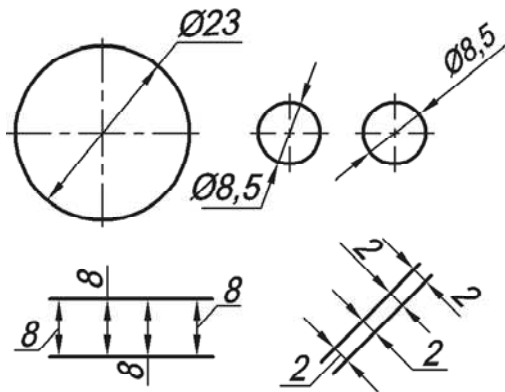


Рис. 22



Рис. 23

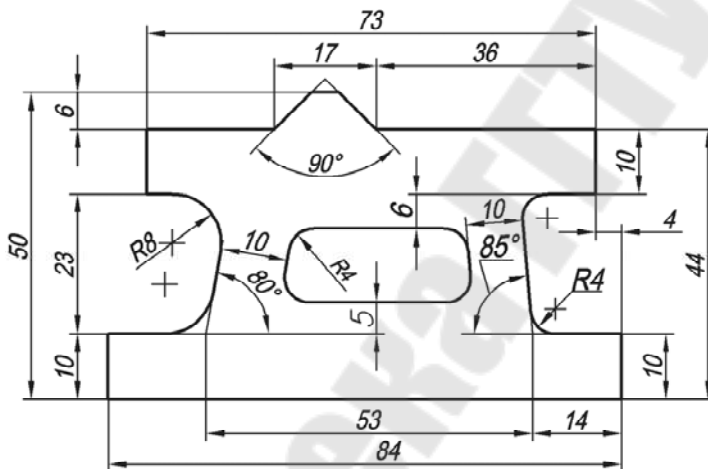


Рис. 24

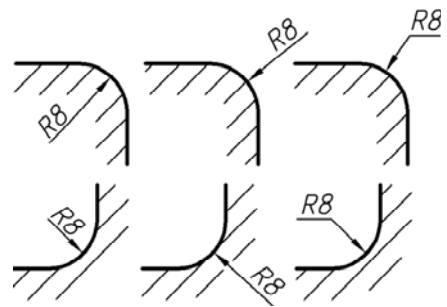


Рис. 25

Если радиусы скруглений, сгибов и т. п. на всем чертеже одинаковы или какой-либо радиус является преобладающим, то вместо нанесения размеров этих радиусов непосредственно на изображениях рекомендуется в технических требованиях делать запись типа «Радиусы скруглений 4 мм», «Внутренние радиусы сгибов 6 мм», «Неуказанные радиусы 8 мм» и т. п.

Размеры следует распределять между видами таким образом, чтобы на данном виде образмеривались только те элементы формы детали или их привязки, которые однозначно правильно и единственным образом могут быть прочитаны. Например, образмеривать отверстие предпочтительнее на том виде, где точно можно понять, какого типа это отверстие: сквозное или глухое, а привязывать центр отверстия лучше на том виде, где осевая линия отверстия проецируется в точку.

Правильно расставить размеры это значит ответить по каждому конструктивному элементу формы детали на три вопроса: что, где и чем сделано? Если на чертеже не хватает места для простановки всех необходимых размеров или происходят пересечения выносными линиями размерных, то чаще всего этот факт означает, что на чертеже не хватает видов, реже, что неправильно выбран масштаб изображения данного вида.

## 2.2. Тема № 2. Задание № 1

Построение необходимого числа видов по данному наглядному изображению предмета. Данные к заданию приведены в табл. 2. Пример выполнения содержится на рис. 26. Графическую работу выполнять на листе чертежной бумаги формата А3 карандашом.

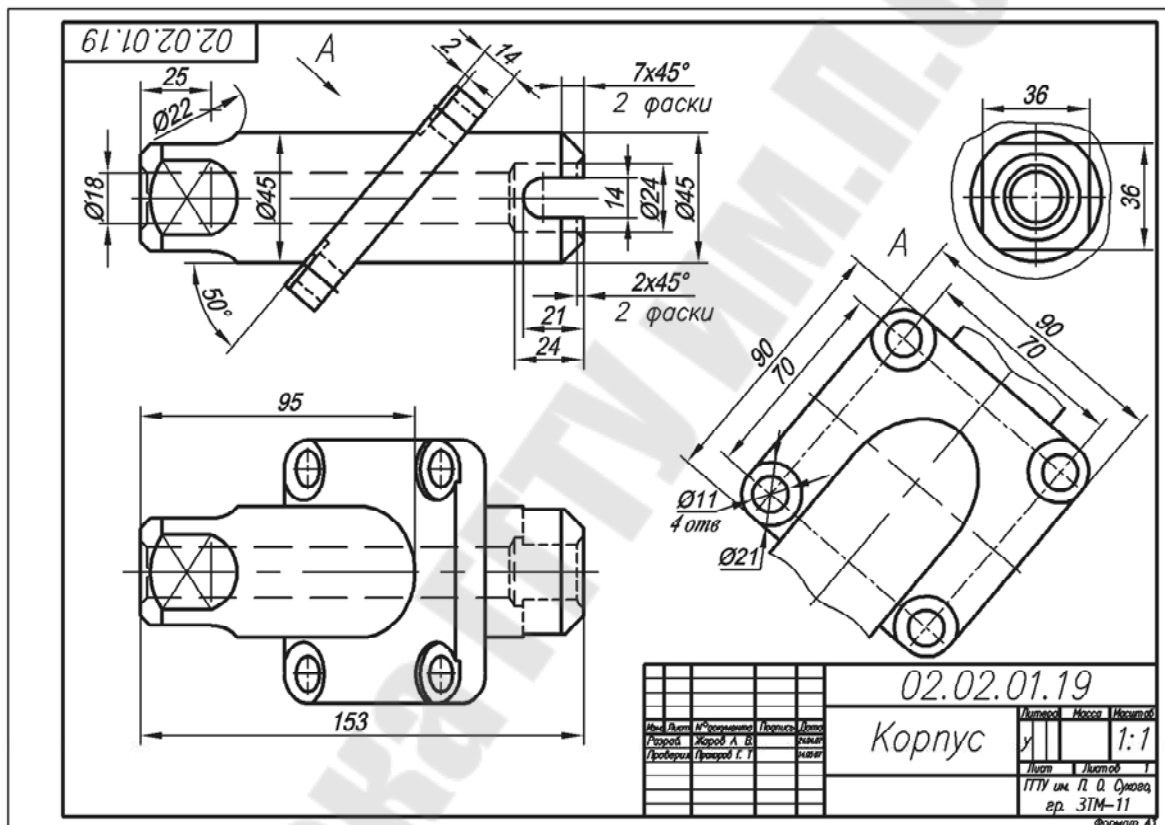


Рис. 26

### Порядок выполнения

1. Изучить основные положения стандарта ГОСТ 2.305–68 и материал по теме в рекомендуемой литературе.
2. Внимательно ознакомиться с конструкцией по ее наглядному изображению и определить основные геометрические тела, из которых она состоит.
3. Выделить на листе бумаги соответствующую площадь для каждого вида детали.
4. Нанести тонко карандашом все линии видимого и невидимого контура, расчленяя деталь на основные геометрические тела.
5. Нанести все необходимые выносные и размерные линии.
6. Проставить размерные числа на чертеже.



7. Заполнить основные надписи и проверить правильность всех построений.
8. Обвести чертеж карандашом.

В данном задании, если нет необходимости выполнять дополнительные и местные виды, следует ограничиться построением трех основных видов.

### Виды

Вид – изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Для уменьшения количества изображений допускается на видах показывать необходимые невидимые части поверхности предмета штриховыми линиями (рис. 26).

Виды, получаемые на основных плоскостях проекций, являются основными и имеют следующие названия: 1 – вид спереди (или главный вид); 2 – вид сверху; 3 – вид слева; 4 – вид справа; 5 – вид снизу; 6 – вид сзади (рис. 27).

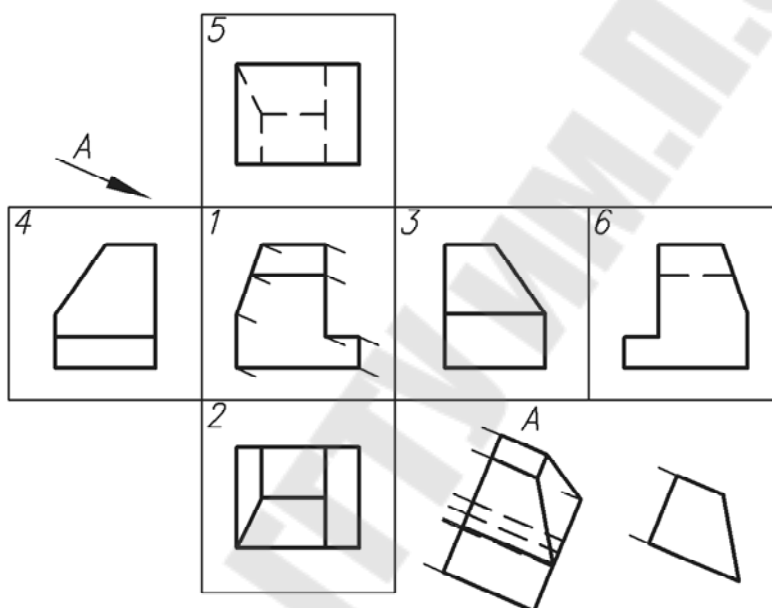


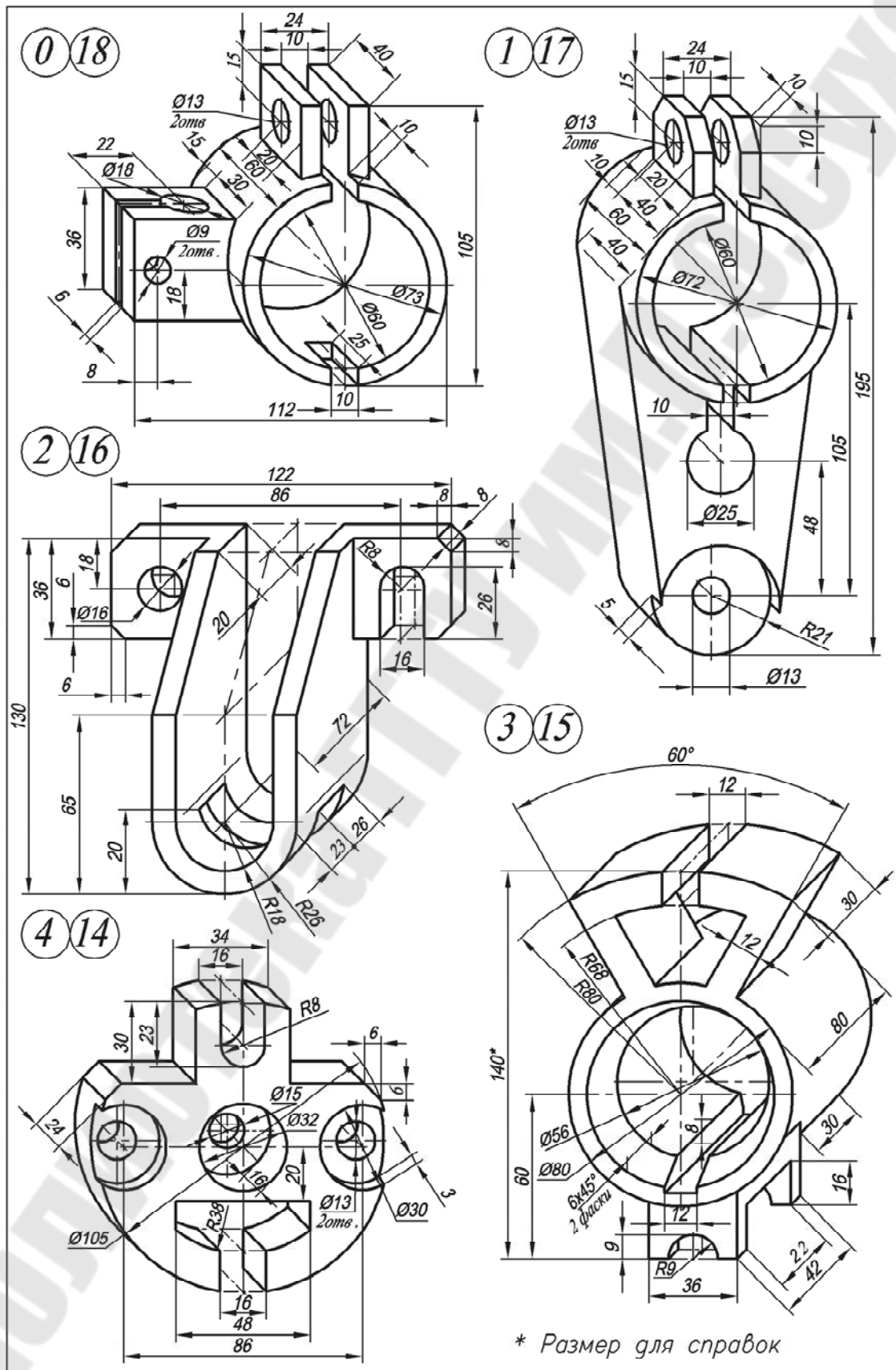
Рис. 27

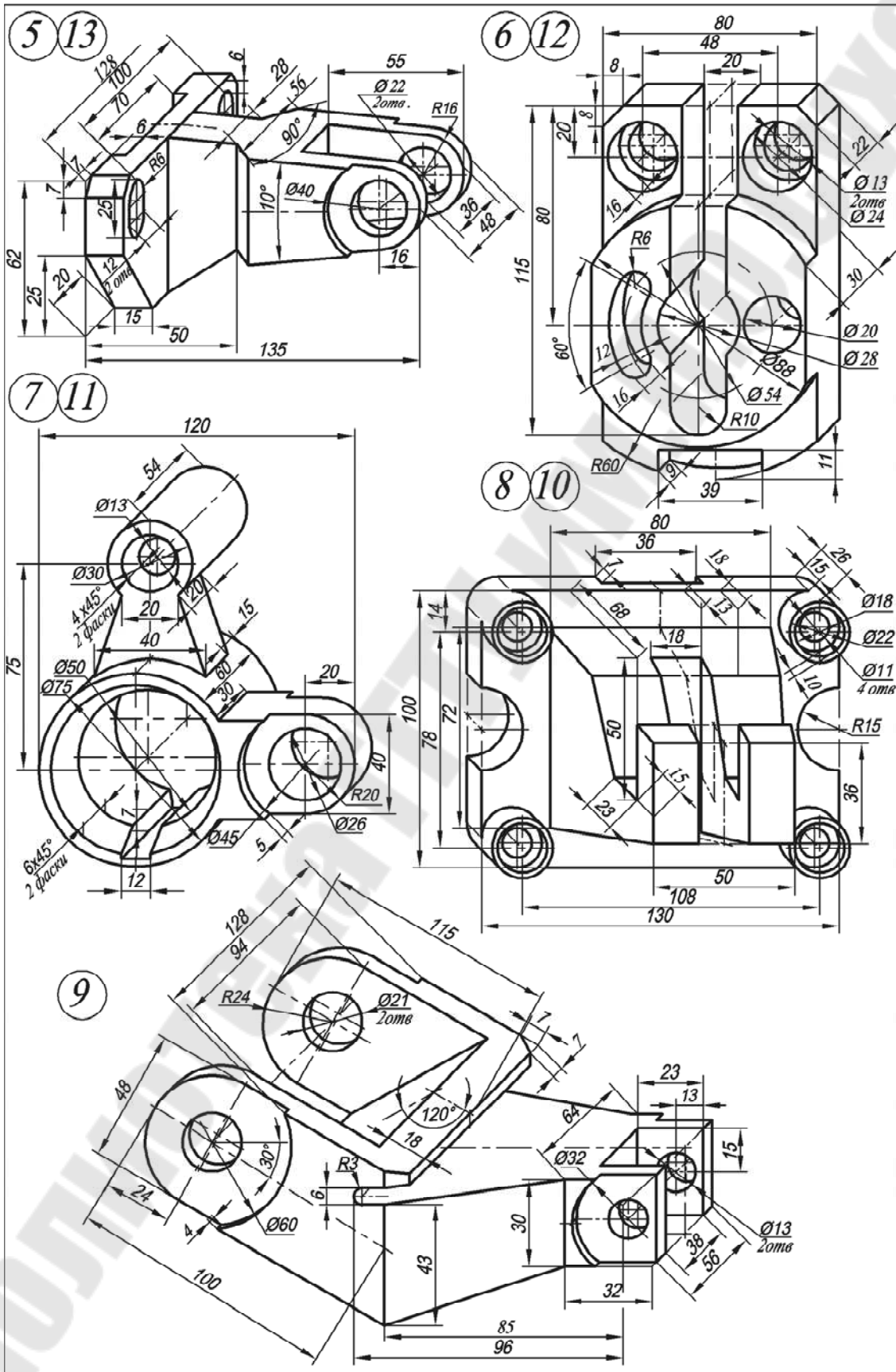
Если какой-либо вид расположен вне проекционной связи с главным изображением или отделен от него другими изображениями, указывают стрелкой направление проецирования, обозначаемое прописной буквой кириллицы, а изображение обозначается (*A* на рис. 27).

Если какая-либо часть предмета не может быть показана ни на одном из основных видов без искажения формы и размеров, то применяют дополнительные виды, получаемые на плоскостях, не параллельных основным плоскостям проекции. Дополнительный вид также отмечают стрелкой (вид *A* на рис. 26). Допускается поворачивать дополнительный вид, при этом к надписи над видом добавляют слово «повернуто» или соответствующий значок. Если дополнительный вид расположен в проекционной связи с основным видом, то обозначение дополнительного вида не делают.

Изображение ограниченного места поверхности предмета называют местным (частичным) видом. Он может быть ограничен линией обрыва (частичное изображение вида слева на рис. 26) или не ограничен (рис. 27). При необходимости местный вид обозначают подобно дополнительному.

Аксонетрические изображения деталей для построения видов





### 2.3. Тема № 2. Задание № 2

Построить третье изображение призматической детали по двум данным, выполнить простые разрезы и построить аксонометрическое изображение с вырезом одной четверти.

Данные к заданию приведены в табл. 3. Пример выполнения содержится на рис. 28. Графическую работу выполнять на листе чертежной бумаги формата А3 карандашом.

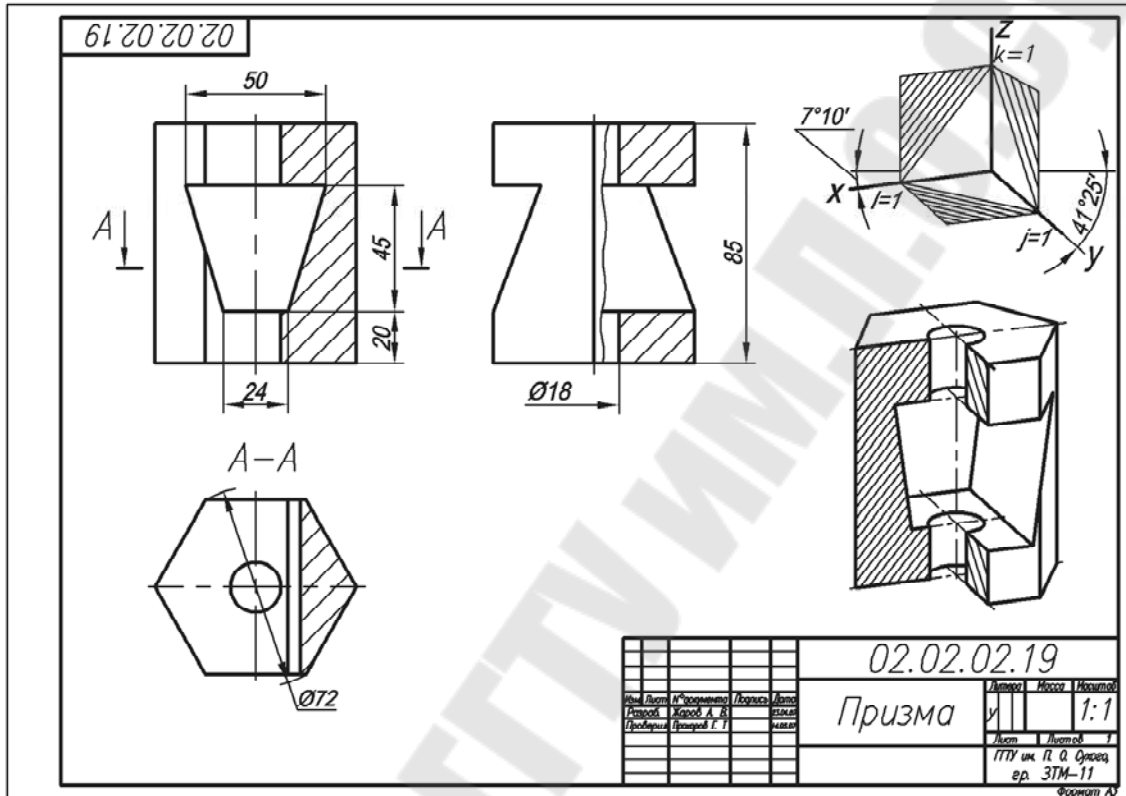


Рис. 28

#### Порядок выполнения

Ознакомиться с содержанием чертежа к заданию № 2 и изучить методические указания к данной теме. Внимательно изучить данные, представить форму предмета в пространстве. Последующий порядок тот же, что и в задании № 1.

Следует изучить ГОСТ 2.305–68 и материал в литературе в части, относящейся к разрезам.

Для выполнения задания потребуется мысленно представить предмет. В случае возникновения затруднений можно воспользоваться пластилином и вылепить проектируемый предмет. После того как будут уяснены особенности формы предмета, следует приступить к выполнению чертежа.

Построив три вида внешней формы предмета, рекомендуется выполнить на главном виде соответствующей заданию по форме и размерам призматическое отверстие. Затем построить проекции этого отверстия на виде сверху и слева. После этого построить проекции цилиндрического отверстия, начав построение с вида сверху. Построение выполнять тонкими линиями ( $s/3$ ), применяя штриховые линии для невидимого внутреннего контура предмета. После построения трех видов выполнить разрезы.

При заданных формах предмета потребуется выполнить три разреза: горизонтальный, фронтальный и профильный. Правила обозначения и изображения разрезов должны соответствовать ГОСТ 2.305–68. При симметричных изображениях следует обязательно соединять половину разреза с половиной вида (такой разрез по стандарту называется половинчатым). При этом на виде не показывают штриховыми линиями внутренний контур.

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

Заключительным этапом при выполнении графической работы является построение наглядного изображения в диметрической прямоугольной проекции.

### Простые разрезы

*Разрез* – изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями. На разрезе показывают то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней (рис. 29–31). Допускается изображать не все, что расположено за секущей плоскостью, если это не требуется для понимания конструкции предмета. При этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета.

Плоскости мысленного рассечения предмета называют секущими плоскостями. Секущую плоскость выбирают так, чтобы можно было наиболее полно показать внутренние формы предмета.

Разрезы могут быть:

- *горизонтальные* – секущая плоскость горизонтальная (рис. 29);
- *вертикальные* – секущая плоскость вертикальная. Вертикальный разрез называют *фронтальным* (рис. 30), если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекции, и *профильным*, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций (рис. 31);
- *наклонные* – секущая плоскость наклонена к горизонтальной плоскости проекций. Наклонный разрез допускается изображать с поворотом. В этом случае к его обозначению добавляют тот же знак, что у повернутых видов.

Наглядное представление о разрезах и изображениях деталей с разрезами в системе трех ортогональных плоскостей проекций дают рис. 29–31. Часть детали, расположенная между секущей плоскостью и наблюдателем, мысленно удалена, а образованное секущей плоскостью сечение заштриховано.

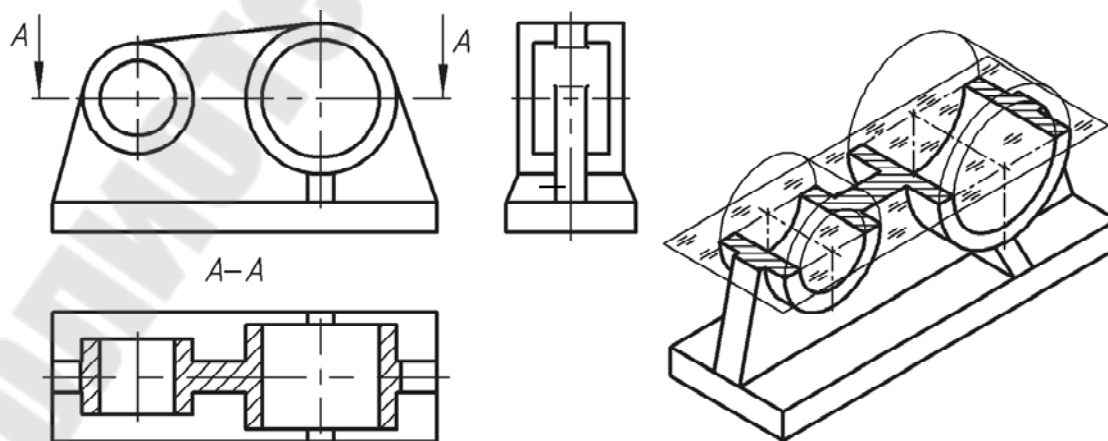


Рис. 29

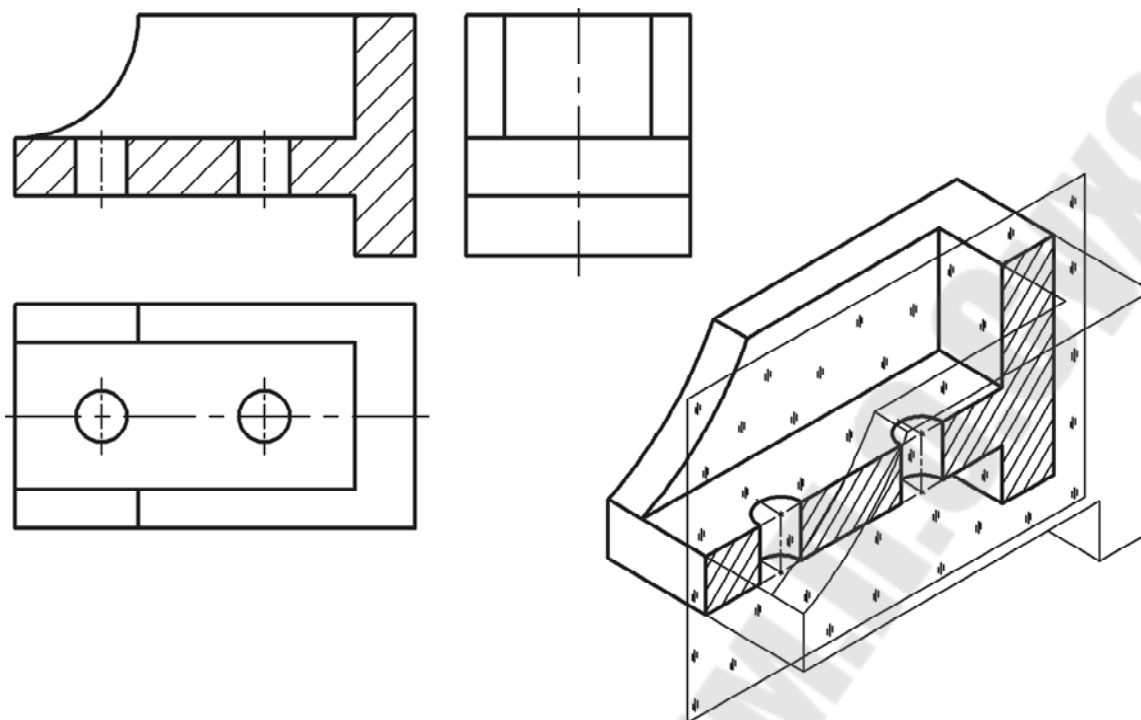


Рис. 30

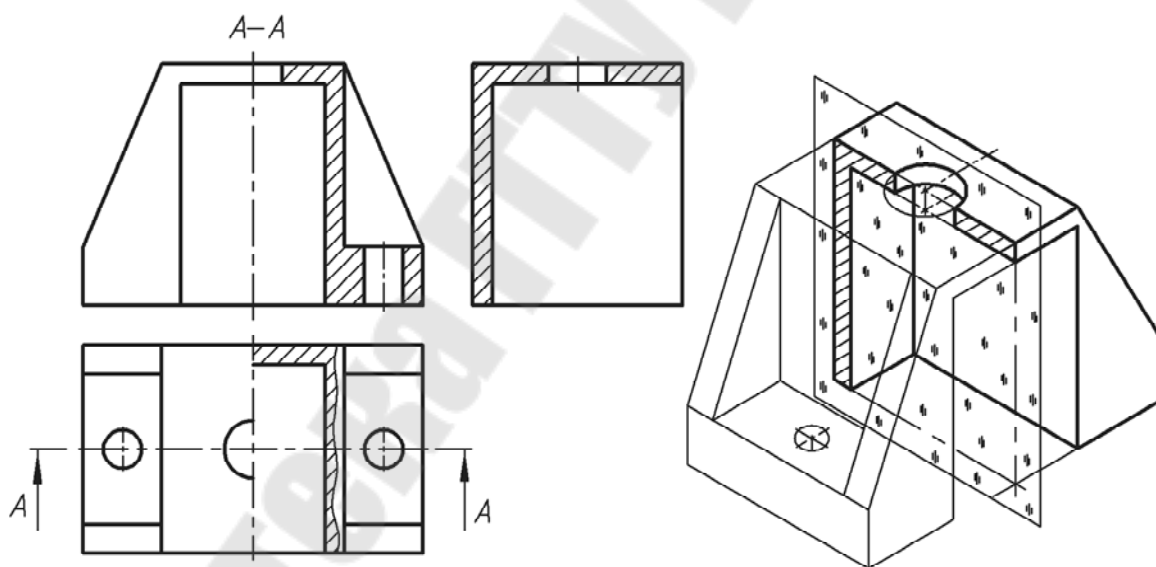


Рис. 31

На чертежах положение секущей плоскости разреза обозначают разомкнутой линией со стрелками и прописными буквами кириллицы.

Стрелки указывают направление взгляда при проецировании. Над изображением разреза делают надпись по типу  $A-A$  (рис. 29, 31). Толщину штрихов разомкнутой линии обычно выполняют  $(1-1,5)s$ , где  $s$  – толщина линии видимого контура чертежа; длина штрихов – 8–20 мм.

Если секущая плоскость разреза горизонтальная, фронтальная или профильная совпадает с плоскостью симметрии предмета, а соответствующие изображения расположены на одном и том же листе в непосредственной связи и не разделены другими

изображениями, то положение секущей плоскости не обозначают и разрез не надписывают (рис. 30, профильный разрез на рис. 31). Такой разрез называется *простым осевым*.

*Простым* называется разрез, состоящий из одной секущей плоскости.

Допускается соединять часть вида и часть соответствующего разреза, разделяя их волнистой линией. Если соединяют половину вида и половину разреза, каждый из которых – симметричная фигура, то разделяющей линией служит ось симметрии (рис. 31, разрез  $A-A$ ), за исключением случаев, когда на ось симметрии проецируется линия контура. При этом, как правило, разрезы располагают справа от вертикальной или вниз от горизонтальной оси симметрии.

### АксонOMETРИЧЕСКИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Сущность *метода аксонометрии*: объект относят к прямоугольной декартовой системе координат и проецируют его вместе с осями координат пучком параллельных лучей на некоторую плоскость проекций, называемую аксонометрической. Полученное на ней изображение называют *аксонометрическим* (или просто *аксонометрией*), а проекции координатных осей – аксонометрическими осями координат.

Очевидно, что проекции прямых, параллельных в натуре натуральным осям координат, параллельны соответствующим аксонометрическим. Именно в использовании этого свойства параллельных проекций и заключается простота построения параллельной аксонометрии. Здесь возможны три случая: когда все три оси координат составляют с аксонометрической плоскостью проекций некоторые острые углы (равные или неравные) и когда одна или две оси ей параллельны.

В первом случае применяется только *прямоугольное* проецирование (прямоугольная или ортогональная аксонометрия), во втором и третьем – только *косоугольное* проецирование (косоугольная аксонометрия).

На рис. 32 положение точки  $A$  в системе  $OXYZ$  определяют три координаты –  $X_A, Y_A, Z_A$ , полученные путем измерения звеньев натуральной координатной ломаной  $OA_xA_1A$ . На рис. 32 положение точки  $A$  в системе  $OXYZ$  определяют три координаты –  $X_A, Y_A, Z_A$ , полученные путем измерения звеньев натуральной координатной ломаной  $OA_xA_1A$ .

На аксонометрическом чертеже звенья этой аксонометрической ломаной в общем случае не равны соответствующим звеньям натуральной. Отношения их длин к длинам последней называют показателями (коэффициентами) искажений линейных размеров по аксонометрическим осям  $i, j, k$ .

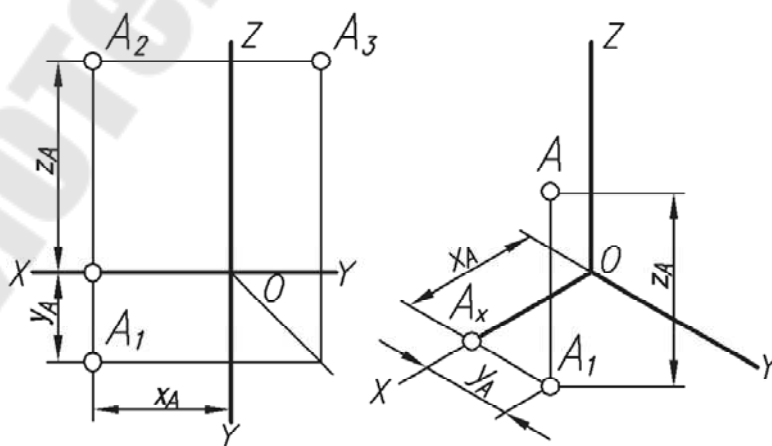


Рис. 32

Изображения к заданию № 2

<p>4 17</p>	<p>5</p>
<p>3 16</p>	<p>9 12</p>
<p>2 15</p>	<p>8 11</p>
<p>1 14</p>	<p>7 10</p>
<p>0 13</p>	<p>6 18</p>



Расположение осей в изометрической проекции и коэффициенты искажения по осям, а также направление штриховок приведены на рис. 33, а, в диметрической – на рис. 33, б:

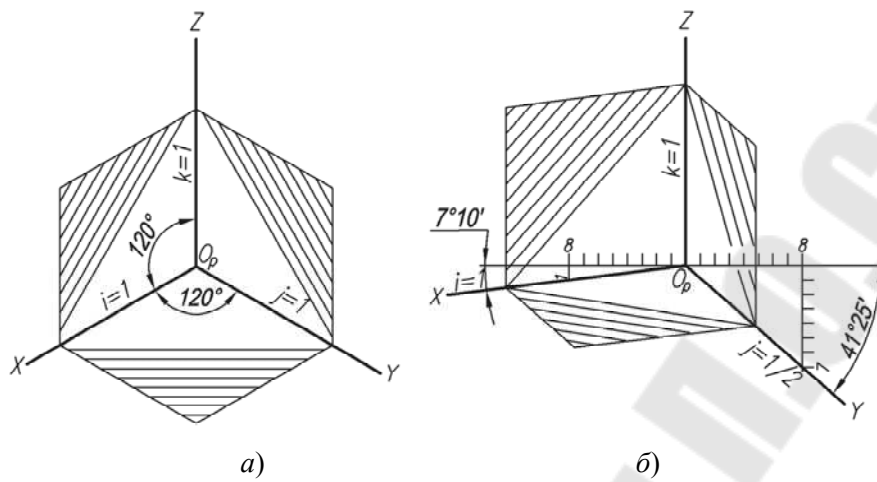


Рис. 33

Разрезы на аксонометрических проекциях выполняют, как правило, путем сечения объекта координатными плоскостями. При этом ребра жесткости, спицы колес и другие элементы штрихуют.

Пример построения призмы в изометрической проекции на рис. 34:

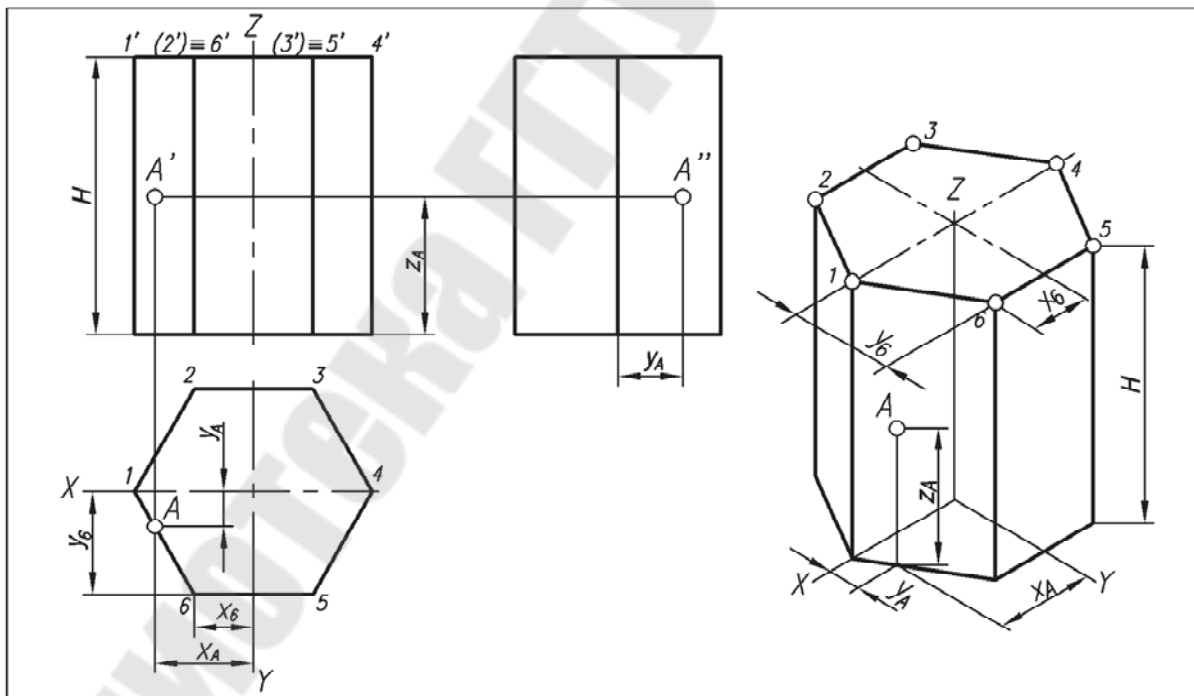


Рис. 34

Аксонометрические изображения окружности показаны на рис. 35, а для изометрической и на рис. 35, б – для диметрической проекций.

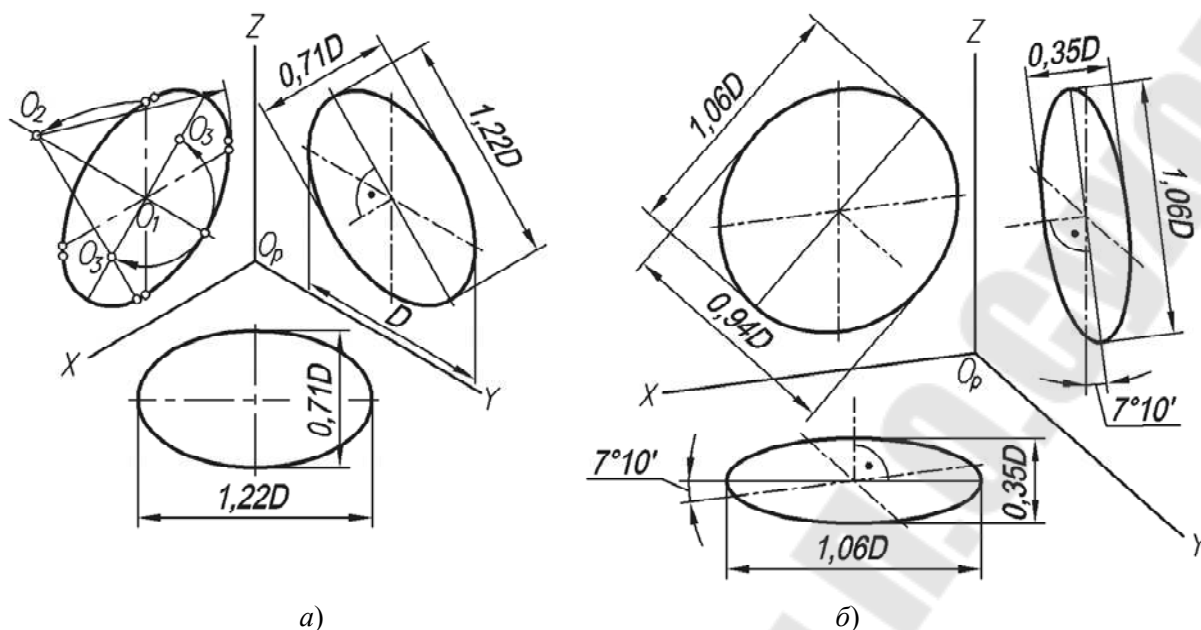


Рис. 35

Пример построения аксонометрического изображения призмы с отверстиями и вырезом одной четверти дан на рис. 36.

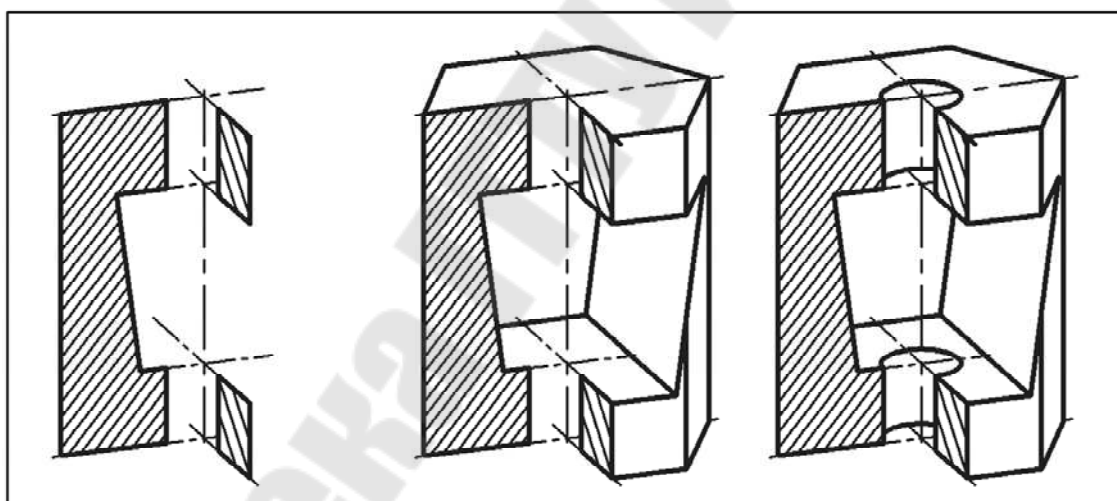


Рис. 36

### 2.4. Тема № 2. Задание № 3

Построить третье изображение детали по двум данным, выполнить полезные разрезы, построить натуральный вид указанного наклонного сечения, а также наглядное изображение детали в изометрической аксонометрической проекции с вырезом одной четверти.

Данные к заданию приведены в табл. 4. Пример выполнения содержится на рис. 37 и 38. Графическую работу выполнять на листе чертежной бумаги формата А3 карандашом.

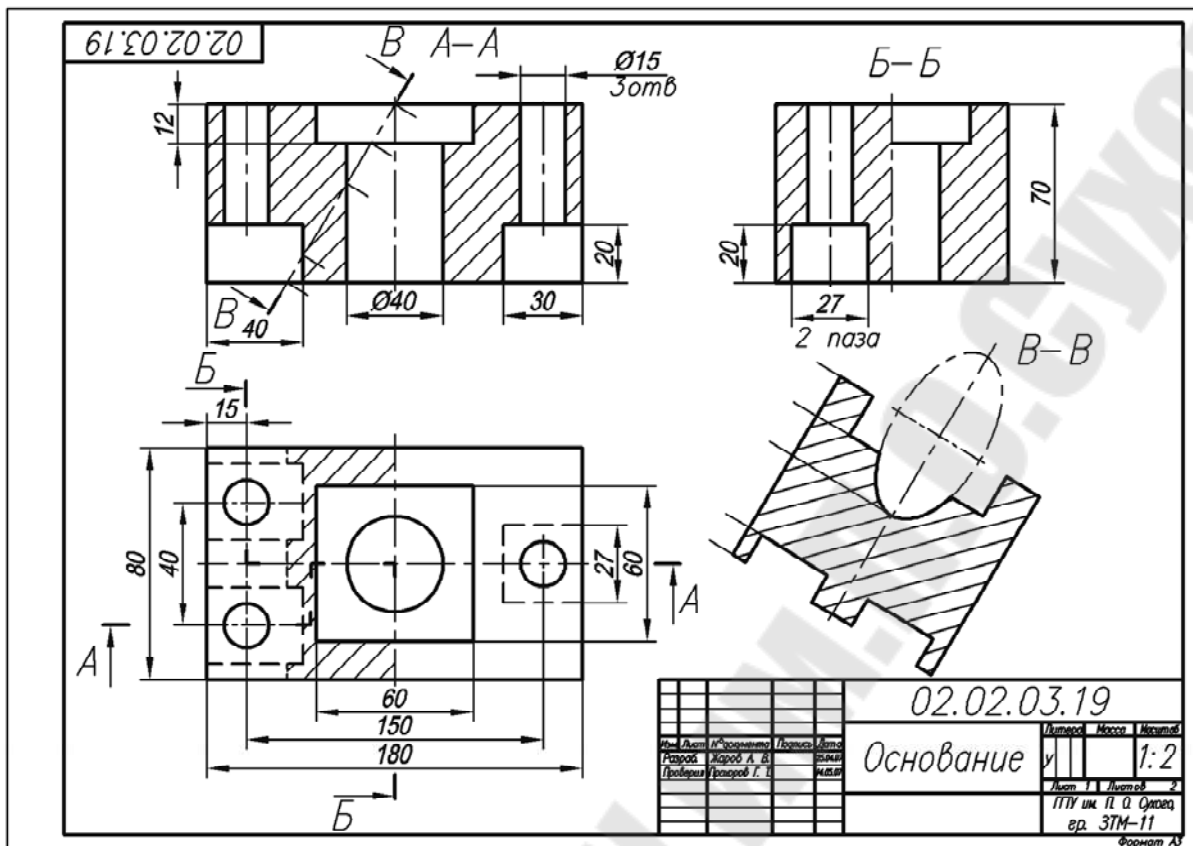


Рис. 37

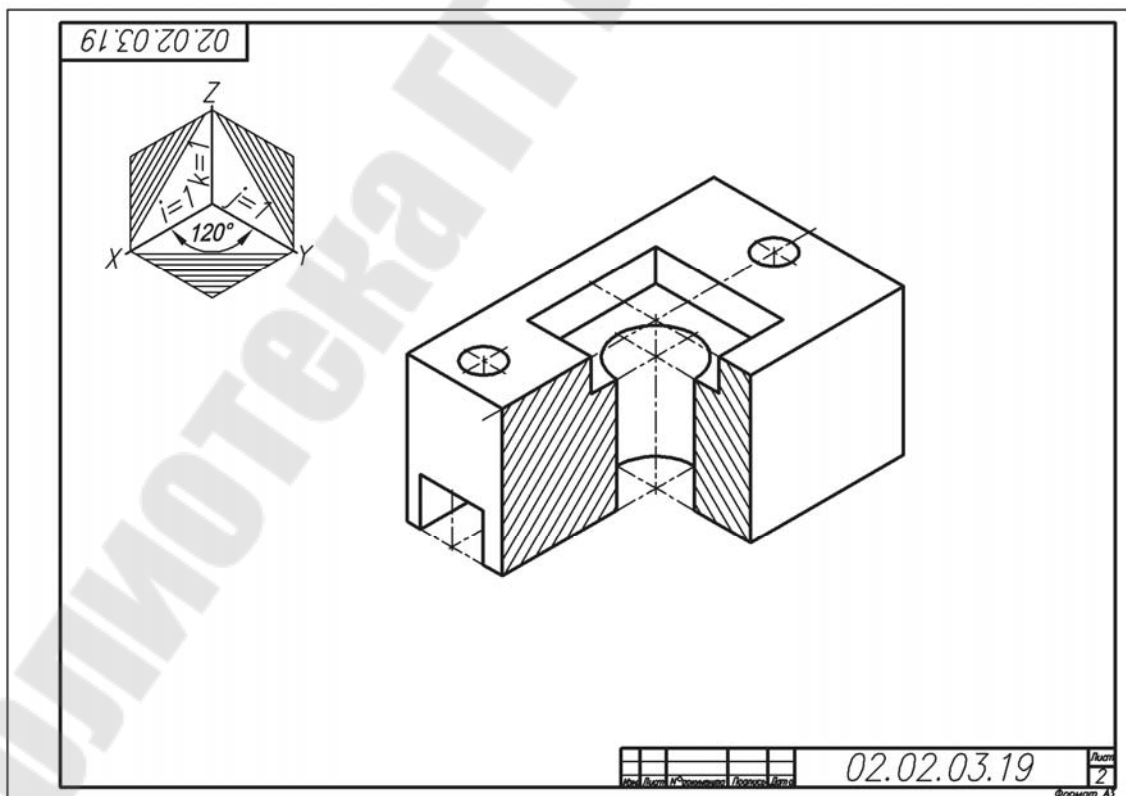
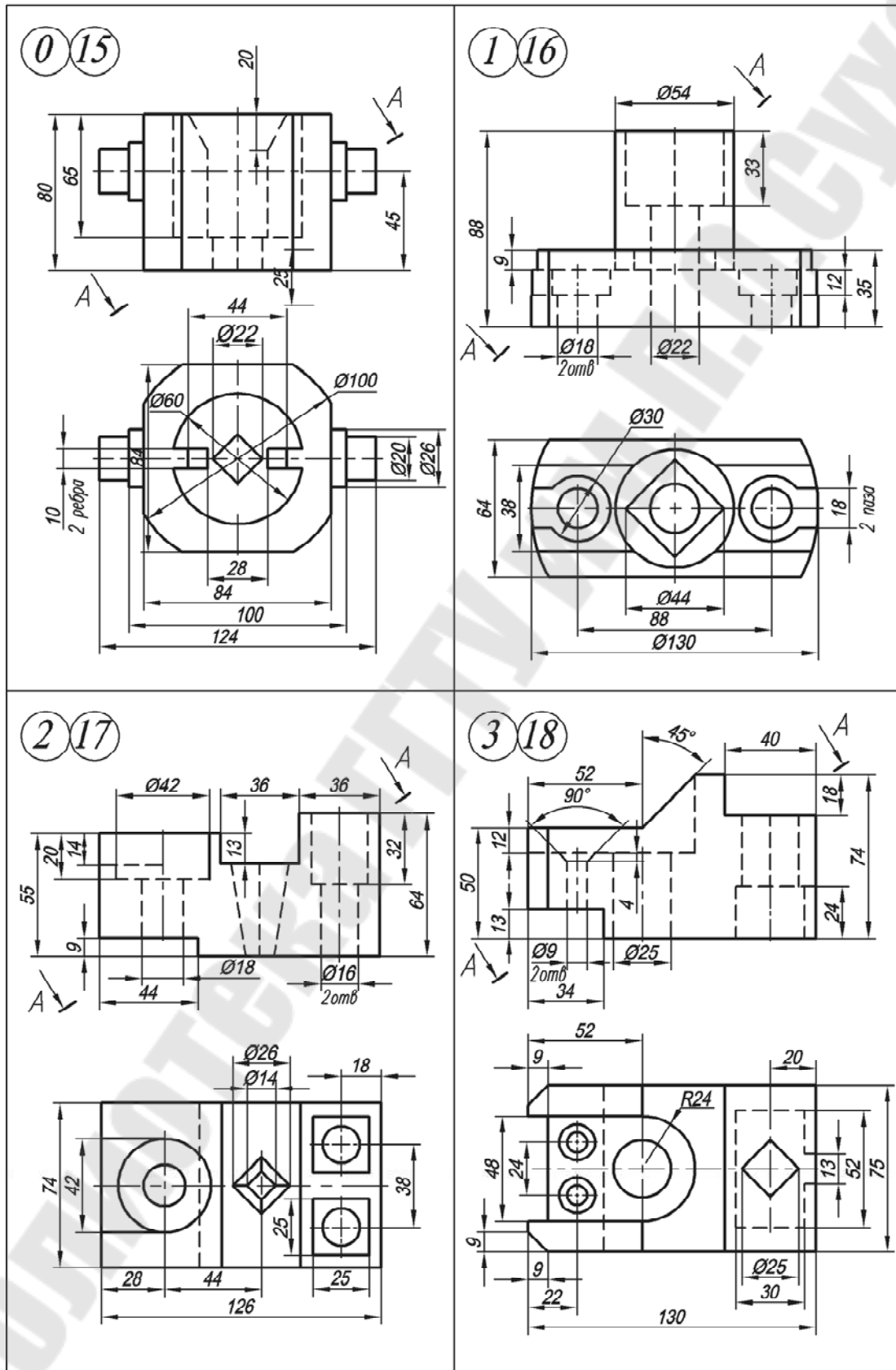
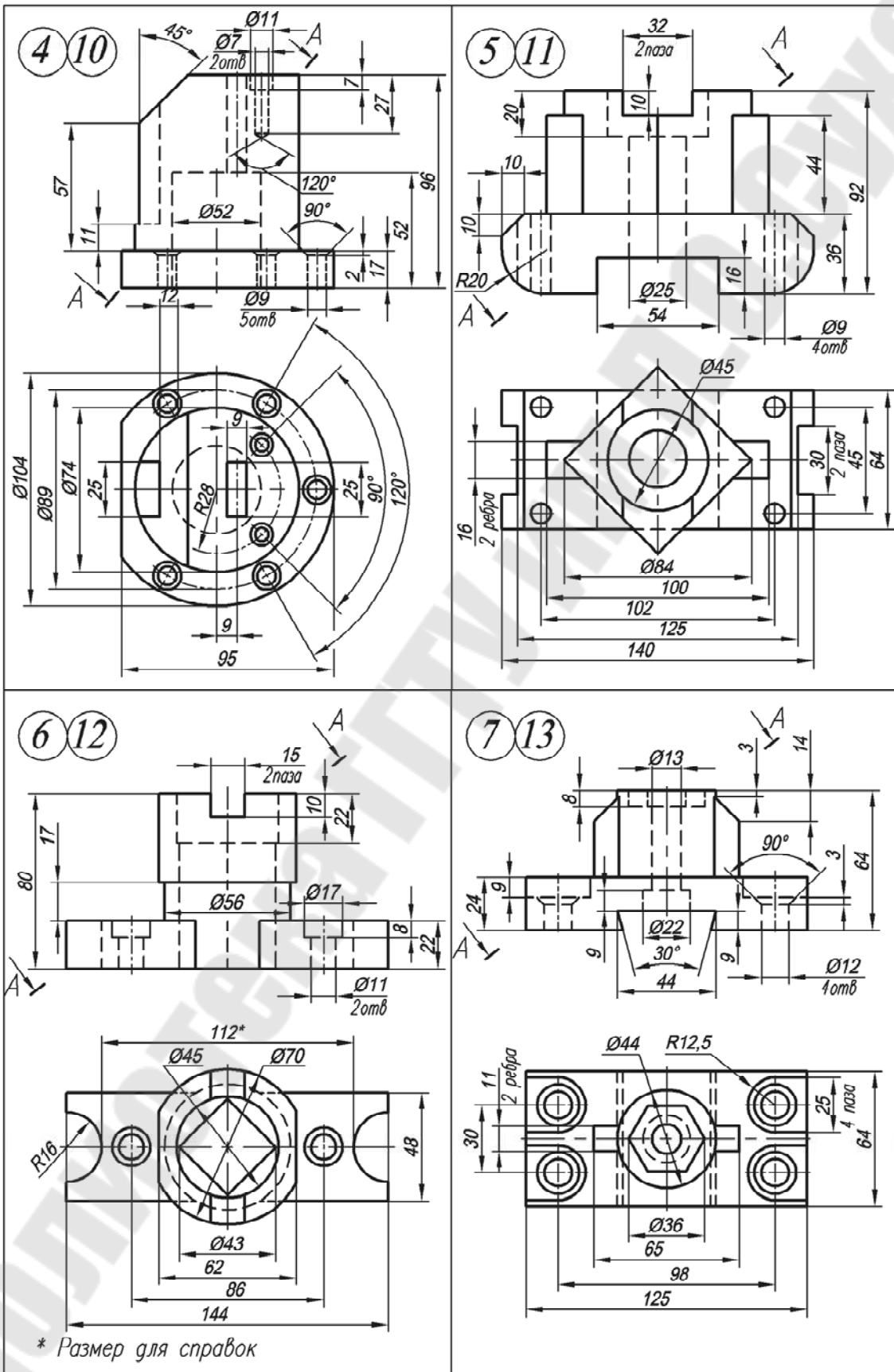
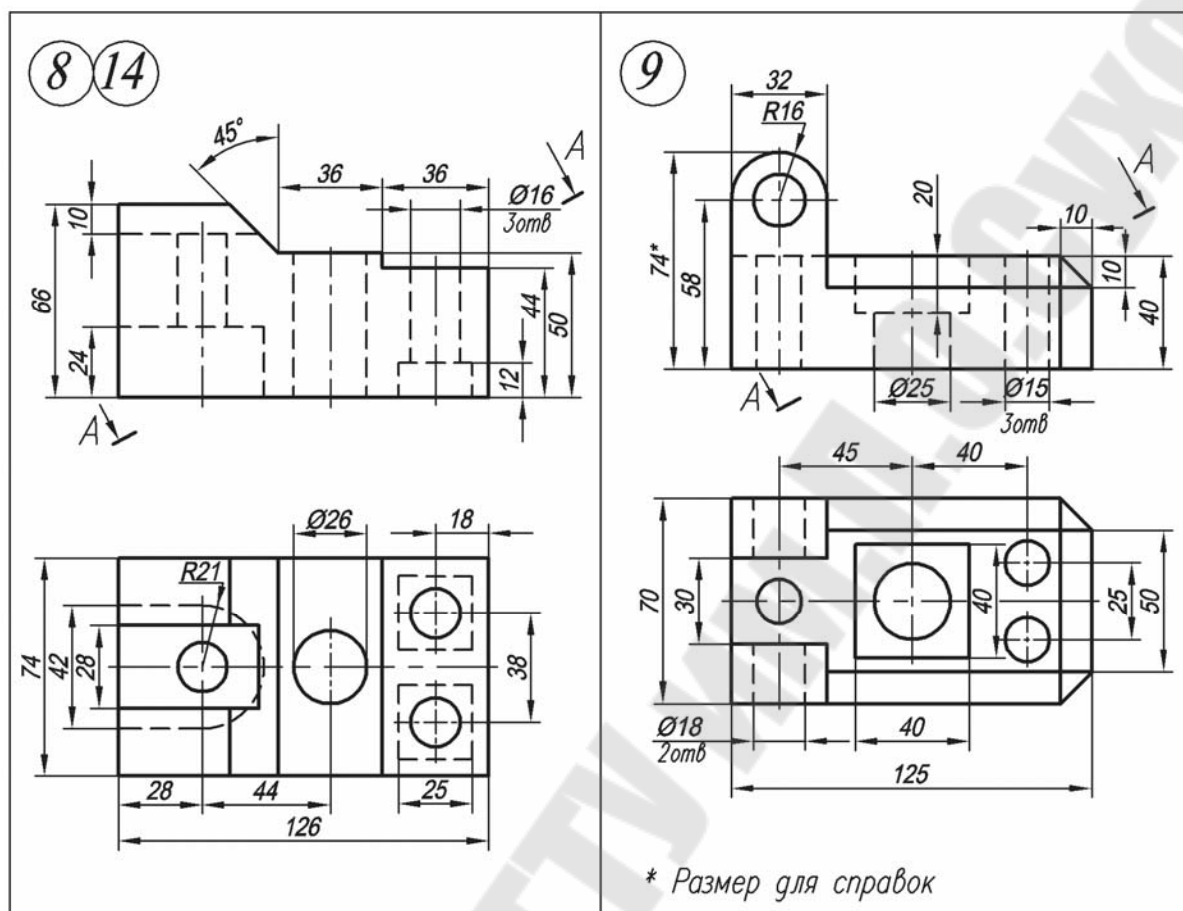


Рис. 38

Данные к заданию № 3







### Порядок выполнения

Последовательность выполнения сохраняется та же, что и в задании № 2. Выполняя задание, провести тонко линии видимого и невидимого контуров, построить третье изображение, построить необходимые простые или сложные разрезы и выполнить штриховку в разрезах. После этого следует построить натуральный вид наклонного сечения заданной фронтально-проецирующей плоскостью («косое» сечение). Выполнить наглядное изображение детали в аксонометрической проекции.

В данном задании в ряде вариантов применяют сложные ступенчатые или ломаные разрезы и сечение наклонной плоскостью. Они регламентированы в ГОСТ 2.305–68, разд. 3 «Разрезы», разд. 4 «Сечения».

При выполнении сложных разрезов не допускается совмещения вида с разрезом. Нельзя наносить на чертеж фигуры в разрезе границы секущих плоскостей. На разрез другие разрезы не наносятся.

### Сложные разрезы

Разрез называется *сложным*, если образован двумя и более секущими плоскостями.

Сложный разрез называют ступенчатым, если секущие плоскости параллельны, и ломаным, если секущие плоскости пересекаются под углом, большим 90°. На рис. 37 применены сложные ступенчатые разрезы А–А на главном изображении и Б–Б на про-

фильном. Сечения, получившиеся в двух параллельных секущих плоскостях, условно совмещены. Переход от одной секущей плоскости к другой, отмеченный на виде сверху пересечением штрихов (уголками), на разрезе не отражен ввиду условности самого разреза.

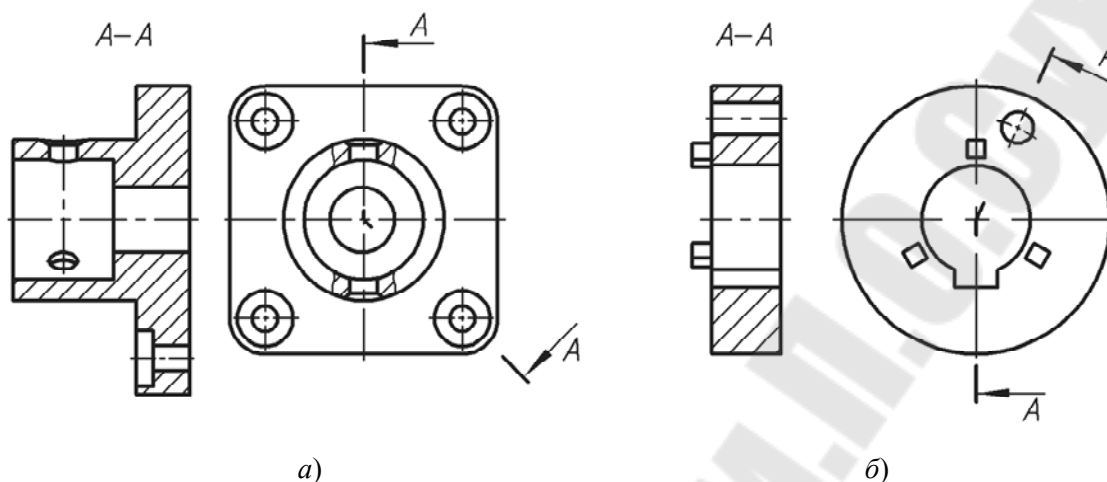


Рис. 39

При ломаных разрезах (рис. 39) секущие плоскости условно поворачивают до совмещения в одну плоскость, при этом направление поворота может не совпадать с направлением взгляда. Применяют также сложные разрезы по типу, приведенному на рис. 40.

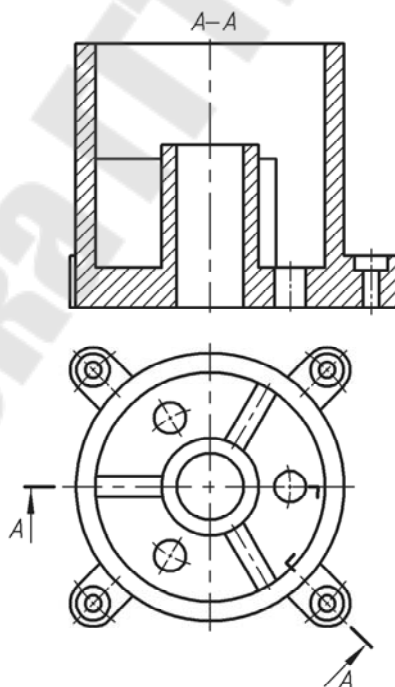


Рис. 40

Сечение по построению и расположению должно соответствовать направлению, указанному стрелками (сечение B-B на рис. 37). Другие виды сечений будут использованы при выполнении следующих заданий.

## Сечения

Сечение – изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. На сечении показывают только то, что получается непосредственно в секущей плоскости.

Сечения, не входящие в состав разреза, разделяют на *вынесенные* и *наложенные*. Вынесенные сечения предпочтительны; допускается располагать их в разрыве между частями вида. Контур вынесенного сечения, а также сечения, входящего в состав разреза, изображают сплошными основными линиями, контур наложенного – сплошными тонкими. Причем контур изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывают.

В общем случае положение секущей плоскости и надпись над сечением на чертежах указывают так же, как и для разрезов.

Допускается располагать сечение в любом месте поля чертежа, а также с поворотом с добавлением знака или надписи «повернуто».

Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью.

Если сечение получается состоящим из отдельных частей, то следует применить разрез.

### 2.5. Тема № 2. Задание № 4. Построение линий «среза»

Построить три изображения детали и проекции линий «среза», получающиеся при сечении поверхностей вращения плоскостями, параллельными оси вращения. На чертежах заданий линии «среза» не показаны. Данные к заданию приведены в табл. 5. Пример выполнения содержится на рис. 41. Работу выполнить на листе чертежной бумаги формата А3 карандашом.

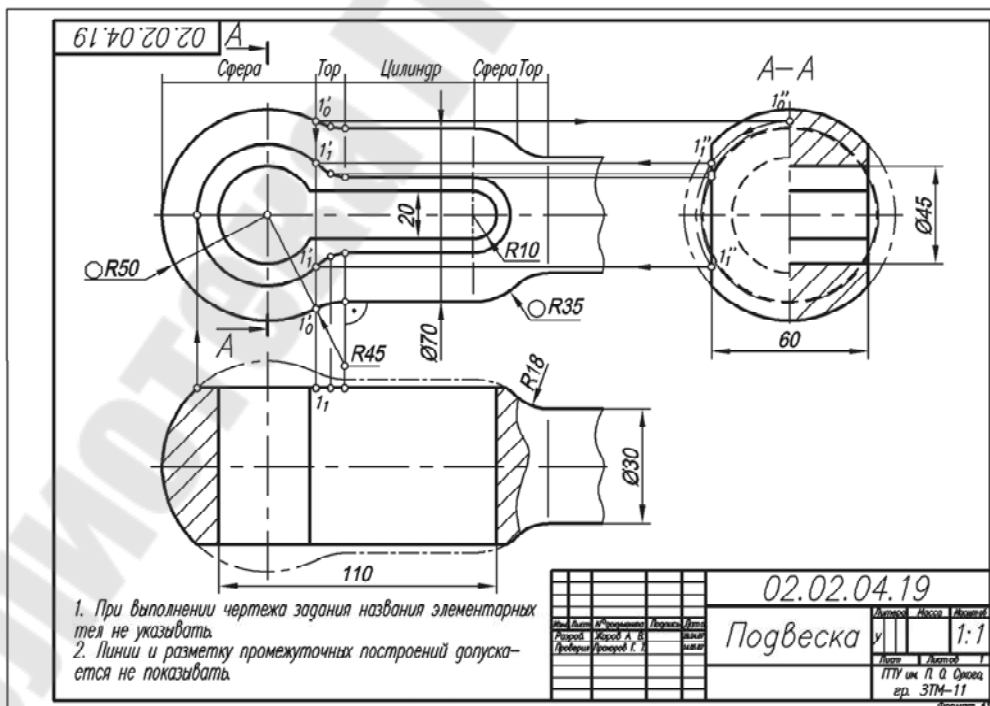
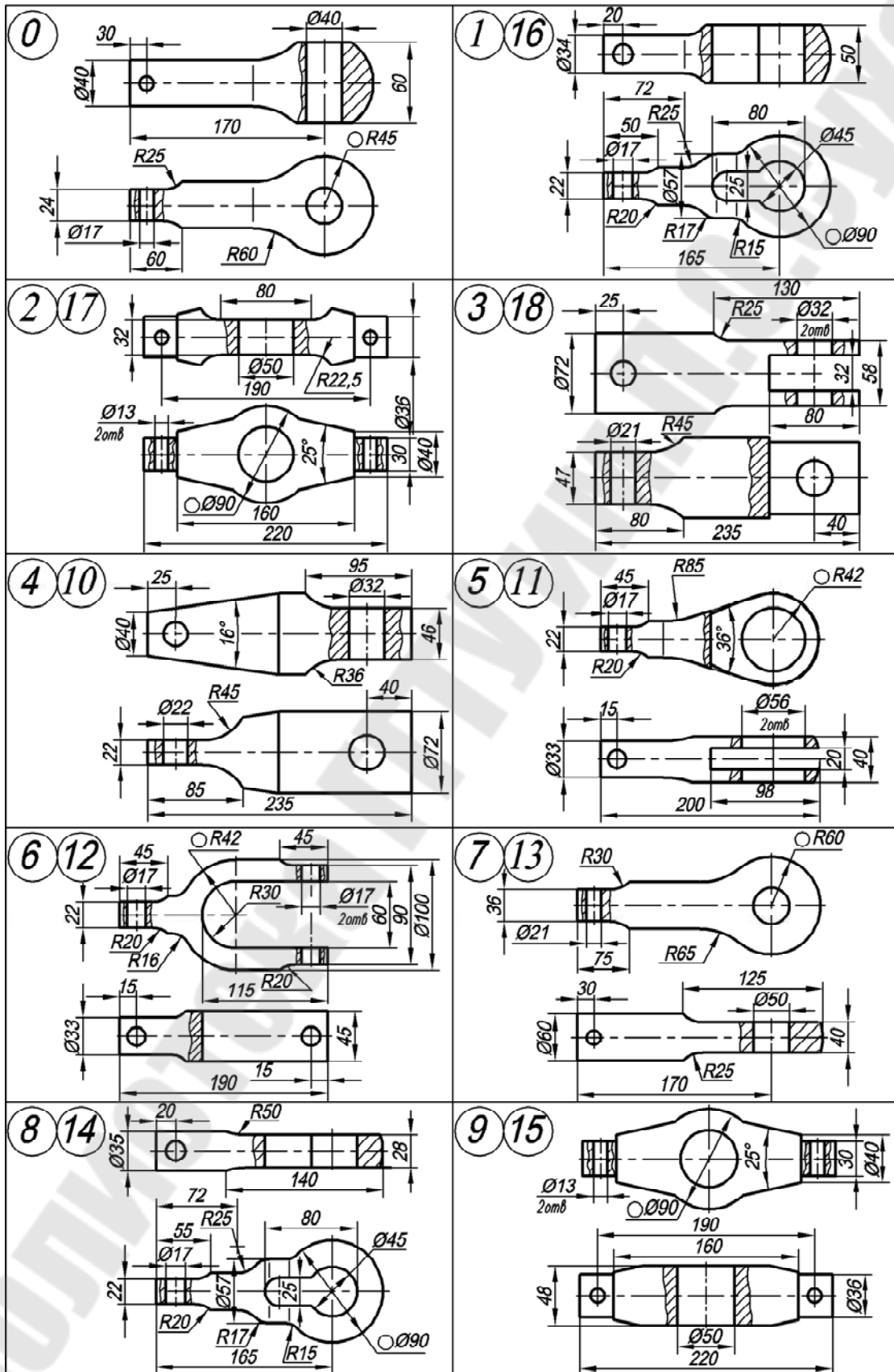


Рис. 41



Данные к заданию № 4. Построение линий «среза»



### **Порядок выполнения**

Линиями «среза» в практике называют линии, получающиеся при плоском срезе заготовки детали (т. е. удалении части материала путем обработки на шлифовальном, фрезерном или строгальном станке), поверхность которой ограничена соосными поверхностями вращения.

Рекомендуется придерживаться следующего порядка работы над чертежом:

1. Ознакомиться с индивидуальным заданием и примером выполнения работы.
2. Изучить методические указания и рекомендованную литературу.
3. Вычертить тонко все три изображения детали.
4. Определить основные геометрические тела вращения, из которых составлена деталь, и наметить их границы.
5. Выделить вершины и характерные точки линии «среза», лежащие на границах поверхностей.
6. Построить промежуточные точки линии среза.
7. Нанести размерные линии и размерные числа.
8. Обвести линии карандашом, принимая толщину линий видимого контура равной 0,8–1,0 мм.
9. Оформить основную надпись.
10. Проверить чертеж.

Все промежуточные построения оставлять на чертеже не обязательно. Достаточно показать построение какой-либо одной точки для каждой линии «среза». Названия элементарных тел, составляющих форму детали, на чертеже отображать не требуется.

Деталь мысленно разбивается на геометрические тела вращения по намеченным границам основных геометрических поверхностей, ограничивающих ее. Для определения точных границ необходимо выделить точки сопряжений. На рис. 41 деталь состоит из следующих тел вращения: цилиндра диаметром 30 мм; части кругового кольца (тора) радиусом 18 мм; части сферы радиусом 35 мм; цилиндра диаметром 70 мм; части кругового кольца (тора) радиусом 45 мм; части сферы радиусом 50 мм.

Две параллельные между собой фронтальные плоскости, расположенные на расстоянии 60 мм, в пересечении с поверхностями указанных тел дают линии «среза». На виде сверху и слева эти линии проецируются в виде прямых граничных прямых. На главном виде надо построить линии «среза».

При сечении плоскостью, параллельной оси вращения, боковая поверхность цилиндра пересечется по двум прямым (образующим), параллельным оси вращения, поверхность сферы – по окружности, поверхность кругового кольца (тора) – по кривой, называемой, в общем случае, кривой Персея.

Порядок построения участков линии «среза» для цилиндра и сфер легко понимается из чертежа на рис. 41.

Для нахождения промежуточных точек линий «среза» на главном виде на участках торцов необходимо воспользоваться вспомогательными секущими плоскостями, перпендикулярными оси вращения (в этом случае это профильные плоскости).

На рис. 41 показано построение промежуточной точки. Проведена плоскость, перпендикулярная оси вращения. Эта плоскость рассекает поверхность вращения по окружности, проекциями которой на главном виде и виде сверху будут прямые, совпадающие со следами плоскости, на виде слева – окружность. Искомые профильные проекции точек лежат на пересечении окружности со следами параллельных плоскостей. Проекция точек на главном виде лежат на пересечении линий связи со следом плоскости. Подобным образом находятся и другие промежуточные точки, принадлежащие линии «среза».

## 2.6. Тема № 2. Задание № 5. Построение линий пересечения и перехода

Построить по двум изображениям детали третье с необходимыми разрезами, построить и вычертить линиями соответствующего типа линии перехода и пересечения поверхностей. Данные к заданию приведены в табл. 6. Пример выполнения содержится на рис. 42. Работу выполнить на листе чертежной бумаги формата А3 карандашом.

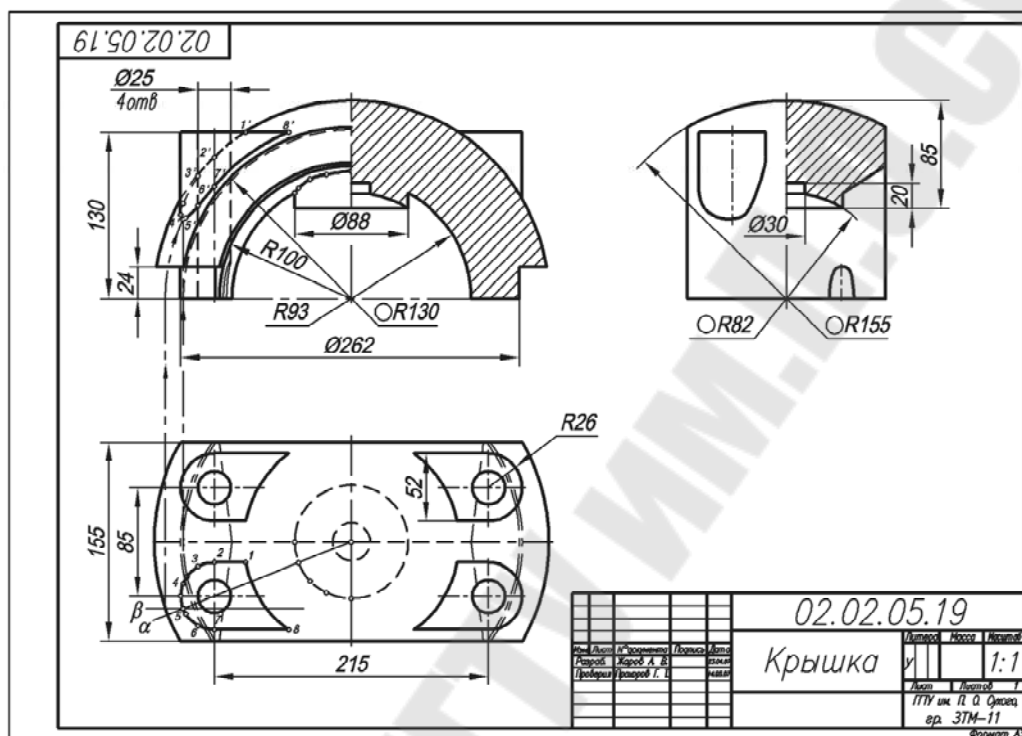


Рис. 42

### Порядок выполнения

Линии взаимного пересечения поверхностей (линии перехода). Поверхности, ограничивающие геометрическую форму изделия, могут или плавно переходить одна в другую, т. е. являться касательными, или пересекаться. Линии касания, как правило, на рабочих чертежах не показывают или изображают условно тонкой линией. Поэтому согласно ГОСТ 2.303–68 их называют «линиями перехода воображаемыми». Линии пересечения (по стандарту – линии перехода), как правило, изображают. При этом у конструкторов может возникнуть необходимость предусмотреть вид получающихся линий и решить, с какой точностью они должны быть построены или же изображены с упрощениями, допускаемыми стандартом. На практике принято явные линии пересечения поверхностей показывать линиями основного контура (например, линии «среза»), а линии перехода часто проводят тонкими сплошными линиями, которые не доводят до пересечения с линиями основного контура на 2–4 мм.

Общий прием построения линий перехода заключается в сечении пересекающихся поверхностей вспомогательными поверхностями (посредниками), выбираемыми и направляемыми так, чтобы в сечениях получались известные линии простой формы – прямые, окружности. В качестве посредников обычно используют плоскости, при определенных условиях – сферы, а в отдельных случаях цилиндрические, конические и другие поверхности.

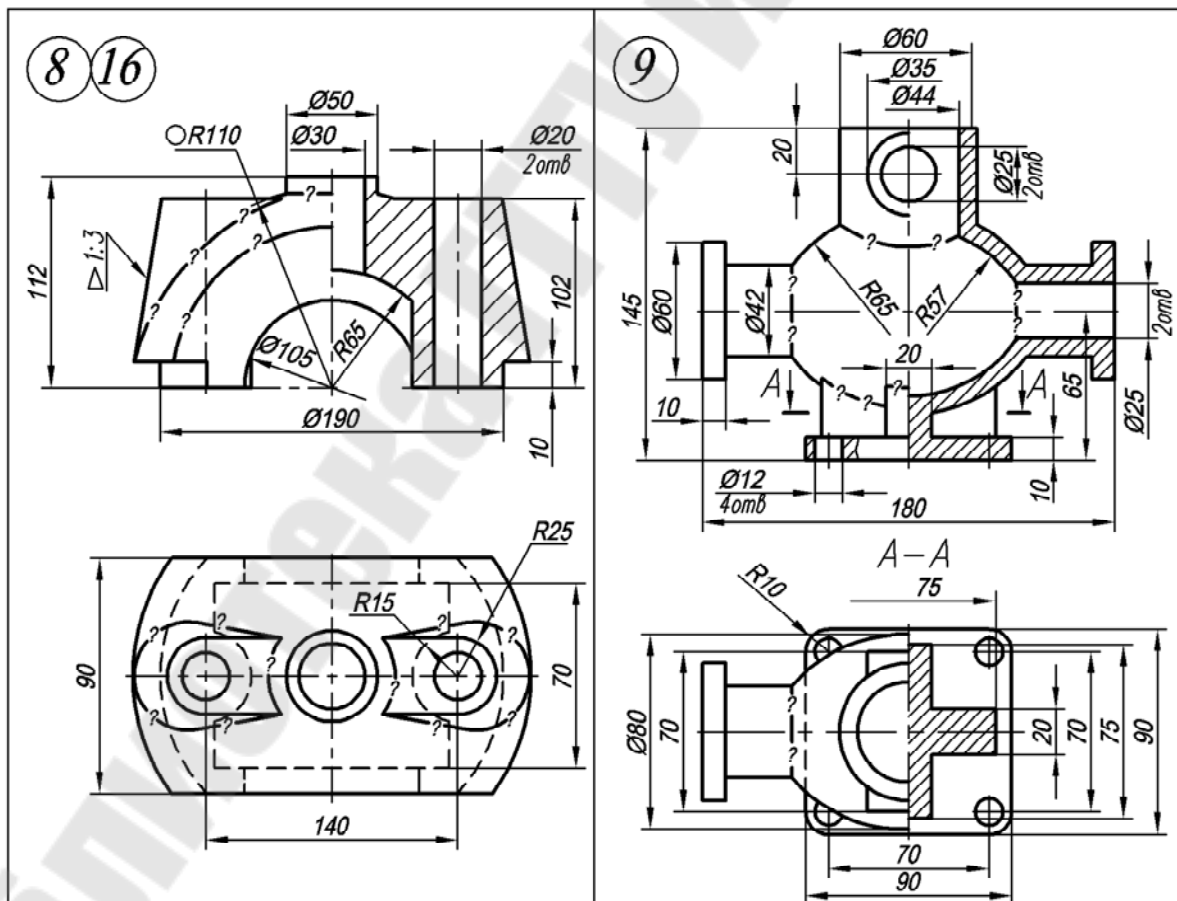
При работе над чертежом рекомендуется придерживаться следующего порядка:

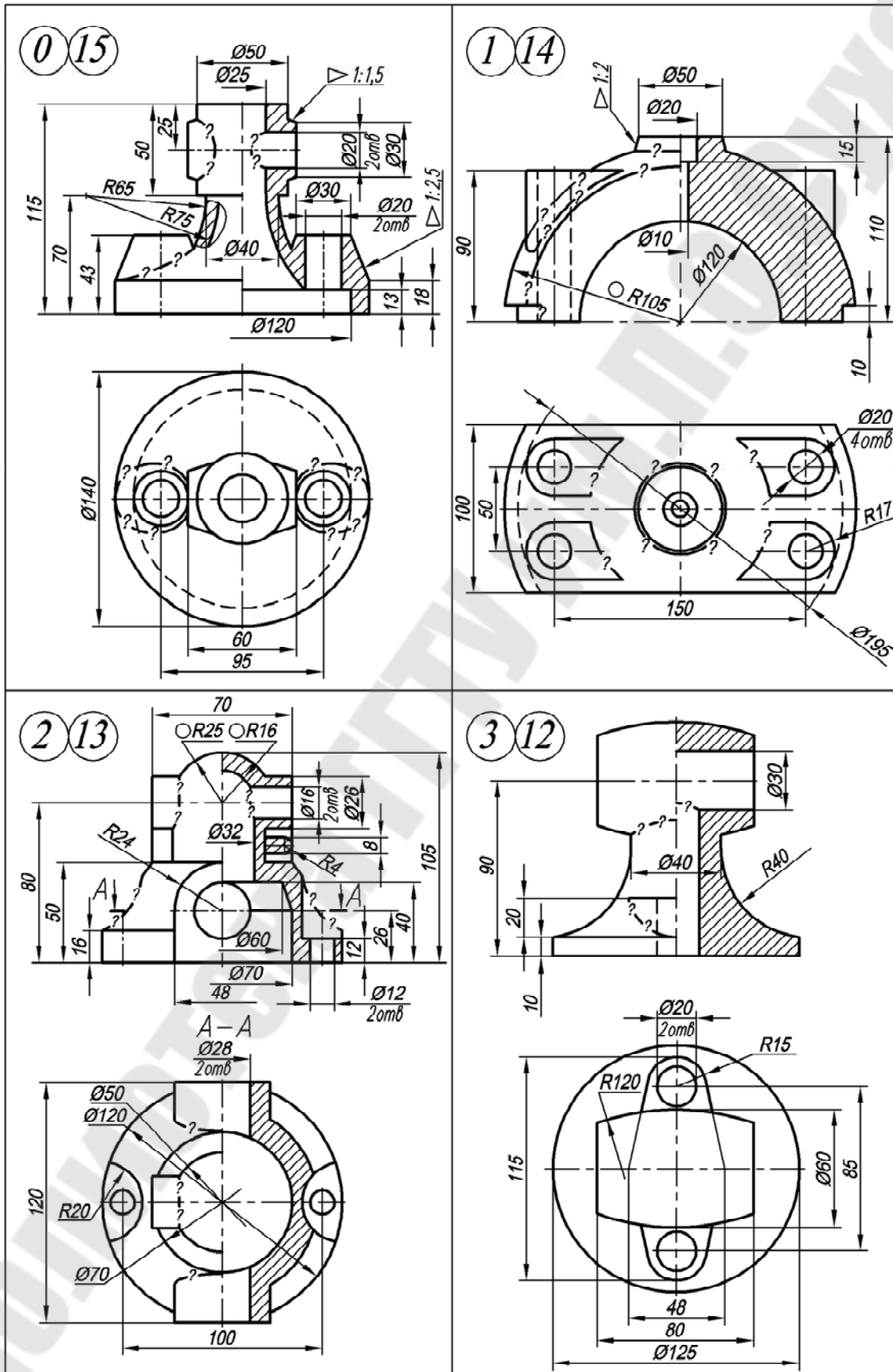
1. Изучить методические указания и рекомендуемую литературу.
  2. Внимательно ознакомиться с индивидуальным заданием и определить основные геометрические тела, из которых составлена деталь.
  3. Вычертить тонкими линиями два изображения детали и дать «полезные» разрезы.
  4. Построить третье изображение детали.
  5. Определить характерные и «опорные» точки линий перехода.
  6. В остальном, последовательность выполнения чертежа такая же, как в задании № 4.
- Нахождение проекций линий пересечения (перехода) поверхностей базируется на знаниях курса начертательной геометрии.

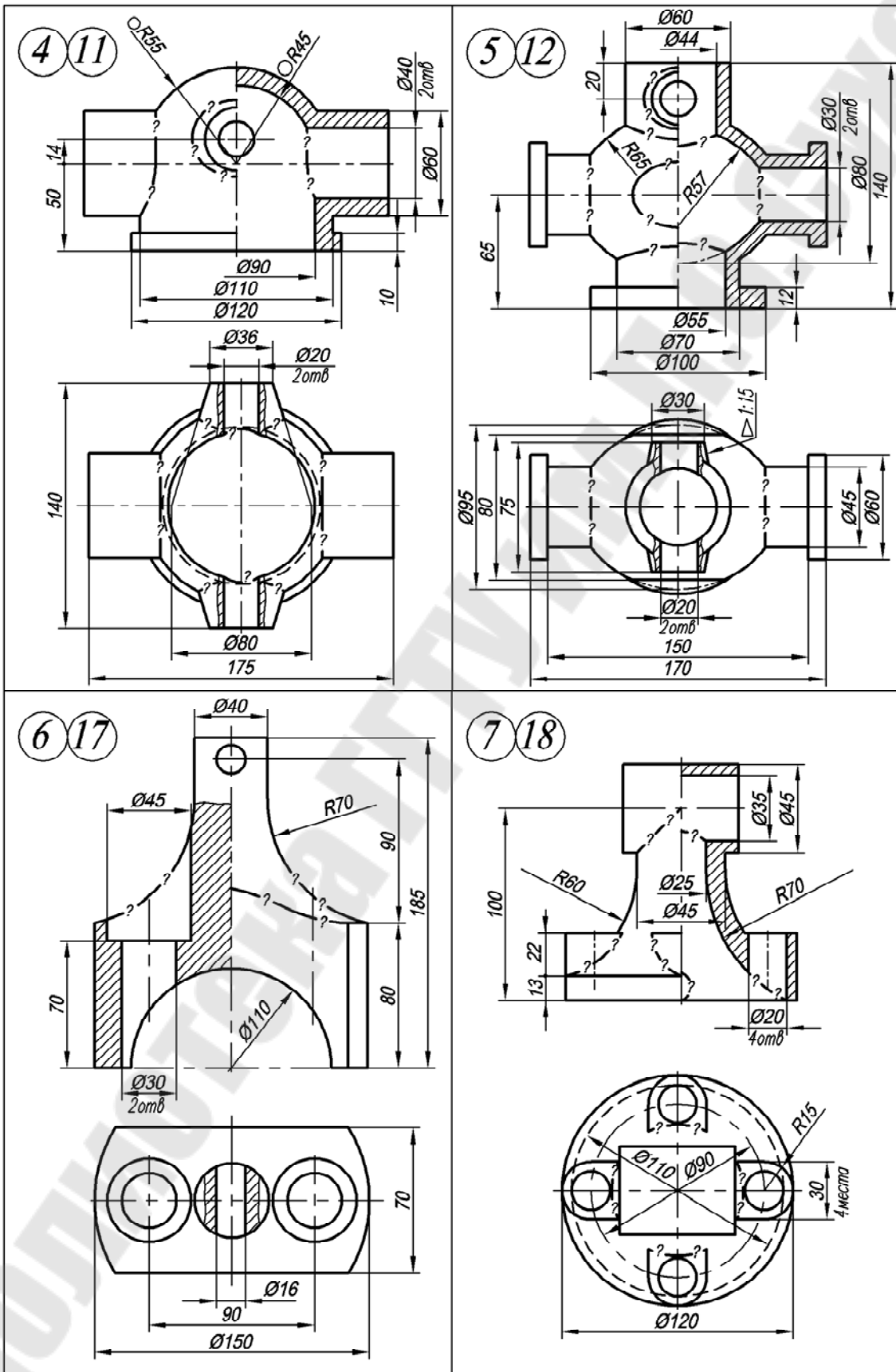
В индивидуальных заданиях линии перехода проведены не полностью или приблизительно, часто показаны лишь начало и конец их и поставлены знаки вопросов (?). Студенту необходимо достроить эти линии, применяя вспомогательные плоскости, параллельные одной из плоскостей проекций, или сферы (метод сфер с постоянным или плавающим центром). Для нахождения точек линий пересечения двух поверхностей (линий перехода) нужно выбрать наиболее рациональный способ решения. Следует подбирать такие вспомогательные плоскости, которые в пересечении с данными поверхностями дают простые для построения линии (прямые линии, окружности).

Таблица 6

Данные для построения линий пересечения и перехода







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

На рис. 42 дано построение промежуточных точек 1, 2, 3, 4 и нижней (опорной) точки 5. В первом случае проведена горизонтальная плоскость, перпендикулярная оси полуцилиндров, которая рассекает поверхности полуцилиндров  $R26$  и сферы  $R155$  по дугам окружностей. На главный вид и вид слева эти дуга проецируются в виде прямых, совпадающих со следами плоскости. Точки пересечения дуг окружностей 1, 2, 3, 4 на виде сверху являются общими точками, принадлежащими линии перехода. Их проекции на главном виде и виде сбоку лежат на следах плоскости и линиях связи. Подобным образом могут быть построены и другие точки линии перехода.

Плоскость  $\alpha$ , проведенная через оси сферы и цилиндра, пересечет цилиндр по образующей, на которой находится нижняя точка кривой 5. Проведя через эту точку фронтальную плоскость  $\beta$ , строим на главном виде проекцию окружности сечения плоскостью  $\beta$  шара. Пересечение этой окружности с образующей дает нижнюю точку 5 кривой.

В индивидуальных заданиях (табл. 6) размерные линии расположены в некоторых случаях нецелесообразно из-за отсутствия третьего изображения. При выполнении работы следует руководствоваться ГОСТ 2.307–68, а не механически повторять размещение размеров с задания.

Линии пересечения должны быть толщиной 0,8–1 мм. При наличии скруглений линии перехода проводят толщиной 0,3–0,5 мм. Линии построений на чертеже сохранить для одной-двух точек.

Подробнее о построении линий перехода см. в курсе начертательной геометрии.

При построении машиностроительных чертежей деталей часто встречаются уклоны, конусности, фаски. Уклон прямой характеризует ее наклон к другой прямой, обычно горизонтальной и реже – вертикальной. Уклон выражается отношением противоположного катета  $BC$  к прилежащему катету  $AC$  (рис. 43, а).

Он представляет собой  $\text{tg } \alpha = BC / AC$ .

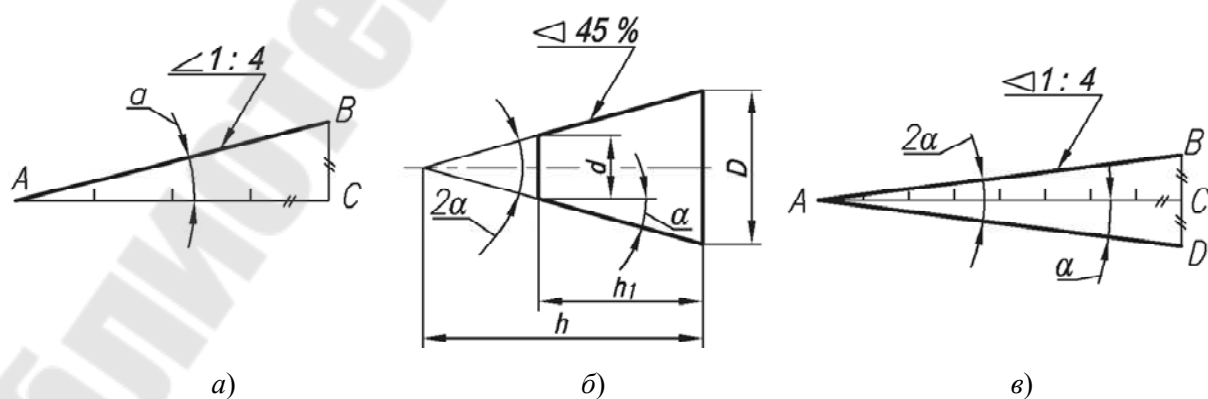


Рис. 43

Уклон может быть выражен простой дробью, десятичной или в процентах. Значение уклона записывается на полке линии-выноски, расположенной параллельно направлению, по которому определяется величина уклона.

Конусностью называется отношение диаметра окружности основания прямого конуса к его высоте (рис. 43, б), а для усеченного конуса – отношение разности диаметров двух поперечных сечений конуса к расстоянию между ними, т. е.  $2 \operatorname{tg} \alpha = (D - d) / h_1$ .

При одном и том же угле конусность в два раза больше уклона (рис. 43, в). Конусность может быть выражена простой и десятичной дробью, а также в процентах.

Согласно ГОСТ 2.307–68 перед размерным числом, определяющим уклон, наносят знак « < », острый угол которого должен быть направлен в сторону уклона (рис. 43, а); перед размерным числом, характеризующим конусность, наносят знак « < > », вершина которого должна быть направлена в сторону вершины конуса (рис. 43, б, в).

## 2.7. Тема № 3. Задание № 1. Соединения

Вычертить: 1) болт, шайбу и гайку по их размерам, установленным в соответствующих стандартах; 2) изображение этих деталей в болтовом соединении; 3) гнездо под резьбу, гнездо с нарезанной резьбой, шпильку и шпилечное соединение с шайбой и гайкой по их размерам, установленным в соответствующих стандартах; 4) неразъемные сварные и паяные соединения. Данные к заданию приведены в табл. 7 и 8. Пример выполнения показан на рис. 44.

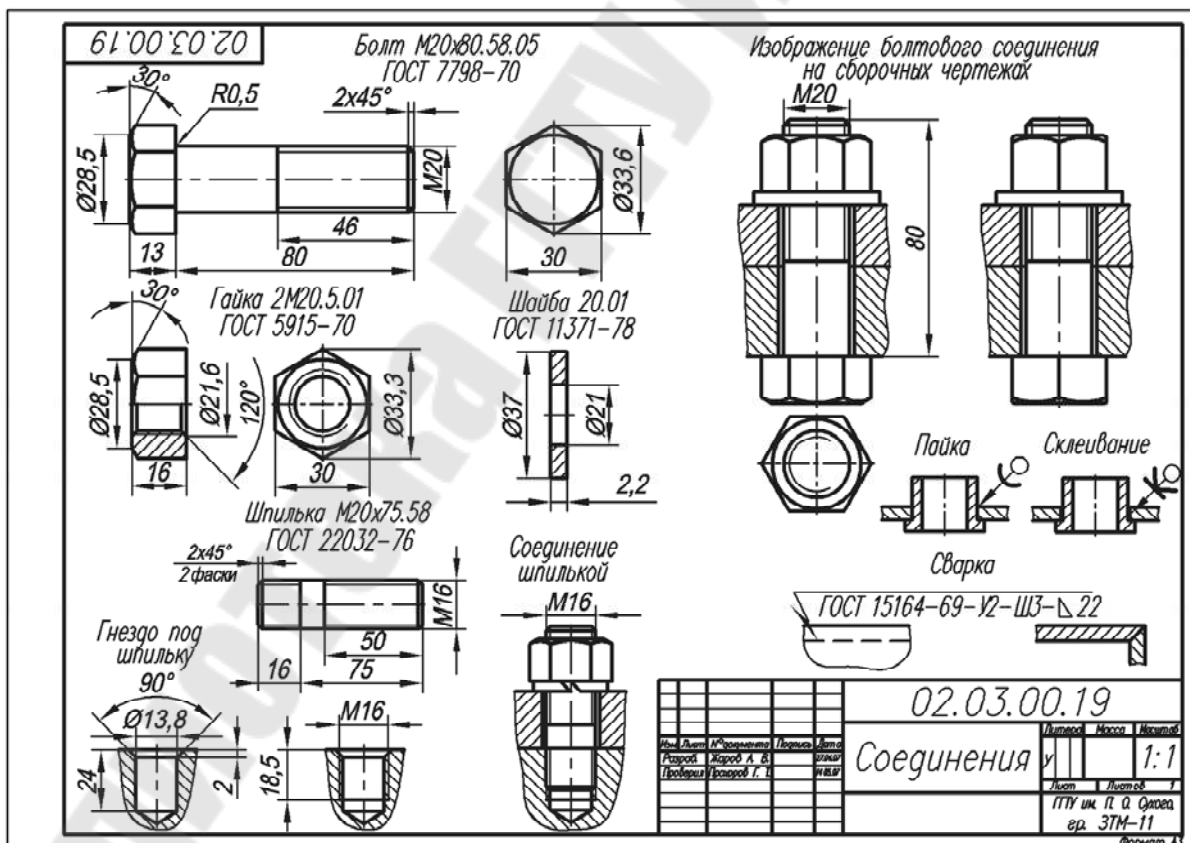


Рис. 44



### Порядок выполнения

Процесс соединения составных частей изделий (деталей, сборочных единиц) называют сборочной операцией.

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

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

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

Следует придерживаться расположения изображаемых деталей и соединений по заданному варианту в соответствии с приведенным примером (рис. 44).

Таблица 7

Данные к болтовому соединению (исполнение 1)

Вариант	Резьба	Длина болта, мм	ГОСТ			Покрытие крепежных деталей, толщина 6 – 9 мкм
			болта	гайки	шайбы	
0	M16	70	7798–70	5915–70	6402–70	Цинковое с хромированием
1, 14	M18 x 1,5	80	7796–70	5927–70	11371–78	Кадмиевое с хромированием
2, 15	M20	90	7805–70	15521–70	6402–70	Многослойное – медь–никель–хром
3, 16	M16 x 1,5	90	7796–70	5915–70	11371–78	Окисное
4, 17	M18	70	7798–70	15521–70	6402–70	Фосфатное с промасливанием
5, 18	M20 x 1,5	80	7805–70	5927–70	11371–78	Оловянное
6, 11	M12	70	7796–70	5915–70	6402–70	Цинковое
7, 12	M18 x 1,5	80	7805–70	15521–70	11371–78	Окисно-фосфатное
8, 13	M20	90	7796–70	5927–70	6402–70	Без покрытия
9, 10	M16 x 1,5	80	7798–70	5915–70	11371–78	Цинковое

Таблица 8

Данные к шпилечному соединению (исполнение 1)

Вариант	Резьба	Длина шпильки, мм	ГОСТ			Покрытие шпильки, толщина 6 – 9 мкм
			шпильки	гайки	шайбы	
6, 11	M16 x 1,5	50	22036–76	5916–70	11371–78	Без покрытия
3, 16	M18	60	22032–76	5927–70	6402–70	Цинковое
4, 17	M16	55	22038–76	15521–70	11371–78	Цинковое
1, 14	M18 x 1,5	60	22034–76	5915–70	6402–70	Оловянное
2, 15	M20	60	22036–76	15521–70	11371–78	Окисное
9, 10	M20 x 1,5	55	22032–76	5927–70	6402–70	Фосфатное с промасливанием
0	M16 x 1,5	50	22038–76	5916–70	11371–78	Многослойное – медь–никель–хром
8, 13	M12	60	22034–76	15521–70	6402–70	Кадмиевое с хромированием
7, 12	M20 x 1,5	55	22036–76	5927–70	11371–78	Цинковое с хромированием
5, 18	M18 x 1,5	50	22032–76	5915–70	6402–70	Кадмиевое с хромированием

На чертежах деталей должны быть указаны все размеры. На изображениях болтового и шпильчного соединения нанесены только те размеры, которые записывают в спецификацию. Диаметр сверленного отверстия (гнезда) под резьбу брать по ГОСТ 19257–73 (табл. 9). Глубина завинчивания шпильки зависит от материала детали, имеющей гнездо. Так, для стали и бронзы она равна диаметру резьбы. Глубину сверления принимают на  $6p$  больше, чем длина резьбы на шпильке, где  $p$  – шаг резьбы. Глубину нарезания резьбы принимают на  $2p$  больше, чем длина резьбы на шпильке (на глубине  $4p$  остается часть резьбы с неполным профилем из-за наличия заходной части у инструмента для ее нарезания – метчика и объем для стружки).

Таблица 9

Диаметры отверстия для внутренних резьб, мм

Резьба	Диаметр отверстия под резьбу, мм
M12	10,11
M16	13,84
M18	15,3
M20	17,3
M16 x 1,5	14,38
M18 x 1,5	16,38
M20 x 1,5	18,38

Диаметр отверстия в привинчиваемой детали брать примерно на 1 мм больше диаметра крепежной детали (для данных диаметров).

При изображении шестигранных гаек и головок болтов следует четко представлять, что дуги кривых на гранях являются дугами гипербола. Но их, как правило, заменяют на изображениях дугами окружностей. По размерам, взятым из соответствующих стандартов, изображения крепежных деталей строят только на рабочих чертежах, по которым их будут изготавливать.

На учебных чертежах изображение болтового соединения обычно строят по относительным размерам, являющимся функциями диаметра резьбы (рис. 45) и округляемым при расчетах до целых чисел. Эти относительные размеры используют только для построения изображения и на чертежах их указывать нельзя.

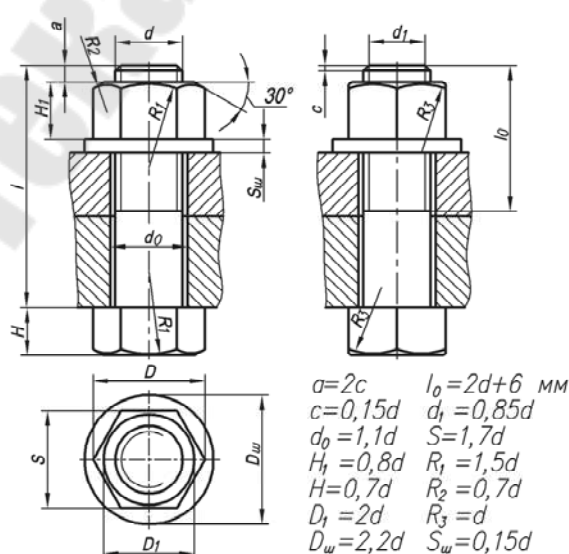


Рис. 45

В табл. 10 показаны условные обозначения и виды покрытий, использующихся при изготовлении крепежных изделий по ГОСТ 1759–70.

Таблица 10

**Условные обозначения видов покрытия крепежных изделий**

Обозначение	Вид покрытия
00	Без покрытия
01	Цинковое с хроматированием
02	Кадмиевое с хроматированием
03	Никелевое многослойное – медь–никель
04	Многослойное – медь–никель–хром
05	Окисное
06	Фосфатное с промасливанием
07	Оловянное
08	Медное
09	Цинковое
10	Окисное анодизационное с хроматированием
11	Окисно–фосфатное
12	Серебряное

**Резьба и крепежные детали**

Поверхность резьбы образует плоский контур при винтовом движении по цилиндрической или конической поверхности. Профиль резьбы – контур сечения резьбы в плоскости, проходящей через ее ось. Часть резьбы, образованную при одном повороте профиля вокруг оси, называют витком. При этом все точки профиля перемещаются вдоль оси на одну и ту же величину, называемую ходом резьбы.

Резьбу, образованную движением одного профиля, называют однозаходной, образованную движением двух, трех и более одинаковых профилей – многозаходной. Шагом резьбы называют расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля резьбы, измеренное в направлении, параллельном оси резьбы. У однозаходной резьбы ход равен шагу, у многозаходной ход равен шагу, умноженному на число ходов.

Винтовая линия бывает правой и левой, соответственно правой и левой будет резьба. Если при завинчивании винта его вращают по часовой стрелке, то резьба на нем правая. В противном случае резьба левая (например, у резьбовой пробки картера червячной передачи рулевого управления автомобиля). На чертежах оговаривают только левую резьбу, добавляя в обозначение резьбы буквы *LH* (эти же буквы маркируют, например, и на пробках картера).

Резьбу изготавливают или режущим инструментом с удалением слоя металла, или накатывают путем выдавливания. При выводе инструмента из металла получается участок неполного профиля в зоне перехода резьбы к гладкой части детали, называемый сбегом резьбы (рис. 46). В местах перехода от резьбового участка к торцу детали при нарезке резьбы плашкой также остается участок с неполным профилем резьбы. Этот участок называют недорезом. Как правило, на чертежах указывают длину резьбы с полным профилем. Если сбеги резьбы или недорезы недопустимы, то в конце резьбы выполняют проточку – кольцевой желобок на стержне или в отверстии для выхода резьбообразующего инструмента (рис. 47). Размеры проточек установлены в ГОСТ 10549–80.

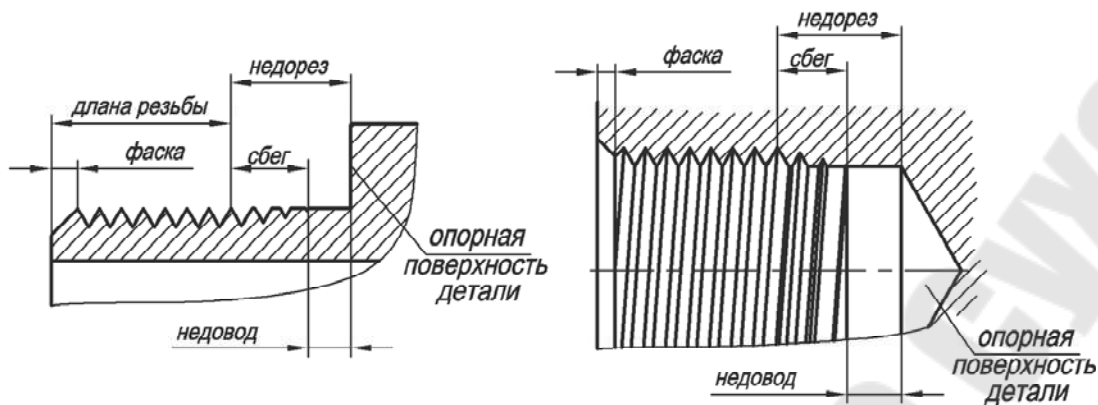


Рис. 46

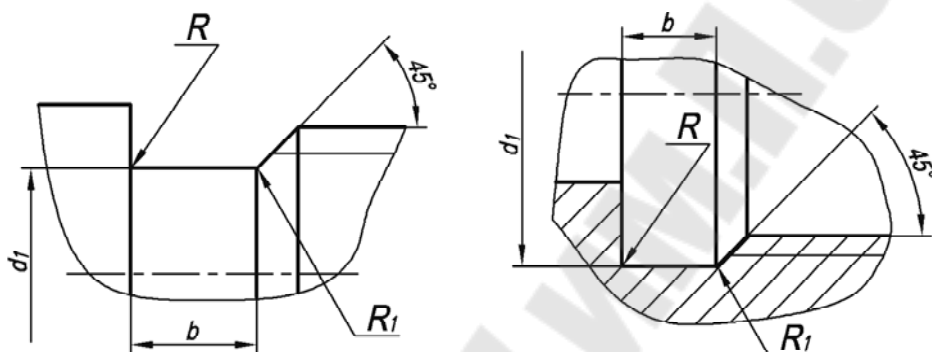


Рис. 47

### Изображение резьбы

На чертежах резьбу изображают условно. Независимо от профиля резьбы резьбу на стержне вычерчивают сплошными основными линиями по наружному диаметру и сплошными тонкими по внутреннему диаметру на всю длину резьбы, включая фаску (рис. 44). На изображениях, перпендикулярных оси вращения, по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу сплошной тонкой линией, приблизительно равную  $3/4$  окружности, разомкнутую в любом месте, но не начинающуюся и не заканчивающуюся на осях. На изображении резьбы в отверстиях сплошные основные и сплошные тонкие линии меняются местами (см. резьбовое гнездо на рис. 44). Фаски на стержне с резьбой, не имеющие специального конструктивного назначения, в проекции на плоскость, перпендикулярную оси резьбы, не изображают. Границу резьбы на стержне и в отверстии проводят в конце полного профиля резьбы, до сбega, основной линией (или штриховой, если резьба невидима), которую проводят до линий наружного диаметра резьбы (см. резьбовое гнездо на рис. 44).

Расстояние между линиями, изображающими наружный и внутренний диаметры резьбы, должны быть не менее 0,8 мм и не больше шага резьбы. Сбег резьбы в учебных чертежах указывают только у шпильки под углом примерно  $30^\circ$  к оси резьбы.

### Обозначение резьбы

По эксплуатационному назначению резьбы подразделяют на крепежные (метрические, дюймовые), крепежно-уплотнительные (трубные, конические), ходовые (трапецеидальные, упорные) и специальные.

К специальным резьбам относятся, например, резьба круглая для цоколей и патронов электроламп, резьба для санитарно-технической арматуры и др.

Условные обозначения резьб (сокращенные, без указания полей допусков и классов точности изготовления резьб) показаны на рис. 48.

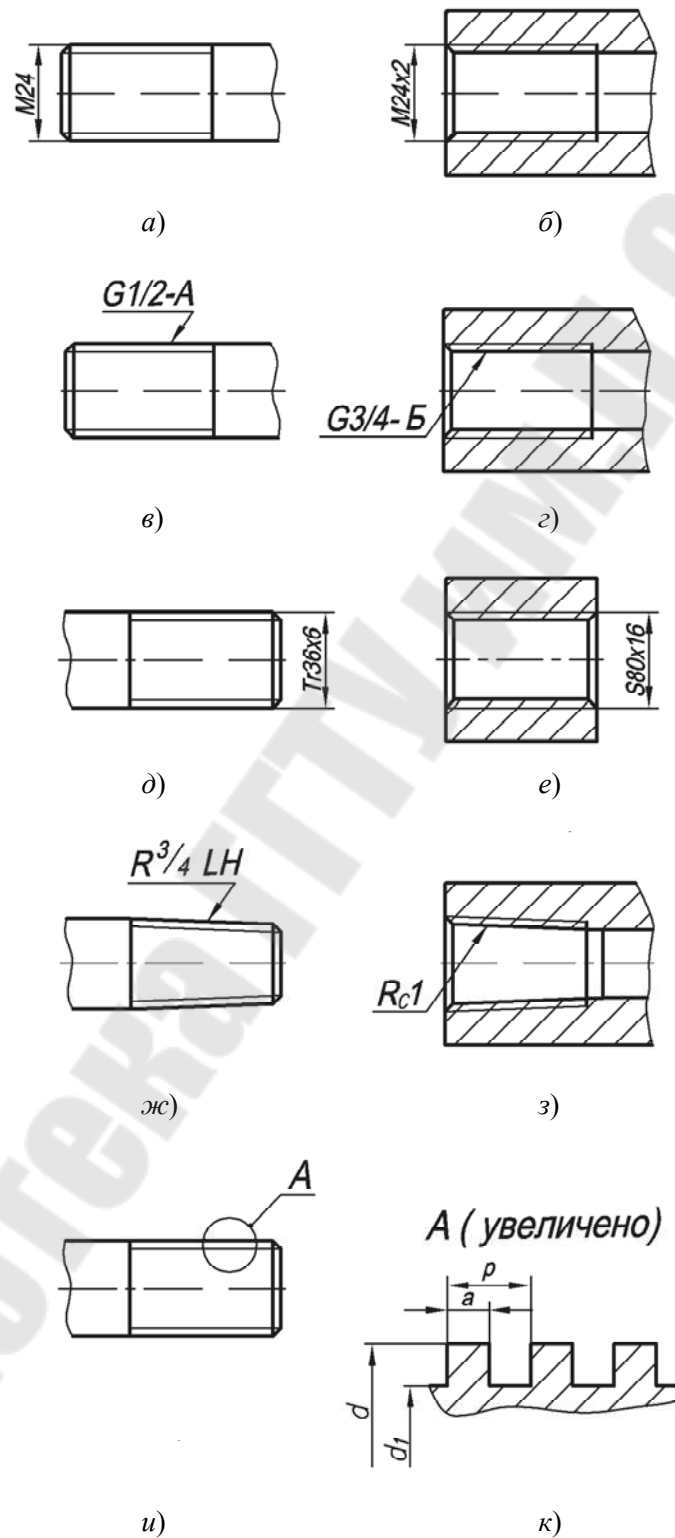


Рис. 48

Условное обозначение метрической резьбы (ГОСТ 8724–81) с крупным шагом состоит из буквы *M* и номинального диаметра (рис. 48, *a*), для резьбы с мелким шагом добавляют величину шага (рис. 48, *б*).

Многозаходные резьбы обозначают (после номинального диаметра) числовым значением хода и в скобках буквой *P* и числовым значением шага. Пример обозначения трехзаходной резьбы с шагом 1 мм и значением хода 3 мм:

$$M24 \times 3 (P1);$$

для такой же левой резьбы:

$$M24 \times 3 (P1) LH.$$

Условное обозначение трубной цилиндрической резьбы (ГОСТ 6357–81) состоит из буквы *G* и условного размера – внутреннего диаметра трубы в дюймах (рис. 48, *в, г*). Аналогично обозначают трубную коническую резьбу (ГОСТ 6211–81), но буквой *R* для наружной резьбы и буквами *Rc* для внутренней (рис. 48, *ж, з*).

Условные обозначения трапецеидальной резьбы (однозаходная – ГОСТ 9484–81, многозаходная – ГОСТ 24739–81) состоит из букв *Tr*, наружного диаметра и шага, например:

$$Tr36 \times 6$$

(рис. 48, *д*) или хода и шага (для многозаходной).

Условное обозначение упорной резьбы (ГОСТ 10177–82) состоит из букв *S*, наружного диаметра и шага резьбы, например:

$$S80 \times 16$$

(рис. 48, *е*).

Для обозначения параметров нестандартной резьбы показывают все ее основные размеры (рис. 48, *и*). Рекомендуется показывать в масштабе увеличения профиль данной резьбы и все ее размеры.

Обозначения крепежных деталей. Все крепежные детали стандартизированы. В общем виде структура обозначения видна на следующем примере:

$$\text{Болт } 2M12 \times 1,5 - 6d \times 60.88.35X029\text{ГОСТ...},$$

где 2 – исполнение (исполнение 1 обычно не указывают); *M12* – символ резьбы (метрической) и диаметр резьбы (или трубы для трубной резьбы); 1,5 – мелкий шаг резьбы, мм (крупный не указывают); *6d* – обозначение поля допуска по соответствующему стандарту (в учебных чертежах не указывают); 60 – длина болта, винта, шпильки, мм; 88 – класс прочности или группа по ГОСТ 1759–70; 35X – марка стали или сплава; 02 – обозначение вида покрытия по ГОСТ 1759–70; 9 – толщина покрытия, мкм; *ГОСТ...* – номер стандарта.

Если надо записать винт или шпильку, то в обозначении указывают их название и номер соответствующего стандарта. Обозначение гайки:

$$\text{Гайка } 2M12 \times 1,5.5 \text{ГОСТ...}$$

Обозначение упрощается, если детали имеют первое исполнение и крупный шаг (их не обозначают), например:

$$\text{Болт } M12 \times 60.58\text{ГОСТ...}, \text{ Гайка } M12.5 \text{ГОСТ...}$$

Подобные упрощения применяют при обозначении шайб, шплинтов:

*Шайба 12.01 ГОСТ 11371–78,*

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

*Шайба 12.65Г ГОСТ 6402–70,*

где 65Г – пружинная марганцовистая сталь;

*Шплинт 5 × 28 ГОСТ 397–79,*

где 5 – условный диаметр шплинта (диаметр отверстия под него); 28 – длина его (без головки).

В указанных случаях детали без покрытия.

Крепежные изделия весьма разнообразны. С ними следует ознакомиться по имеющимся стандартам и справочникам.

На рис. 49 показано соединение двух резьбовых деталей:

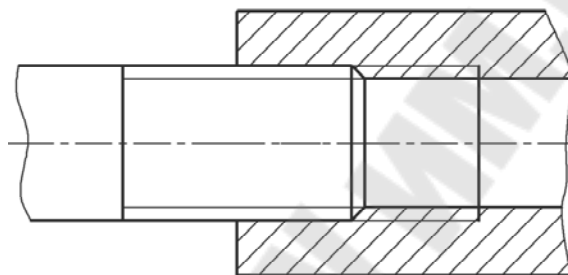


Рис. 49

### Неразъемные соединения

Конструкция и технология швов неразъемных соединений сваркой, пайкой, склеиванием достаточно разнообразны. При выполнении их следует усвоить те основные условные знаки, которыми их обозначают.

Сварку обозначают односторонней стрелкой, с указанием на полке (или под полкой для невидимых швов) условных обозначений, характеризующих размеры и конструкцию швов, способов сварки и др.

Пайку обозначают стрелкой и пересекающей ее утолщенной полудугой, а заполненный припоем шов изображают толстой линией, в два раза более широкой, чем линия видимого контура. На полке указывают номер пункта соответствующих технических требований.

Если сварной или паяный шов выполнен по замкнутому контуру (кольцевой, цилиндрический), то линию стрелки заканчивают окружностью диаметром около 5 мм. Пример обозначения сварного, паяного и клеевого швов приведен на рис. 44.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т./ В. И. Анурьев. – 6-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1982.
2. Бабулин, Н. А. Построение и чтение машиностроительных чертежей / Н. А. Бабулин. – 8-е изд. – Москва : Высш. шк., 1987.
3. Боголюбов, С. К. Черчение : учеб. для машиностр. специальностей сред. спец. учеб. заведений / С. К. Боголюбов. – Москва : Машиностроение, 1985. – 336 с.
4. Машиностроительное черчение : учеб. пособие для вузов / Г. П. Вяткин [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1977.
5. Новичихина, Л. И. Справочник по техническому черчению / Л. И. Новичихина. – Минск : Книж. дом, 2004.
6. Новичихина, Л. И. Техническое черчение : справ. пособие / Л. И. Новичихина. – Минск : Высш. шк., 2004. – 222 с.
7. Общие правила выполнения чертежей. Сборник стандартов ЕСКД / изд. офиц. – Москва : Изд-во стандартов, 1984.
8. Справочное руководство по черчению / В. Н. Богданов [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1989. – 864 с.
9. Федоренко, В. А. Справочник по машиностроительному черчению / В. А. Федоренко, А. И. Шошин. – Москва : Машиностроение, 1983.
10. Методические указания по составлению эскизов / Л. С. Шебеко [и др.]. – Минск : БПИ, 1980.
11. Янковский, Н. А. Техническое черчение / Н. А. Янковский, И. С. Вышнепольский. – Москва : Высш. шк., 1976.



## Содержание

Введение.....	3
1. Общие рекомендации по выполнению контрольной работы .....	4
1.1. Порядок изучения учебного материала курса.....	4
1.2. Рекомендации по выполнению и сдаче контрольной работы.....	4
1.3. Допуск и выполнение зачетного задания.....	5
2. Контрольная работа № 2.....	6
2.1. Тема № 1. Задание № 1 .....	6
2.2. Тема № 2. Задание № 1 .....	24
2.3. Тема № 2. Задание № 2 .....	28
2.4. Тема № 2. Задание № 3 .....	34
2.5. Тема № 2. Задание № 4. Построение линий «среза» .....	40
2.6. Тема № 2. Задание № 5. Построение линий пересечения и перехода .....	43
2.7. Тема № 3. Задание № 1. Соединения .....	48
Литература .....	56

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

**Селютин Александр Михайлович**  
**Повжик Татьяна Анатольевна**

## **ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ. СОЕДИНЕНИЯ**

**Методические указания  
и контрольные задания по курсу  
«Инженерная графика» для студентов  
машиностроительных специальностей  
заочной формы обучения**

**Электронный аналог печатного издания**

Редактор *Н. В. Гладкова*  
Компьютерная верстка *Н. Б. Козловская*

Подписано в печать 27.12.08.

Формат 60x84/8. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 3,49. Уч.-изд. л. 4,0.

Изд. № 115.

E-mail: [ic@gstu.gomel.by](mailto:ic@gstu.gomel.by)

<http://www.gstu.gomel.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Издательский центр учреждения образования  
«Гомельский государственный технический университет  
имени П. О. Сухого».

ЛИ № 02330/0131916 от 30.04.2004 г.

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.