

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**
ФИЛИАЛ ФГБОУ ВО «БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА» В
г.НОВОРОССИЙСКЕ (НФ БГТУ им. В.Г.Шухова)

Методические указания
к выполнению контрольных работ
дисциплина
Начертательная геометрия, инженерная графика
направление подготовки:
для всех профилей
профиль подготовки:

Квалификация
Бакалавр

Срок обучения
4 года

Филиал: Новороссийский
Кафедра: Гуманитарных и естественно-научных дисциплин

Новороссийск – 2017

А.А. Чекмарев,
А.В. Верховский, А.А. Пузиков

Начертательная геометрия Инженерная и машинная графика

Программа,
контрольные задания и методические
указания для студентов-заочников
направлений подготовки (специальностей)
в области техники, технологии, педагогики,
сельского и рыбного хозяйства

Под редакцией проф. А.А. Чекмарева

Издание третье, переработанное и дополненное



ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ, ЭКЗАМЕНУ И ЗАЧЕТАМ

Рабочими программами кафедр вузов предусматривается выполнение контрольных работ, обычно по одной в семестре. Индивидуальные варианты заданий устанавливают кафедры.

Перед решением каждой задачи изучают соответствующий материал по учебнику, решают задачу на черновике и после этого оформляют задание чертежом. Формат листов чертежной бумаги для контрольной работы обычно принимают А3 (297×420) по ГОСТ 2.301-68. Построения выполняют в масштабе 1:1. На каждом листе чертят рамку с полем 20 мм слева (на подшивку) и 5 мм по трем остальным сторонам. В правом нижнем углу выполняют основную надпись по указанию кафедры. Рекомендуемая надпись для листов, кроме последнего, приведена на рис. 1*. Работу выполняют карандашом, чертежными инструментами с соблюдением требований ГОСТ 2.303-68 к линиям чертежа. Толщину основной линии рекомендуется выдерживать 0,8...1 мм. В работах по начертательной геометрии допускается обводка результатов выполненных построений цветным фломастером. По согласованию с кафедрой допускается оформление работ с помощью технических средств, если студент пользуется ими самостоятельно. С их помощью выполняют и работы по компьютерной графике.

Листы контрольной работы брошюруют с нанесением на обороте одного из листов (обычно первого) титульной надписи. Содержание надписи устанавливают кафедры. Рекомендуемое содержание надписи: Наименование учебного заведения; Контрольная работа № ... по ... студента...; Учебный шифр и специальность ...; Домашний адрес...

Контрольные работы студенты представляют на рецензию лично или присылают по почте. После рецензирования работа возвращается студенту

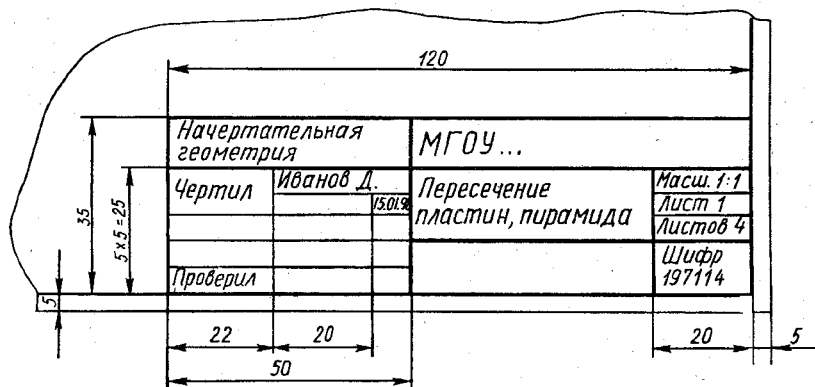


Рис. 1

* Надписи на чертежах, приведенных в пособии, выполнены типографским шрифтом.

для доработки или исправления ошибок в соответствии с замечаниями рецензента. Преподаватель зачитывает работу после собеседования по ней со студентом, указывает дату и ставит подпись.

Итогом работы по начертательной геометрии является, как правило, экзамен, по инженерной графике — зачет с оценкой.

К экзамену и зачету допускаются студенты, выполнившие учебный план по дисциплине, т.е. имеющие зачетные контрольные работы по курсу. На экзамене студенты выполняют графическую работу, поэтому на него следует приносить лист чертежной бумаги формата А3 и чертежную оснастку (линейку, угольник, циркуль, карандаш, резинку, скотч). Не забывать зачетную книжку. Экзамены проходят в период экзаменационной сессии в дни и часы по расписанию.

В учебном году кафедры проводят консультации для студентов-заочников по утвержденному расписанию. Обычно в эти же часы можно сдавать экзамены или зачеты, записавшись предварительно по указанию кафедры.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1 ПО НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Конкретные номера задач контрольной работы № 1 по специальностям устанавливают кафедры в соответствии с рабочими программами учебных заведений.

ЗАДАЧА 1 (лист 1). ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПЛАСТИН. Построить линию пересечения треугольников ABC и DEF , определить видимость сторон треугольников, полагая их непрозрачными. Координаты вершин треугольников приведены в табл. 1; пример выполнения задачи 1 — на рис. 2.

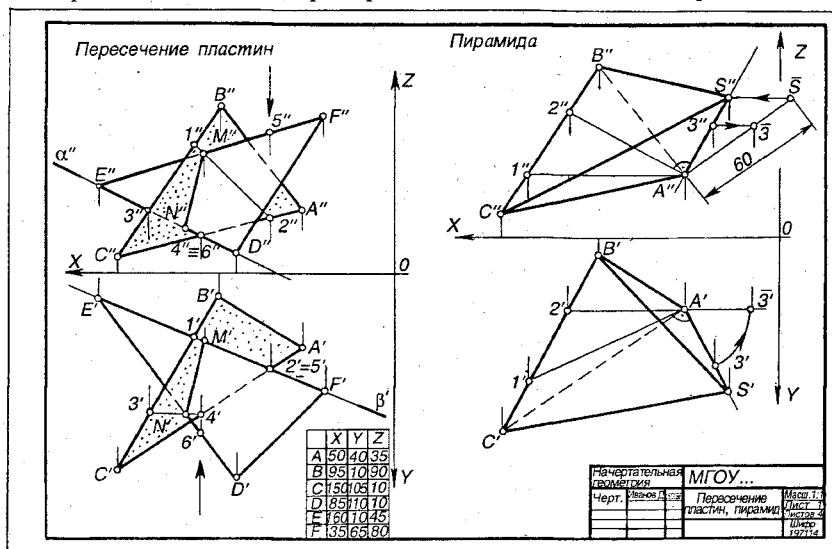


Рис. 2

Таблица 1. Данные к задачам 1 и 2 (координаты в мм)

Вариант	x_A	y_A	z_A	x_B	y_B	z_B	x_C	y_C	z_C	x_D	y_D	z_D	x_E	y_E	z_E	x_F	y_F	z_F
1	130	40	60	90	90	90	20	30	20	70	20	95	0	100	60	140	65	25
2	125	90	10	0	85	50	55	20	80	120	60	50	20	30	70	65	105	15
3	135	45	50	80	80	115	20	10	40	120	0	95	65	85	20	25	45	85
4	0	55	40	50	110	0	120	40	75	10	80	60	80	20	90	110	80	5
5	20	12	90	85	80	23	135	50	85	70	85	110	0	35	20	120	0	52
6	0	50	85	50	105	25	115	8	75	110	65	55	55	0	115	15	70	40
7	115	90	10	52	25	80	0	80	45	65	105	80	130	20	35	10	50	0
8	120	40	75	5	50	0	0	55	40	125	20	55	20	10	40	75	110	110
9	15	10	90	85	80	25	130	50	80	75	85	110	0	30	15	120	0	50
10	120	10	88	52	80	25	0	50	83	70	85	110	135	35	20	15	0	53
11	20	50	10	83	120	80	135	58	50	68	30	85	0	120	35	120	90	0
12	135	50	80	85	80	25	20	10	90	110	80	5	80	20	90	10	80	60
13	135	80	50	83	25	80	20	90	10	68	110	85	125	55	25	0	90	10
14	50	80	25	120	8	85	0	50	80	70	85	110	135	35	20	15	0	52
15	0	50	80	50	80	25	120	10	88	135	35	20	18	0	53	70	85	110
16	115	8	75	50	105	23	0	50	85	35	50	55	80	85	105	100	0	45
17	130	50	80	85	80	25	15	10	90	0	30	15	75	85	110	120	0	50
18	0	80	45	50	25	80	115	90	9	10	50	0	65	105	80	130	20	35
19	25	50	20	65	115	130	145	20	55	85	130	0	165	115	20	35	0	148
20	20	65	28	165	120	120	125	0	8	55	120	28	170	45	100	35	45	100

Решение. Лист вертикальной тонкой линией делят пополам и в его левой половине наносят оси координат. Строят по координатам своего варианта две проекции треугольников. Линия пересечения плоскостей треугольников проходит через две точки, каждую из которых строят как точку пересечения стороны одного треугольника с плоскостью другого. Для этого одну из сторон одного треугольника заключают во вспомогательную плоскость, находят линию пересечения ее с плоскостью второго треугольника и отмечают точку пересечения построенной линии со стороной первого треугольника. Аналогично строят вторую точку, и через построенные точки проводят линию пересечения. На рис. 2 проекции $1''$ и $2''$ построены с помощью горизонтально-проецирующей плоскости β (β'). На проекции E'' F'' отмечена фронтальная проекция M'' построенной точки, и по ней ее горизонтальная проекция M' . Аналогично с помощью плоскости α (α'') построены проекции N' , N'' второй точки.

Видимость сторон треугольников определяют анализом положения точек, одноименные проекции которых совпадают («конкурирующие точки»). Так, из положения проекций $2''$ и $5''$ очевидно, что точка 5 выше точки 2. Из положения проекций $6'$ и $4'$ очевидно, что точка 6 ближе к наблюдателю, чем точка 4.

Видимые участки сторон треугольников обводят основной линией, невидимые — тонкими штриховыми. Линию пересечения рекомендуется обводить цветным карандашом или фломастером. Видимые части проекций треугольников можно покрыть бледными тонами цветных карандашей, для каждого треугольника своим цветом. Все буквенные и цифровые обозначения, а также надписи обводят простым карандашом.

ЗАДАЧА 2 (лист 1). ПОСТРОЕНИЕ ПИРАМИДЫ. Построить фронтальную и горизонтальную проекции пирамиды, основание которой — треугольник ABC (см. табл. 1), а высота — ребро $SA = 60$ мм.

Решение. В правой половине листа (см. рис. 2) по координатам своего варианта строят проекции основания ABC пирамиды. Проекция перпендикуляра соответственно перпендикулярна горизонтальной проекции фронтали и фронтальной проекции горизонтали ($A'Z'$ перпендикулярен $A'I'$, $A''Z''$ перпендикулярен $A''2''$). Находят натуральную величину произвольного отрезка высоты, например $A''Z$. Отложив на ней заданную высоту пирамиды, находят соответствующую проекцию вершины (по S — проекцию S'') и по ней вторую проекцию. Обводят проекции ребер пирамиды с учетом их видимости.

ЗАДАЧА 3 (лист 2). ДВУГРАННЫЙ УГОЛ. Построить фронтальную и горизонтальную проекции треугольников ABC и ACD и определить величину двугранного угла при ребре AC . Построить проекции отрезка прямой линии, удаленной от плоскостей треугольников на расстояние 15 мм. Данные к задаче приведены в табл. 2. Пример выполнения содержится на рис. 3.

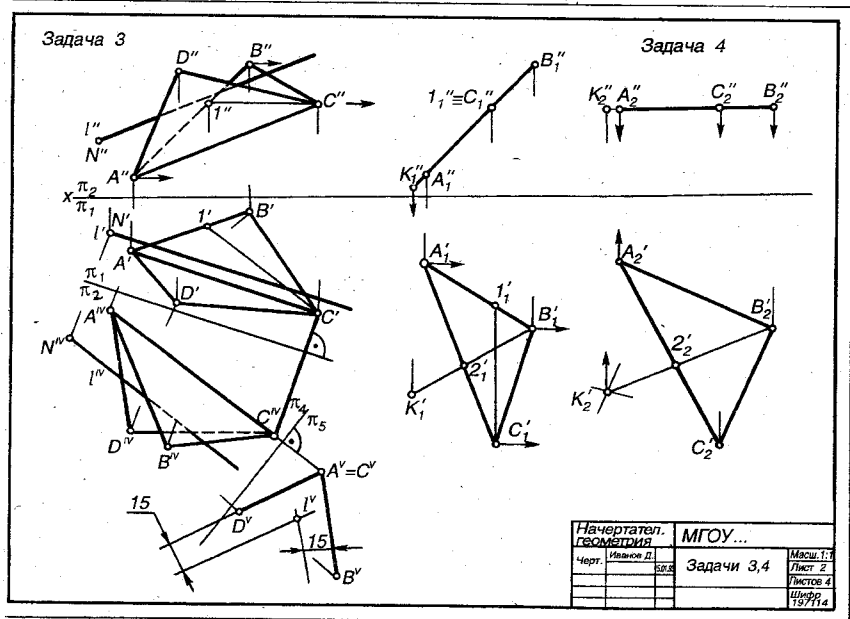


Рис. 3

Таблица 2. Данные к задачам 3 и 4 (координаты в мм)

Вариант	A			B			C			D		
	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
1	19	30	24	72	12	80	102	70	0	42	80	65
2	18	66	40	55	12	72	96	30	18	84	56	66
3	96	38	18	48	6	78	12	60	48	68	62	62
4	18	40	14	65	10	74	102	64	44	38	76	68
5	30	34	12	72	60	12	102	0	72	30	60	55
6	40	68	16	90	30	70	0	10	45	17	66	80
7	55	72	30	5	24	6	78	30	84	35	70	65
8	18	36	18	66	6	78	102	60	48	38	72	72
9	96	36	72	72	12	24	30	78	48	96	60	40
10	55	6	66	102	60	12	24	30	0	30	60	55
11	102	34	12	48	60	12	18	0	72	90	60	55
12	55	30	64	6	54	18	84	24	6	84	71	59
13	18	24	30	72	60	12	102	0	72	42	66	60
14	72	6	66	108	72	45	42	44	0	55	66	50
15	102	24	30	48	60	12	18	0	72	78	66	60
16	55	22	72	6	6	24	78	78	57	40	65	65
17	55	6	66	6	66	12	84	30	0	84	50	43

Вариант	A			B			C			D		
	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
18	102	12	24	48	12	60	22	72	0	90	55	60
19	60	77	35	10	29	11	83	35	89	40	75	70
20	35	39	17	77	65	17	107	5	77	35	65	60

Решение. Двугранный угол проецируется на плоскость, перпендикулярную его ребру. Задачу удобно решить способом перемены плоскостей проекций. Учитывая, что ребро AC является отрезком прямой общего положения, выполняют две перемены плоскостей проекций. При первой перемене новую плоскость проекций π_4 располагают вертикально и параллельно ребру AC ($A'C'$), при второй — перпендикулярно ему (ось π_4/π_5 перпендикулярна $A''V \equiv C''V$). Ребро AC проецируется на плоскость π_5 в точку $A''V \equiv C''V$, грани — в отрезки $A''V B''V$, $A''V D''V$, искомая прямая — в точку $l''V$. Прямая l , параллельная плоскостям ABC и ACD , параллельна ребру AC .

ЗАДАЧА 4 (лист 2). НАТУРАЛЬНАЯ ВЕЛИЧИНА ТРЕУГОЛЬНИКА. Определить натуральную величину треугольника ABC . Построить проекции точки K , в плоскости треугольника ABC вне его контура на расстоянии n от вершин A и C : $n = 0,5 AC + 10$ мм. Данные к задаче 4 приведены в табл. 2.

ЗАДАЧА 5 (лист 3). ПЕРЕСЕЧЕНИЕ МНОГОГРАННИКОВ. Построить фронтальные и горизонтальные проекции призмы с основанием $DEFG$ заданной высоты h , пирамиды $SABC$ и линий их пересечения. Данные к задаче приведены в табл. 3.

Решение. В левой половине листа (рис. 4) по координатам своего варианта строят проекции нижнего основания призмы и на высоте h — верхнего основания — проекции пирамиды.

Линия пересечения многогранников определяется в данном случае по точкам пересечения ребер пирамиды с вертикальными гранями призмы. Их горизонтальные проекции отмечают на чертеже и по ним строят фронтальные проекции. Построенные проекции точек соединяют отрезками прямых с учетом их видимости. Проекции отрезков линий пересечения обводят цветным карандашом с учетом их видимости.

Таблица 3. Данные к задачам 5 и 6 (координаты в мм)

Вариант	A		B		C		S		D	E	F	G
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	x	x	x
1	140	75	122	14	87	100	0	50	100	74	16	55
2	0	70	20	9	53	95	140	45	40	67	125	86
3	0	80	20	19	53	110	140	55	40	67	125	86
4	0	68	20	7	53	93	140	143	40	67	125	86
5	0	68	20	7	53	93	140	143	40	67	125	86
6	0	75	20	14	53	100	140	50	40	67	125	86

Вариант	A		B		C		S		D	E	F	G
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	x	x	x
7	0	82	20	21	53	112	140	57	49	67	125	86
8	0	85	20	24	53	115	140	60	40	67	125	86
9	0	90	20	29	53	120	140	65	49	67	125	86
10	0	85	15	30	55	120	140	60	40	67	125	86
11	140	70	122	9	87	95	0	45	100	74	16	55
12	140	80	122	19	87	110	0	55	100	74	16	55
13	140	68	122	7	87	93	0	43	100	74	16	55
14	140	82	122	21	87	112	0	57	100	74	16	55
15	140	85	122	24	87	115	0	60	100	74	16	55
16	140	90	122	29	87	120	0	65	100	74	16	55
17	135	75	116	14	81	100	0	50	100	74	16	55
18	145	75	126	14	91	100	0	50	100	74	16	55
19	0	70	20	7	53	93	140	143	40	67	125	86
20	0	80	20	21	53	112	140	57	49	67	125	86

Значения: $A(z=0)$; $B(z=77)$; $C(z=40)$; $S(z=40)$; $D(y=50, z=0)$; $E(y=20, z=0)$; $F(y=20, z=0)$; $G(y=95, z=0)$; $h=85$.

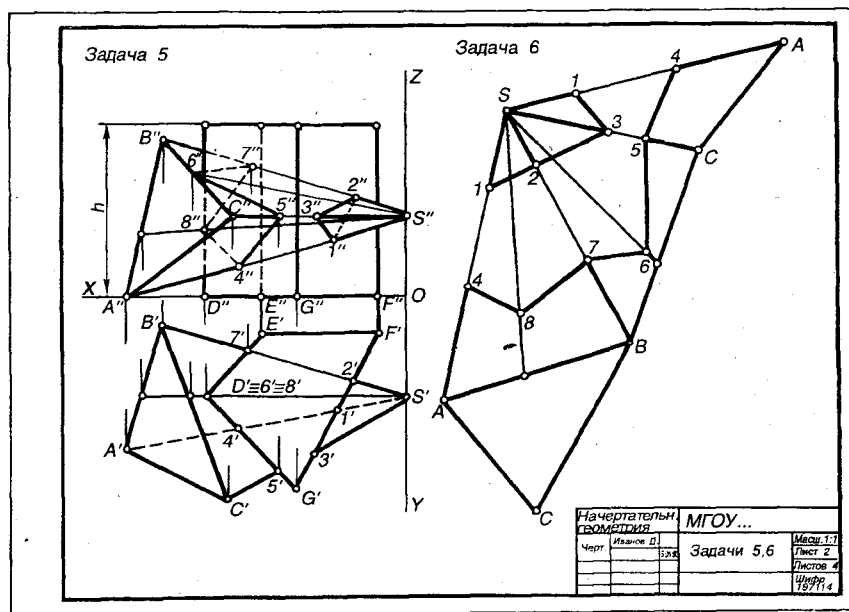


Рис. 4

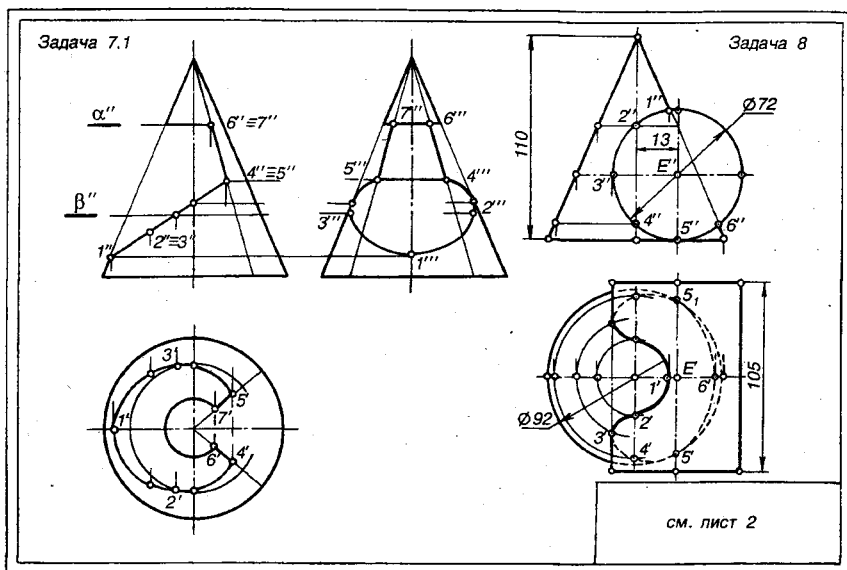


Рис. 5

ЗАДАЧА 6 (лист 3). РАЗВЕРТКА ПОВЕРХНОСТИ ПИРАМИДЫ.

Построить развертку поверхности одного из пересекающихся многогранников — пирамиды $SABC$. Показать на развертке линии пересечения многогранников. Данные к задаче — построенная задача 5.

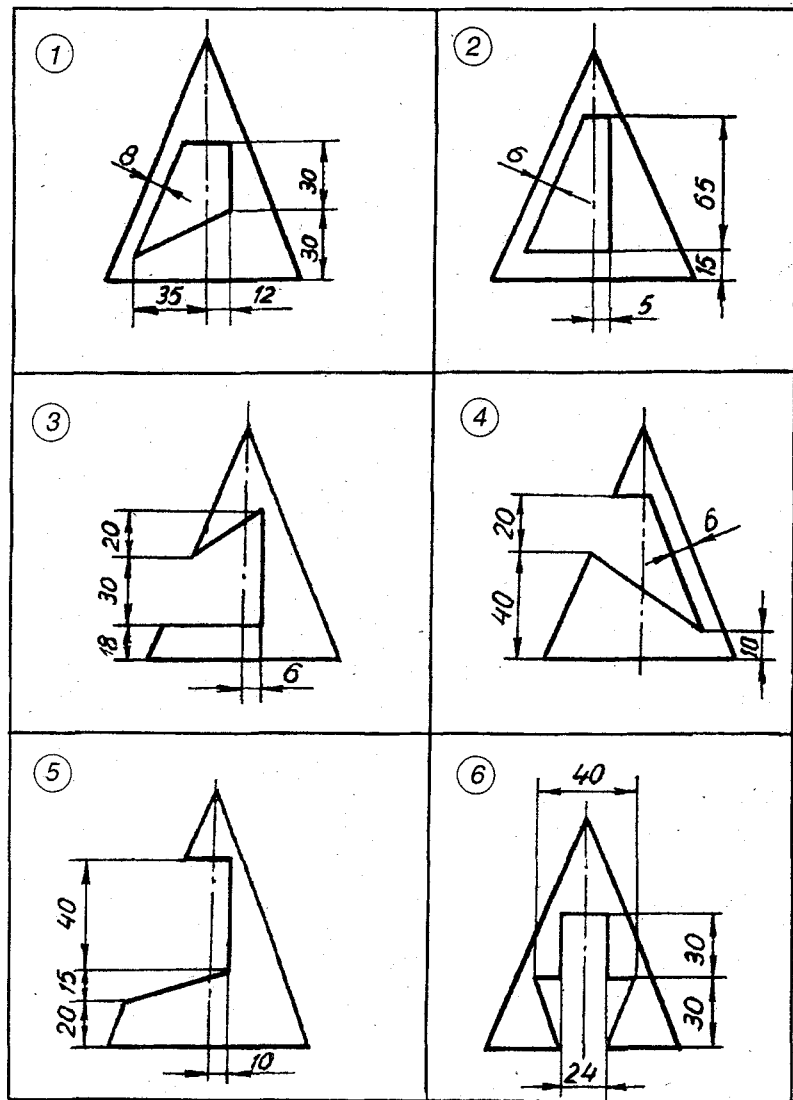
Решение. В правой части листа (см. рис. 4) строят полную развертку боковых граней и основания пирамиды по натуральным величинам каждого из ее ребер. На ребрах и гранях определяют вершины пространственных ломаных линий пересечения пирамиды с призмой и обводят их цветным фломастером. Остаточную часть граней пирамиды обводят карандашом.

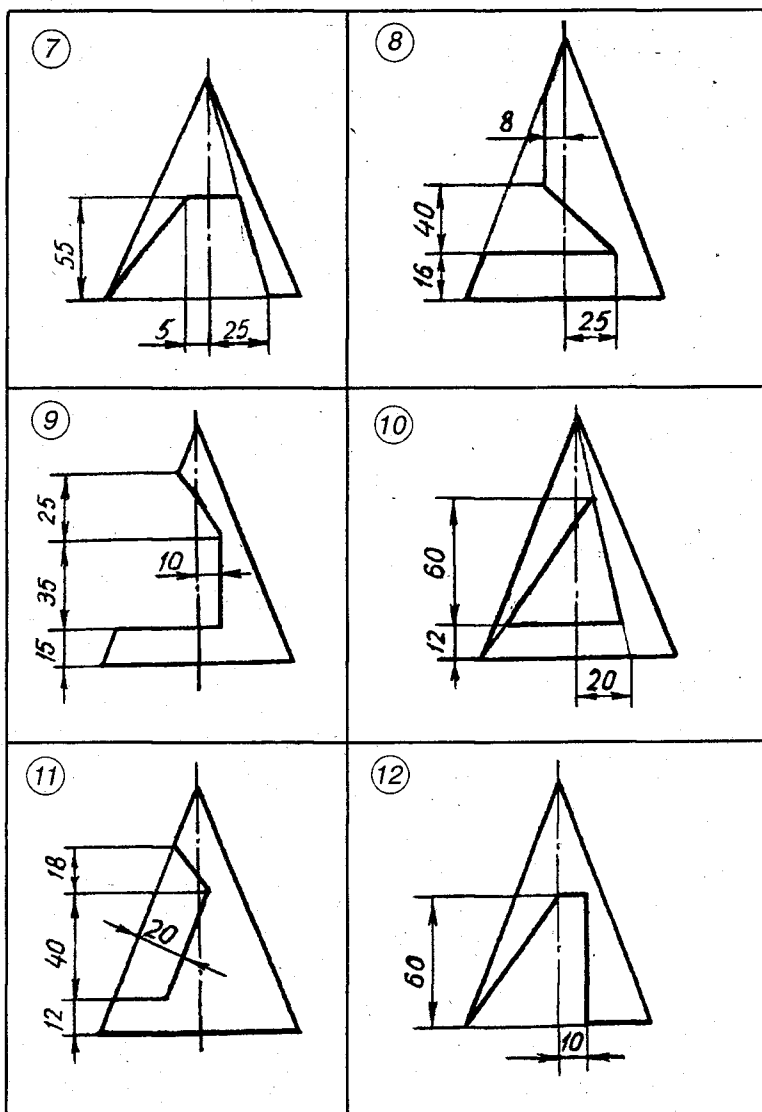
ЗАДАЧА 7.1. (лист 4). КОНУС С ВЫРЕЗОМ (ИЛИ ОКНОМ).

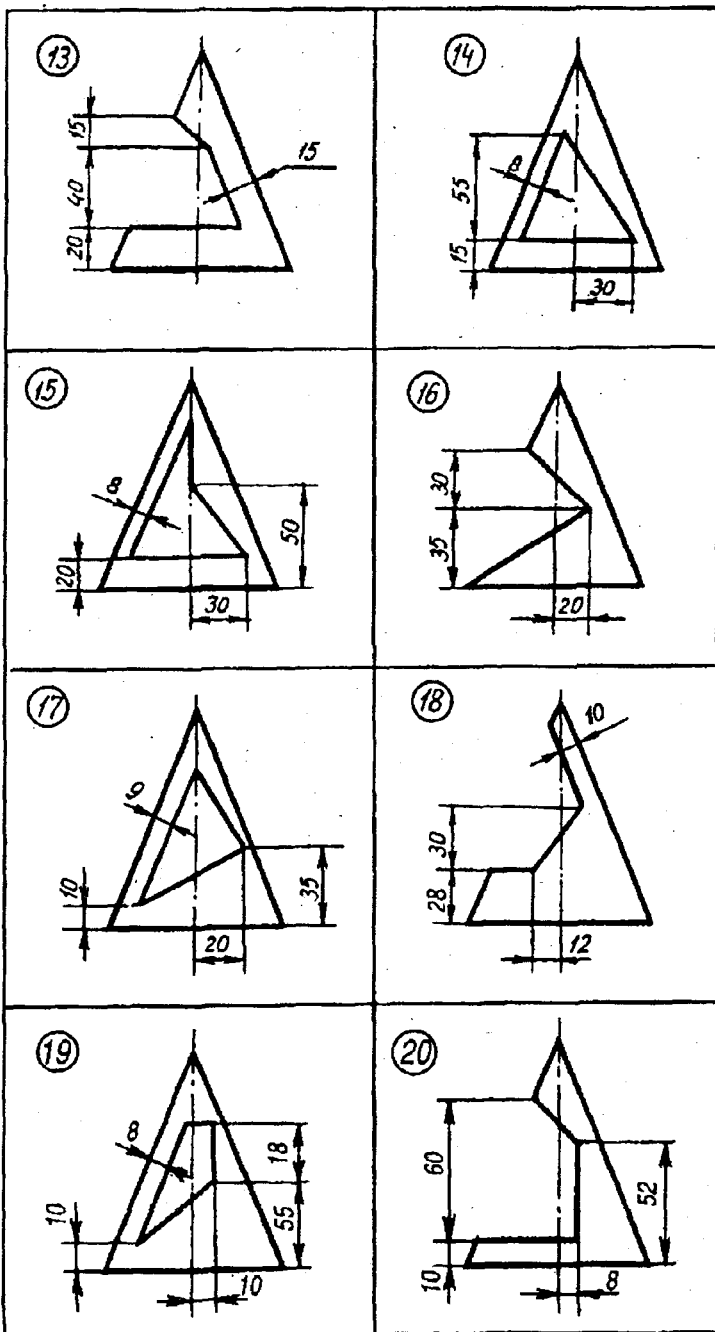
Построить круговой конус со сквозным поперечным вырезом или окном в трех проекциях. Диаметр основания конуса 90 мм, высота 100 мм. Данным к задаче 7.1. приведены в табл. 4; пример выполнения — на рис. 5.

Решение. Круговой конус — поверхность второго порядка. Плоскость, не проходящая через его вершину, пересекает конус по окружности, эллипсу или параболе, если она расположена по одну сторону от вершины, и по гиперболе, если она пересекает его по обе стороны от вершины.

* В качестве вариантов задач выполняют задачу 7.1 или 7.2 или их комбинацию.







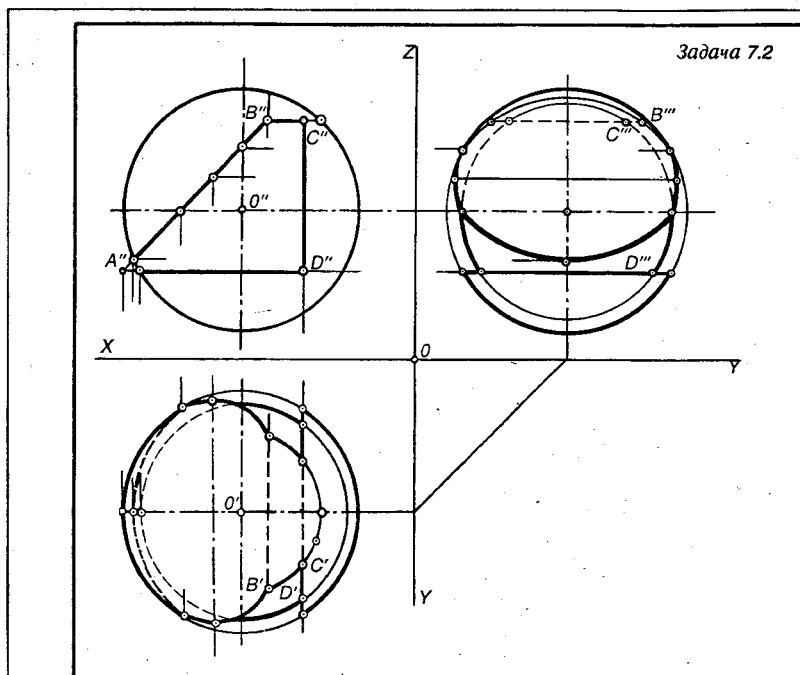


Рис. 6

Перед выполнением задания устанавливают, какие линии получаются при пересечении конуса каждой из плоскостей. Горизонтальную и профильную проекции линий пересечения строят по точкам. При этом обязательно отмечают характерные точки, например большую и малую оси эллипсов, точки касания кривых проекций очерков, вершины кривых, точки на границах видимости. Построив ряд точек, соединяют их плавной линией и обводят по лекалам, желательно цветным фломастером или карандашом. При обводке особое внимание следует обратить на форму кривой — эллипса.

Следы вспомогательных секущих плоскостей и точки линий пересечения следует обозначить, линии построений — сохранить.

ЗАДАЧА 7.2 (лист 4). СФЕРА С ВЫРЕЗОМ (ИЛИ ОКНОМ). Построить сферу радиусом $R = 50$ мм со сквозным поперечным вырезом (окном) призматической формы в трех проекциях. Фронтальная проекция $A'' B'' C'' D''$ сквозного окна дана четырехугольником. Данные к задаче 7.2 приведены в табл. 5; пример выполнения — на рис. 6.

Таблица 5. Данные к задаче 7.2

Вариант	O			A		B		C, D
	x	y	z	x	z	x	z	z
1	70	58	62	118	35	56	95	45
2	70	60	60	118	35	56	95	44
3	70	60	58	120	35	58	95	44
4	70	65	58	120	36	56	94	42
5	96	58	60	116	36	58	94	45
6	72	60	58	116	36	60	92	42
7	72	58	60	120	34	60	92	42
8	72	58	58	122	34	60	90	40
9	74	62	60	122	34	55	90	40
10	69	58	60	20	36	81	94	94
11	74	62	58	20	36	80	92	94
12	72	62	62	20	35	80	92	92
13	72	60	62	22	35	82	90	92
14	70	60	60	18	35	82	90	90
15	70	60	58	18	34	82	94	92
16	72	62	58	20	34	84	94	96
17	70	62	60	18	32	84	90	96
18	68	60	60	20	32	86	92	95

Значения: для B и C, для A и D — z одинаковы.

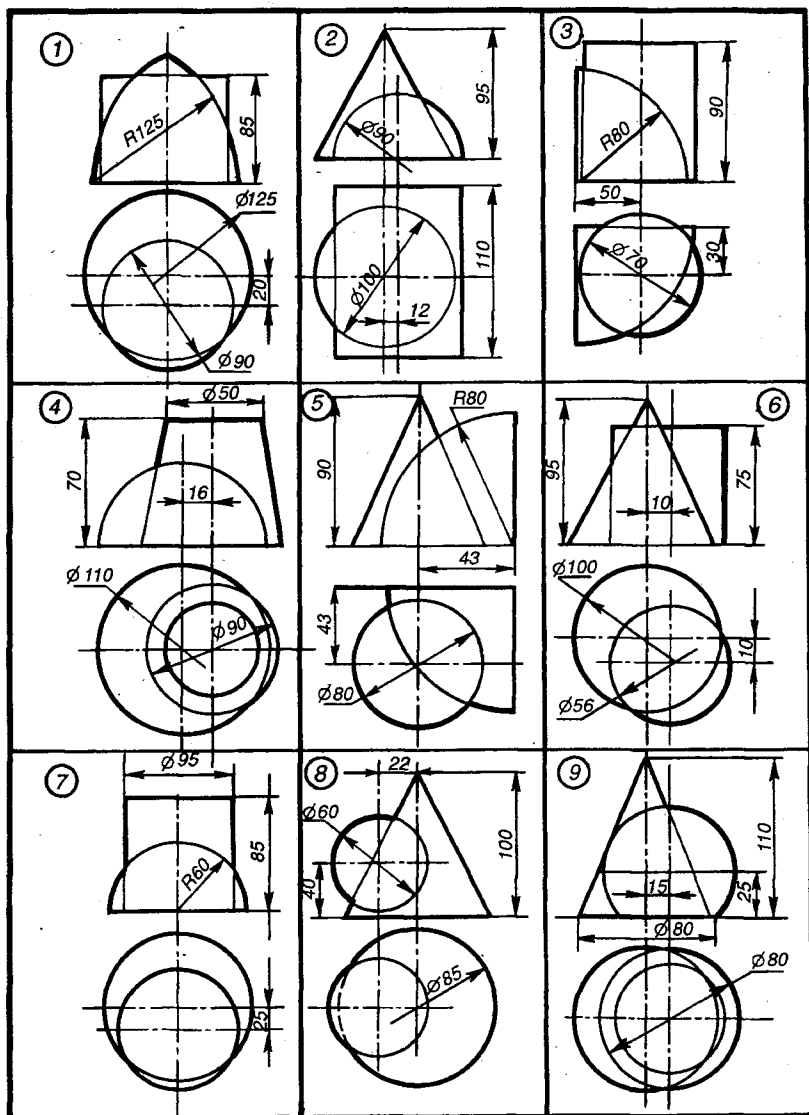
Решение. Намечают оси координат и строят проекции сферы диаметром 100 мм с центром в заданной точке O. По заданным координатам строят фронтальную проекцию сквозного отверстия в сфере. Определяют характерные точки линий сквозного отверстия: точки на экваторе, главном меридиане, наиболее удаленные и ближайшие точки поверхности сферы к плоскостям проекций, точки концов большой и малой осей эллипсов, точки касания кривых проекций очерков. При обводке особое внимание следует обращать на форму кривой эллипса.

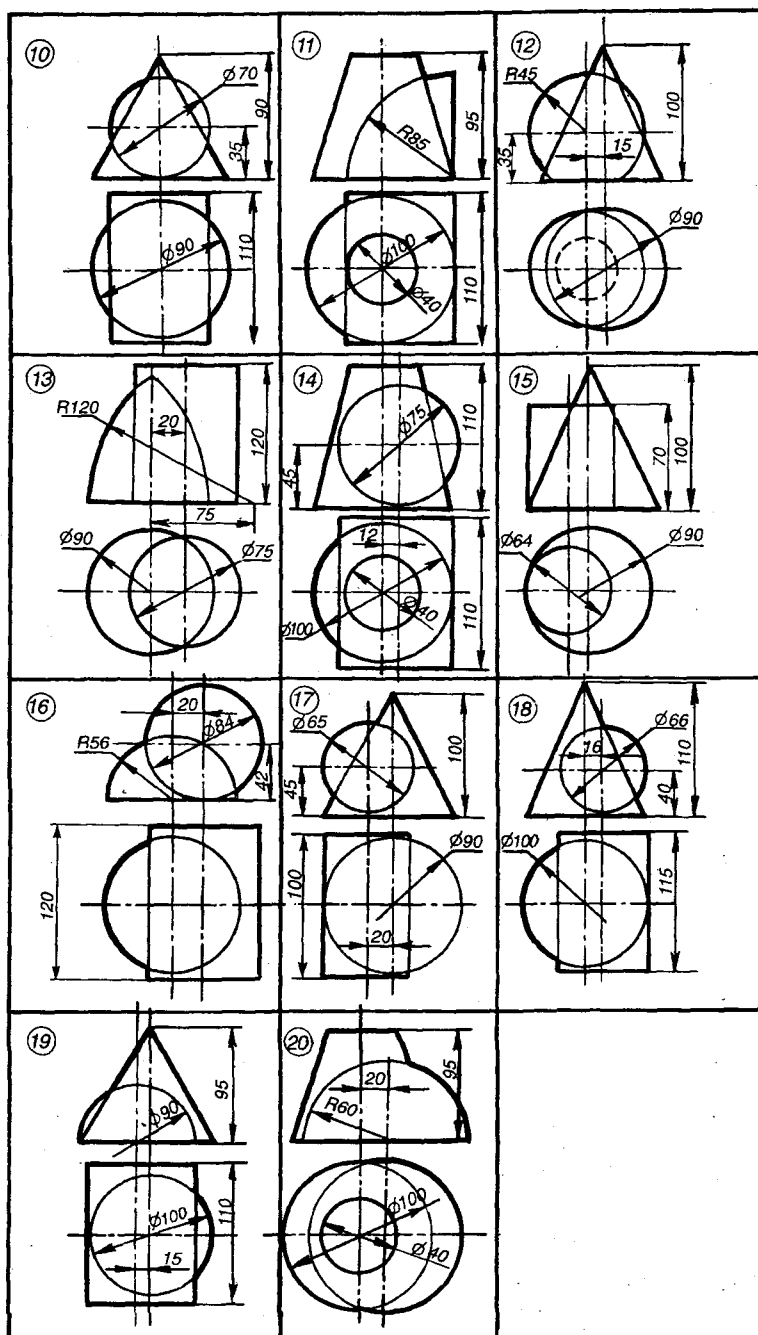
Следы вспомогательных секущих плоскостей и точки линий пересечения следует обозначить, линии построения — сохранить.

ЗАДАЧА 8 (лист 4). ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ. Построить линию пересечения поверхностей заданных непрозрачных фигур (тел). Варианты данных к задаче приведены в табл. 6. Пример выполнения — на рис. 5.

Решение. По размерам, приведенным в табл. 4 для заданного варианта, начертить в тонких линиях две проекции заданных поверхностей. Проекция линий пересечения поверхностей строят по точкам с помощью вспомогательных секущих плоскостей или сфер.

Таблица 6. Задача 8





Вспомогательные секущие поверхности (плоскости или сферы) выбирают так, чтобы они пересекали поверхности по наиболее простым линиям (прямые; окружности). В первую очередь определяют опорные (характерные) точки: точки, принадлежащие очеркам поверхностей и их экваторам, высшую и низшую точки и др. Обозначают вспомогательные секущие поверхности и проекции точек линии пересечения. Построенные точки плавно соединяют с учетом их видимости и обводят цветным карандашом или фломастером. Проекции заданных поверхностей обводят черным карандашом. При обводке следует обратить внимание на то, что пересекающиеся между собой фигуры образуют одно тело.

ЗАДАЧА 9 (лист 5). РАЗВЕРТКА ЛИНЕЙЧАТОЙ ПОВЕРХНОСТИ. Построить развертку линейчатой поверхности в задаче 8. Если обе пересекающиеся поверхности линейчатые, строят развертку конуса. Пример выполнения приведен на рис. 7.

Решение. Все вспомогательные графические построения для выполнения развертки поверхности конуса или цилиндра выполнить в тонких линиях в задаче 8.

Развертка цилиндра вращения состоит из развертки его боковой поверхности и двух оснований. На развертке боковой поверхности цилиндра

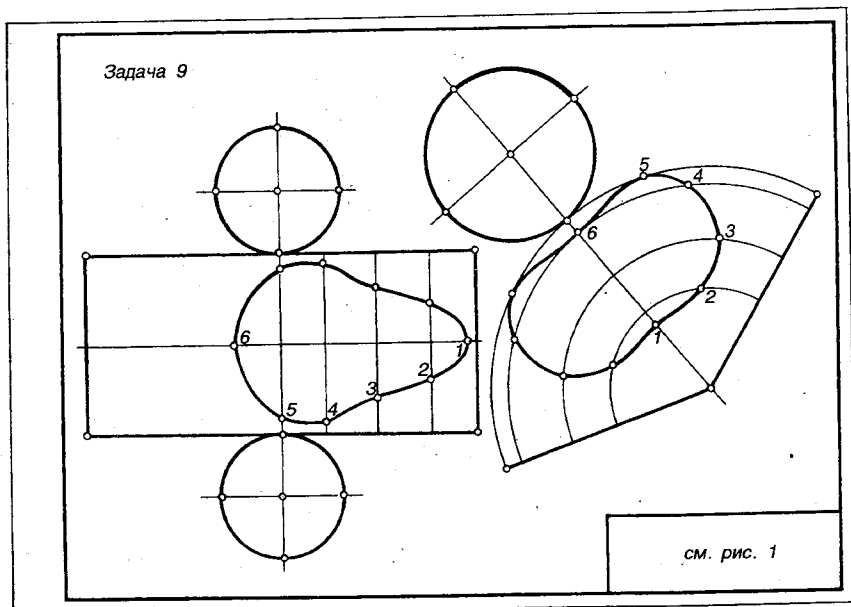


Рис. 7

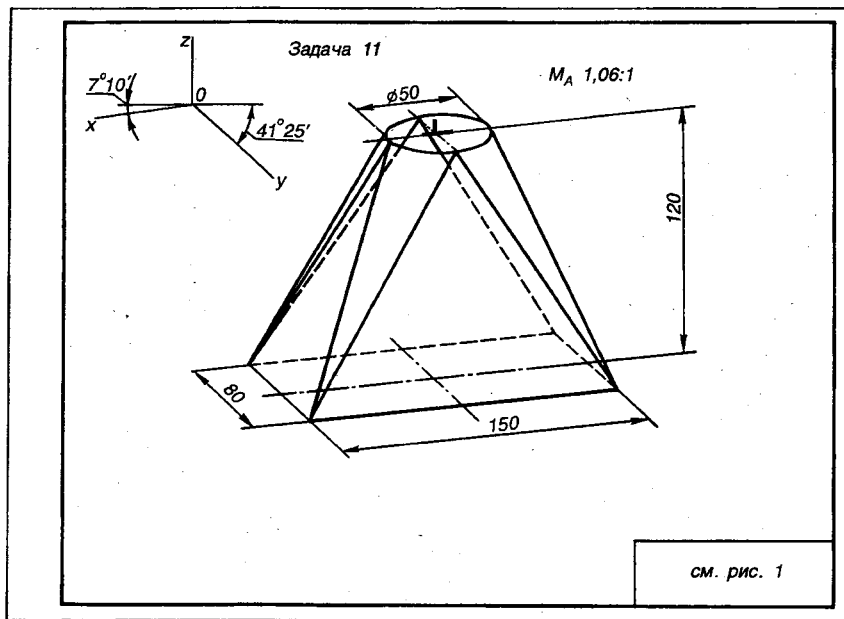


Рис. 9

Решение. Для построения развертки в масштабе строят исходные данные. Решают, каким способом развернуть криволинейные участки трубопровода — способом нормального сечения или способом треугольников (триангуляции). В рассматриваемом примере развертку участка конической поверхности с вершиной в нижнем углу проводят способом треугольников.

ЗАДАЧА 11 (лист 7). ТРУБОПРОВОД. Аксонометрия. Построить аксонометрическое изображение поверхности по данным задачи 10. Пример выполнения приведен на рис. 9.

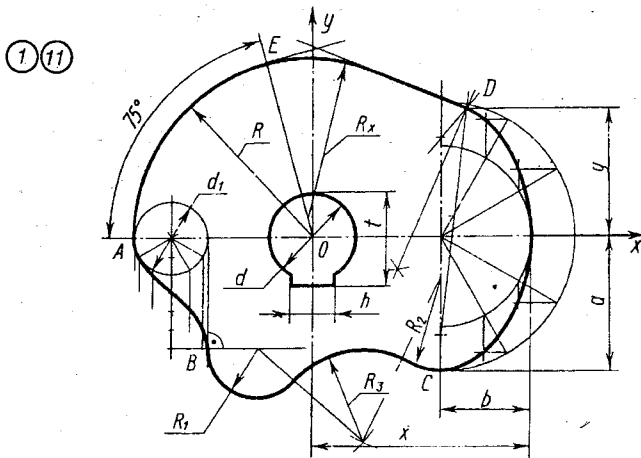
Решение. Перед выполнением аксонометрического изображения необходимо решить, какое аксонометрическое изображение поверхности следует строить — изометрию или диметрию. В данном случае, учитывая, что ширина перехода существенно меньше длины, целесообразно выбрать диметрическую проекцию.

КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ № 2 И № 3 ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ

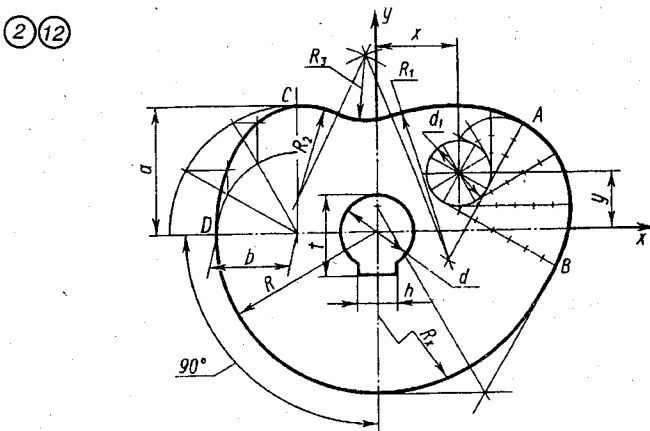
Контрольные работы № 2 и № 3 дисциплины «Начертательная геометрия. Инженерная графика» включают задания по инженерной графике. Конкретные номера заданий по специальностям устанавливают кафедры в соответствии с рабочими программами учебного заведения.

ЗАДАНИЕ 1 (лист 1). КУЛАЧОК. Построить очертания кулачка. Данные к заданию приведены в табл. 8. Пример выполнения содержится на рис. 10.

Таблица 8. Данные для построения очертаний кулачка

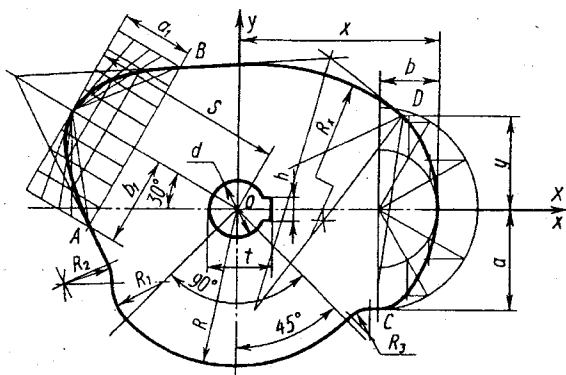


Варианты	R	R_1	R_2	R_3	a	b	d	d_1	h	t	x	y
I	120	40	60	35	80	50	45	50	14	50,5	110	70
II	115	35	55	35	75	45	40	55	12	45	115	70



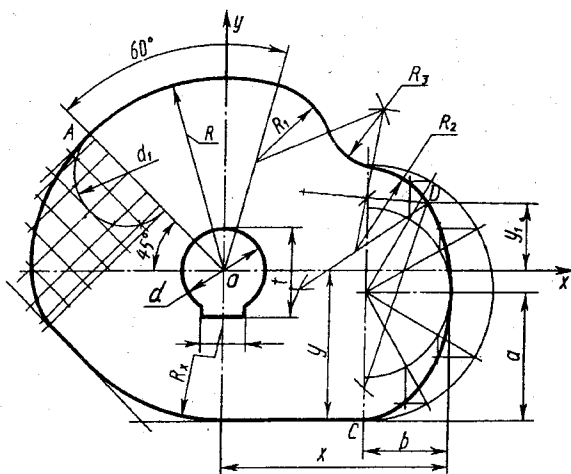
Варианты	R	R_1	R_2	R_3	σ	b	d	d_1	h	i	x	y
2	120	100	50	30	80	50	45	40	14	50,5	40	35
12.	115	110	75	40	90	55	50	45	16	56	45	40

3 13



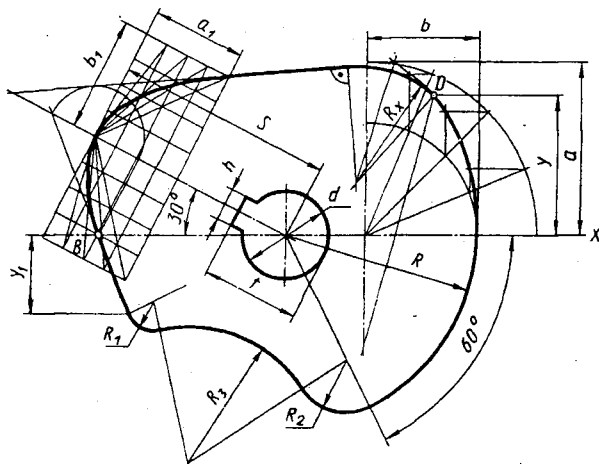
Варианты	R	R_1	R_2	R_3	S	a	a_1	b	h_1	d	h	t	x	y
3	100	35	30	20	115	60	45	40	50	45	14	55,5	135	54
13	95	50	40	18	120	55	40	45	52	50	16	56	130	45

4 14



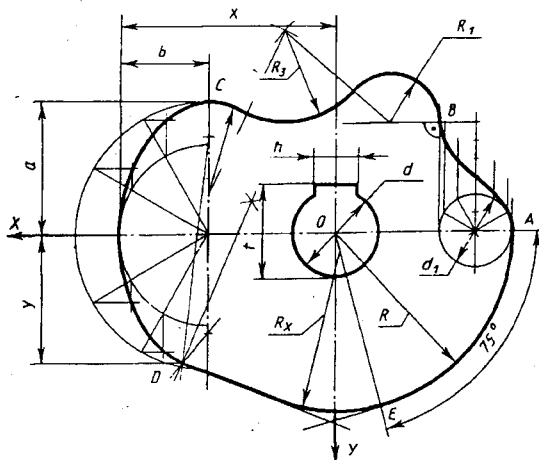
Варианты	R	R_1	R_2	R_3	a	b	d	d_1	h	t	x	y	y_1
4	95	35	35	25	70	50	49	60	12	45	100	85	40
14	100	55	55	30	85	55	45	65	14	50,5	120	95	45

5 15



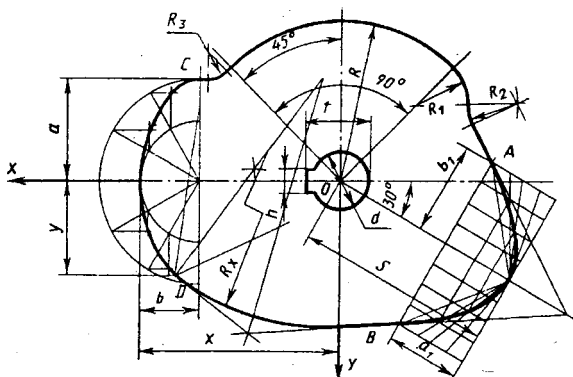
Варианты	S	a ₁	b ₁	R	a	b	y	y ₁	R ₁	R ₂	R ₃	d	h	t
5	125	52	65	110	100	65	85	45	12	30	80	50	16	56
15	120	50	60	100	90	60	82	40	10	25	75	45	14	50,5

6 16



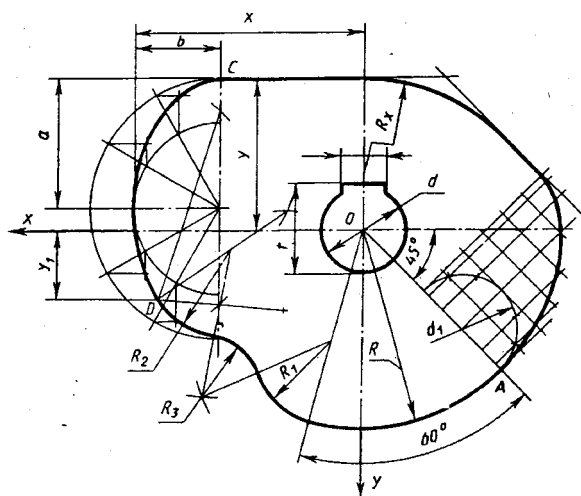
Варианты	R	R ₁	R ₂	R ₃	a	b	d	d ₁	h	t	x	y
6	120	40	60	35	80	50	5	50	14	50,5	110	70
16	115	35	55	35	75	45	40	55	12	45	115	70

7 17



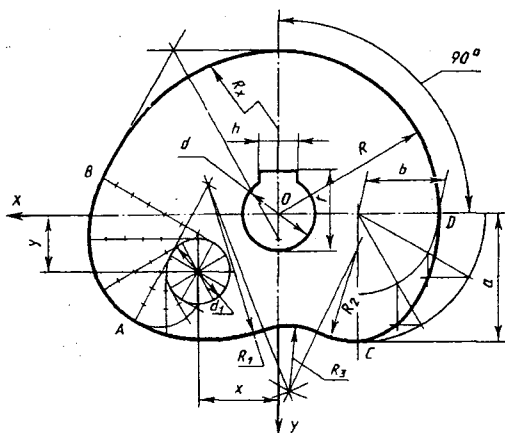
Варианты	R	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	a	a ₁	b	b ₁	d	h	t	x	y
7	100	35	30	20	115	60	60	45	40	50	45	14	55,5	135	54
17	95	50	40	18	120	55	40	40	45	52	50	16	56	130	45

8 18



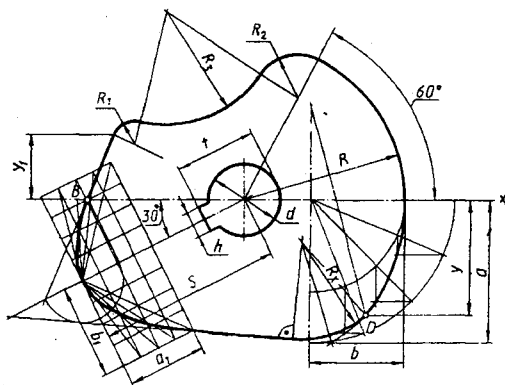
Варианты	R	R ₁	R ₂	R ₃	a	b	d	d ₁	h	t	x	y	y ₁
8	95	35	35	25	70	50	40	60	12	45	100	85	40
18	100	55	55	30	85	55	45	65	14	50,5	120	95	45

9 19



Варианты	R	R ₁	R ₂	R ₃	a	b	d	d ₁	h	t	x	y
9	120	100	50	30	80	50	45	40	14	50,5	40	35
19	115	110	75	40	90	55	50	45	16	56	45	40

10 20



Варианты	S	a ₁	b ₁	R	a	b	y	y ₁	R ₁	R ₂	R ₃	d	h	t
10	125	52	65	110	100	65	85	45	15	30	80	50	16	56
20	120	50	60	100	90	60	82	40	10	25	75	45	14	50,5

В рабочую тетрадь записать основные положения. Ознакомиться с примером выполнения чертежа по теме (см. рис. 10).

Плоские кулачки и копиры широко используются в различных автоматизированных механизмах и машинах, например кулачковый вал в двигателях внутреннего сгорания автомобилей. В данном задании очертания кулачка включают две лекальные кривые и дугу радиуса R , которая определяет время «выстоя» механизма, получающего движение от кулачка.

Построение кулачка начинают с нанесения осей координат Ox и Oy . Затем строят лекальные кривые по заданным параметрам и выделяют их участки на кулачке. Затем рекомендуется вычертить плавные переходы между лекальными кривыми. При этом учитывают, что через точку D проходит касательная к эллипсу. Значение Rx определяется построением. На чертеже его указывают числом со знаком ***.

При изучении требований стандартов следует выписывать в рабочую тетрадь обозначения и размеры стандартных форматов, масштабов, применяемые линии, чертежные шрифты и некоторые основные положения правил нанесения размеров.

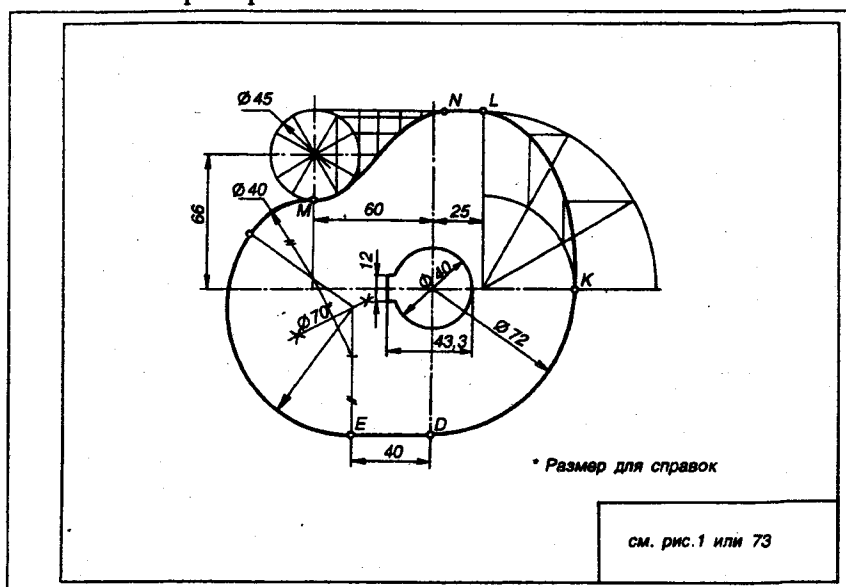


Рис. 10

СТАНДАРТНЫЕ ФОРМАТЫ имеют следующие обозначения и размеры (мм): А0 (841×1189), А1 (594×841), А2 (420×594), А3 (297×420), А4 (297×210). В заочном обучении используют в основном формат А3.

Стандартные масштабы

уменьшения: 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10 и др.;

увеличения: 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1 и др.

МАСШТАБЫ записывают в основной надписи чертежа. Если какой-либо элемент на чертеже выполнен в масштабе, отличающемся от записанного в основной надписи, то этот масштаб записывают над элементом в скобках, по типу (1:1) после обозначения элемента.

ЛИНИИ. Следует запомнить основное назначение различных типов стандартных линий и их толщину, в том числе:

основная линия толщиной s (рекомендуется в учебных чертежах $s = 0,8...1$ мм) для линий видимого контура, в том числе сечения;

штрих-пунктирная толщиной $\frac{s}{3}... \frac{s}{2}$ для осевых и центровых;

сплошная тонкая толщиной $\frac{s}{3}... \frac{s}{2}$ для размерных выносных линий, штриховки и др.;

штриховая толщиной $\frac{s}{3}... \frac{s}{2}$ для линий невидимого контура, перехода;

сплошная волнистая толщиной $\frac{s}{3}... \frac{s}{2}$ для линий обрыва и разграничения вида и разреза.

Начертание букв, цифр и знаков чертежным шрифтом следует выписывать в тетрадь и применять при оформлении чертежей.

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 по результатам выполнения построений сопряжений.

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 . Сопряжение пересекающихся прямых дугой окружности данного радиуса (рис. 11). 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.

Сопряжение дуги окружности и прямой линии дугой заданного радиуса при внешнем касании (рис. 12). 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.

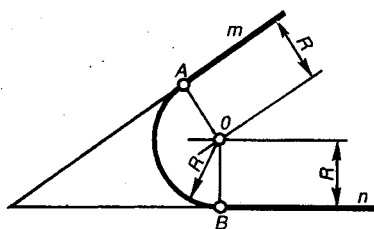


Рис. 11

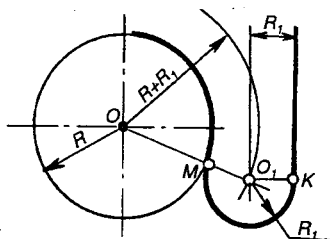


Рис. 12

Сопряжение двух окружностей дугой заданного радиуса R_3 . При внешнем касании (рис. 13) 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: $O_1O_2 \leq R_1 + 2R_3 + R_2$.

Задана точка сопряжения M . Сопряжение двух пересекающихся прямых при заданном положении одной из точек сопряжения (точка A на рис. 14). Искомый центр O (и соответственно радиус сопряжения) находится на пересечении перпендикуляра из точки сопряжения A с биссектрисой угла, образованного заданными прямыми.

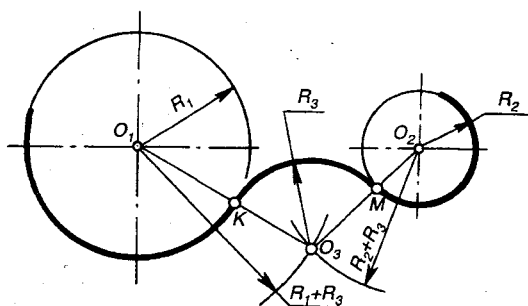


Рис. 13

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. 15 — 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 .

Задана на прямой t точка сопряжения A (рис. 16 — 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.

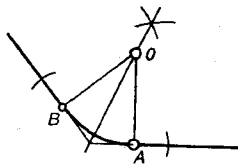


Рис. 14

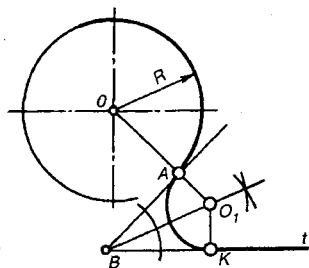


Рис. 15

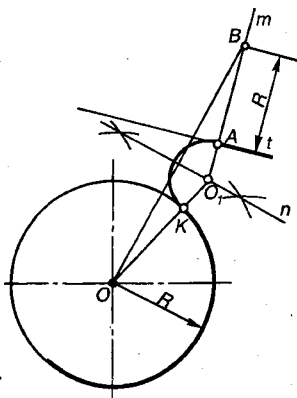


Рис. 16

Сопряжение двух дуг R_1 из центра O_1 и R_2 из центра O_2 (рис. 17). 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.

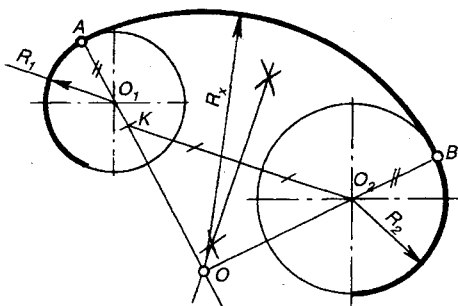


Рис. 17

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 $R_x = OA = OB$.

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

ПЛОСКИЕ КРИВЫЕ. Рассмотрим построение некоторых из них, имеющих в контурах кулачков.

Эллипс (рис. 18) — замкнутая плоская кривая, для которой сумма расстояний от любой ее точки до двух заданных в той же плоскости (фокусов эллипса) есть величина постоянная, равная большей 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).

Построение эллипса по двум его осям. На заданных осях эллипса (большой AB и малой CD) строят как на диаметрах две концентрические 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. 19) — плоская кривая, каждая точка которой расположена на одинаковом расстоянии от заданной прямой (директрисы) и точки (фокуса), расположенной в той же плоскости.

На рис. 19 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 .

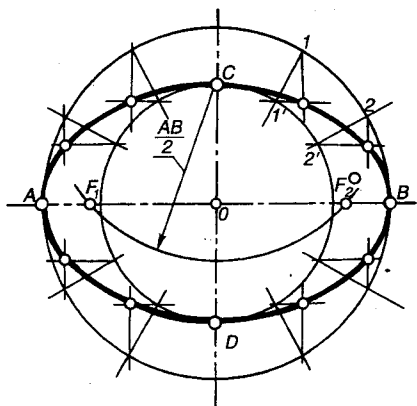


Рис. 18

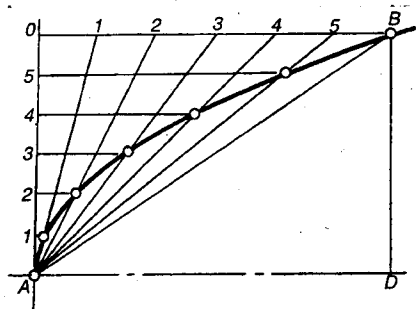


Рис. 19

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 указаны в литературе.

Циклоида (рис. 20) — 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.

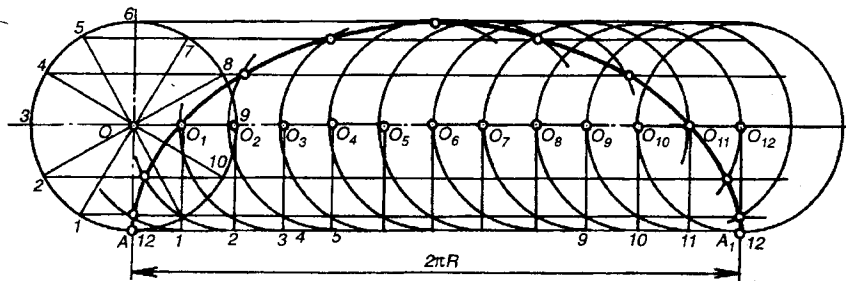


Рис. 20

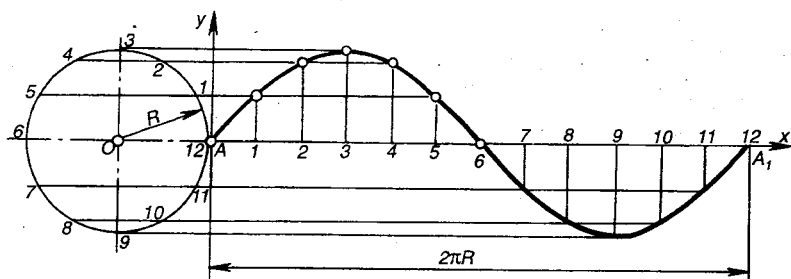


Рис. 21

Синусоиду (рис. 21) 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.

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

Эвольвента (рис. 22) — траектория, описываемая каждой точкой прямой линии, перекатываемой по окружности без скольжения (развертка

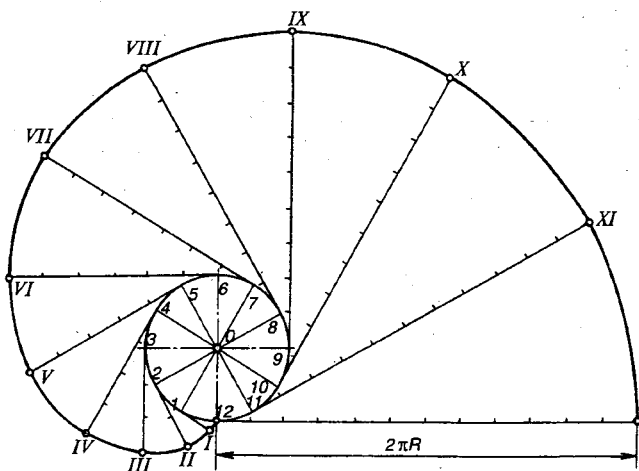


Рис. 22

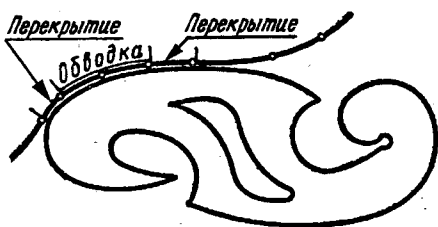


Рис. 23

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.

Построение гиперболы, эпициклоиды, гипоциклоиды, спирали Архимеда и т. д. см. в рекомендуемой литературе.

При обводке кривых по лекалу (рис. 23) его следует подбирать не менее чем для трех точек того или иного участка, 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. 24). Если точка A сопряжения принадлежит эллипсу, то для построения касательной τ 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 τ .

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 засечкой дугой $R = a$.

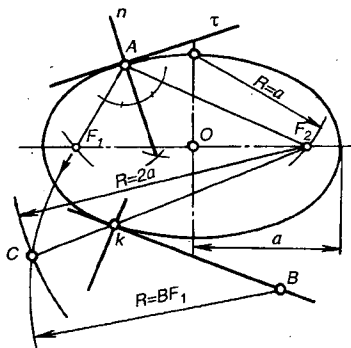


Рис. 24

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 $1, 2, \dots, 12$ проводят касательные к окружности, направленные в одну сторону. Касательную, проведенную из

Построение касательной к параболе в заданной точке A показано на рис. 25. Ее проводят из точки K , положение которой определено соотношением $KB = BL$.

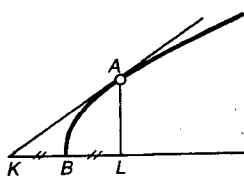


Рис. 25

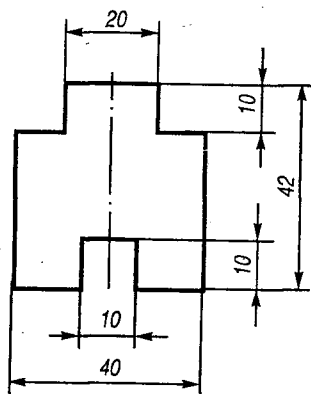


Рис. 26

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° , $4^\circ 30'$, $0^\circ 30' 40''$, $0^\circ 0' 30''$.

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.

Размеры и выносные линии предпочтительно наносить вне контура изображения (рис. 26). 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. 27). 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.

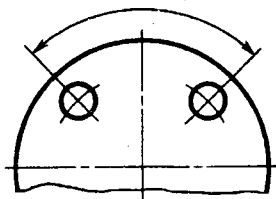


Рис. 27

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 размер-

ной и линией контура — 10 мм и выбраны 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. 28). При различных наклонах размерных линий размерные числа располагают как показано на рис. 29. Если требуется нанести размер в заштрихованной зоне, то размерное число наносят на полке линии — выноски (рис. 30). 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. 31, исходя из наибольшего удобства чтения. Размерные числа не допускается 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.

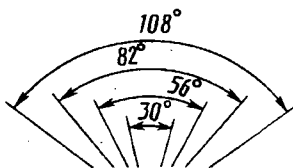
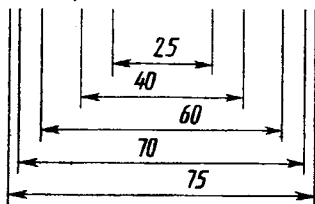


Рис. 28

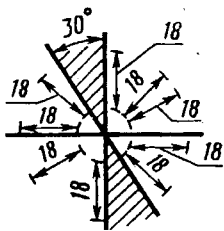


Рис. 29

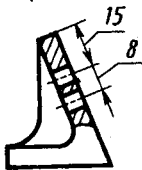


Рис. 30

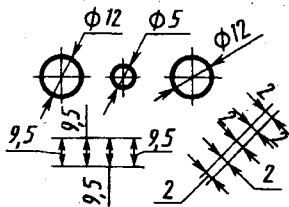


Рис. 31

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 размерную линию радиуса в этом случае показывают с изломом под углом 90° (рис. 32). Если надо показать координаты вершины скругляемого угла, то выносные линии проводят от точки пересечения сторон скругляемого угла (размеры 20 и 50 мм вниз на рис. 33). 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.

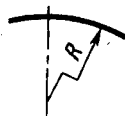


Рис. 32

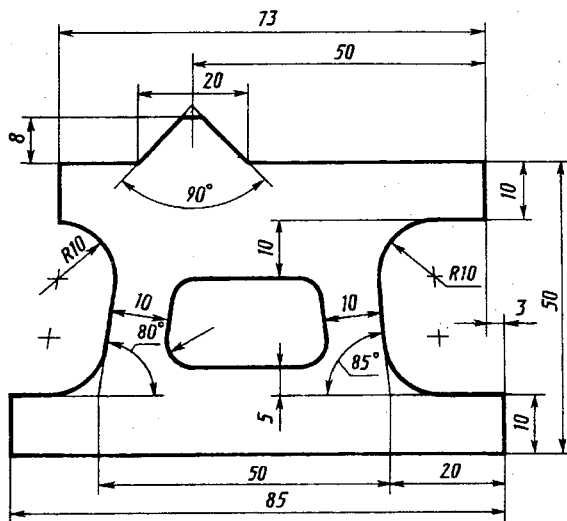


Рис. 33

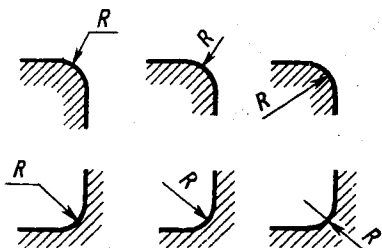


Рис. 34

Размеры радиусов наружных или внутренних скруглений наносят как показано на рис. 34. 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», «Внутрен-

ние радиусы сгибов 6 мм», «Неуказанные радиусы 8 мм» и т. п.

ЗАДАНИЕ 2 (лист 2). КОРПУС. Построить три вида детали по наглядному аксонометрическому изображению. Данные к заданию приведены в табл. 9; пример выполнения — на рис. 35.

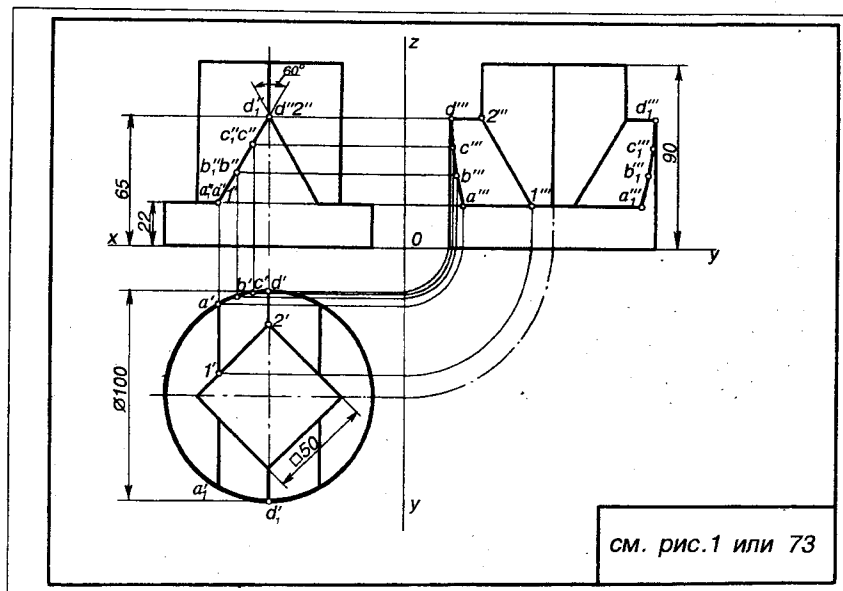
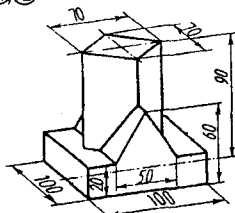


Рис. 35

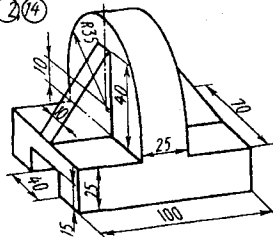
Выполнение. Перед выполнением следует внимательно изучить ГОСТ 2.305-68 (разд. 1 и 2) и материал по теме в рекомендуемой литературе. Ознакомиться с конструкцией детали по аксонометрическому изображению и определить геометрические тела, образующие ее. Наметив планировку, в тонких линиях выполнить построение трех проекций детали, нанести выносные и размерные линии и указать размеры. Заполнить основную надпись и обвести чертеж.

Таблица 9. Аксонометрические изображения деталей для построения трех видов (см. рис. 35)

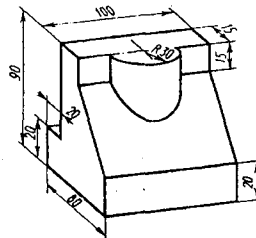
1/12



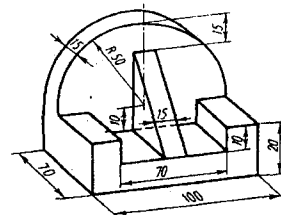
2/14



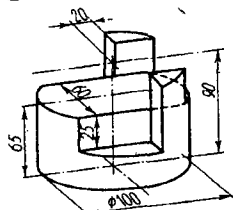
7/15



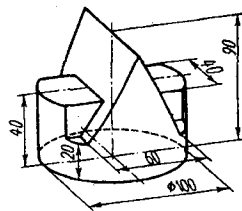
8/17



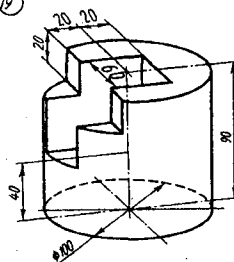
3/16



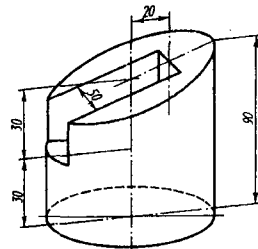
4/18



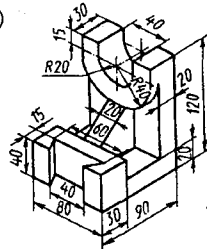
9/19



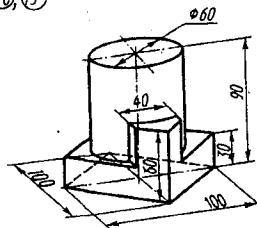
10/20



5/11



6/13



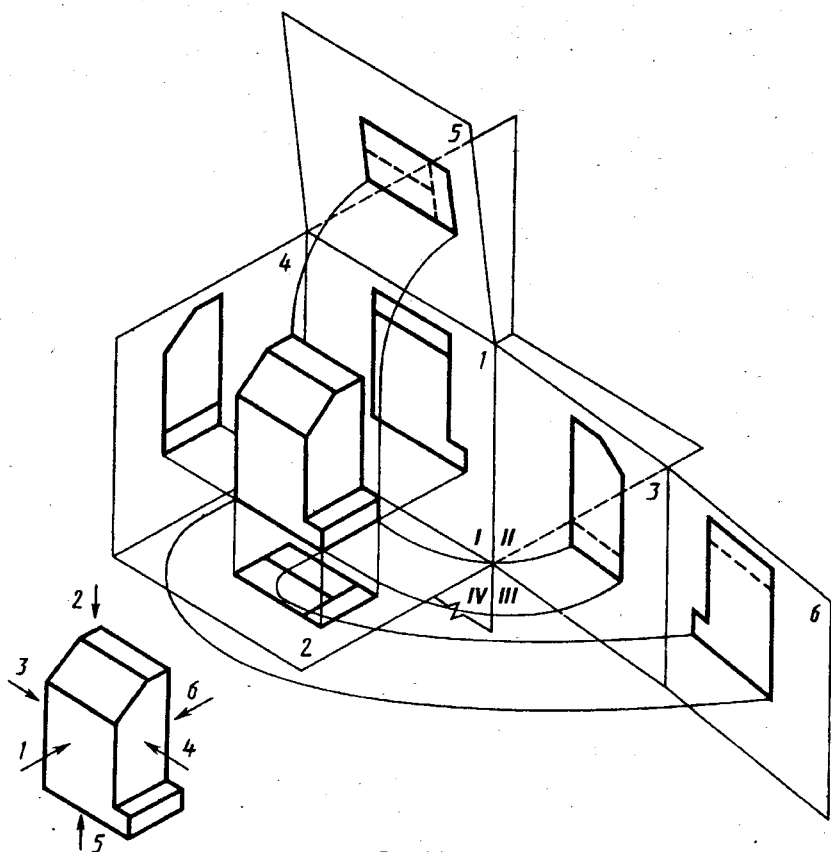


Рис. 36

ВИДЫ. Напомним, что в инженерной графике проекцию изделия называют: фронтальную — главным видом (вид спереди), горизонтальную — видом сверху, профильную — видом слева. Кроме того, в инженерной графике используют также виды справа, снизу (располагают над главным видом) и сзади (располагают справа после вида слева) (рис. 36, 37). Обычно чертежи выполняют без указания осей проекций, сохраняя проекционную связь между изображениями.

ЗАДАНИЕ 3. ПРИЗМА С ОКНОМ. Построить третье изображение призматической детали по двум данным, выполнить полезные разрезы и построить аксонометрическое изображение с вырезом одной четверти. Данные к заданию приведены в табл. 10; пример выполнения — на рис. 38.

В ы п о л н е н и е . Выполнение данного задания базируется на материале, изученном при выполнении задания 2. Дополнительно следует изучить ГОСТ 2.305—68 и материал в рекомендуемой литературе в части, относящейся к разрезам.

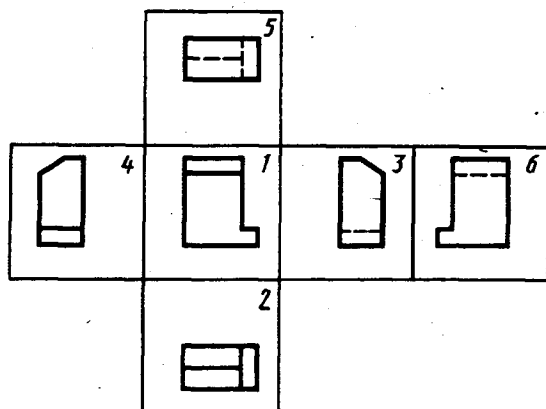


Рис. 37

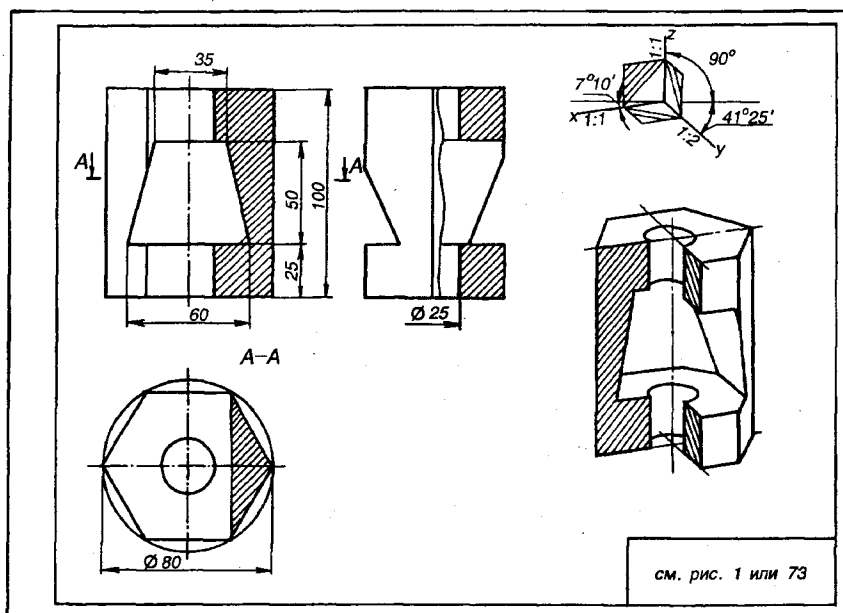
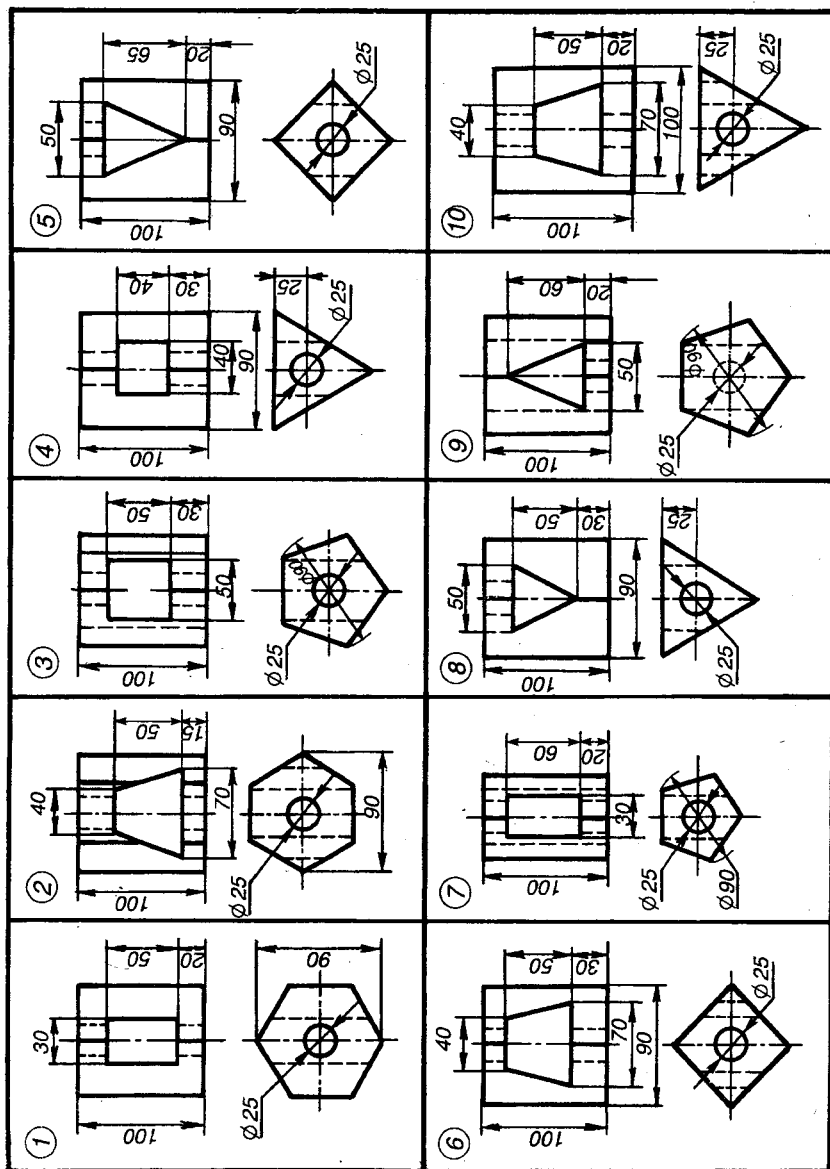
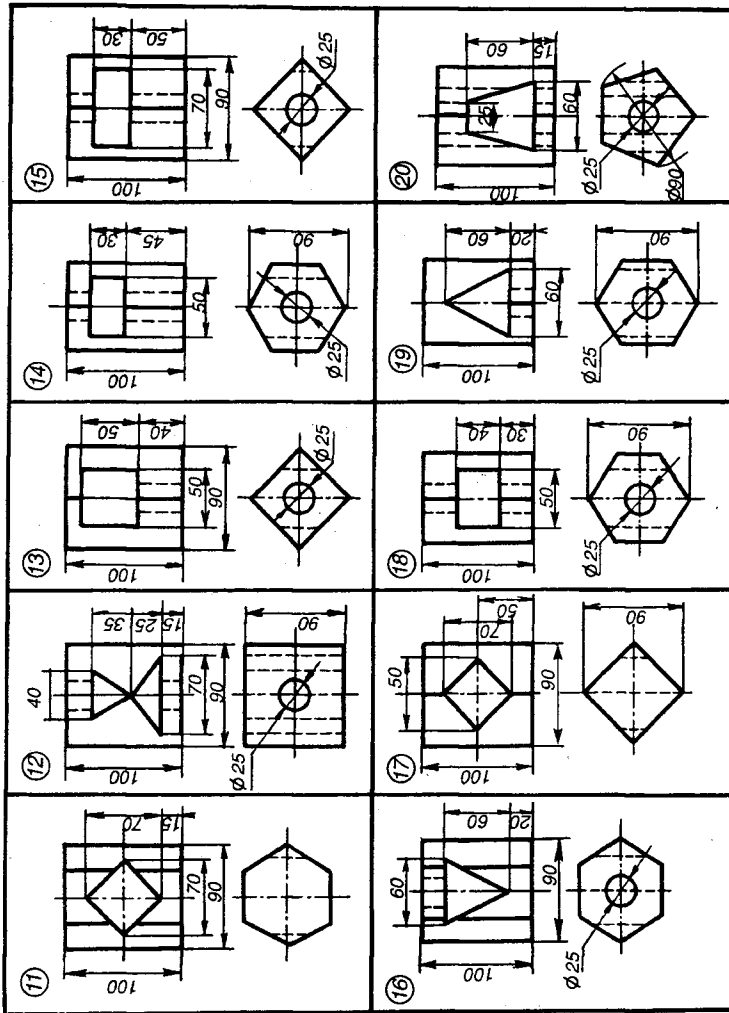


Рис. 38

РАЗРЕЗЫ. Напомним, что разрез — изображение предмета мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями, при этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета.

Таблица 10. Изображения к заданию 3





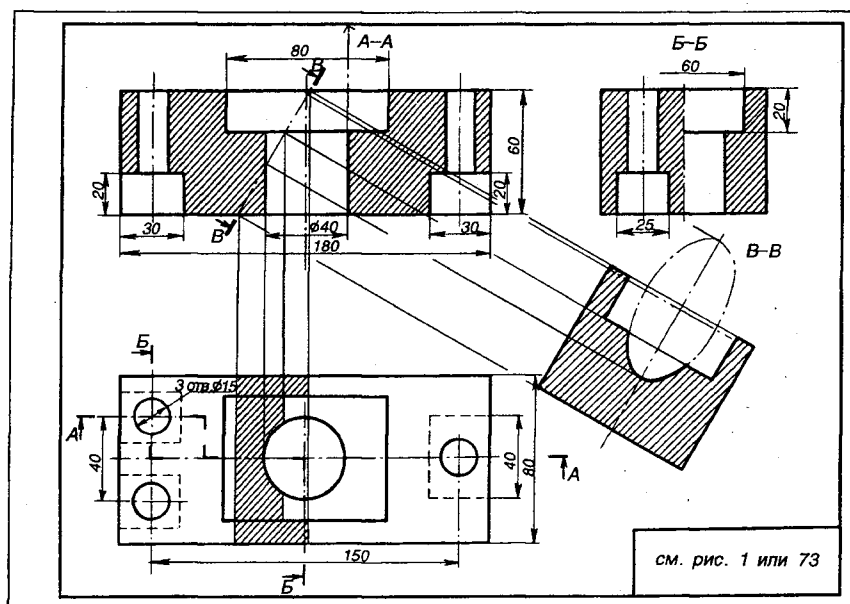


Рис. 50

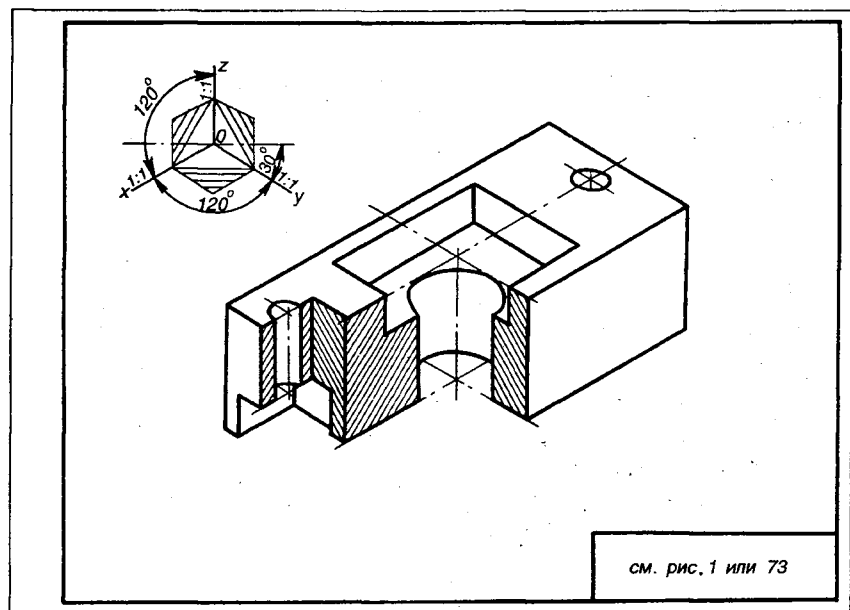


Рис. 51

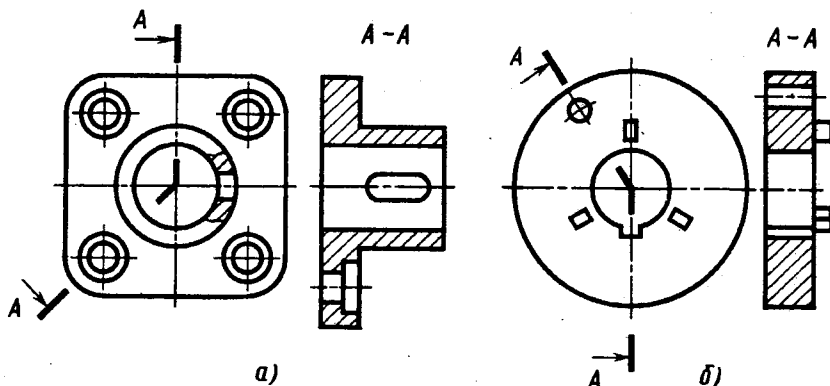


Рис. 52

Из размеров данной детали отметим особо размеры положения. Основным размером положения является размер № 1, характеризующий расположение круглого фланца относительно основания. Этот размер одновременно является одним из основных конструктивных размеров, а также одним из ее габаритных размеров. Размерами положения являются также размеры № 2 и № 3 (положения осей отверстий в основании), № 4 (размер диаметра, на котором расположены оси крепежных отверстий во фланце), № 5 (высота расположения осей двух сквозных отверстий в цилиндрической части детали).

ЗАДАНИЕ 5. КОРПУС (ИЛИ ПЛИТА). Построить третье изображение детали по двум данным, выполнить полезные разрезы, построить натуральный вид наклонного сечения, а также наглядное изображение детали в аксонометрической проекции. Данные к заданию приведены в табл. 12; пример выполнения — на рис. 50 и 51.

В ы п о л н е н и е. Последовательность выполнения практически та же, что и при выполнении заданий 3 и 4. В данном задании применяют сложные ступенчатые и ломанные разрезы и сечения наклонной плоскостью. Они регламентированы в ГОСТ 2.305—68, разд. 3, 4 «Разрезы», «Сечения».

На рис. 50 применены сложные ступенчатые разрезы $A-A$ на главном изображении и $B-B$ на профильном. 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.

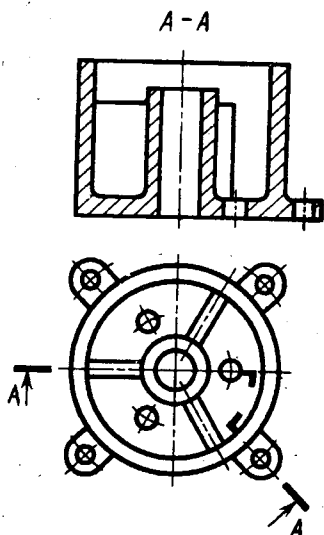
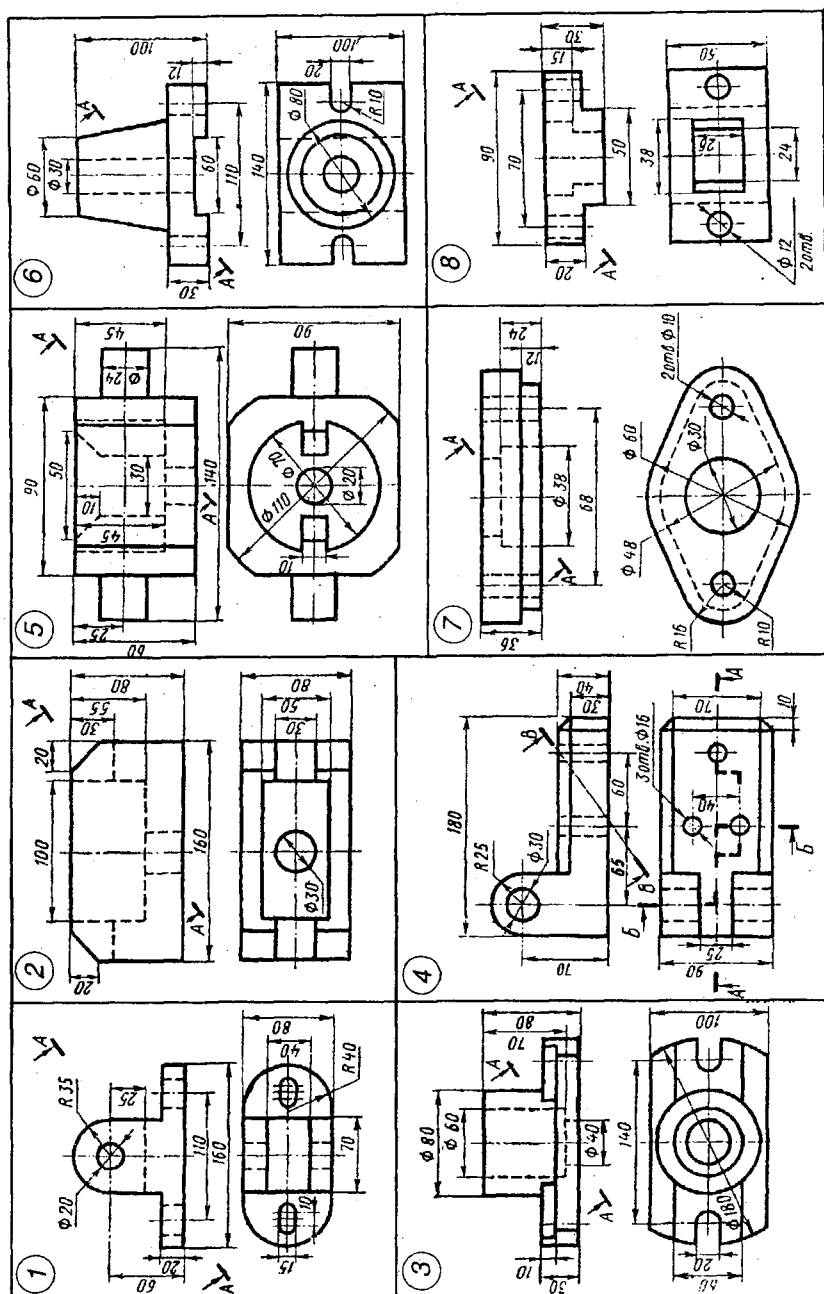
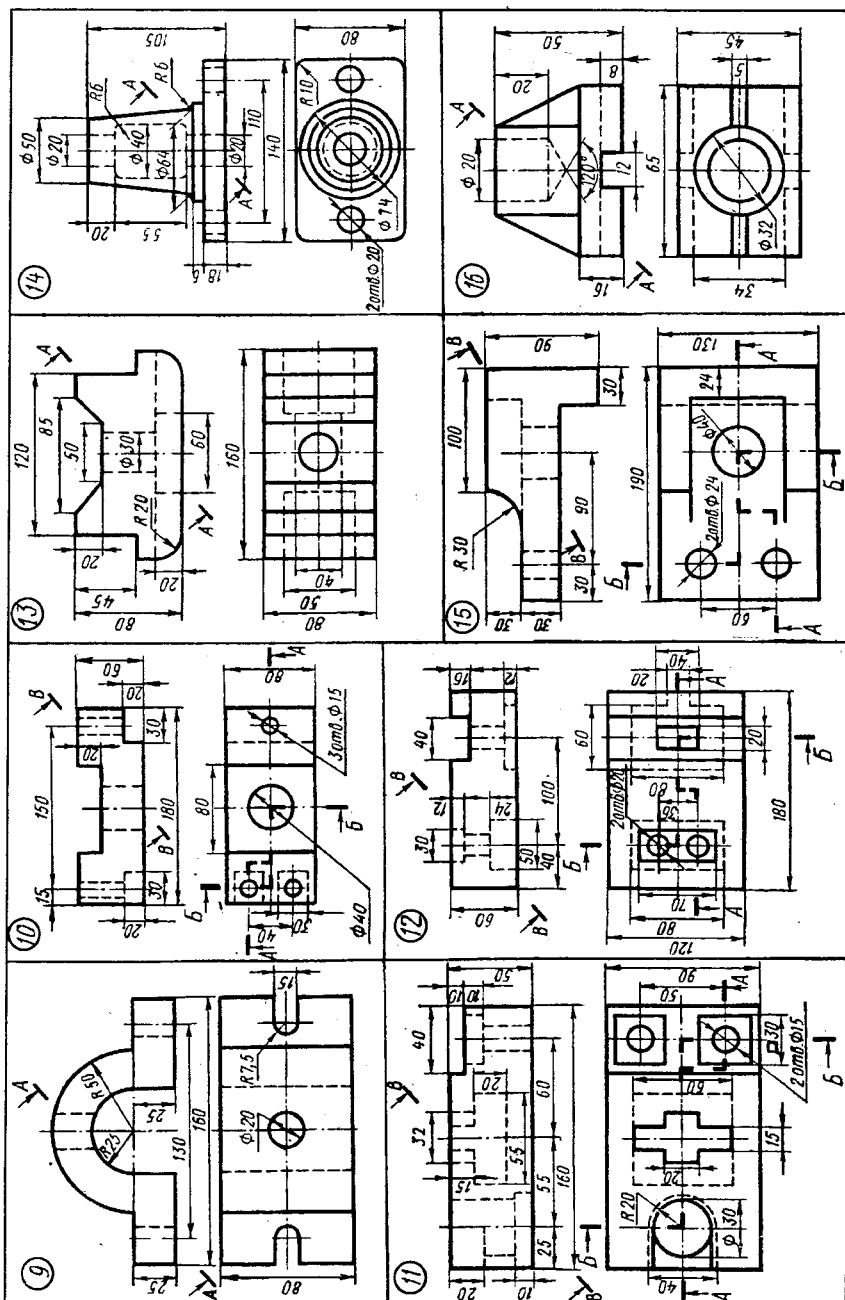
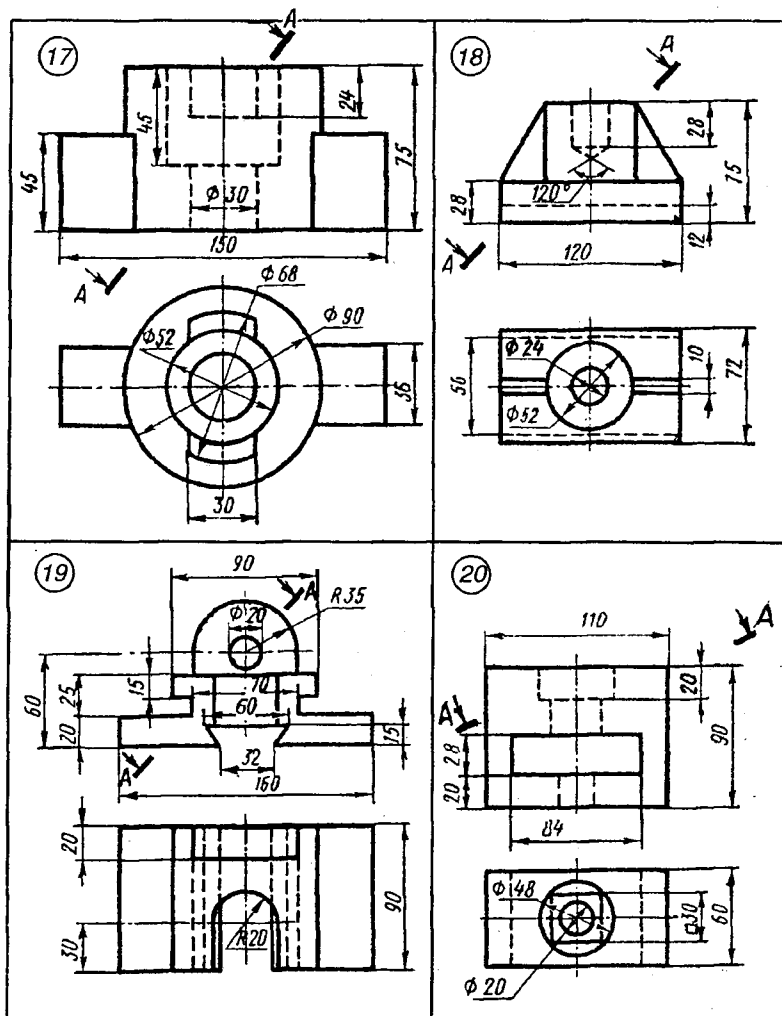


Рис. 53

Таблица 12. Изображение к заданию 5







Остальные точки линии пересечения, которые не отнесены к «характерным» называют промежуточными точками.

На рис. 55 дано построение промежуточных точек 1, 2, 3, 4 и нижней (опорной) точки 5. В первом случае проведена горизонтальная плоскость α , перпендикулярная оси полуцилиндров, которая расщепит поверхности полуцилиндров $R21$ и сферы $R110$ по дугам окружностей. На главный вид и вид сбоку 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 γ , проведенная через оси сферы и цилиндра, пересечет цилиндр по образующей, на которой находится нижняя точка кривой 5. Проведя через эту точку фронтальную плоскость β , строим на главном виде проекцию окружности сечения плоскостью β шара. Пересечение этой окружности с образующей дает нижнюю точку 5 кривой.

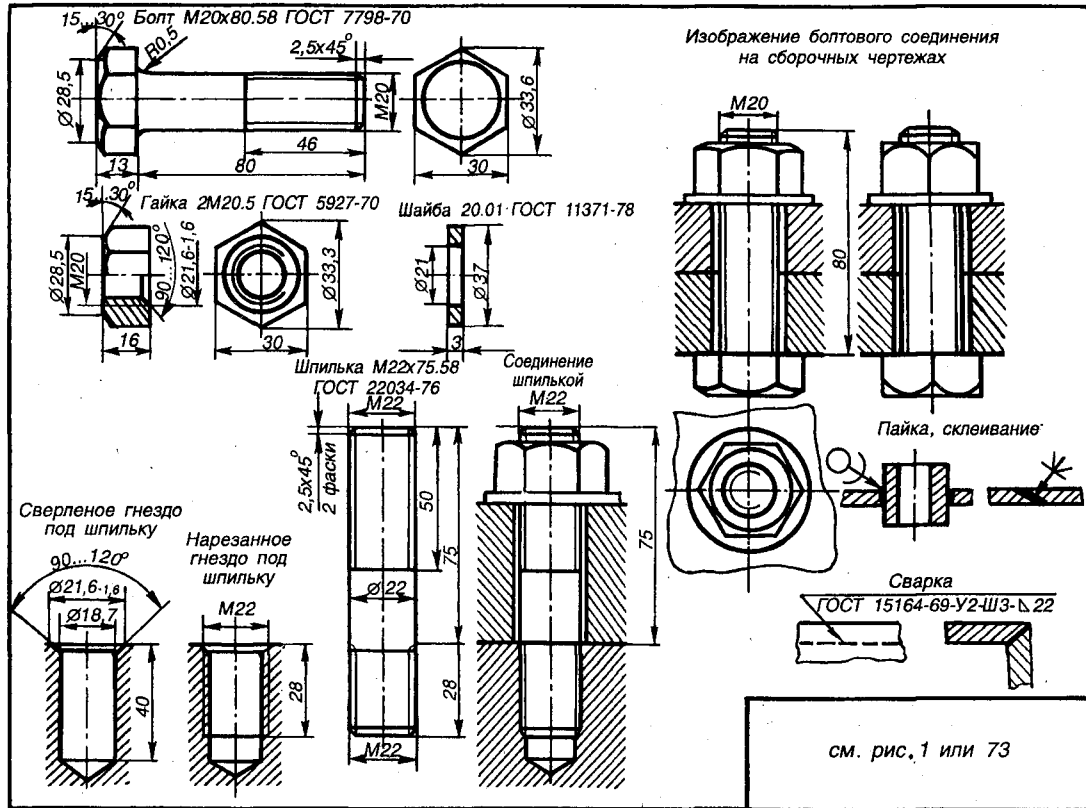
В индивидуальных заданиях (см. табл. 14) размерные линии расположены в некоторых случаях нецелесообразно из-за отсутствия третьего изображения. При выполнении работы следует руководствоваться ГОСТ 2.307—68.

Линии перехода должны быть толщиной 0,8...1 мм. При наличии скруглений линии перехода проводят толщиной 0,3...0,5 мм. Линии построений на чертеже сохранить.

ЗАДАНИЕ 8. 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 шпоночное соединение с шайбой и гайкой по их размерам, установленным в соответствующих стандартах; 4) неразъемные сварные, паяные и клепаные соединения. Данные к заданию приведены в табл. 15 и 16; пример выполнения — на рис. 56.

Таблица 15. Данные к болтовому соединению (исполнение 1)

Вариант	Резьба	Длина болта, мм	ГОСТ		
			болта	гайки	шайбы
1, 10	M16	70	7798-70	5915-70	11371-78
2, 11	M18×1,5	80	7796-70	5927-70	6402-70
3, 12	M20	90	7805-70	15521-70	11371-78
4, 13	M16×1,5	70	7798-70	5915-70	6402-70
5, 14	M18	80	7796-70	5927-70	11371-78
6, 15	M20×1,5	90	7805-70	5915-70	6402-70
7, 16	M16	70	7805-70	5927-70	11371-78
8, 17	M18×1,5	80	7798-70	5915-70	6402-70
9, 18	M20	90	7796-70	5927-70	11371-78
19, 20	M16×1,5	70	7798-70	15521-70	11371-78



Выполнение. Планировку расположения изображаемых деталей и соединений по заданному варианту выдерживают в соответствии с приведенным примером.

Т а б л и ц а 16. Данные к шпильчному соединению (исполнение 1)

Вариант	Резьба	Длина шпильки, мм	ГОСТ		
			шпильки	гайки	шайбы
1, 10	M16×1,5	50	22036-76	5916-70	6402-70
2, 11	M18	55	22034-76	5915-70	11371-78
3, 12	M20×1,5	60	22032-76	5916-70	6402-70
4, 13	M16	50	22038-76	5927-70	11371-78
5, 14	M18×1,5	55	22036-76	5915-70	6402-70
6, 15	M20	60	22034-76	5927-70	11371-78
7, 16	M16×1,5	50	22040-76	5916-70	6402-70
8, 17	M18	55	22036-76	5927-70	11371-78
9, 18	M20×1,5	60	22032-76	5915-70	6402-70
19, 20	M18×1,5	55	22036-76	5927-70	6402-70

На чертежах деталей должны быть указаны все размеры. На изображении болтового и шпоночного соединения нанесены только те размеры, которые записывают в спецификацию. Диаметр сварленного отверстия (гнезда) под резьбу брать по ГОСТ 19257-73 (табл. 17). 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).

Т а б л и ц а 17. Диаметры отверстия для внутренних резьб, мм

Резьба	Диаметр отверстия под резьбу	Резьба	Диаметр отверстия под резьбу
M16	13,84	M16×1,5	14,38
M18	15,3	M18×1,5	16,38
M20	17,3	M20×1,5	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.

Общие сведения о резьбе приведены в указанной учебной литературе и справочниках. Отметим некоторые сведения.

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*.

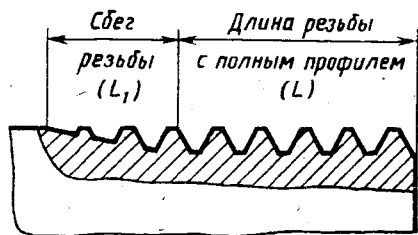


Рис. 57

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, параллельной оси резьбы. У однозаходной резьбы ход равен шагу, у многозаходной ход равен шагу, умноженно-

му 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. 57). В местах перехода от резьбового участка к торцу детали при нарезке резьбы плашкой также остается участок с неполным профилем резьбы (слева от плашки на рис. 58). Этот участок называют *недорезом*. Как правило, на чертежах указывают длину резьбы с полным профилем. Если сбег резьбы или недорез недопустимы, то в конце резьбы выполняют *проточку* (рис. 59) — кольцевой желобок на стержне (рис. 59, а) или в отверстии (рис. 59, б) для выхода резьбообразующего инструмента. Размеры проточек установлены в ГОСТ 10549-80.

Изображение резьбы. На чертежах резьбу изображают условно, независимо от профиля резьбы, а именно: резьбу на стержне — сплошными основными линиями по наружному диаметру резьбы и сплошными тонкими

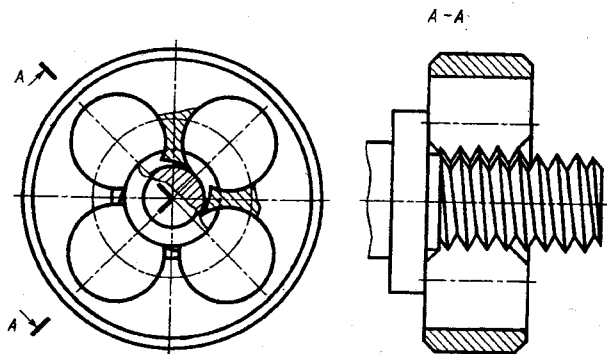


Рис. 58

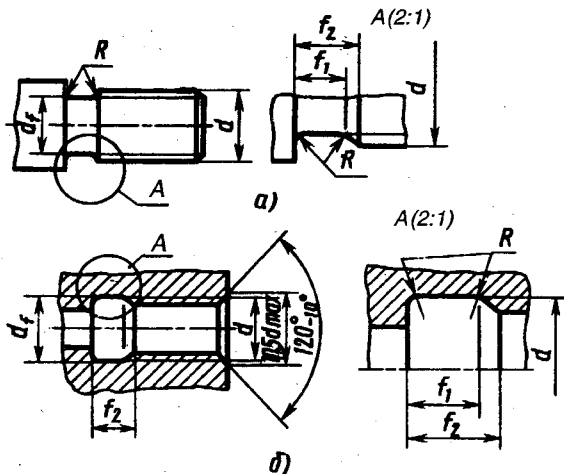


Рис. 59

по внутреннему на всю длину резьбы, включая фаску (см. рис. 56). На изображениях, перпендикулярных оси, 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. 56). 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 отверстиях проводят в конце полного профиля резьбы, до сбега, основной линией (или штриховой, если резьба невидима), которую проводят до линий наружного диаметра резьбы (см. резьбовое гнездо на рис. 56).

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° 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) применяют следующие (рис. 60).

Условное обозначение метрической резьбы (ГОСТ 8724-81) с крупным шагом состоит из буквы *M* и номинального диаметра (рис. 60, а), для резьбы с мелким шагом добавляют величину шага (рис. 60, б).

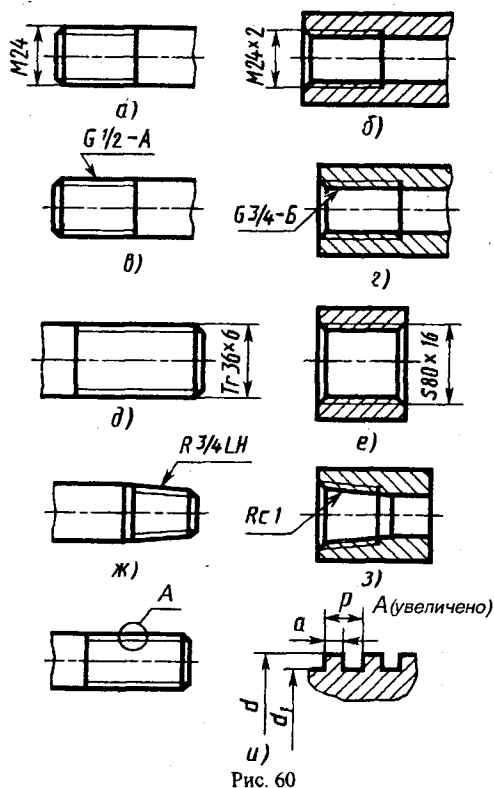


Рис. 60

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 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. 60, в, г). Аналогично обозначают трубную коническую резьбу (ГОСТ 6211-81), но буквой *R* для наружной резьбы и буквами *Rc* для внутренней (рис. 60, ж, з).

Условные обозначения трапецидальной резьбы (однозаходная — ГОСТ 9484-81, многозаходная — ГОСТ 24739-81) состоит из букв *Tr*, наружного диаметра и

шага, например, $Tr\ 36 \times 6$ (рис. 60, б) или хода и шага (для многозаходной).

Условное обозначение упорной резьбы (ГОСТ 10177-82) состоит из букв *S*, наружного диаметра и шага резьбы, например, $S\ 80 \times 16$ (рис. 60, е).

Для обозначения параметров нестандартной резьбы показывают все ее основные размеры (рис. 60, и). Рекомендуется показывать в масштабе увеличения профиль данной резьбы и все ее размеры.

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

Болт 2M12x1,5 — 6d×60.88.35X.029 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:

Гайка 2М12×1,5.5 ГОСТ ...

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

Болт М12×60.58 ГОСТ ... , Гайка М12.5 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.

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.

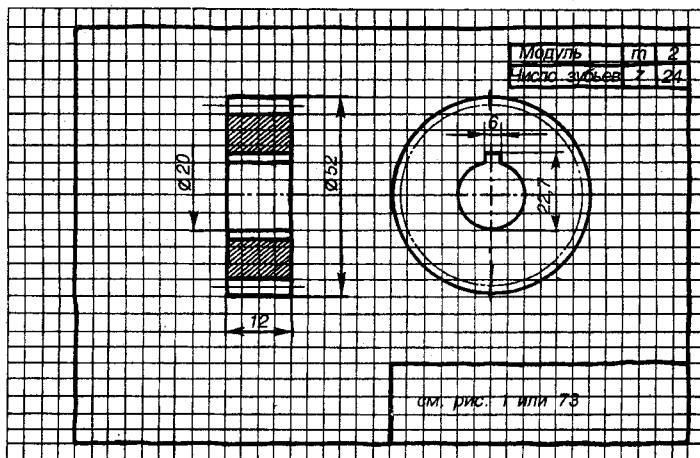
Пайку обозначают стрелкой и пересекающей ее утолщенной полудугой, а заполненный припоем шов изображают толстой линией, в два раза более широкой, чем линия видимого контура. На полке указывают номер пункта соответствующих технических требований.

Если сварной или паяный шов выполнен по замкнутому контуру (кольцевой, цилиндрический), то линию стрелки заканчивают окружностью диаметром около 5 мм.

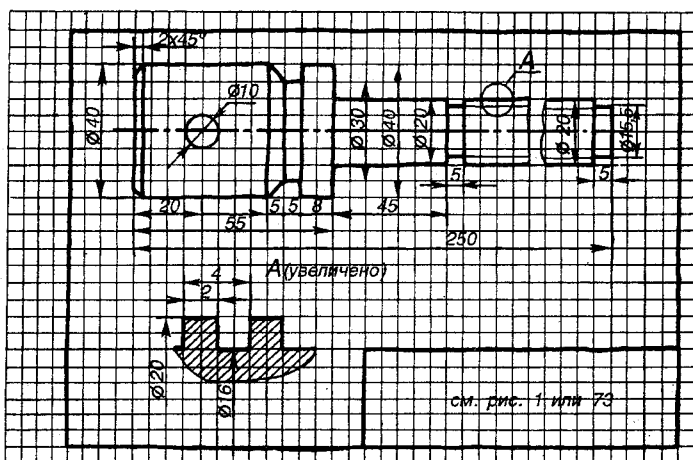
ЗАДАНИЕ 9. КОРПУС (плита, скоба и др.). Эскизы. Выполнить эскизы деталей с натуры или по наглядным изображениям, приведенным ниже. Конкретные варианты заданий устанавливают кафедры. Наглядные изображения приведены в табл. 18 в масштабе 1:2 с приведенными коэффициентами искажений. Рекомендуемое распределение деталей в заданиях приведено в табл. 19. Пример выполнения содержится на рис. 61.

В ы п о л н е н и е . Эскизы выполняют на развернутых или склеенных листах бумаги в клетку размером 300×400 мм, т. е. примерно формата А3.

Эскиз каждой детали выполняют на отдельном формате. Пример последовательного выполнения эскиза детали (рис. 62) приведен на рис. 63: а) планировка; б) выполнение изображений (видов, разрезов); в) нанесение выносных и размерных линий; г) измерение детали и нанесение размерных чисел, обводка.



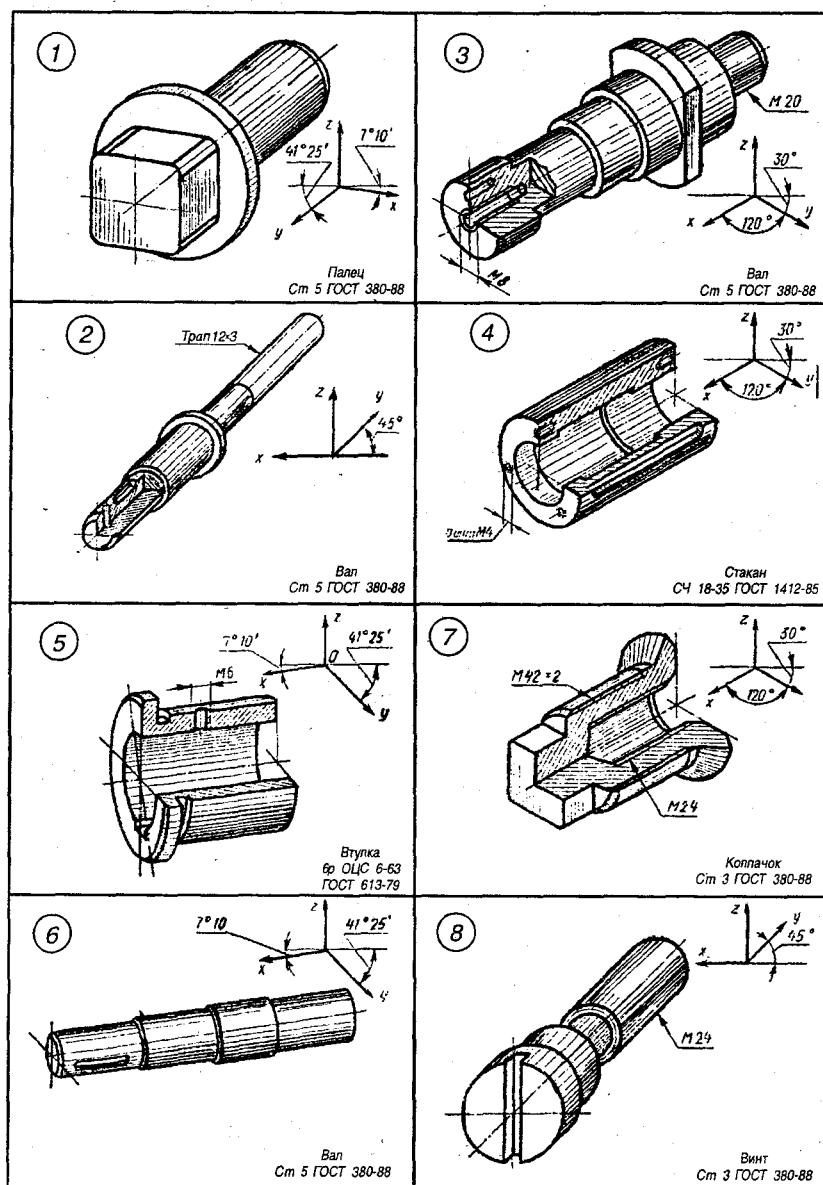
а)

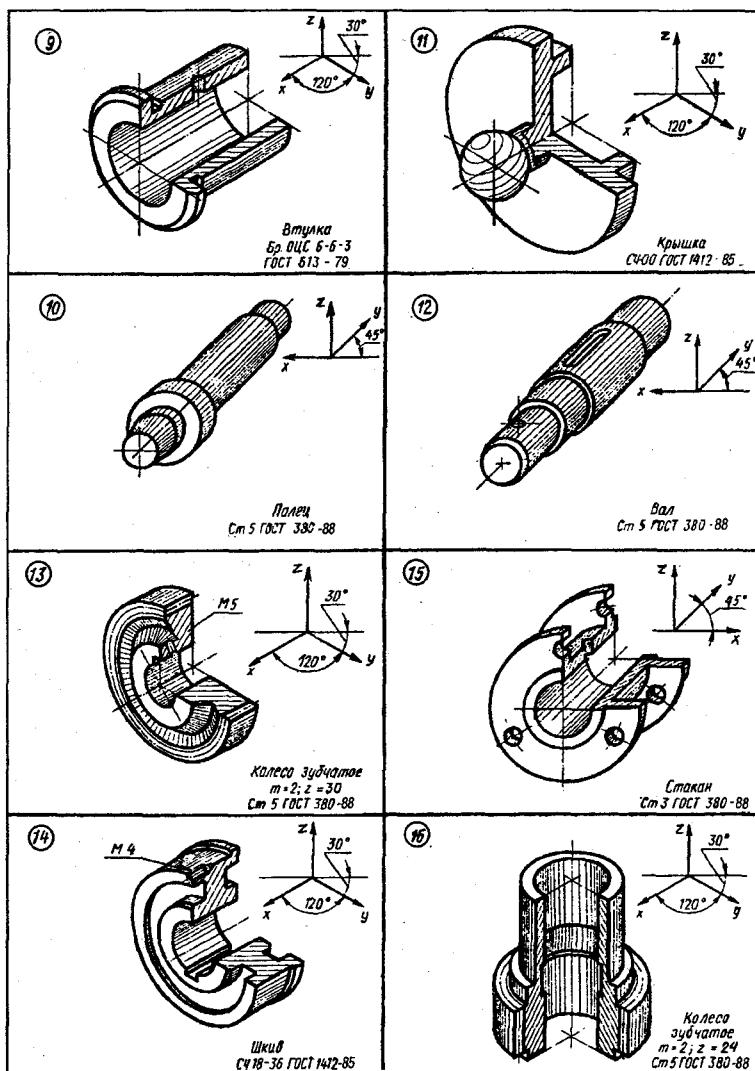


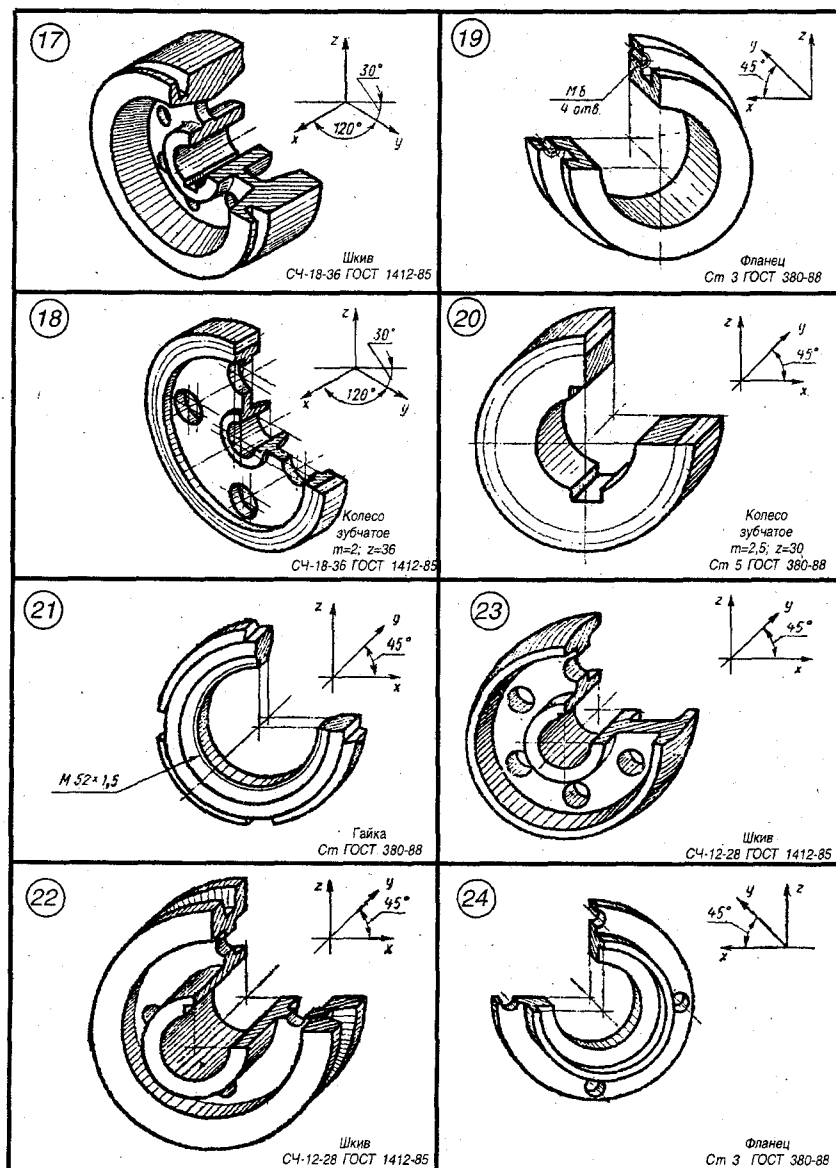
б)

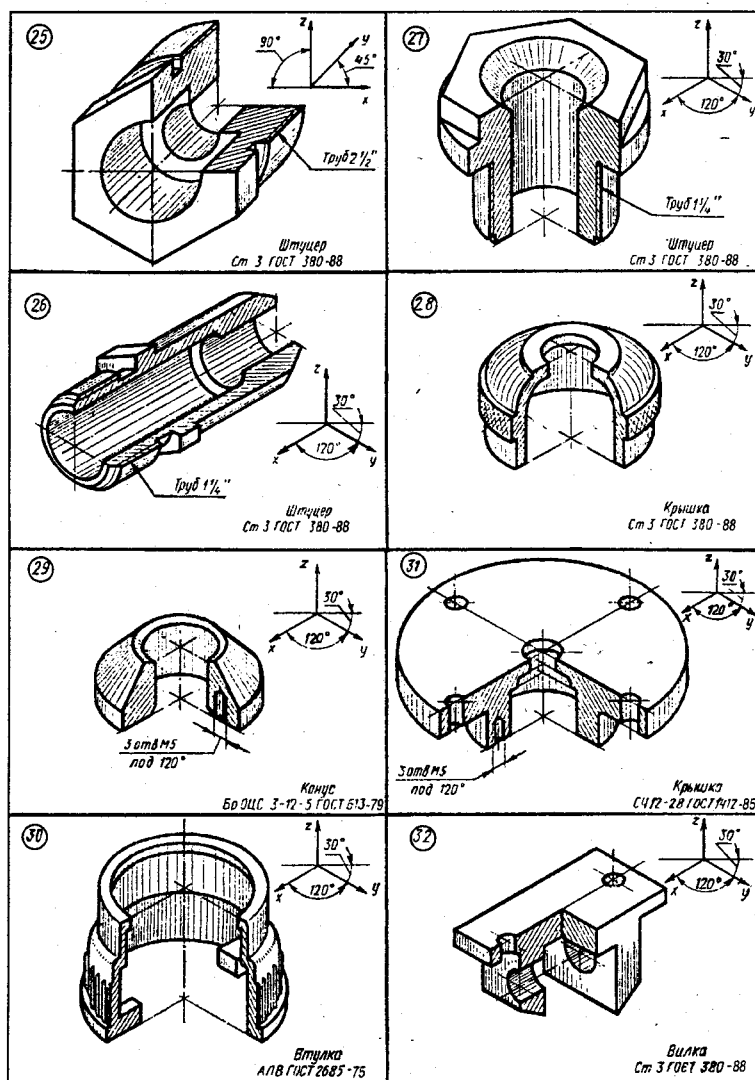
Рис. 61, а, б

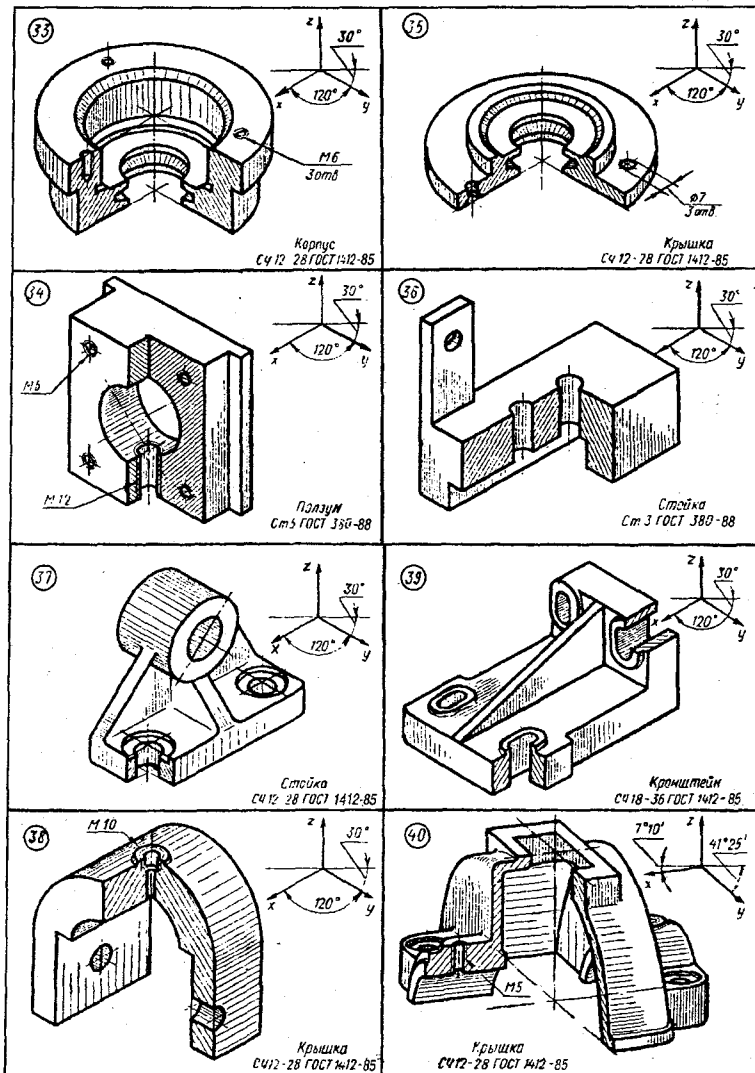
Таблица 18. Детали для эскизирования

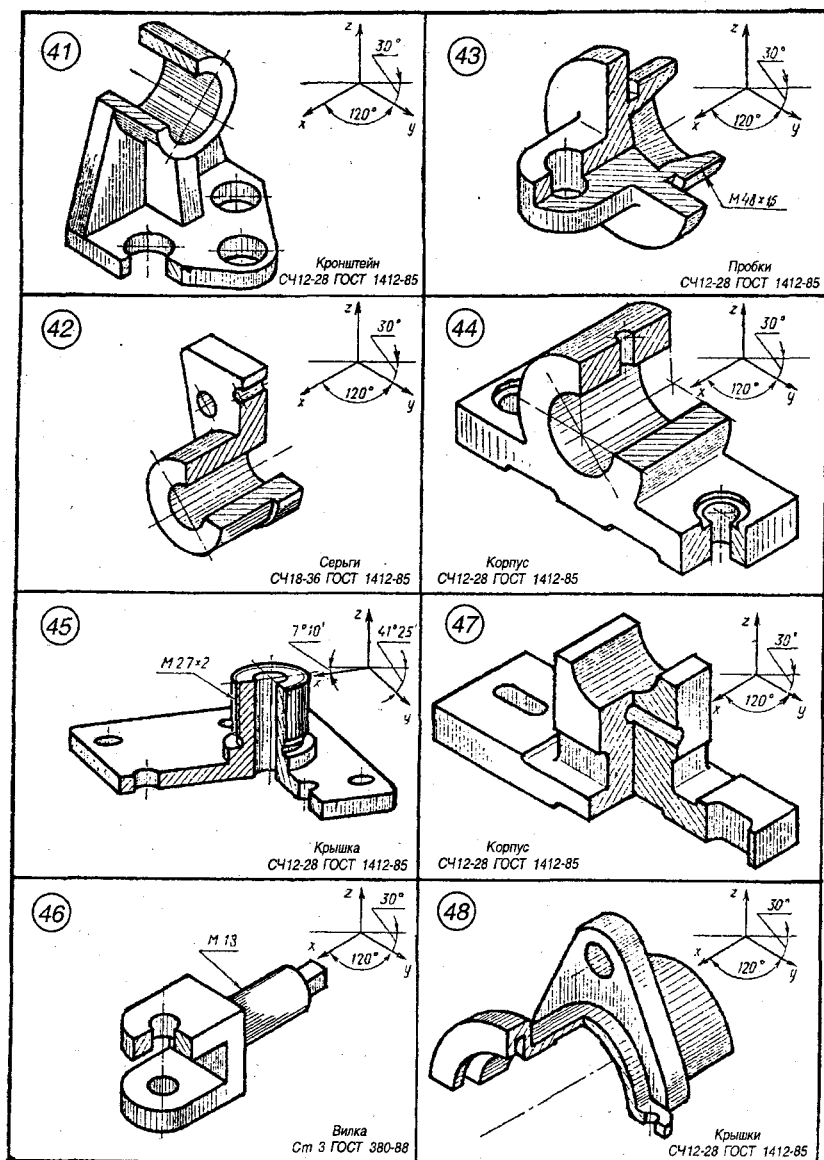






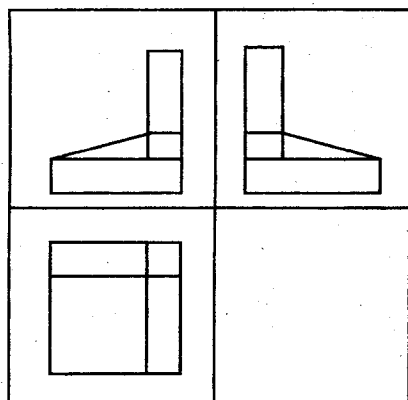




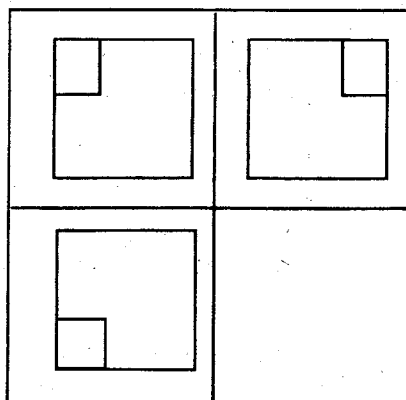


Так как на фронтальной и горизонтальной плоскостях проекций построения не планируются, то их можно перевести в неактивное состояние, нажав клавиши E, H. Можно оставить проекции активными, при этом на них повторно будут происходить построения.

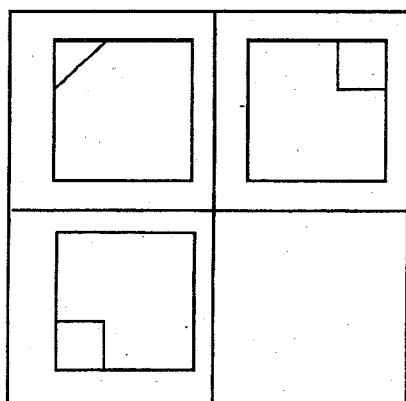
Таблица 22. Многогранники



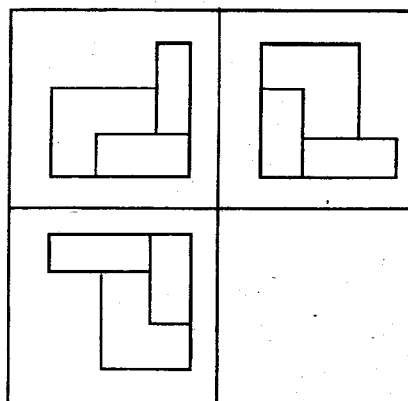
a)



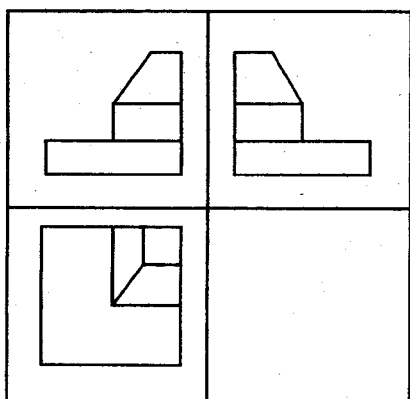
b)



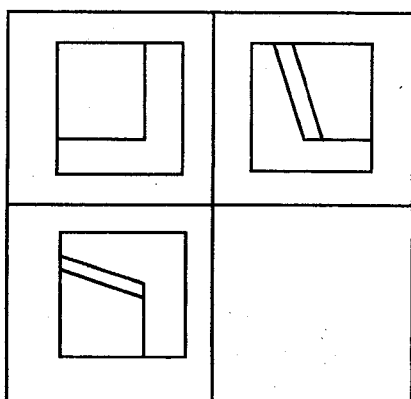
c)



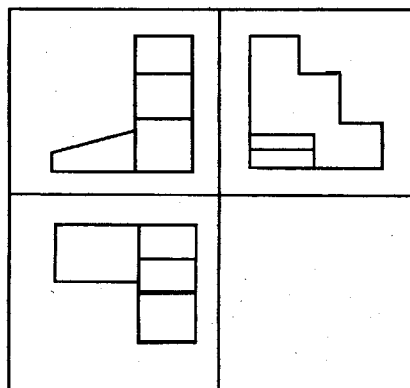
d)



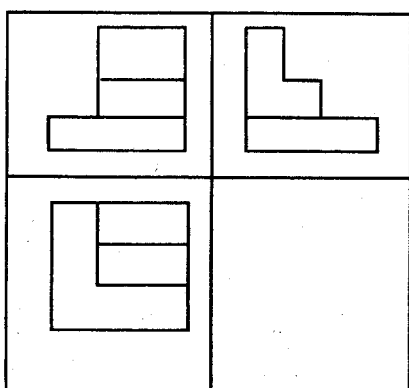
д)



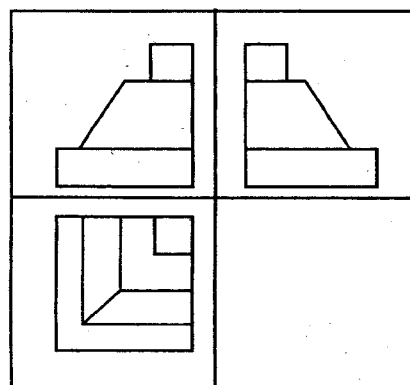
е)



ж)



з)



и)

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица П.1. Длина болтов М6 ... М20 с шестигранной головкой классов точности А и В по ГОСТ 7798-70 и ГОСТ 7805-70 (рис. П.1), мм

l	М6		М8		М10		М12		М16		М18		М20	
	l ₁	b	l ₁	b	l ₁	b	l ₁	b	l ₁	b	l ₁	b	l ₁	b
8	—	*	—	*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	*	—	*	—	*	—	—	—	—	—	—	—	—
12	—	*	—	*	—	*	—	—	—	—	—	—	—	—
14	10	*	—	*	—	*	—	*	—	—	—	—	—	—
16	12	*	12	*	—	*	—	*	—	—	—	—	—	—
20	16	*	16	*	16	*	15	*	3/4	*	3/4	*	3/4	3/4
25	21	18	21	*	21	*	20	*	19	*	3/4	*	3/4	*
30	26	18	26	22	26	*	25	*	24	*	24	*	24	*
35	31	18	31	22	31	26	30	*	29	*	29	*	29	*
40	36	18	36	22	36	26	35	30	34	*	34	*	34	*
45	41	18	41	22	41	26	40	30	39	38	39	*	39	*
50	46	18	46	22	46	26	45	30	44	38	44	32	44	*
55	51	18	51	22	51	26	50	30	49	38	49	42	49	46
60	56	18	56	22	56	26	55	30	54	38	54	42	54	46
65	61	18	61	22	61	26	60	30	59	38	58	42	59	46
70	66	18	66	22	66	26	65	30	64	38	64	42	64	46
75	71	18	71	22	71	26	70	30	69	38	69	42	69	46
80	76	18	76	22	76	26	75	30	74	38	74	42	74	46
90	86	18	86	22	86	26	85	30	84	38	84	42	84	46
100	—	—	96	22	96	26	95	30	94	38	94	42	94	46
110	—	—	—	—	106	26	105	30	104	38	104	42	104	46

Примечания: 1. Болты с размерами, расположенными выше ломаной линии, допускается выполнять с резьбой на всей длине стержня (l = b).

2. Знаком * обозначены болты с резьбой на всей длине стержня.

Т а б л и ц а П.2. Основные размеры
болтов с шестигранной головкой класса
точности В по ГОСТ 7798-70 и ГОСТ 7805-70
(см. рис. П.1), мм

d	S	e	D	K	d_3
6	10	10,9	9	4	1,6
8	13	14,2	12	5,3	2
10	17	18,7	16	6,4	2,5
12	19	20,9	17	7,5	3,2
16	24	26,2	22	10	4
18*	27	29	25	11,4	4
20	30	33	28	12,5	4

П р и м е ч а н и е. Знаком * отмечен размер, отсутствующий в указанных стандартах.

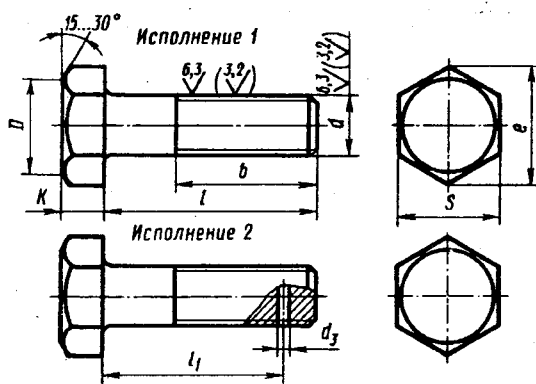


Рис. П1. Болты общего назначения различного исполнения (в скобках — шероховатость поверхности болтов класса точности А)

Таблица П.3. Длина l шпилек общего применения для $d = 5 \dots 20$ мм до $l = 120$ мм по указанным ниже стандартам (рис. П.2), мм

l	Длина l_0 резьбового (гаечного) конца при d						
	5	6	8	10	12	16	20
16	*	*	*	*	—	—	—
20	16	*	*	*	—	—	—
25	16	18	*	*	*	*	—
30	16	18	22	*	*	*	—
35	16	18	22	26	*	*	—
40; 45	16	18	22	26	30	*	*
50; 55	16	18	22	26	30	38	*
60; 65; 70; 75; 80; 90; 100; 110; 120	16	18	22	26	30	38	46

Примечания: 1. Длина l_1 резьбового заворачиваемого конца для шпилек: по ГОСТ 22032-76 $l_1 = d$, по ГОСТ 22034-76 $l_1 = 1,25d$, по ГОСТ 22036-76 $l_1 = 1,6d$, по ГОСТ 22038-76 $l_1 = 2d$, по ГОСТ 22040-76 $l_1 = 2,5d$.

2. Знаком * отмечены шпильки с длиной гаечного ключа $l_0 = l - 0,5d - 2P$.

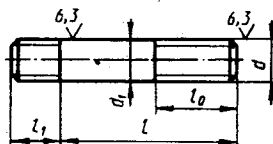


Рис. П.2. Шпильки общего применения класса точности В для деталей с резьбовыми отверстиями

Т а б л и ц а П.4. Основные размеры гаек шестигранных
 класса точности В, нормальных по ГОСТ 5915-70 (рис. П.3)
 и низких по ГОСТ 5916-70 (рис. П.4), мм

d	S	e	d_a	m	m_1
5	8	8,6	5...5,75	4	2,7
6	10	10,9	6...6,75	5	3,2
8	13	14,2	8...8,75	6,5	4
10	17	18,7	10...10,8	8	5
12	19	20,9	12...13	10	6
16	24	26,2	16...17,3	13	8
20	30	33	20...21,6	16	10

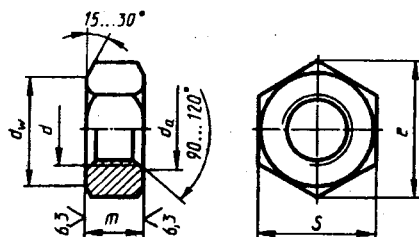


Рис. П.3. Гайки шестигранные нормальные

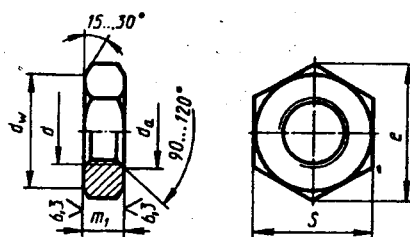


Рис. П.4. Гайки шестигранные низкие

Т а б л и ц а П.5. Шайбы обычные нормальные класса точности С (исполнение 1) и увеличенные классы точности А (исполнение 2) (рис. П.5), мм

Диаметр резьбы крепежной детали d	d_1		Шайбы нормальные (исп. 1 и 2)		Шайбы увеличенные (исп. 1)	
	Кл. С	Кл. А	d_2	S	d_2	S
5	5,5	5,3	10	1	16	1,6
6	6,6	6,4	12	1,6	18	1,6
8	9	8,4	16	1,6	24	2
10	10,5	10,5	21	2	30	2,5
12	13,5	13	24	2,5	36	3
14	15,5	15	28	2,5	42	3
16	17,5	17	30	3	48	4
18	20	19	34	3	55	4
20	22	21	37	3	60	5

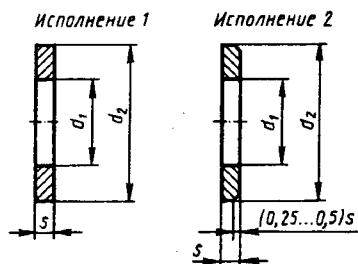


Рис. П5. Шайбы обычные класса точности С (исполнение 1) нормальные и увеличенные класса точности А (исполнение 2) нормальные

Т а б л и ц а П.6. Размеры шайб пружинных нормальных
по ГОСТ 11371-78 (рис. П.6), мм

d	d_0	$b = S$
5	5,1	1,2
6	6,1	1,4
7	7,2	2
8	8,2	2
10	10,2	2,5
12	12,2	3
14	14,2	3,2
16	16,3	3,5
18	18,3	4
20	20,5	4,5

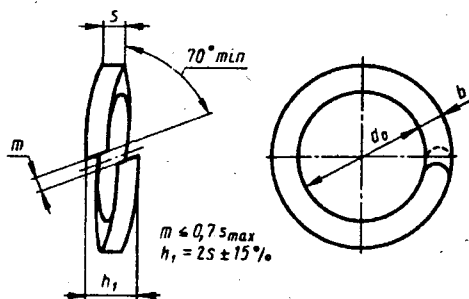


Рис. П.6. Шайба пружинная

Таблица П.7. Длина l крепежных винтов общего назначения классов точности А и В (рис. П.7), мм

d	/ при форме головки			
	цилиндрической	полукруглой	полупотайной	потайной
3	3 ... 30	3 ... 30	3,5 ... 30	3,5 ... 30
3,5	4 ... 35	4 ... 36	5 ... 35	5 ... 35
4	4 ... 40	4 ... 42	5 ... 40	5 ... 40
5	6 ... 50	6 ... 50	6 ... 100	6 ... 50
6	7 ... 60	7 ... 50	8 ... 100	7 ... 60
8	12 ... 80	12 ... 70	10 ... 100	8 ... 80
10	18 ... 100	18 ... 70	12 ... 100	11 ... 100
12	18 ... 100	22 ... 80	16 ... 100	16 ... 100
14	22 ... 100	25 ... 90	25 ... 100	30 ... 100
16	28 ... 100	30 ... 95	30 ... 100	32 ... 100
18	35 ... 110	35 ... 110	35 ... 110	35 ... 110
20	40 ... 120	40 ... 120	40 ... 120	40 ... 120

Примечание. Длины / в указанных пределах выбирают из ряда, мм: 3,5; 4; 5; 6; 8; 9; 10; 11; 12; 14; 16; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 90; 100; 110; 120.

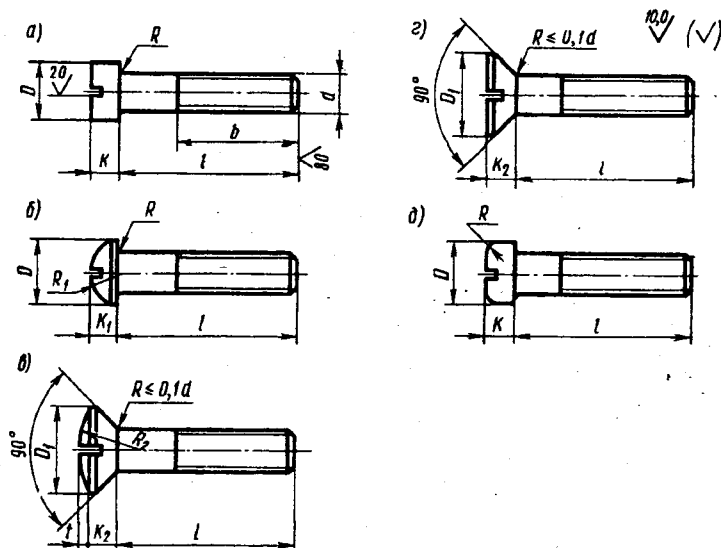


Рис. П.7. Винты крепежные общего назначения с цилиндрической (а), полукруглой (б), полупотайной (в), потайной (г) и цилиндрической скругленной (д) головкой

**Т а б л и ц а П.8. Основные размеры крепежных винтов
общего назначения классов точности А и В (см. рис. П.7), мм**

d	b	D	K	K_1	K_2	D_1	$R_1 \approx$	$R_2 \approx$	t	R
3	12(19)	5,5	2	2,1	1,65	5,6	2,9	6	0,75	0,1
3,5	13(20)	6	2,4	2,4	1,93	6,5	3,1	6,8	0,9	0,1
4	14(22)	7	2,6	2,8	2,2	7,4	3,6	8	1	0,2
5	16(25)	8,5	3,3	3,5	2,5	9,2	4,4	9,4	1,25	0,2
6	18(28)	10	3,9	4,2	3	11	5,1	12	1,5	0,25
8	22(34)	13	5	5,6	4	14,5	6,6	15	2	0,4
10	26(40)	16	6	7	5	18	8,1	19	2,5	0,4
12	30(46)	18	7	8	6	21,5	9,1	22,5	3	0,6
14	34(52)	21	8	9,5	7	25	10,6	26	3,5	0,6
16	38(58)	24	9	11	8	28,5	12,1	30	4	0,6
18	42(64)	27	10	12	9	32,5	13,6	34	4,5	0,6
20	46(70)	30	11	14	10	36	15,1	38	5	0,8

Пр и м е ч а н и я. 1. В скобках указан размер b винта с удлиненной резьбой.

2. Винты имеют при $d = 3 \dots 6$ мм крупный шаг; остальные — крупный и мелкий: М8×1; М10×1,25; М12×1,25; М14×1,5; М16×1,5; М18×1,5; М20×1,5.

Т а б л и ц а П.9. Ширина b и h шлица на головках винтов, мм

d	b , номинальная	h на головках				
		цилиндрической и цилиндрической со сферой	потайной	полупотайной	цилиндрической скругленной	полукруглой
3	0,8	0,9 ... 1,3	0,6 ... 0,85	1,2 ... 1,45	0,72 ... 1,08	1 ... 1,4
3,5	0,8	1 ... 1,4	0,7 ... 1	1,4 ... 1,7	0,84 ... 1,26	1,3 ... 1,7
4	1	1,2 ... 1,6	0,8 ... 1,1	1,6 ... 1,9	0,96 ... 1,44	1,6 ... 2
5	2	1,5 ... 2	1,1 ... 1,35	2 ... 2,3	1,2 ... 1,8	2,1 ... 2,5
6	1,6	1,8 ... 2,3	1,2 ... 1,6	2,4 ... 2,8	1,44 ... 2,16	2,3 ... 2,7
8	2	2,3 ... 2,8	1,6 ... 2,1	3,2 ... 3,7	1,92 ... 2,88	3,26 ... 3,74
10	2,5	2,7 ... 3,2	2 ... 2,6	4 ... 4,5	2,4 ... 3,6	3,76 ... 4,24
12	3	3,2 ... 3,8	2,4 ... 3	4,8 ... 5,4	—	3,96 ... 4,44
14	3	3,6 ... 4,2	2,8 ... 3,5	5,6 ... 6,3	—	4,26 ... 4,74
16	4	4 ... 4,6	3,2 ... 4	6,4 ... 7,2	—	4,9 ... 5,3
18	4	4,5 ... 5,1	3,6 ... 4,5	7,2 ... 8,1	—	5,3 ... 5,7
20	5	5 ... 5,6	4 ... 5	8 ... 9	—	5,8 ... 6,2