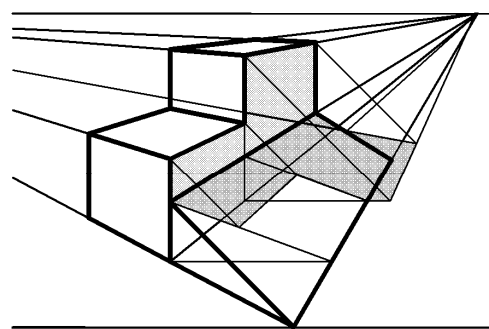
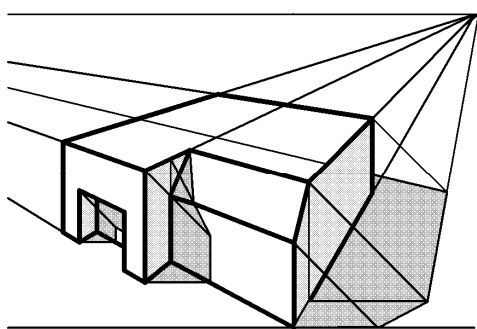


С.И. ЛАЗАРЕВ, А.А. ГОРЕЛОВ, Н.В. СТУКАЛИНА

ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ



◆ ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ ◆

Министерство образования и науки Российской Федерации
ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

С.И. ЛАЗАРЕВ, А.А. ГОРЕЛОВ, Н.В. СТУКАЛИНА

ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ

*Утверждено Учёным советом университета в качестве практикума
для студентов 1 курса специальностей 270102, 270105, 270205*



Тамбов
Издательство ТГТУ
2009

УДК 515.1(075)
ББК В151.34я73
Л171

Рецензенты:
Доктор технических наук, профессор ТГУ им. Г.Р. Державина
А.А. Арзамасцев

Доктор технических наук, доцент ТГТУ
П.В. Монастырёв

Л171 **Лазарев, С.И.**
Инженерно-строительная геометрия : практикум / С.И. Лазарев, А.А. Горелов, Н.В. Стукалина. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 84 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8265-0810-7.

Даны задания для выполнения индивидуальных графических работ по разделу «Начертательная геометрия» по темам «Точка, прямая, плоскость», «Способы преобразования чертежа», «Пересечение поверхностей», «Тени в ортогональных проекциях», «Перспектива объекта и тени», «Проекция с числовыми отметками»; по разделу «Инженерная графика» по темам «Проекционное черчение. Аксонометрия», «Соединение деталей», «Сборочный чертёж изделия. Эскизы деталей», «Чтение и детализирование сборочного чертежа изделия». Даны методические указания по их выполнению, приведены примеры выполнения заданий.

Предназначен для студентов 1 курса специальностей 270102, 270105, 270205, 270301, изучающих дисциплину «Начертательная геометрия. Инженерная графика».

УДК 515.1(075)
ББК В151.34я73

ISBN 978-5-8265-0810-7

© ГОУ ВПО «Тамбовский государственный
технический университет» (ТГТУ), 2009

Учебное издание

ЛАЗАРЕВ Сергей Иванович,
ГОРЕЛОВ Александр Алексеевич,
СТУКАЛИНА Наталия Владимировна

ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ

Практикум

Редактор Т.М. Глинкина
Инженер по компьютерному макетированию Т.Ю. Зотова

Подписано в печать 29.04.2009
Формат 60 × 84 / 8. 9,76 усл. печ. л. Тираж 100 экз. Заказ № 183

Издательско-полиграфический центр ТГТУ
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

ВВЕДЕНИЕ

Раздел «Начертательная геометрия», рассматривая широкий круг вопросов, связанных с геометрическим моделированием, сопоставлением трёхмерного объекта с его плоской проекционной моделью, решением позиционных и метрических задач, содержит отдельные направления, присущие различным инженерным специальностям. Среди них можно выделить такие, на которых базируется графическая подготовка будущего инженера-строителя. Прежде всего, это такие разделы начертательной геометрии, как: замена реального объекта его геометрической моделью, графическое изображение ортогональных проекций, построения аксонометрических и перспективных изображений, а также проекции с числовыми отметками.

Умение правильно выполнить и прочесть чертёж вырабатывается в результате овладения раздела «Инженерная графика». Эти знания, умения и навыки необходимы при изучении общеинженерных и специальных дисциплин, а также в практической инженерной деятельности. Все эти разделы можно условно объединить под названием «Инженерно-строительная геометрия».

В соответствии с действующим учебным планом в практикуме представлены варианты домашних графических заданий и даны указания по их графическому оформлению. Здесь вы найдете примеры выполнения домашних графических работ, ссылки на соответствующие разделы в учебниках и справочных пособиях. Для подготовки к экзамену по начертательной геометрии вы должны выполнить ряд упражнений и подготовить ответы на вопросы, которые приведены в данной разработке.

На ваших результатах в изучении курса начертательной геометрии, несомненно, скажутся знания, приобретённые в школе на уроках геометрии и черчения, а также развитие вашего пространственного воображения. Если, по какой-либо причине, хорошего пространственного воображения и хороших знаний по этим предметам у вас пока ещё нет, – отчаиваться не стоит. Все будет зависеть от вашего упорства, трудолюбия и, конечно, студенческого везения.

Желаем успехов!

1. ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

Начертательная геометрия, изучаемая в 1 семестре, включает в себя основы образования чертежа. Особое внимание уделяется изучению метода прямоугольного проецирования (метод Г. Монжа), установленного ГОСТ 2.305–68 для изображения предметов на чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

Работа над чертежами предполагает знакомство с основными стандартами ЕСКД, касающимися оформления чертежа. Студент должен быть ознакомлен с основным стандартом университета – СТП ТГТУ 07–97.

Чертежи графических работ (ГР) по начертательной геометрии выполняются на листах чертёжной бумаги форматов: А1 (594×841); А2 (420×594); А3 (297×420); А4 (210×297). Размеры форматов установлены ГОСТ 2.301–68. Внутри формата рамкой выделяется рабочее поле чертежа. С левой стороны линия рамки проводится на расстоянии 20 мм от линии обреза листа, с верхней, правой и нижней сторон – на расстоянии 5 мм.

Надписи на чертежах ГР должны быть выполнены стандартным шрифтом размером 3,5 и 5 в соответствии с ГОСТ 2.304–81. Вначале чертежи выполняются тонкими линиями, после проверки правильности их выполнения преподавателем, обводятся мягким карандашом. При этом следует помнить о тщательности и опрятности выполняемых графических построений.

Толщину и тип линий принимают согласно ГОСТ 2.303–68. Видимые контуры геометрических объектов следует выполнить сплошной толстой линией толщиной $S = 0,8 \dots 1,0$ мм. Невидимые элементы показывают штриховой линией, толщина которой составляет $S/3 - S/2$ толщины линий видимого контура. Такой же толщиной следует выполнять сплошные линии построений и линии связи. Линии центров и осевые выполняют штрихпунктирной линией. Желательно искомые элементы при обводке обводить красной пастой, тушью, гелиевой ручкой. Точки на чертеже желательно вычерчивать в виде окружностей диаметром 1,5...2 мм с помощью циркуля – «балеринки». Рекомендуются отдельные видимые элементы геометрических тел и поверхностей отмывать бледными тонами красок, используя акварель, разведённую в воде тушь, чай или цветные карандаши.

Основная надпись на чертежах

Основную надпись выполняют в соответствии с ГОСТ 2.104–68. Форма, размеры и содержание граф основной надписи даны на рис. 1.1. Основную надпись помещают в правом нижнем углу чертежа. Формат А4 располагают только короткой стороной к себе.

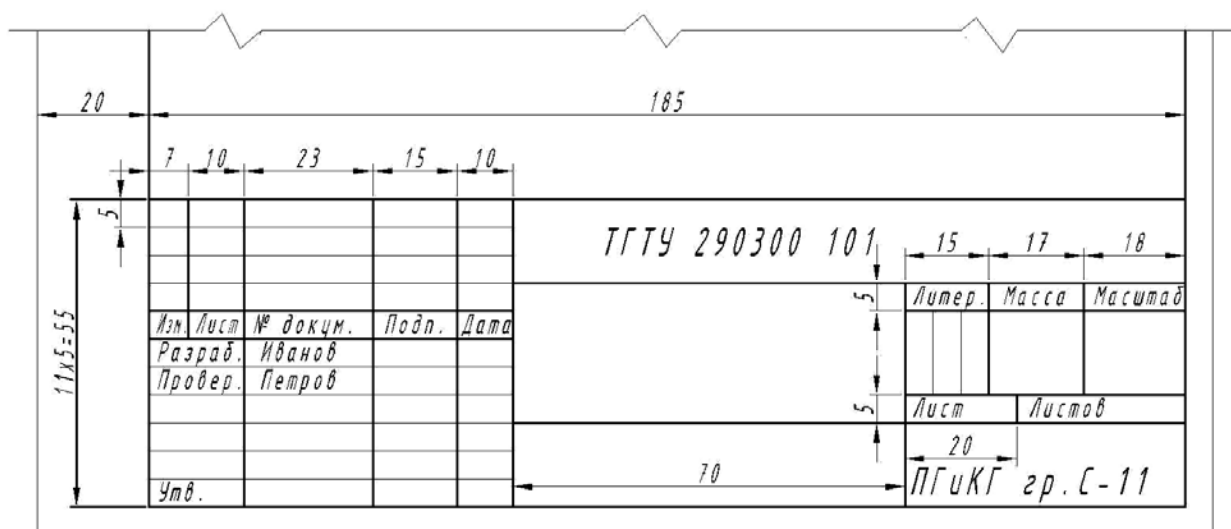


Рис. 1.1. Форма основной надписи на чертежах и схемах

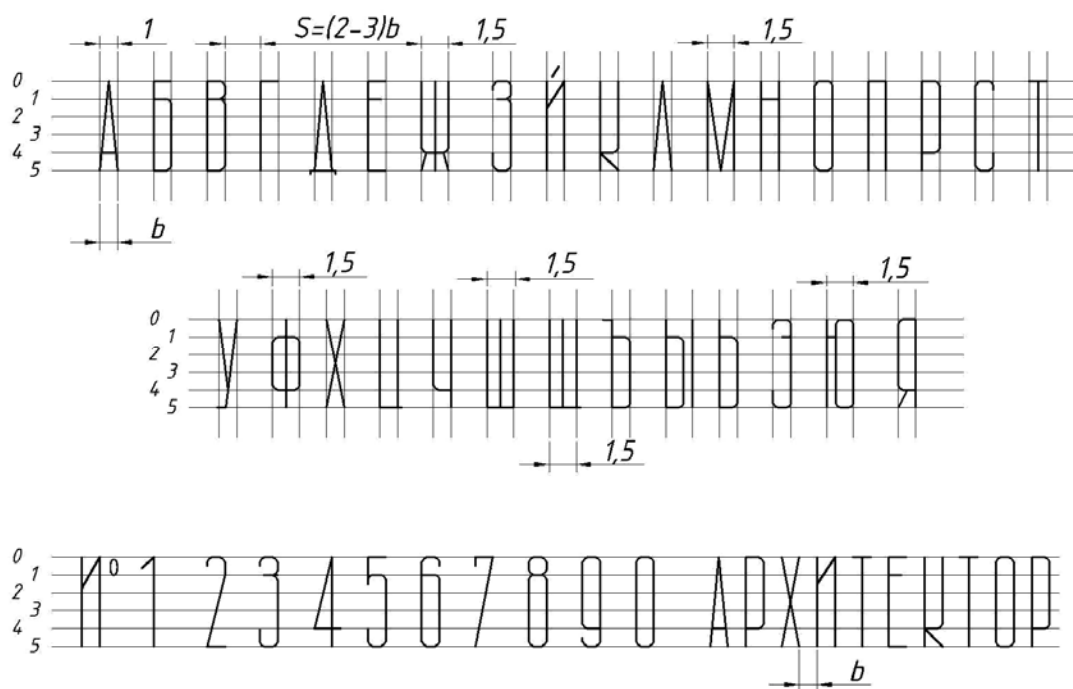


Рис. 2.1. Образец выполнения архитектурного шрифта

Все чертежи графических работ сопровождаются титульным листом, выполненным по образцу на рис. 2.3.

Чертежи, помещённые как образец выполнения ГР, не являются эталонами исполнения, а служат лишь примерами расположения материала на листе, характеризуют объём и содержание изученной темы.

Листы чертежей выполненных ГР не складывают, а хранят в папке для черчения или сворачивают в трубочку.

2. ЗАДАНИЯ К ГРАФИЧЕСКИМ РАБОТАМ ПО НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

2.1. Графическая работа № 1

ШРИФТЫ ЧЕРТЁЖНЫЕ. ТОЧКА, ПРЯМАЯ, ПЛОСКОСТЬ

ШРИФТЫ ЧЕРТЁЖНЫЕ. ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ (часть 1) (Пример выполнения приведён на рис. 2.2, 2.3)

Цель работы: изучить основные правила оформления чертежей, изложенные в стандартах ЕСКД, относящихся к линиям чертежа и шрифтам чертёжным; получить навыки чертёжной работы и выполнить надписи стандартным чертёжным и архитектурным шрифтами.

Задание

Упражнение I. Выполнить шрифтом размером 10 (высота букв в миллиметрах) все прописные и строчные буквы русского и латинского алфавита, цифры и наиболее используемые в качестве обозначений строчные буквы латинского алфавита, а также буквы и цифры архитектурного шрифта. Правильность и размеры написания чертёжного шрифта изучить по ГОСТ 2.304–81 – ЕСКД. Шрифты чертёжные.

Упражнение II. Выполнить стандартным чертёжным шрифтом титульный лист графических работ.

Порядок выполнения работы

Упражнение I. Упражнение выполнить на формате А4 (210×297) карандашом. В нижней части формата выполнить основную надпись (см. рис. 1.1).

Для написания шрифта по ГОСТ 2.304–81 для прописных букв и цифр следует разлиновать строки на расстоянии 10 мм друг от друга. Остальную разлиновку выполнить согласно следующему пояснению. Размер шрифта есть высота прописных (заглавных) букв и цифр, например 14; 10; 7; 5; 3,5 мм. Ширина большинства букв и высота строчных букв для каждого размера шрифта, например, соответственно высоте по размеру, 10; 7; 5; 3,5; 2,5. Ширина букв Д, Ж, Ф, Ш, Щ, Ъ равна их высоте (буква М немного уже). Расстояние между буквами приблизительно равно разности между соседними размерами шрифта, например $10 - 7 = 3$ мм. Отростки строчных букв р, б, в и других выступают на такую же высоту. Провести наклонные линии под углом, равным 75° . Рекомендуется, кроме того, проводить ориентировочные наклонные линии через 10...15 мм, писать на глаз, тщательно доводя каждую букву до разлиновки. Если рядом стоят буквы Г и Д или Г и Л просвет между ними не делается. Расстояние между словами равно высоте букв.

Надписи на чертежах рекомендуется выполнять шрифтом размером 7; 5; 3,5; 2,5, а размерные числа – шрифтами размером 5 и 3,5.

Для подписания архитектурных чертежей рекомендуют архитектурный шрифт. Шрифт прямой, буквы узкие. Ширину букв принимают равной $1/5$ их высоты (см. рис. 2.1).

Основной шрифт с наклоном
 АБВГДЕЖЗИКЛМНОПР
 СТУФХЦЧШЩЪЫЬЭЮЯ
 абвгдежзиклмнопр
 стуфхцчшщъыьэюя
 1234567890№
 ABCDEFGHIJKLMNOPQ
 RSTUVWXYZ
 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz

ШРИФТ АРХИТЕКТУРНЫЙ УЗКИЙ

АБВГДЕЖЗИКЛМНОПРСТ

УФХЦЧШЩЪЫЬЭЮЯ

№1 234567890

					ТГТУ 290300 101			
					Шрифты	Литер	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
						Лист	Листов	
Утв.						ПГ и КГ гр. С-11		

Рис. 2.2. Образец выполнения графической работы № 1 (часть 1)

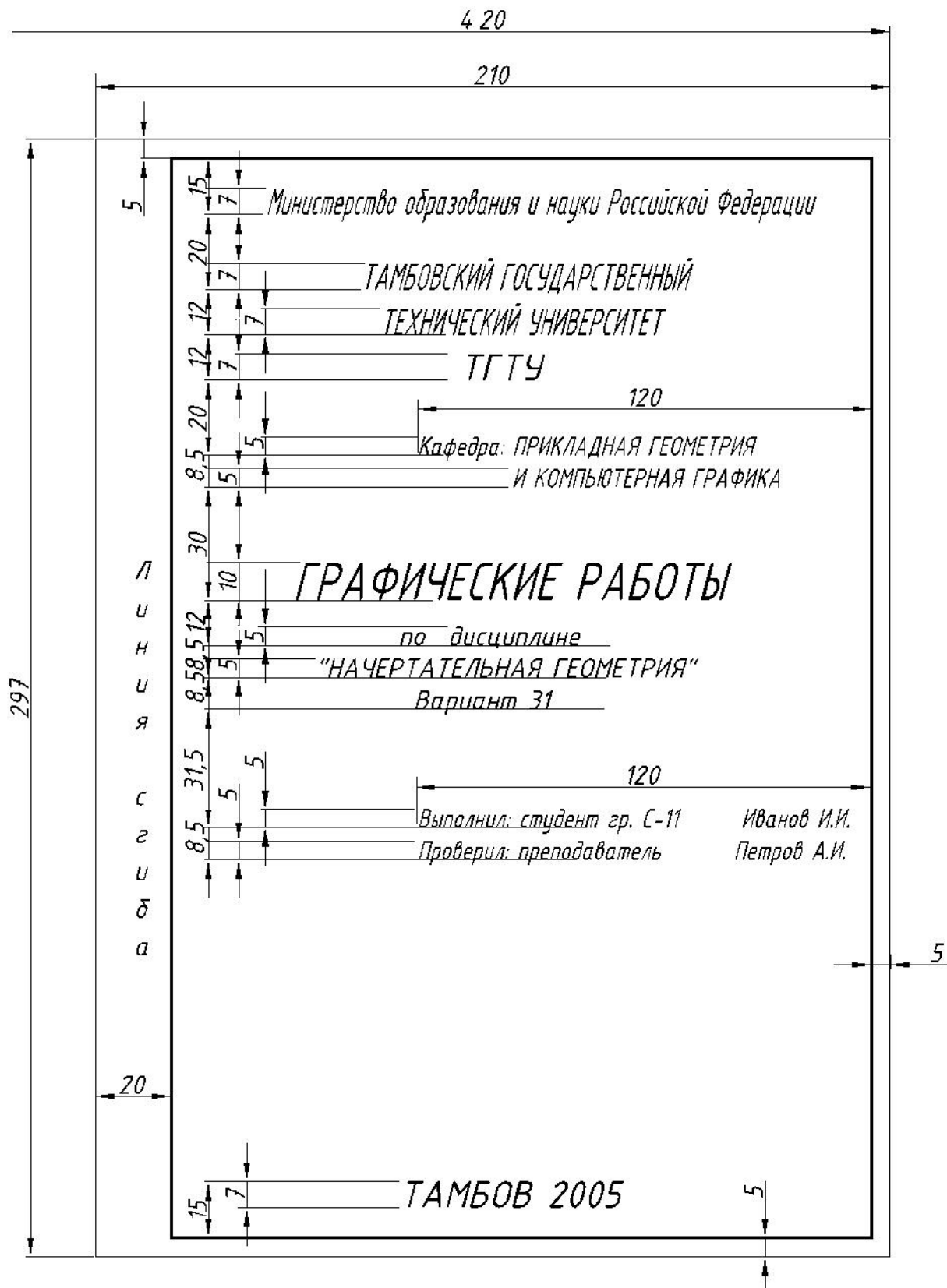


Рис. 2.3. Титульный лист
(Размеры на чертеже не проставлять)

Упражнение II. Выполнить на формате А3 (297×420), сложенном пополам до формата А4. Буквы вычертить по сетке с наклоном к строке под углом 75° карандашом. Шрифт прописных букв принять размером 10; 7%. Вычертить рамку.

Проработать: по учебнику [2, с. 22 – 34 и 4, с. 68 – 69], по справочнику [3, с. 21 – 38] и изучить основные требования стандартов ЕСКД [6]; ГОСТ 2.303–68. Типы линий; ГОСТ 2.304–81. Шрифты чертёжные.

Варианты индивидуальных заданий ГР № 1 (Часть 1): Задание ГР № 1 (Часть 1) является общим для всех студентов.

ТОЧКА, ПРЯМАЯ, ПЛОСКОСТЬ (часть 2)
(Пример выполнения приведён на рис. 2.4)

Цель работы: закрепление знаний при решении позиционных задач.

Задание

Задание содержит четыре задачи, выполняемые в определённой последовательности на одном комплексном чертеже в ортогональных проекциях на две плоскости.

На рис. 2.5 изображены план и фасад прямоугольного схематизированного здания с четырёхскатной крышей. Все скаты крыши наклонены под одним и тем же углом α к горизонтальной плоскости проекций Π_1 . На крыше укреплена антенна высотой Z на расстоянии 7 м от угла здания и 1 м от фасадной стены.

Вычертить в ортогональных проекциях в масштабе 1:200 часть здания, ограниченную горизонтально-проецирующими плоскостями в повернутом положении так, чтобы конёк крыши EF составлял с фронтальной плоскостью проекций Π_2 угол β , как показано на рис. 2.6.

Задача I. Построить следы плоскостей P и Q скатов крыши $Aefd$ и DFC .

Задача II. Определить расстояние от верхней точки антенны G до ската крыши $Aefd$.

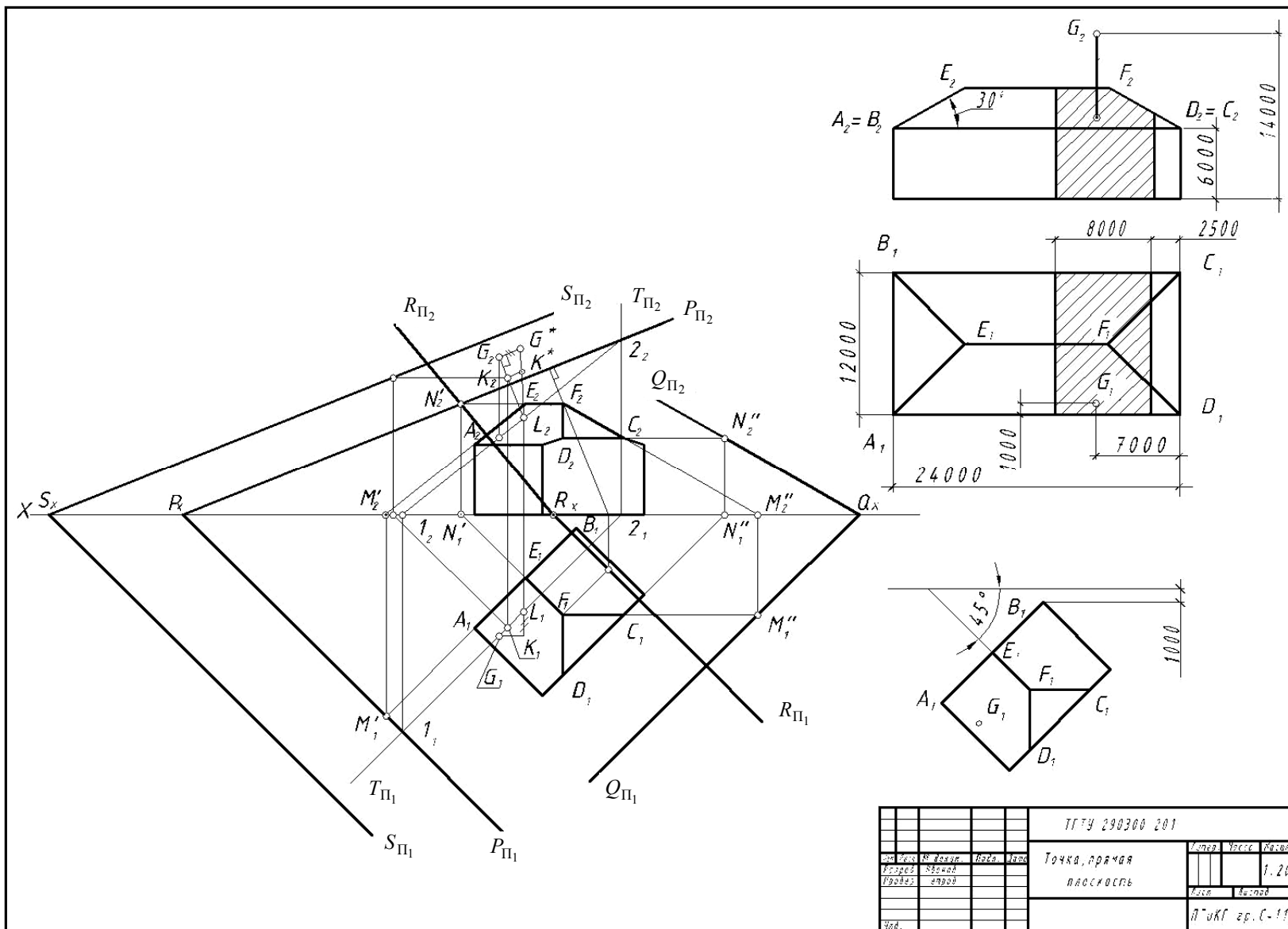
Задача III. Построить плоскость, параллельную плоскости ската крыши $Aefd$ и расположенную на расстоянии 3 м от неё.

Задача IV. Построить плоскость, перпендикулярную к плоскости ската крыши $Aefd$ и проходящую через конёк крыши EF .

2.1. Данные к задачам I, II, III, IV

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
α°	30	30	30	30	30	45	45	45	45	45	30	30	30	30	30
β°	30	45	60	45	60	30	60	45	30	45	45	60	45	30	30
Z (м)	10	14	12	13	11	12	14	13	15	15	10	14	12	13	11

Вариант	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
α°	45	45	45	45	45	30	30	30	30	30	45	45	45	45	45
β°	30	60	45	45	60	60	45	30	60	45	30	60	45	60	30
Z (м)	13	13	14	11	15	10	14	12	13	11	14	12	12	11	11



				ТИТУЛ 290300 201			
Исполн:	М. В. Смирнов	Дата:	10.01.2000	Контр.	Учред.	Издатель	
Провер:	С. В. Иванов			Точка, прямая			
Утверд:	А. В. Петров			ПРОЕКЦИЯ			
Изд.				Лист	Всего	1.200	
				ИПКФ эр.С-11			

Порядок выполнения работы

- На листе чертёжной бумаги формата А2 начертить рамку формата и прямоугольник для основной надписи.
- Начертить для своего варианта (значения параметров берутся из табл. 2.1) в масштабе 1:200 план и фасад здания с установленной на крыше антенной высотой Z (рис. 2.5). Так как все скаты крыши имеют одинаковый угол α наклона к горизонтальной плоскости Π_1 , то на плане они пересекаются по рёбрам BE , AE , FC , FD , которые являются биссектрисами и, следовательно, $\angle BEA$ и $\angle CFD$ равны 90° .
- Начертить на плане и фасаде проекции части здания, ограниченной горизонтально-проецирующими плоскостями.
- Начертить в том же масштабе горизонтальную проекцию части здания, повернув её под углом β к фронтальной плоскости проекций Π_2 и расположив от оси X на 1 м так, как показано на рис. 2.6.
- Начертить горизонтальную, а затем фронтальную проекцию части здания и приступить к решению указанных задач.

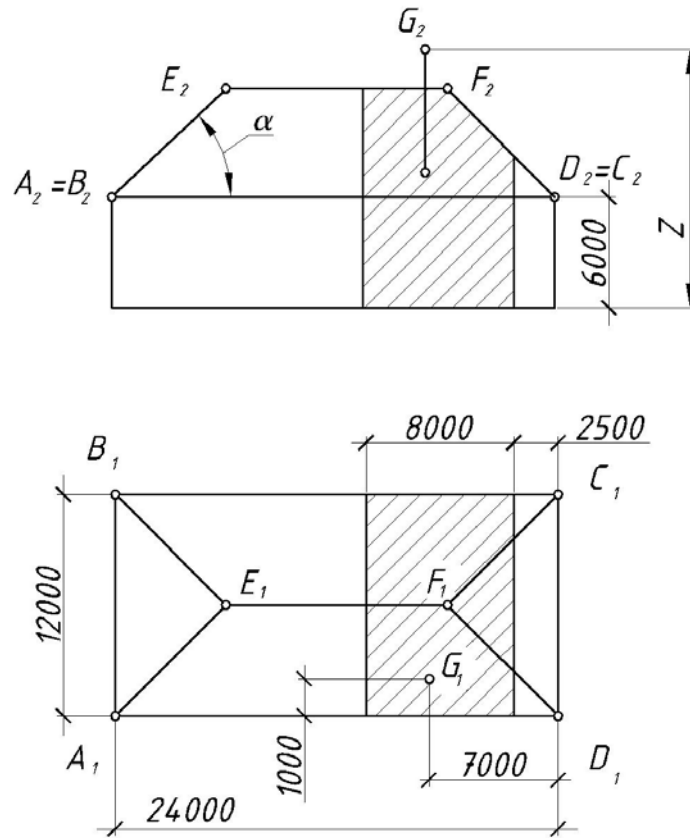


Рис. 2.5. Задание к графической работе № 1 (часть 2)

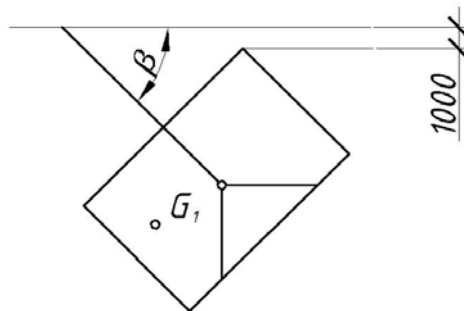


Рис. 2.6. Задание к графической работе № 1 (часть 2)

Для решения задачи I рассмотреть примеры в учебнике [6, с. 46–47, рис. 135] и разобрать решение этой задачи на рис. 2.7.

Для построения следов плоскости P ската крыши $AEFD$ находят горизонтальный след M' прямой AE и фронтальный след N' прямой EF . Через горизонтальную проекцию M'_1 горизонтального следа параллельно $A_1 D_1$, так как AD – горизонталь плоскости $AEFD$, проводят горизонтальный след плоскости PP_1 . Через полученную на оси X точку схода P_X и построенную фронтальную проекцию фронтального следа прямой EF точку N'_2 проводят фронтальный след PP_2 плоскости ската крыши $AEFD$.

Аналогично строятся следы плоскости Q ската крыши CDF . Находят горизонтальную проекцию горизонтального следа N''_1 прямой CF и через неё параллельно горизонтальной проекции CD , так как CD – горизонталь плоскости ската CDF , проводят горизонтальный след QP_1 . Через полученную на оси X точку схода Q_X и построенный фронтальный след прямой CD проводят фронтальный след QP_2 плоскости CDF .

Для решения задачи II рассмотреть примеры в учебнике [6, с. 56–57, рис. 169, 170; с. 61, рис. 182] и разобрать решение этой задачи на рис. 2.8.

Для определения расстояния от верхней точки G антенны до плоскости ската $AEFD$ из нее опускают перпендикуляр на эту плоскость. Проекции перпендикуляра проводят, используя правило проецирования прямого угла: горизонтальная проекция $G_1 L_1$ перпендикулярна PP_1 горизонтальной проекции горизонтали плоскости P , а фронтальная проекция $G_2 L_2$ перпендикулярна PP_2 фронтальной проекции

фронталы плоскости P . Находят точку L пересечения перпендикуляра с плоскостью $AEFD$. Для этого через перпендикуляр проводят вспомогательную горизонтально-проецирующую плоскость T . Находят линию пересечения $1-2$ плоскостей P и T , отмечают точку пересечения L перпендикуляра с построенной прямой $1-2$. Методом прямоугольного треугольника находят натуральную величину отрезка GL . В примере решения задачи прямоугольный треугольник построен на фронтальной проекции G_2L_2 . Отрезок G^*L_2 определяет абсолютную величину расстояния от точки G до плоскости $AEFD$.

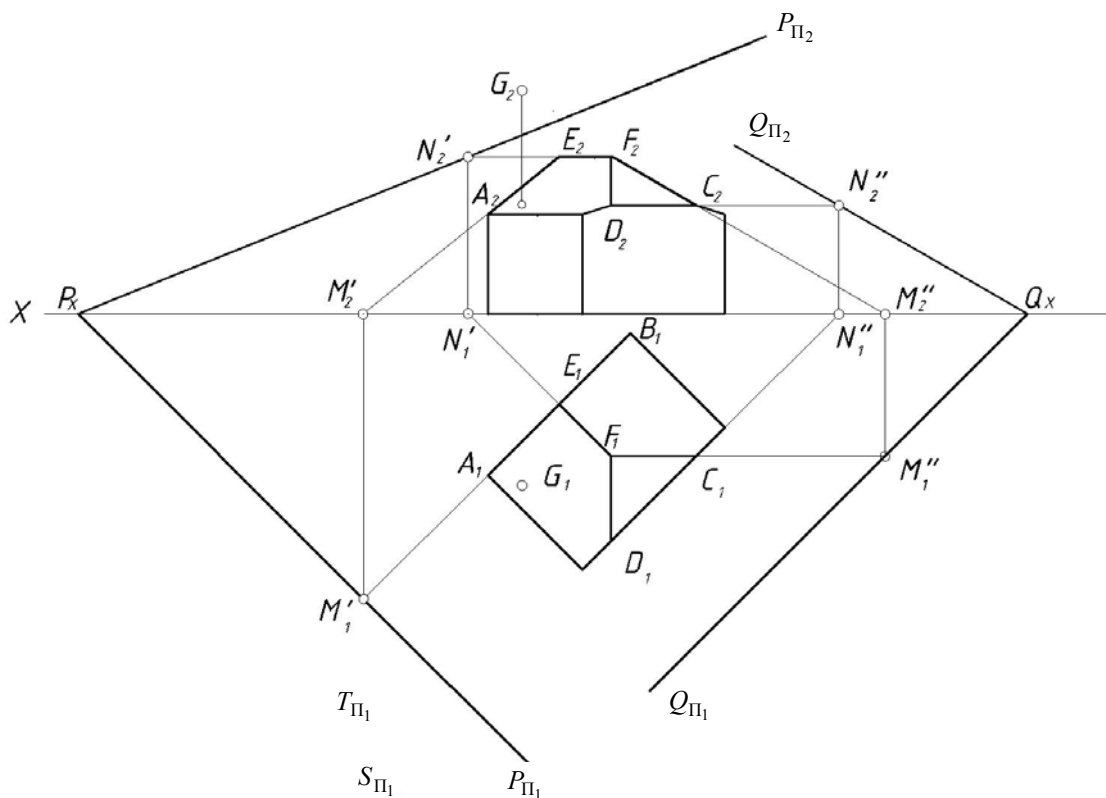


Рис. 2.7. Пример решения задачи I графической работы № 1 (часть 2)

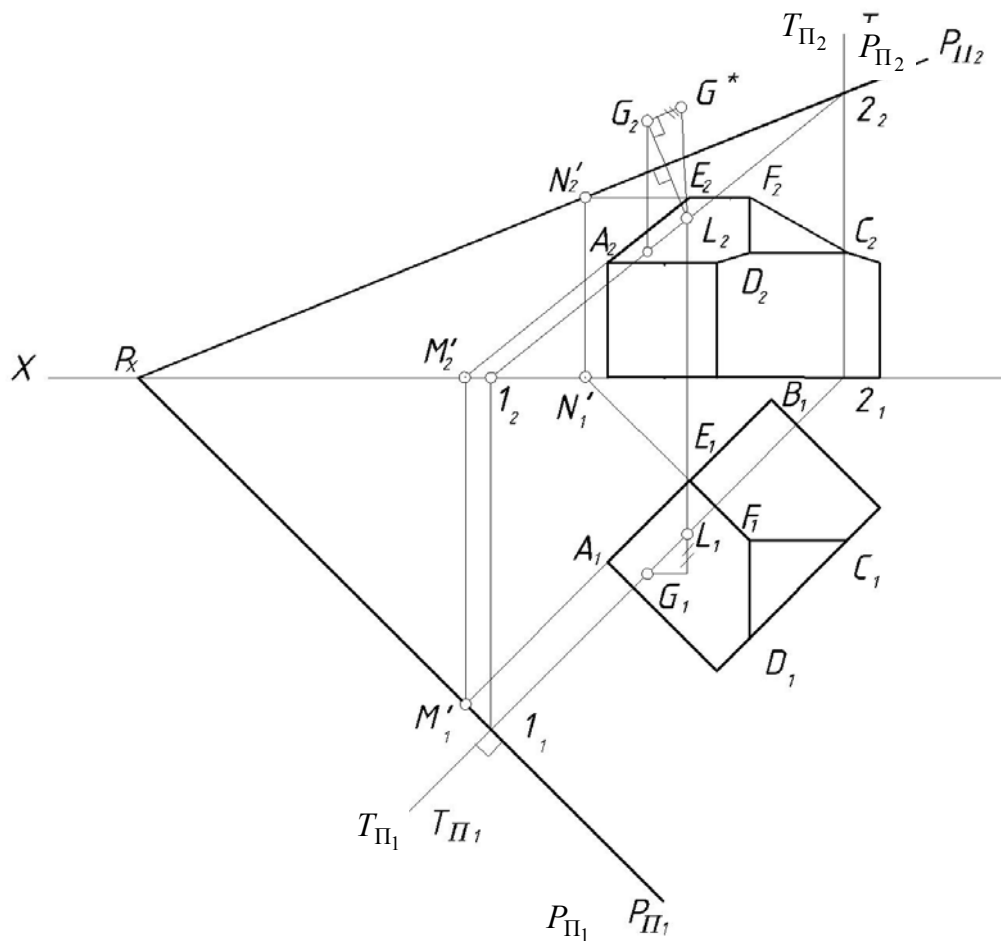


Рис. 2.8. Пример решения задачи II графической работы № 1 (часть 2)

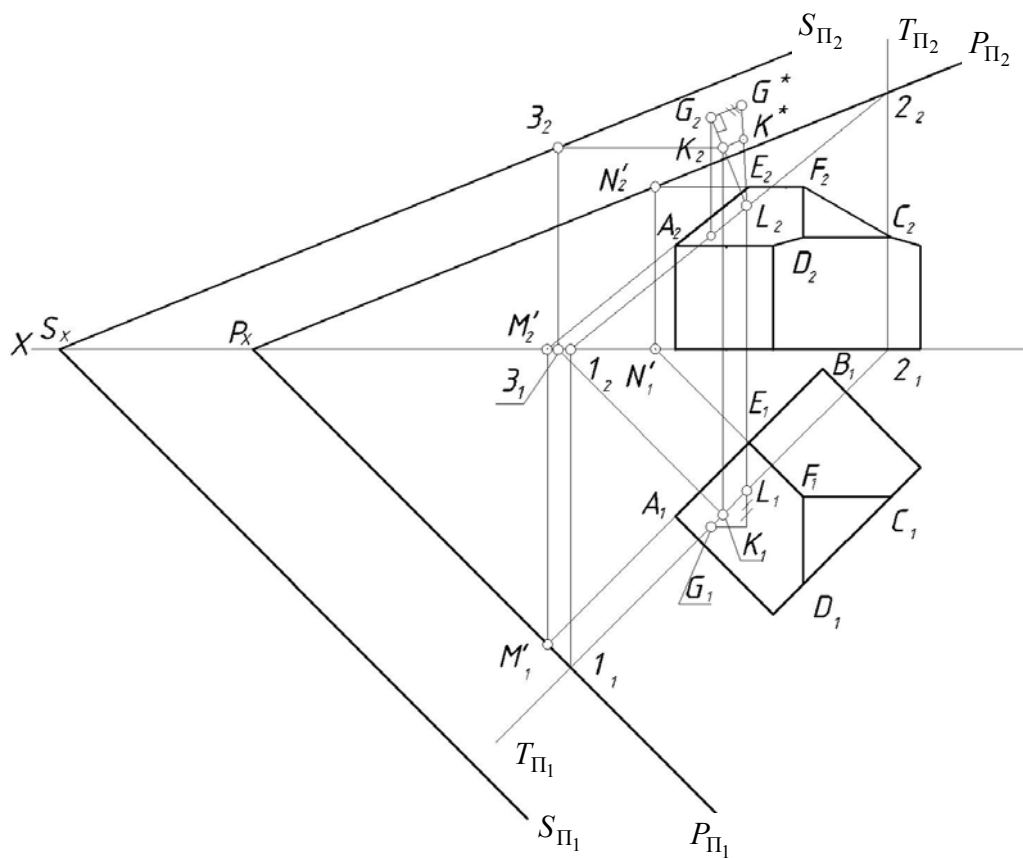


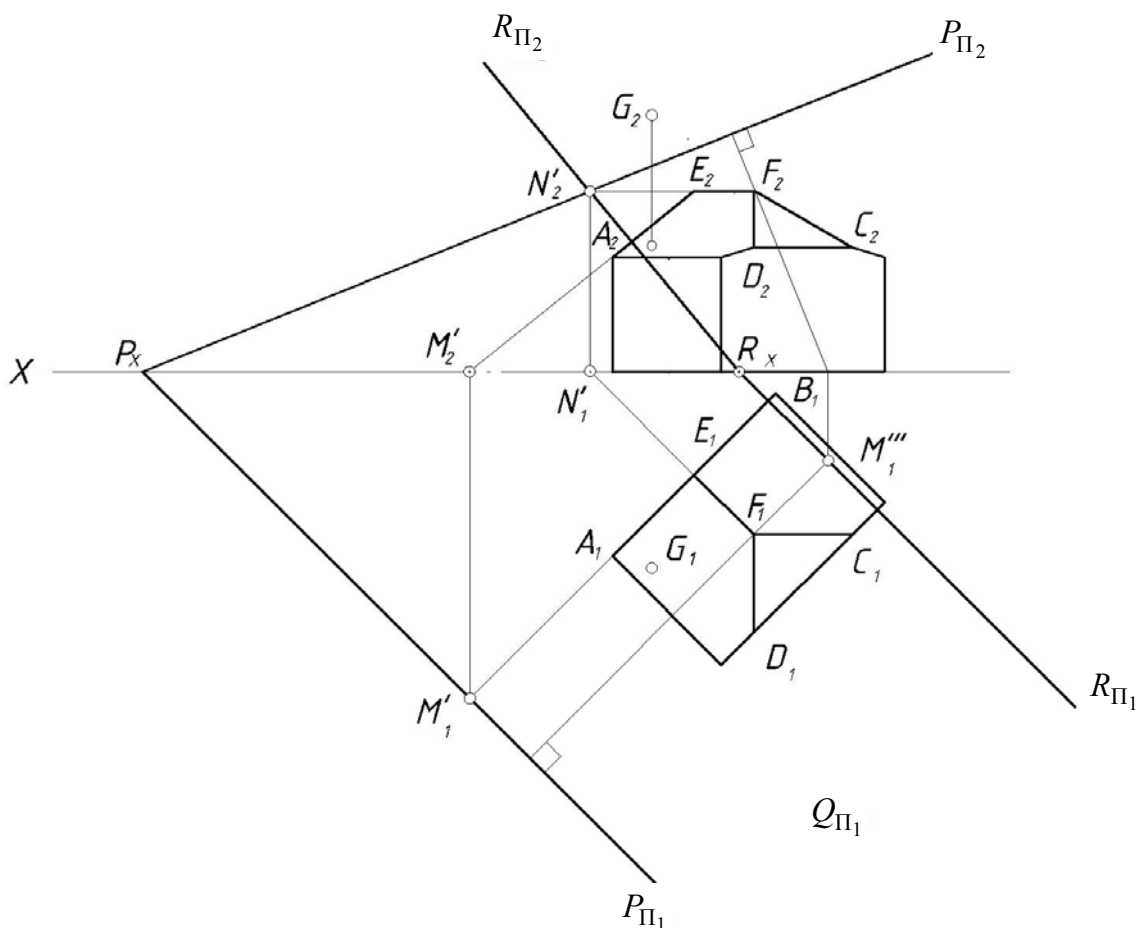
Рис. 2.9. Пример решения задачи III графической работы № 1 (часть 2)

Для решения задачи III рассмотреть примеры в учебнике [6, с. 62–63, рис. 187, 188] и разобрать решение этой задачи на рис. 2.9.

Для построения плоскости, расположенной параллельно заданной и удаленной от неё на определенное расстояние, следует на перпендикуляре, восстановленном из точки, принадлежащей плоскости, отложить заданное расстояние. Через вершину перпендикуляра провести параллельную плоскость. Для этого на отрезке G^*L_2 , являющемся абсолютной величиной перпендикуляра GL , в масштабе откладывают отрезок L_2K^* , равный 3 м. Через построенную точку K проводят плоскость S , параллельную плоскости $AEFD$. Для этого через точку K проводят горизонталь $K-3$ и через фронтальный след этой горизонтали точку 3_2 строят параллельно фронтальному следу плоскости P фронтальный след $S\Pi_2$. Через полученную на оси X точку схода S_X проводят горизонтальный след $S\Pi_1$ параллельно горизонтальному следу плоскости P .

Для решения задачи IV рассмотреть примеры в учебнике [6, с. 64–65, рис. 194, 195] и разобрать решение этой задачи на рис. 2.10.

Плоскость перпендикулярна другой, если она проходит через прямую, перпендикулярную заданной плоскости. Для построения плоскости, перпендикулярной плоскости $AEFD$ и проходящей через конёк крыши EF достаточно через точку F провести перпендикуляр к плоскости $AEFD$. Горизонтальная проекция этого перпендикуляра перпендикулярна горизонтальному следу плоскости P , а фронтальная проекция – фронтальному следу. Находят горизонтальную проекцию горизонтального следа M_1''' построенного перпендикуляра и через неё параллельно E_1F_1 , так как EF принадлежит строящейся плоскости R и является её горизонталью, проводят горизонтальный след $R\Pi_1$. Через полученную на оси X точку R_X схода и построенную ранее фронтальную проекцию фронтального следа прямой EF точку N_2' проводят фронтальный след $R\Pi_2$.



**Рис. 2.10. Пример решения задачи IV графической работы № 1 (часть 2)
2.2. Графическая работа № 2**

СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЧЕРТЕЖА
(Пример выполнения приведён на рис. 2.11)

Цель работы: закрепление знаний и основных приемов при решении метрических задач.

Задание

Даны ортогональные проекции здания (план и фасад), положение проецирующей плоскости P .

Задача V. Построить в ортогональных проекциях наложенное сечение поверхности здания плоскостью P и определить натуральную величину сечения с использованием одного из существующих способов преобразований проекций.

Задача VI. Определить способом плоско-параллельного перемещения расстояние от точки A до ребра BC .

Задача VII. Способом замены плоскостей проекций определить величину двугранного угла между плоскостями BCD и BCE .

Для большей наглядности и выразительности чертежа рекомендуется поверхность здания отмыть.

Порядок выполнения работы

Для решения задачи *V* рассмотреть пример в учебнике [4, с. 99 – 101, рис. 4.52 и 4.53; 7, с. 55, рис. 127, 128].

Задание выполняют на чертёжной бумаге формата А3. В левой части чертежа, согласно своему варианту (см. рис. 2.12), увеличив исходные размеры в 1,4 раза, строят проекции здания.

Так как секущая плоскость P занимает фронтально-проецирующее положение, то фронтальная проекция фигуры сечения совпадает с фронтальным следом секущей плоскости. Из фронтальных проекций точек, принадлежащих элементам фигуры сечения, проводят линии связи и находят их горизонтальные проекции. Горизонтальную проекцию фигуры сечения заштриховать. Теперь, имея горизонтальную и фронтальную проекции фигуры сечения, находят её натуральную величину. Для этого надо, чтобы плоскость фигуры сечения была параллельна плоскости проекций. Поэтому новую плоскость проекций Π_4 располагают параллельно фронтально-проецирующей проекции фигуры сечения и перпендикулярно плоскости проекций Π_2 . Строят проекции точек в системе $\Pi_1|\Pi_4$, помня, что проекции точек лежат на линиях связи перпендикулярных оси, а расстояние от новой проекции точки до новой оси должно равняться расстоянию от заменяемой проекции точки до предыдущей оси. Стороны полученной натуральной величины фигуры сечения обвести красной пастой или карандашом и заштриховать.

Для решения задачи *VI* рассмотреть пример в учебнике [6, с. 95, рис. 265, 266].

Расстояние от точки до прямой на чертеже будет проецироваться в натуральную величину в том случае, если прямая займёт проецирующее положение. Соблюдая правила вращения геометрических фигур вокруг оси, перпендикулярной плоскости проекций, задачу решают в два действия.

1. Привести прямую BC в частное положение, т.е. параллельное плоскости проекций. Для получения фронтальной прямой необходимо горизонтальную проекцию прямой вместе с точкой A , не изменяя их геометрических размеров, расположить параллельно оси X . При этом фронтальные проекции точек будут перемещаться по прямым, параллельным оси X .

2. Привести прямую BC из положения фронтальной прямой в положение проецирующей прямой, т.е. перпендикулярной плоскости проекций. Для получения горизонтально-проецирующей прямой необходимо фронтальную проекцию прямой вместе с точкой A , не изменяя их геометрических размеров, расположить перпендикулярно оси X . При этом горизонтальные проекции точек будут перемещаться по прямым, параллельным оси X .

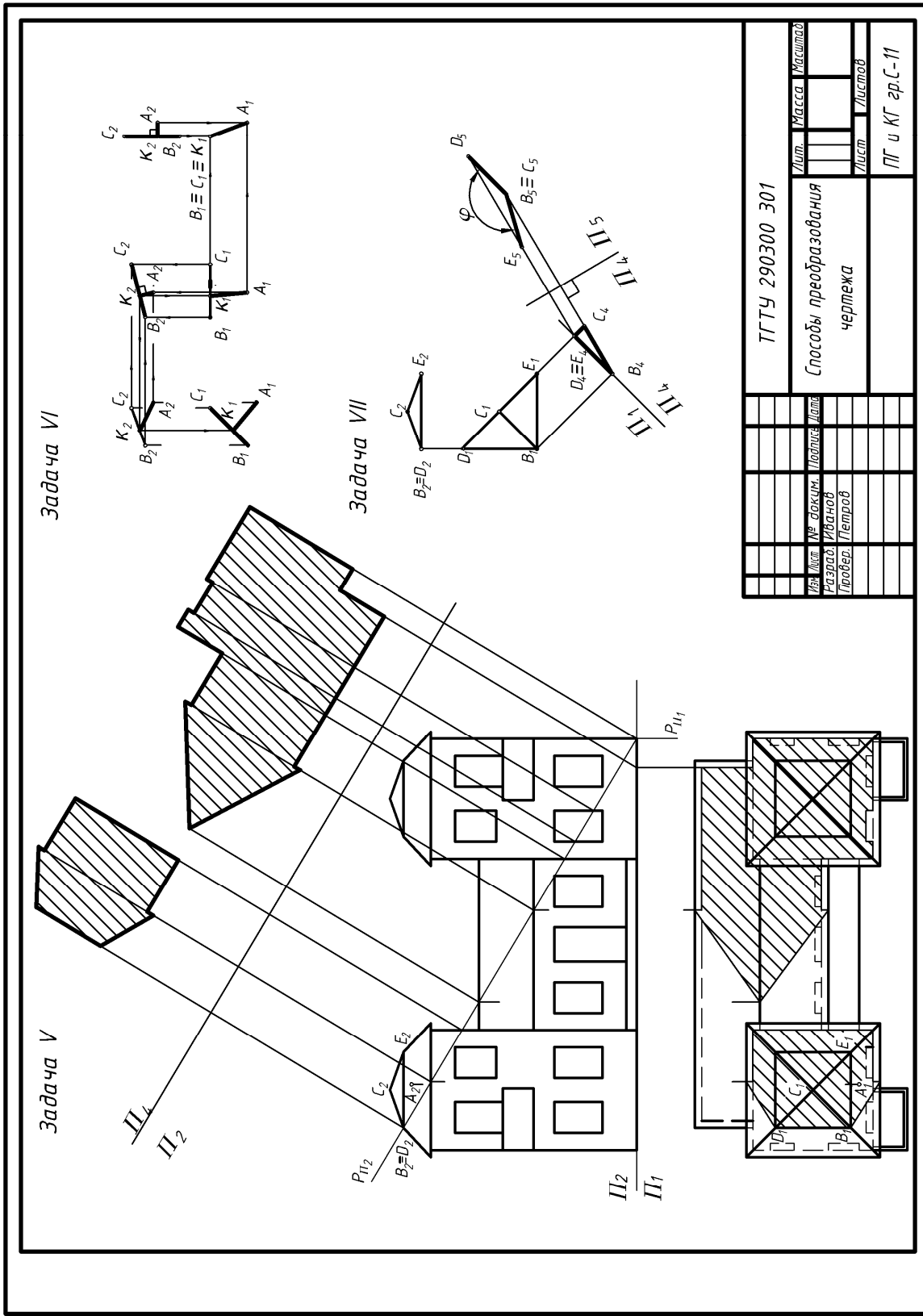


Рис. 2.11. Образец выполнения графической работы № 2

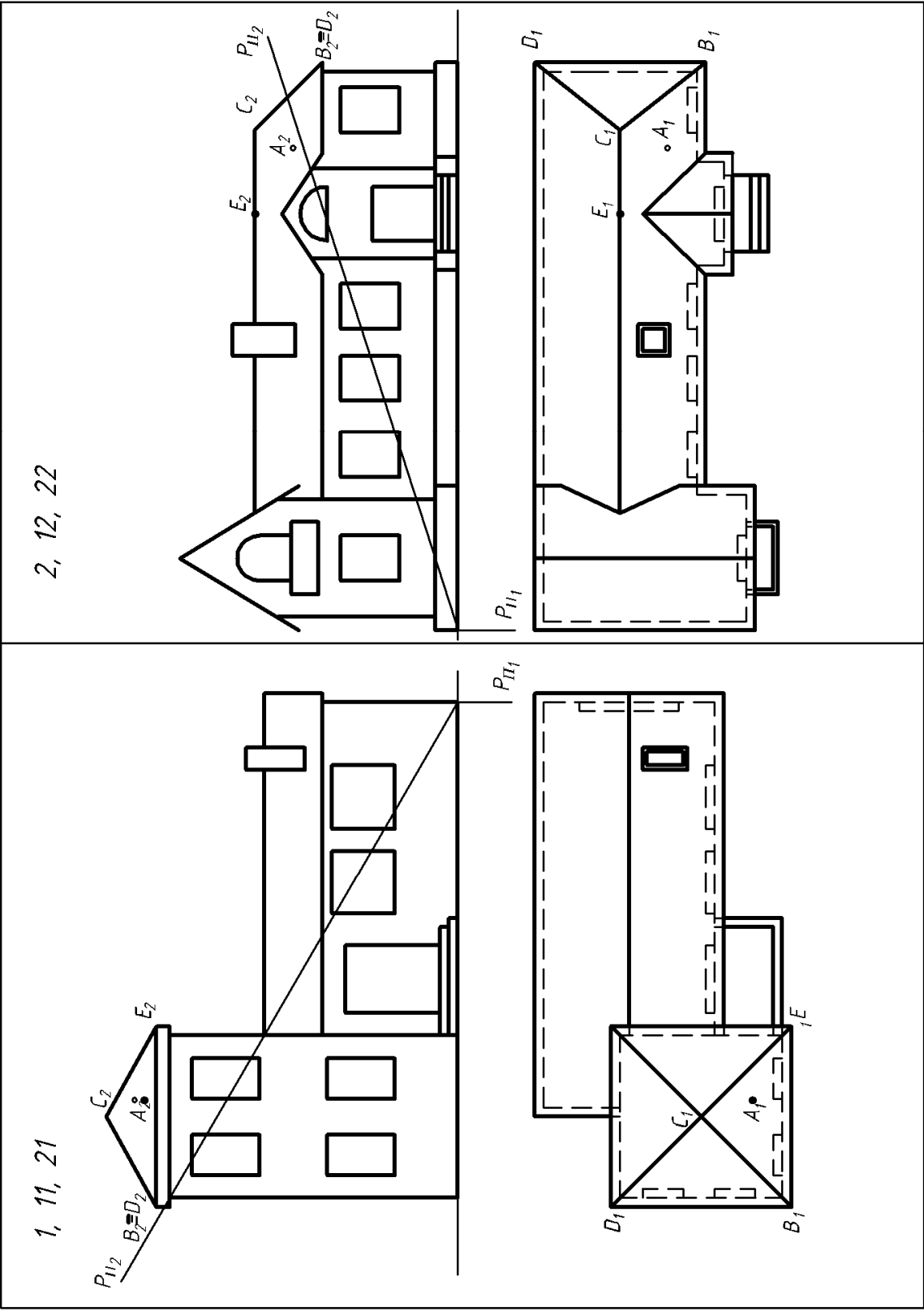
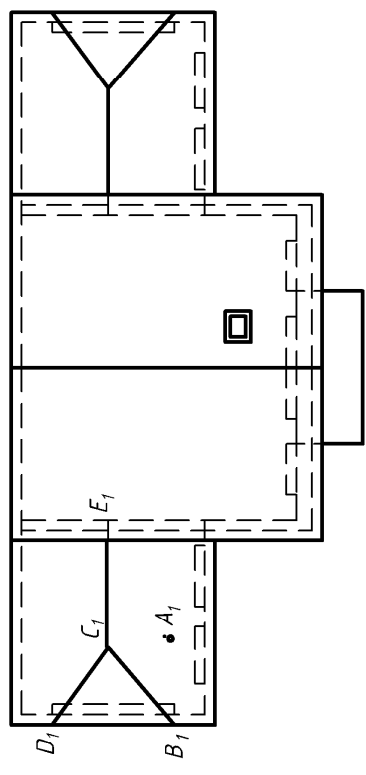
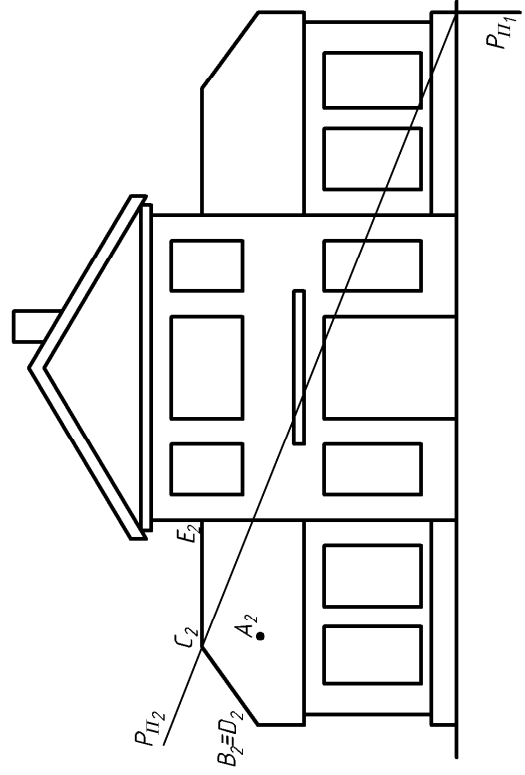


Рис. 2.12. Варианты индивидуальных заданий к графической работе № 2 и 4

3, 13, 23



4, 14, 24

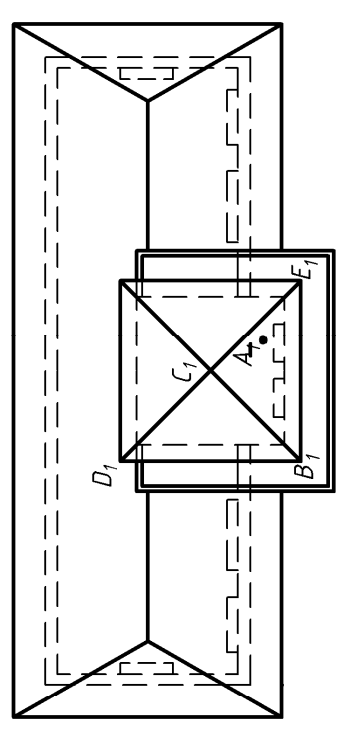
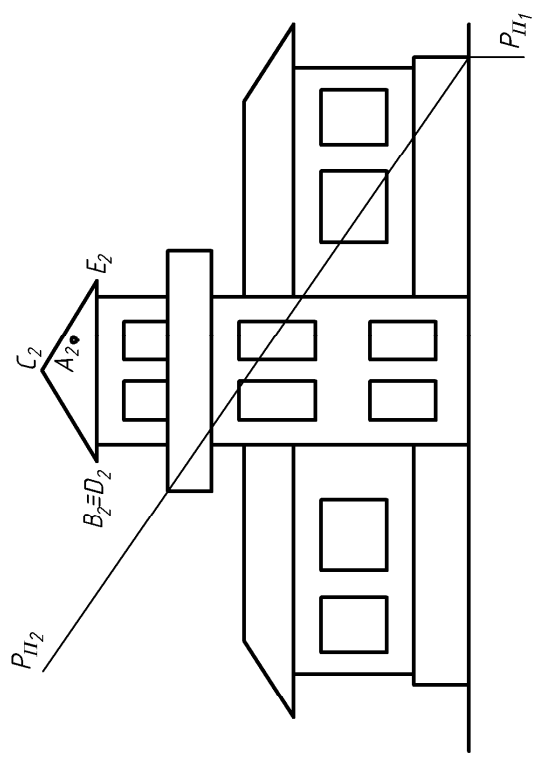


Рис. 2.12. Продолжение

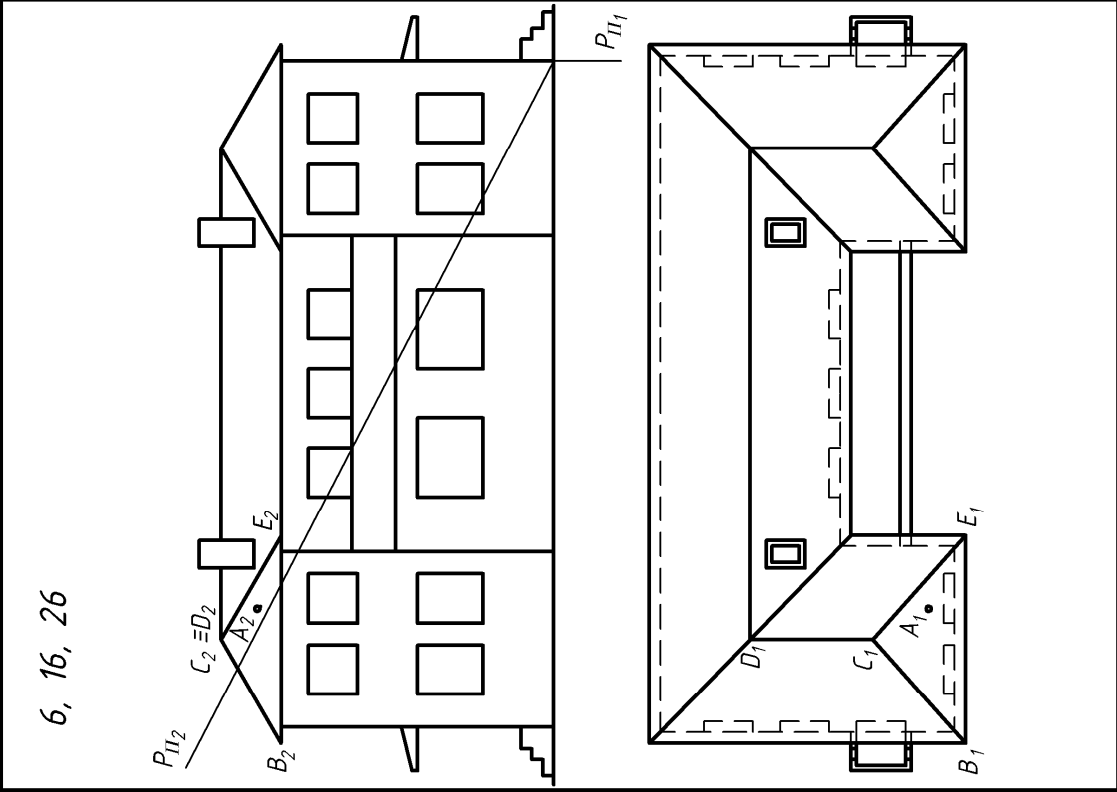
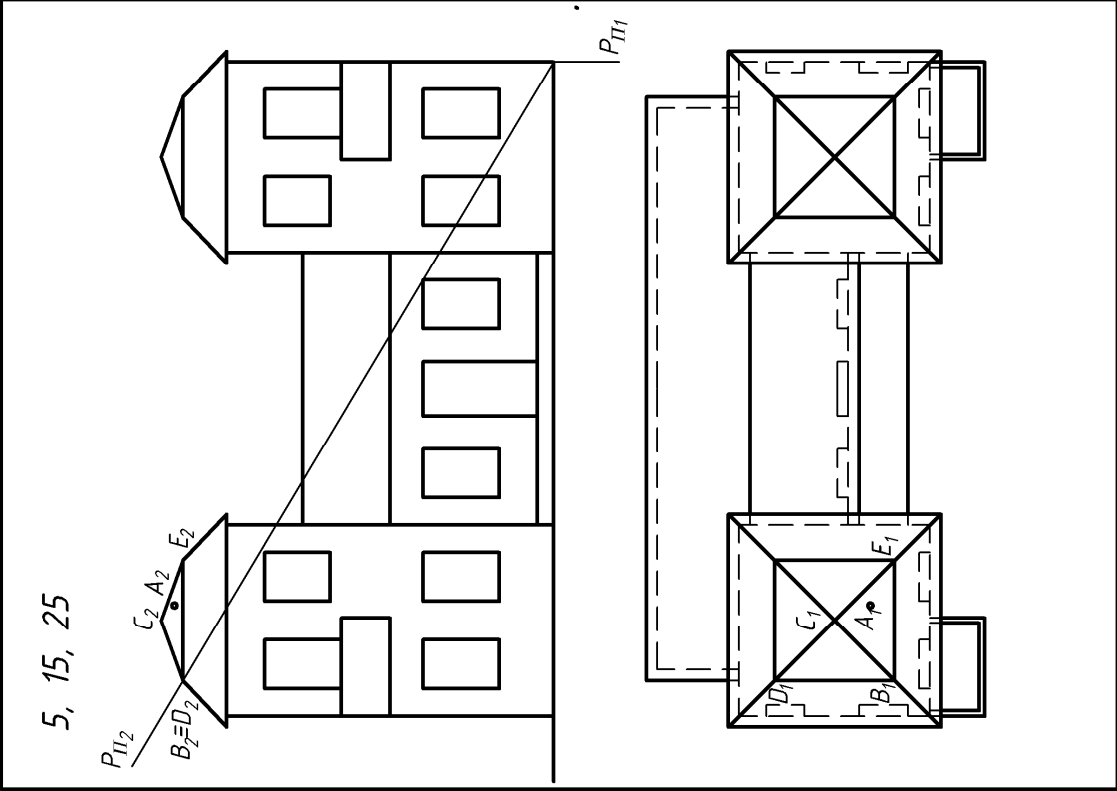
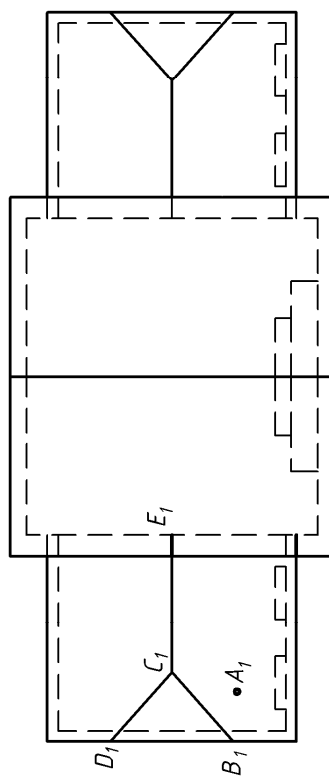
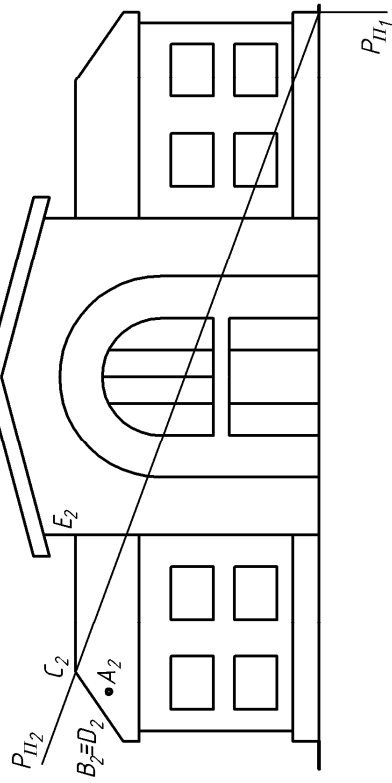


Рис. 2.12. Продолжение

7, 17, 27



8, 18, 28

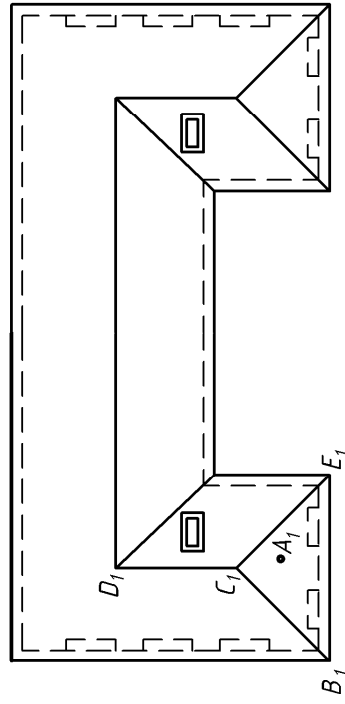
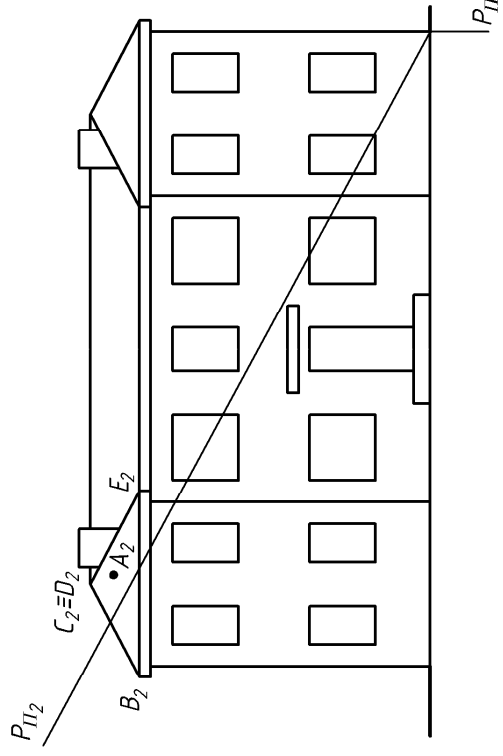


Рис. 2.12. Продолжение

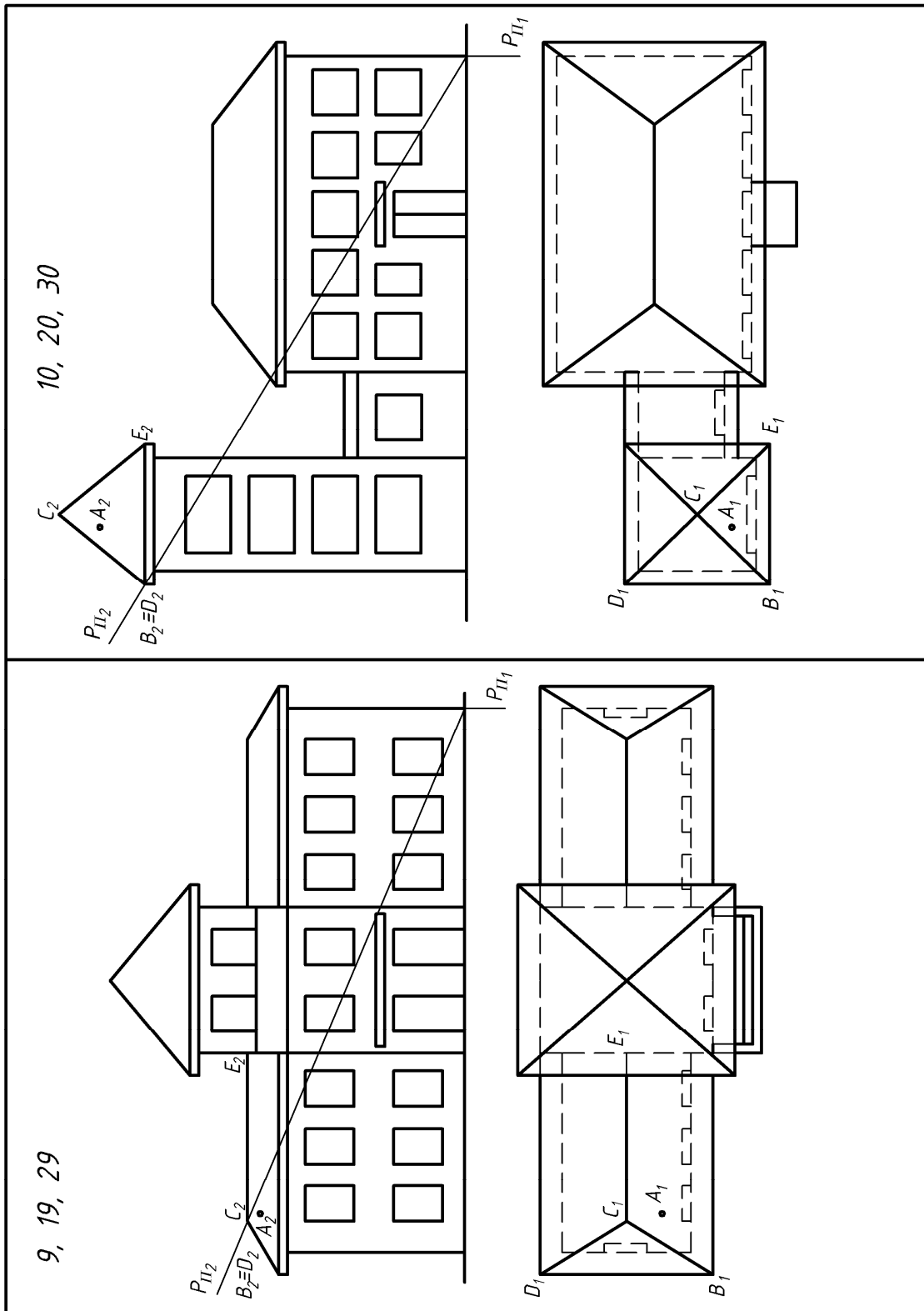


Рис. 2.12. Окончание

Определить расстояние от точки A до прямой BC . Оно равно отрезку перпендикуляра AK , опущенного из точки A на прямую BC , выродившуюся в горизонтальной плоскости проекций в точку. Используя правило проецирования прямого угла, достроить фронтальную проекцию перпендикуляра AK . Проекции перпендикуляра обвести красной пастой или карандашом.

Для решения задачи VII рассмотреть пример в учебнике [6, с. 56, рис. 167].

Двугранный угол измеряется линейным углом, составленным линиями пересечения граней двугранного угла с плоскостью, перпендикулярной к его ребру. Для того, чтобы линейный угол проецировался на плоскость проекций в натуральную величину, надо новую плоскость проекций поставить перпендикулярно к ребру двугранного угла.

При использовании способа замены плоскостей проекций нужно иметь в виду, что фигура не меняет своего положения в пространстве, плоскость же проекций Π_1 , а затем Π_2 заменяют новой плоскостью, соответственно Π_4 и Π_5 . Решение задачи выполняется в два действия. Во время первого преобразования чертежа плоскость Π_4 располагают параллельно ребру BC , во время второго – перпендикулярно.

Натуральную величину двугранного угла обвести красной пастой или карандашом.

2.3. Графическая работа № 3

ВЗАИМНОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ.

РАЗВЁРТКА КОНУСА

(Пример выполнения приведён на рис. 2.13)

Цель работы: закрепление знаний и приобретение навыков в решении позиционных задач на поверхностях вращения и построение развёртки боковой поверхности конуса.

Задание

Задача VIII. Построить проекции линии пересечения двух поверхностей способом вспомогательных секущих плоскостей.

Задача IX. Построить проекции линии пересечения двух поверхностей способом концентрических сфер.

Задача X. Построить развёртку боковой поверхности конуса с нанесением линии пересечения по условию задачи VIII или задачи IX.

Порядок выполнения работы

Для решения задачи VIII рассмотреть пример в учебнике [1, с. 200, рис. 398; с. 217 – 220, рис. 426, 428].

Задание выполняют на чертёжной бумаге формата А3. В левой половине листа строят проекции трех поверхностей вращения согласно своему варианту из табл. 2.2 и рис. 2.14. Способом вспомогательных секущих плоскостей решают ту задачу, в условии которой проекции осей вращения смещены относительно друг друга в обеих плоскостях проекций.

Для построения линии пересечения находят ряд точек, принадлежащих линии пересечения. Для этого проводят секущую плоскость, строят линии, по которым она рассекает каждую поверхность и в пересечении построенных линий пересечения находят искомые точки. Для нахождения верхней точки линии пересечения тел вращения проводят секущую плоскость через оси вращения обеих поверхностей. В рассмотренном примере для построения натуральных величин образующих, лежащих в секущей плоскости β , использован способ перемены плоскостей проекций. В плоскости проекций Π_4 образующие конуса и тора пересекаются в точке I^{IV} , проведя линии связи, находят горизонтальную и фронтальную проекции точки I . Между верхней и нижними точками линии пересечения проводят промежуточные горизонтальные секущие плоскости. Каждая плоскость рассекает тор и конус по окружностям. Их горизонтальные проекции пересекаются в двух точках, принадлежащих искомой линии пересечения. Проведя линии связи этих точек до фронтального следа секущей плоскости, получают их фронтальные проекции. Построив определенное количество точек, принадлежащих линии пересечения, соединяют их горизонтальные проекции. Выделяют на горизонтальной проекции линии пересечения точку, лежащую на горизонтальной проекции очерковой образующей той поверхности, которая ближе расположена к наблюдателю. В примере это точка 10 . Она будет определять видимость линии пересечения во фронтальной плоскости проекций. Линию пересечения выделить красным цветом.

Для решения задачи IX рассмотреть пример в учебнике [1, с. 206 – 212, рис. 409, 413, 416].

Для решения задачи методом вспомогательных концентрических сфер в условии задачи необходимо присутствие следующих пунктов:

- обе поверхности должны быть поверхностями вращения;
- оси вращения должны пересекаться;
- оси вращения должны лежать в одной плоскости, параллельной одной из плоскостей проекций.

Центром сфер является точка пересечения осей вращения. Сфера пересекает обе поверхности по окружностям. Фронтальные проекции окружностей изображаются отрезками прямых линий, которые

пересекаются в искомой точке. Сначала проводят сферу минимального радиуса, она касается поверхности одного тела и пересекает другое. При этом находят ближайшую к центру сфер точку линии пересечения, в примере это точка 3". Построив горизонтальную проекцию окружности, на которой она расположена, и проведя линию связи, находят её горизонтальную проекцию. Изменяя радиус вспомогательной секущей сферы, можно получить последовательный ряд точек линий пересечения фронтальных меридианов заданных поверхностей вращения принадлежат искомой линии пересечения. Они определяются на чертеже без каких-либо дополнительных построений. Построив определённое количество точек, принадлежащих линии пересечения, сначала соединяют их фронтальные проекции. Определив точку видимости, в примере это точка 4, строят горизонтальную проекцию линии пересечения. Линию пересечения выделить красным цветом.

Для решения задачи X рассмотреть примеры в учебнике [1, с. 183 – 185, рис. 378].

В правой половине листа строят развёртку боковой поверхности конуса.

Развёрткой поверхности конуса вращения является круговой сектор с углом $\varphi = R/L \cdot 360$, где R – радиус окружности основания конуса вращения; L – длина образующей. На развёртке конуса вращения точки, принадлежащие линии пересечения, строят с помощью прямолинейных образующих и параллелей. Линию пересечения выделить красным цветом.

2.2. Данные к задачам VIII, IX, X (размеры в мм)

№ варианта	$a(\alpha^\circ)$	b	c	№ варианта	$a(\alpha^\circ)$	b	c	№ варианта	$a(\alpha^\circ)$	b	c
1	40	20	50	11	40	10	45	21	50	20	40
2	40°	20	30	12	50°	20	40	22	50°	40	30
3	50	40	20	13	55	30	20	23	60	40	10
4	25	40	20	14	25	30	20	24	20	40	25
5	90	35	20	15	85	40	15	25	95	35	15
6	20	5	25	16	10	5	20	26	0	10	20
7	10	35	30	17	10	25	35	27	5	25	40
8	50	20	35	18	40	15	35	28	35	20	30
9	90	15	25	19	80	15	20	29	70	10	25
10	65	15	20	20	60	20	15	30	55	20	20

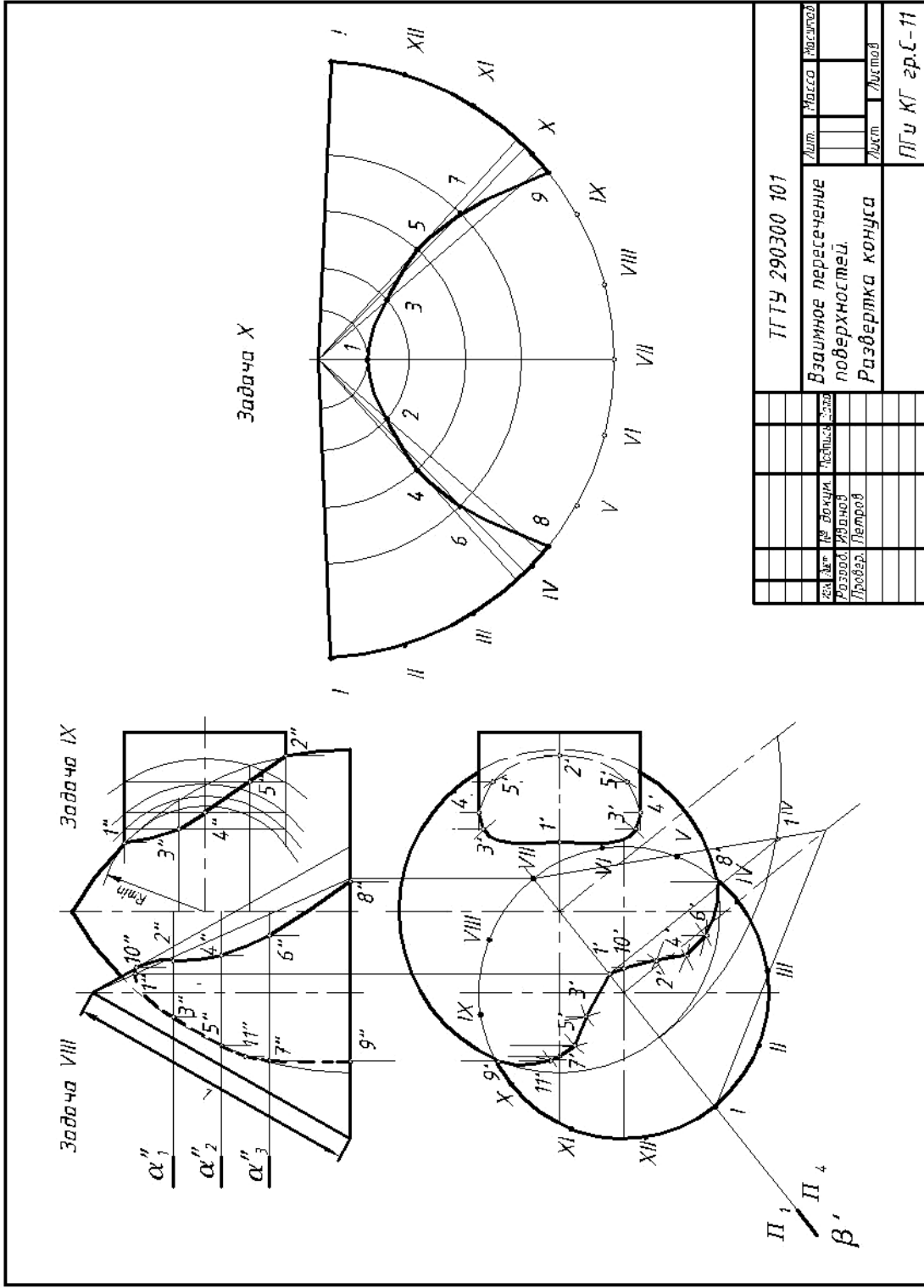


Рис. 2.13. Образец выполнения графической работы № 3

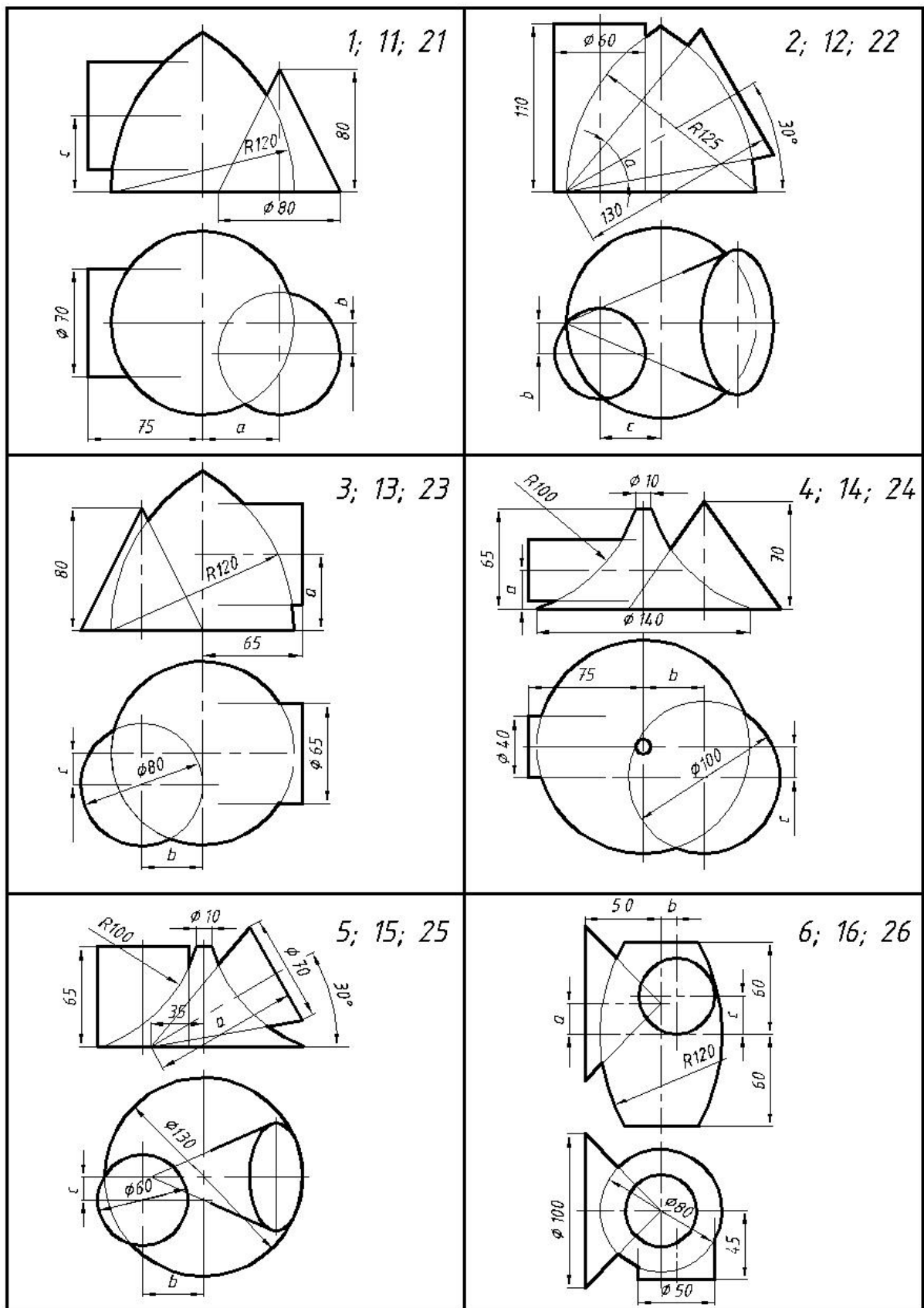


Рис. 2.14. Варианты индивидуальных заданий к графической работе № 3

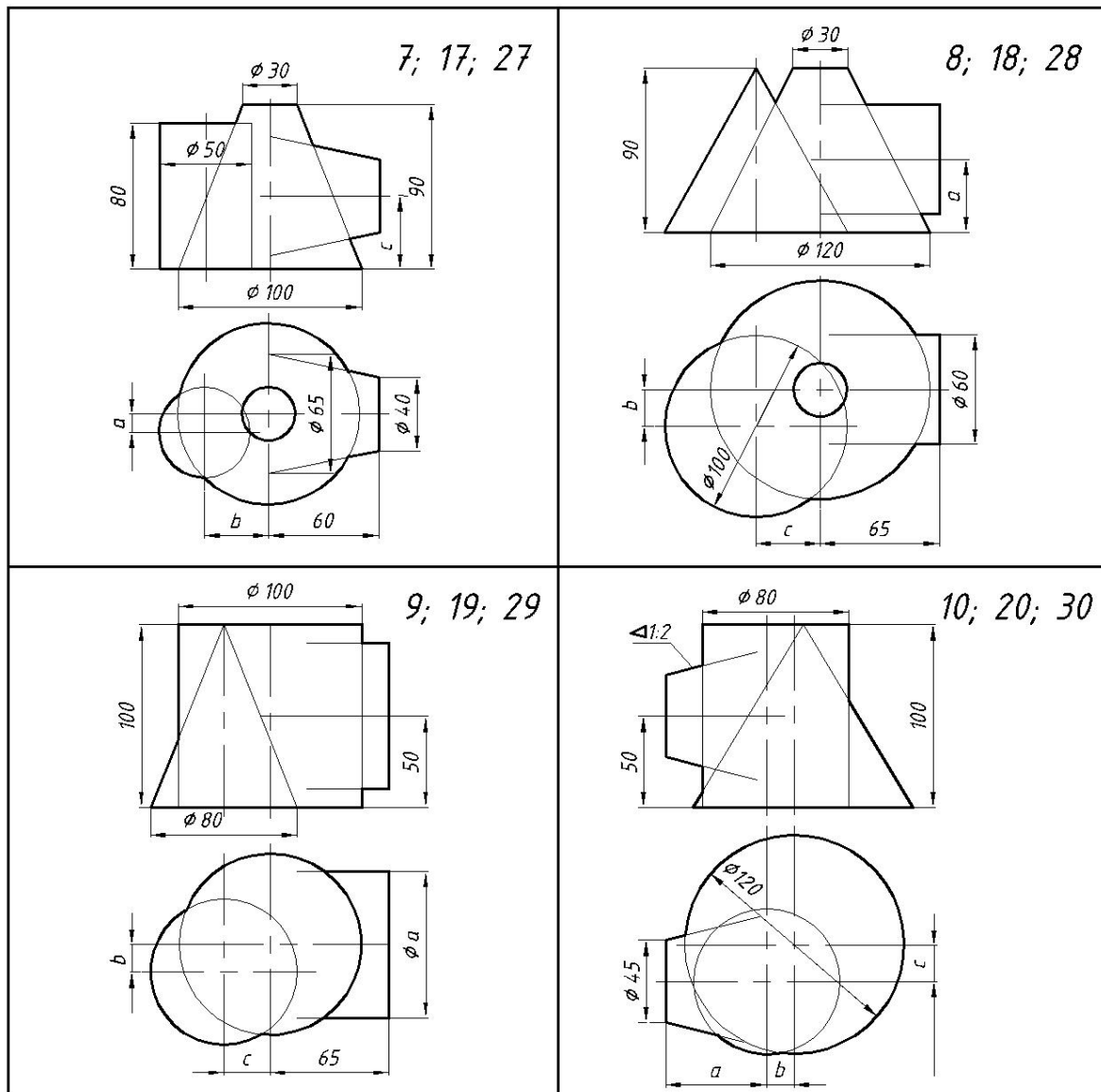


Рис. 2.14. Окончание

2.4. Графическая работа № 4

ТЕНИ В ОРТОГОНАЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЯХ (Пример выполнения приведён на рис. 2.15)

Цель работы: изучение способов построения теней в ортогональных проекциях и приобретение навыков в их построении.

Задание

На плане и фасаде здания построить собственные и падающие тени, тени от здания на землю.

Порядок выполнения работы

Для выполнения задания следует рассмотреть пример в учебнике [6, с. 241, рис. 598 и с. 245 – 247, рис. 604 – 609; 7, с. 190–191, рис. 403, 404].

Задание выполняют на чертёжной бумаге формата А2 согласно своему варианту (см. рис. 2.12), увеличив исходные размеры в 3 раза, строят проекции здания, располагая фасад и план на достаточном расстоянии друг от друга, необходимом для построения падающей на землю тени. Положение проекций светового луча указывает преподаватель.

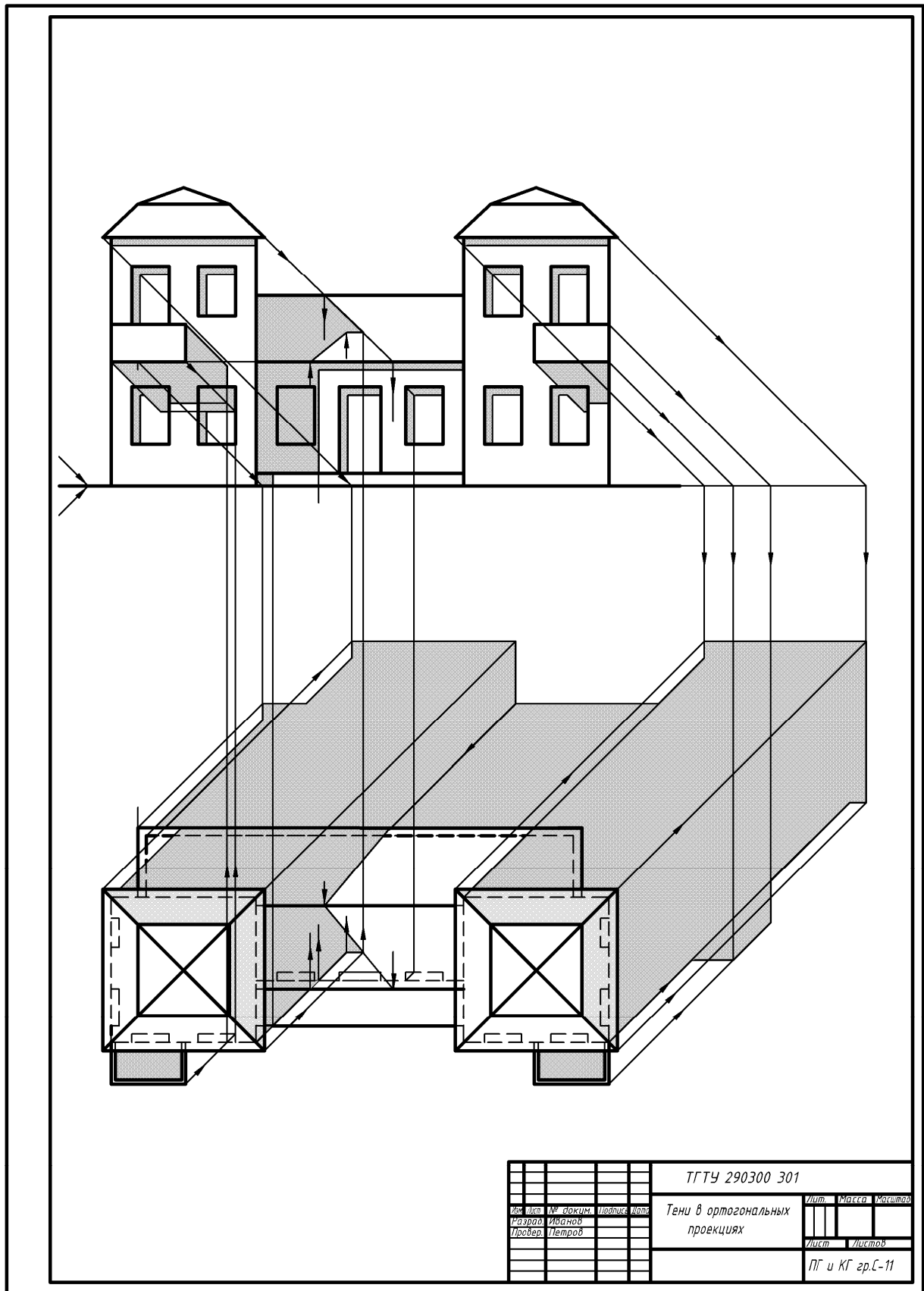


Рис. 2.15. Построение теней на плане и фасаде здания

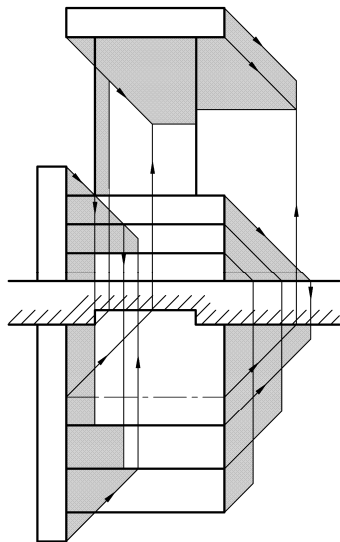


Рис. 2.16. Тени от козырька и бокового ограждения ступеней

В тонких линиях строят контуры собственных и падающих теней. После проверки преподавателем выполненных построений чертёж отмывают. Отмывка выполняется сильно разведённой тушью или акварелью. Поверхности объекта покрываются одним слоем, собственные тени – двумя слоями, падающие тени – тремя слоями.

Чертёж обводят и заполняют основную надпись.

Построение теней на фасадах зданий основано на определении точек пересечения световых лучей с вертикальными и горизонтальными плоскостями фасада и его элементов.

Примеры построения теней от некоторых элементов здания рассмотрены на рис. 2.16

На рис. 2.17 рассмотрено построение падающих теней от трубы на скаты крыши, основанное на определении точек пересечения световых лучей с плоскостями общего положения.

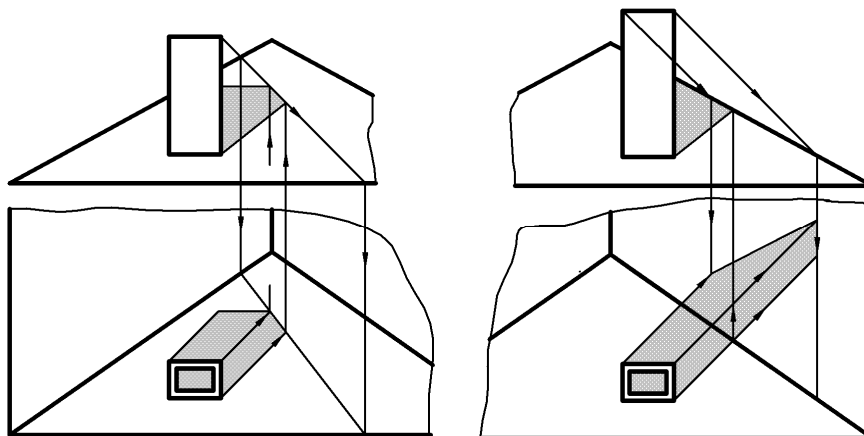


Рис. 2.17. Построение падающих теней от трубы на скаты крыши

2.5. Графическая работа № 5

ПЕРСПЕКТИВА ОБЪЕКТА И ТЕНИ

(Пример выполнения приведён на рис. 2.20)

Цель работы: закрепление знаний и приобретение навыков в построении перспективы строительных объектов и теней в перспективе.

Задание

По заданным ортогональным проекциям объекта (фасаду и плану) методом архитекторов построить его перспективную проекцию с опущенным планом, тени собственные и падающие.

Порядок выполнения работы

Для выполнения задания рассмотреть пример в учебнике [6, с. 226, 227, рис. 567 – 569 и с. 255 – 257, рис. 629 – 631; 7, с. 151 – 156, рис. 322 – 330].

Задание выполняют на листе чертёжной бумаге формата А1 карандашом. В левом верхнем углу располагают ортогональные проекции сооружения, которые выбирают согласно своему варианту (см. рис. 2.22), увеличив размеры проекций в 1,5 раза.

Построение перспективы. Выполняют определённый геометрический аппарат для построения перспективы (см. рис. 2.18). Для того, чтобы обеспечить удачное перспективное изображение предмета, рекомендуется руководствоваться следующими правилами, выработанными практикой.

1. Картинную плоскость ориентируют так, чтобы её горизонтальный след $O-O$ составлял с главным фасадом угол α от 25 до 30°. Боковой фасад при этом получит сильное перспективное искажение, и изображение в целом получится более выразительным.

2. Точку стояния s следует выбирать так, чтобы угол β между проецирующими лучами, направленными в крайние точки плана предмета, составлял величину от 18 до 53°. Оптимальное значение угла зрения равно 28°. При этом главная точка p должна располагаться в пределах средней трети участка картинной плоскости, охватываемой углом зрения.

3. Высоту горизонта обычно принимают на уровне глаза человека, стоящего на земле, т.е. $h = 1,5 \dots 1,7$ м. В задании положение линии горизонта указано в исходных данных.

Поскольку метод архитекторов предусматривает построение перспективы с использованием точек схода параллельных прямых двух основных направлений, то определяют точки схода горизонтальных и вертикальных линий плана. Для этого через точку стояния s проводят вертикальные и горизонтальные линии. Пересечение их с основанием картинной плоскости и даёт точку схода горизонтальных линий – точку F_1 и вертикальных линий – точку F_2 . Определяется начало всех вертикальных линий плана – точки 1, 2, 3, 4, 5, 6, а также горизонтальных – точки 7 и 8.

Для большей наглядности перспективы её построение лучше выполнить в масштабе увеличения относительно размеров всех элементов ортогональных проекций. Размеры построения перспективы увеличить во столько раз, сколько раз расстояние между точками схода отложится на линии горизонта. При построении перспективы геометрического тела прежде строится перспектива его основания, т.е. перспектива плоской фигуры, лежащей в предметной плоскости, а именно перспектива плана заданного объекта. Строят картину (рис. 2.19) и переносят на неё главную точку картины p , для этого на основании картины $O-O$ намечают основание точки p и из неё восстанавливают перпендикуляр до пересечения с линией горизонта. На линии горизонта наносят точки F_1 и F_2 на соответственных расстояниях от точки p . На основании картины $O-O$ наносят точки начала прямых 1...8, которые наносят также на соответственных расстояниях вправо и влево от точки p . Эти расстояния переносятся с ортогонального чертежа.

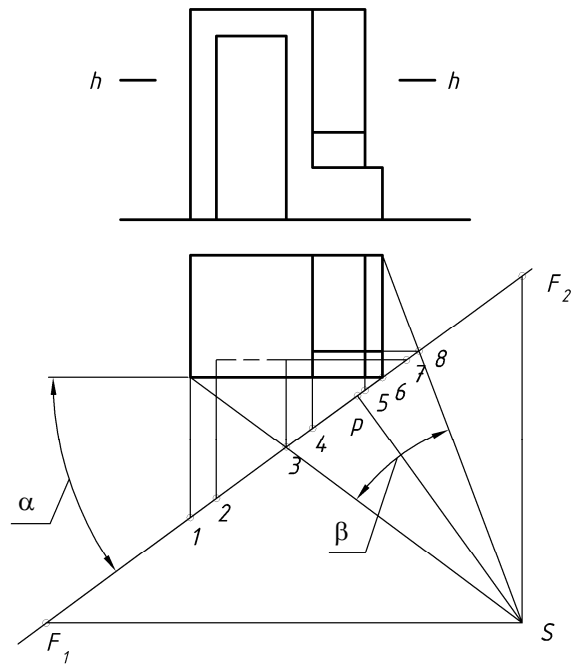


Рис. 2.18. Геометрический аппарат для построения перспективы

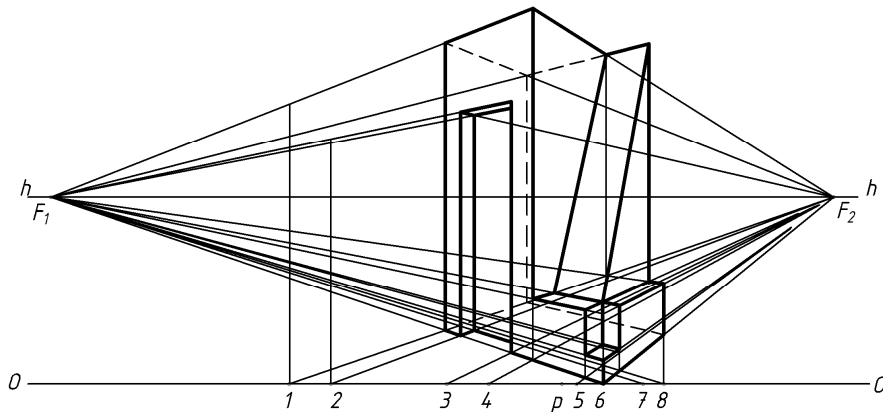


Рис. 2.19. Построение перспективы

Затем точки $1 \dots 6$ соединяют с точкой F_2 , а точки $6 \dots 8$ – с точкой F_1 . Пересечение этих линий даёт перспективу плана, также как и в ортогональных проекциях.

После того, как построена перспектива основания сооружения, приступают к построению его высоты. Через все вершины перспективы основания проводят вертикальные прямые. От точки 6 на вертикальной линии откладывают истинную величину высоты ребра, которую берут с ортогонального чертежа в соответствующем масштабе, так как этот отрезок расположен в плоскости картины. Учитывая направление горизонтальных рёбер объекта, через вершину ребра 6 проводят соответствующие линии в точки F_1 и F_2 . Точки их пересечения с вертикальными прямыми определяют высоту некоторых рёбер объекта.

Для того, чтобы построить перспективу ребра, основанием которого является точка пересечения линии $1 - F_2$ и $6 - F_1$, его по прямой $1 - F_2$ как бы выводят на картинную плоскость, т.е. высота этого ребра на картинной плоскости проецируется в натуральную величину, значение которой берут с ортогональных проекций и с учётом масштаба откладывают на вертикальной прямой, проведённой через точку 1 . Из вершины построенного отрезка проводят линию в точку F_2 . Верхнее ребро бокового фасада объекта лежит на этой прямой. В пересечении с вертикальными прямыми, проведёнными из вершин перспективы плана, получают перспективу искомых рёбер. Аналогично определяют высоту перспективных проекций рёбер ниши.

Построение опущенного плана. Если высота горизонта мала и перспектива основания заданного объекта оказывается очень сжатой, то в таком случае рекомендуется пользоваться построением так называемого опущенного плана. Перспектива основания заданного объекта строится не на предметной плоскости, а на некоторой вспомогательной горизонтальной плоскости, смещённой к низу от основания $O-O$ на произвольное расстояние. Прямая O_1-O_1 , параллельная линии горизонта, является линией пересечения

вспомогательной плоскости с картиной; её обычно называют опущенным основанием картины. Перспектива основания предмета строится между линиями $O-O$ и O_1-O_1 . Построение показано на рис. 2.20.

Построение тени в перспективе. Построение собственных и падающих теней рекомендуется выполнять для случая, когда световые лучи параллельны плоскости картины. Вторичные проекции таких лучей параллельны основанию картины, а перспективы лучей параллельны между собой. Для удобства построения рекомендуется угол наклона лучей к предметной плоскости принимать равным 45° .

Принцип построения теней в перспективе такой же, как в ортогональных проекциях. На рис. 2.20 дано построение теней в перспективе для данного объекта.

После выполненных построений поверхности объекта отмываются слабым тоном акварели или разведённой туши. Освещённые поверхности отмывают одним слоем, собственные тени – двумя, падающие тени – тремя.

Обводку линий построения перспективы и теней, а также видимые контуры теней следует выполнять тонкими линиями карандашом твёрдости Т без нажима. Обводку линий перспективы объекта следует выполнять линиями толщиной 0,6...0,8 мм.

На рис. 2.21 представлены примеры построения теней в перспективе для объектов различной конфигурации.

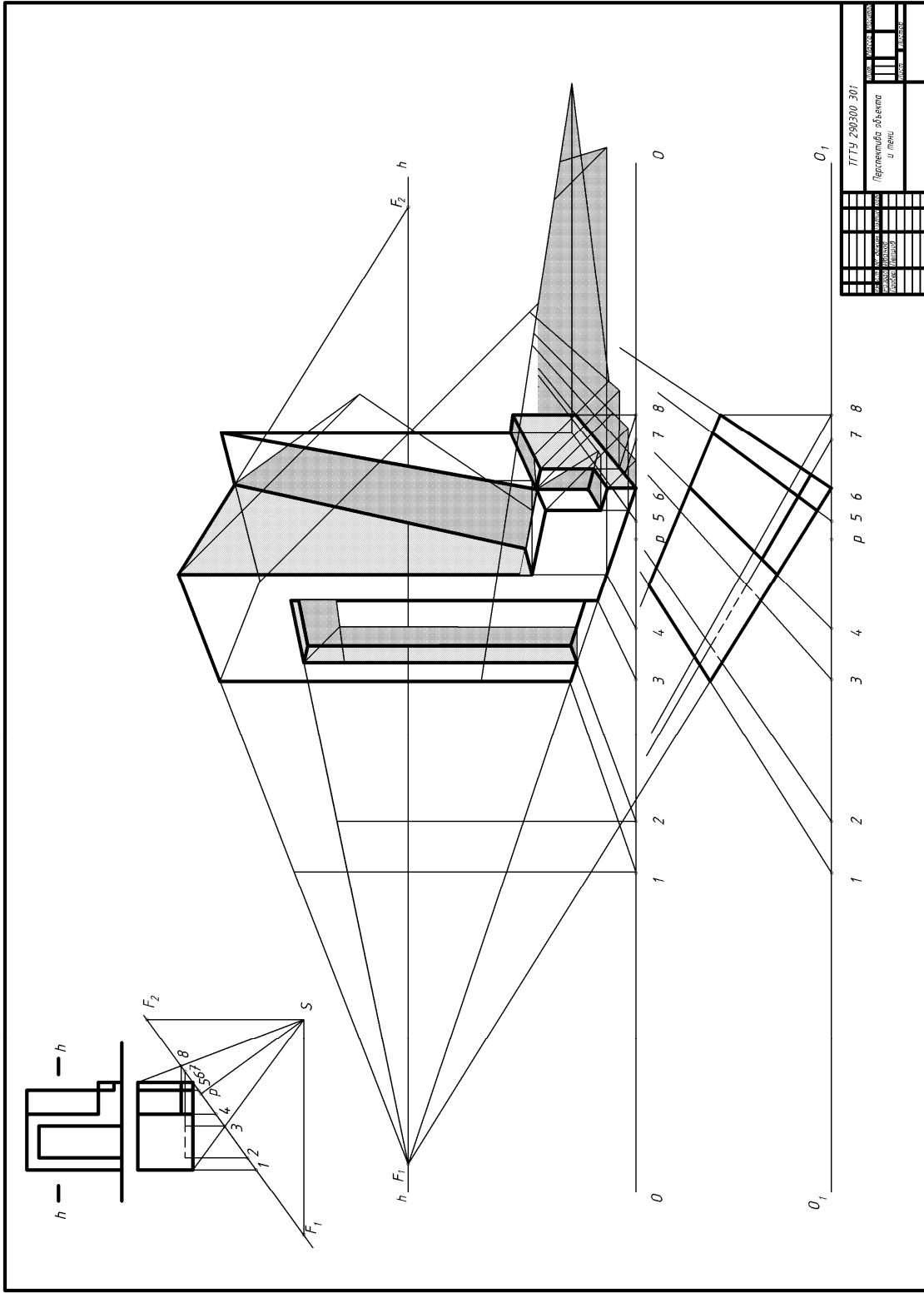


Рис. 2.20. Перспектива објекта и тени

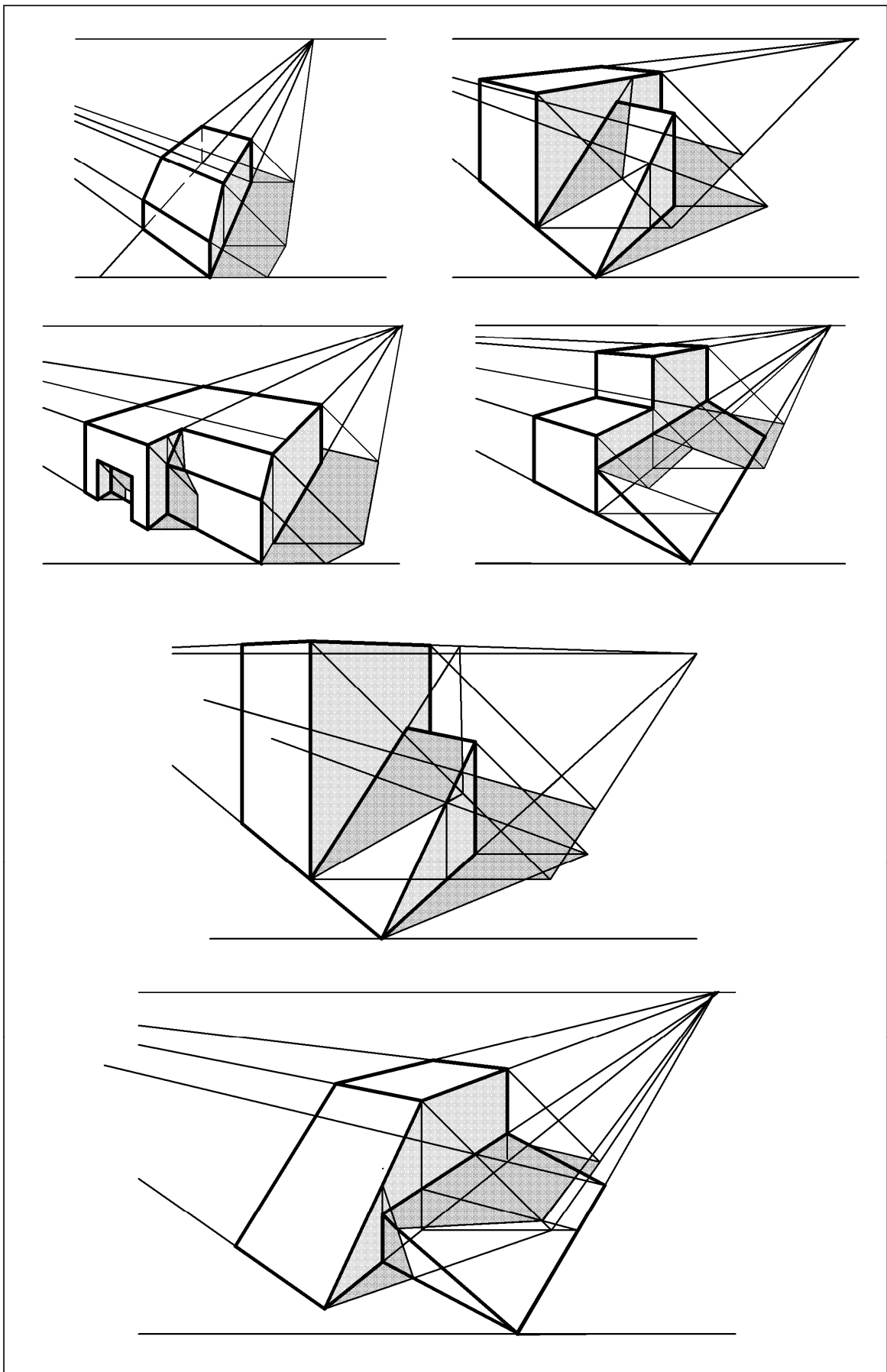


Рис. 2.21. Примеры построения теней в перспективе

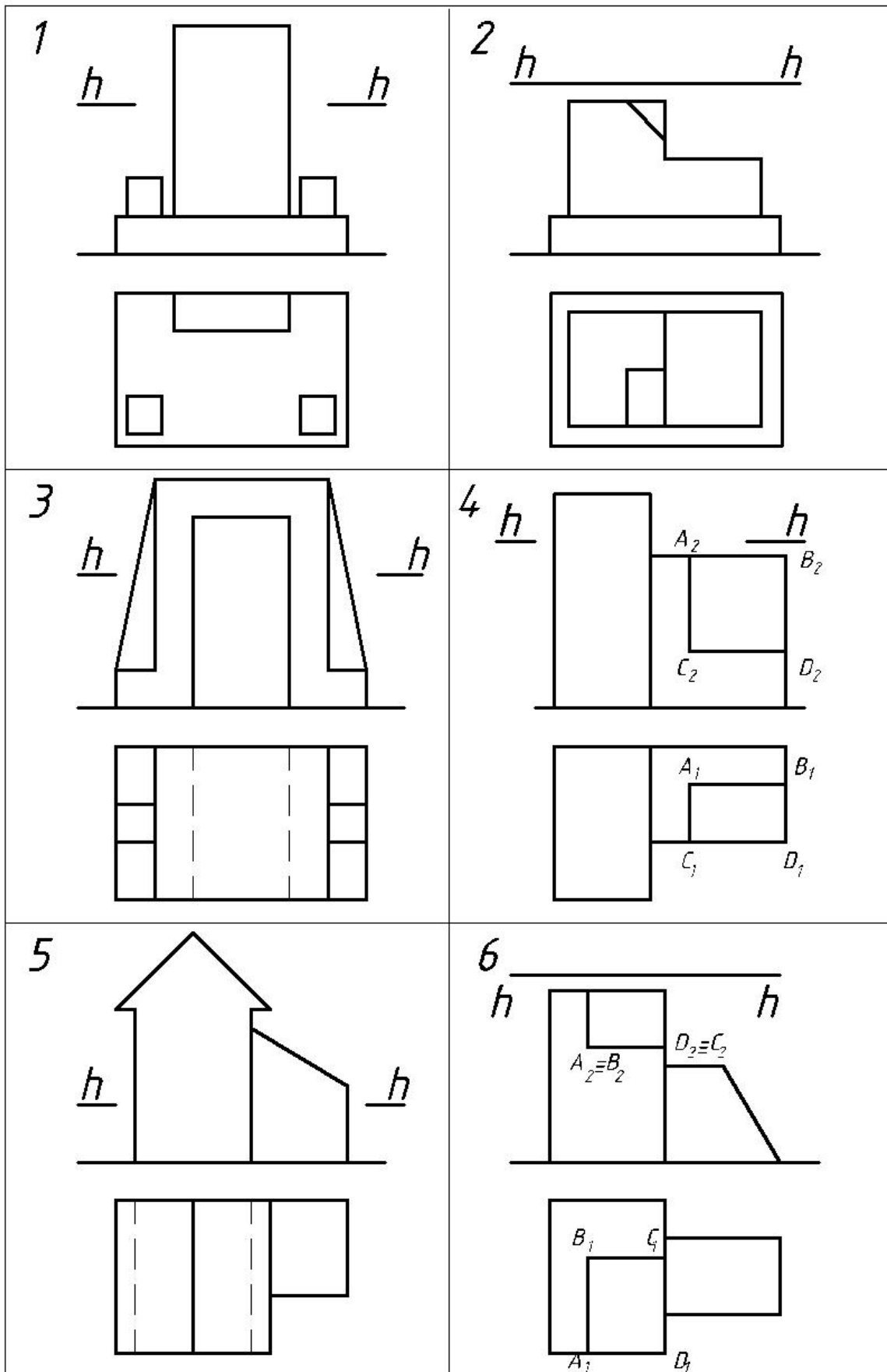


Рис. 2.22. Варианты индивидуальных заданий к графической работе № 5

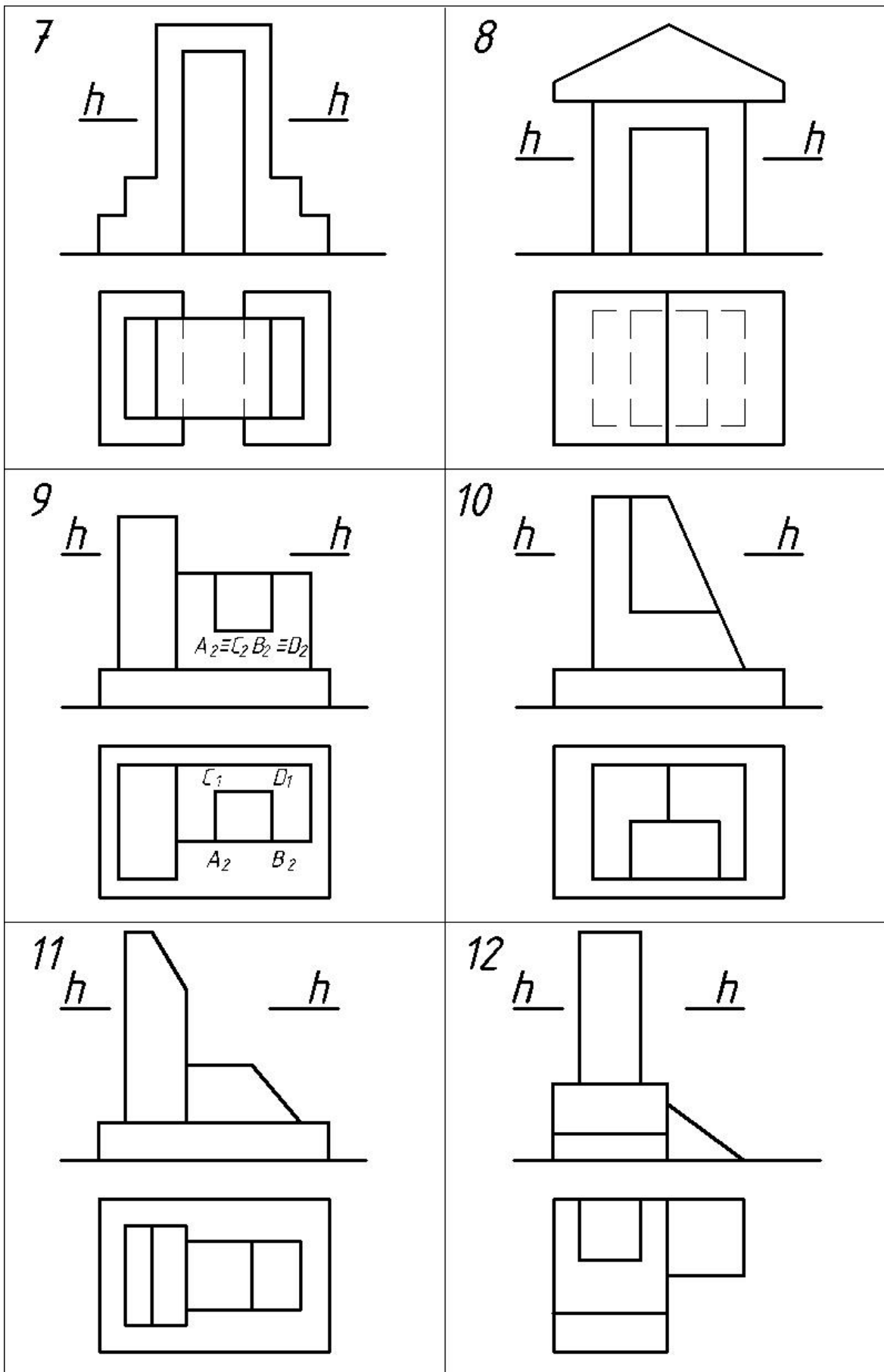


Рис. 2.22. Продолжение

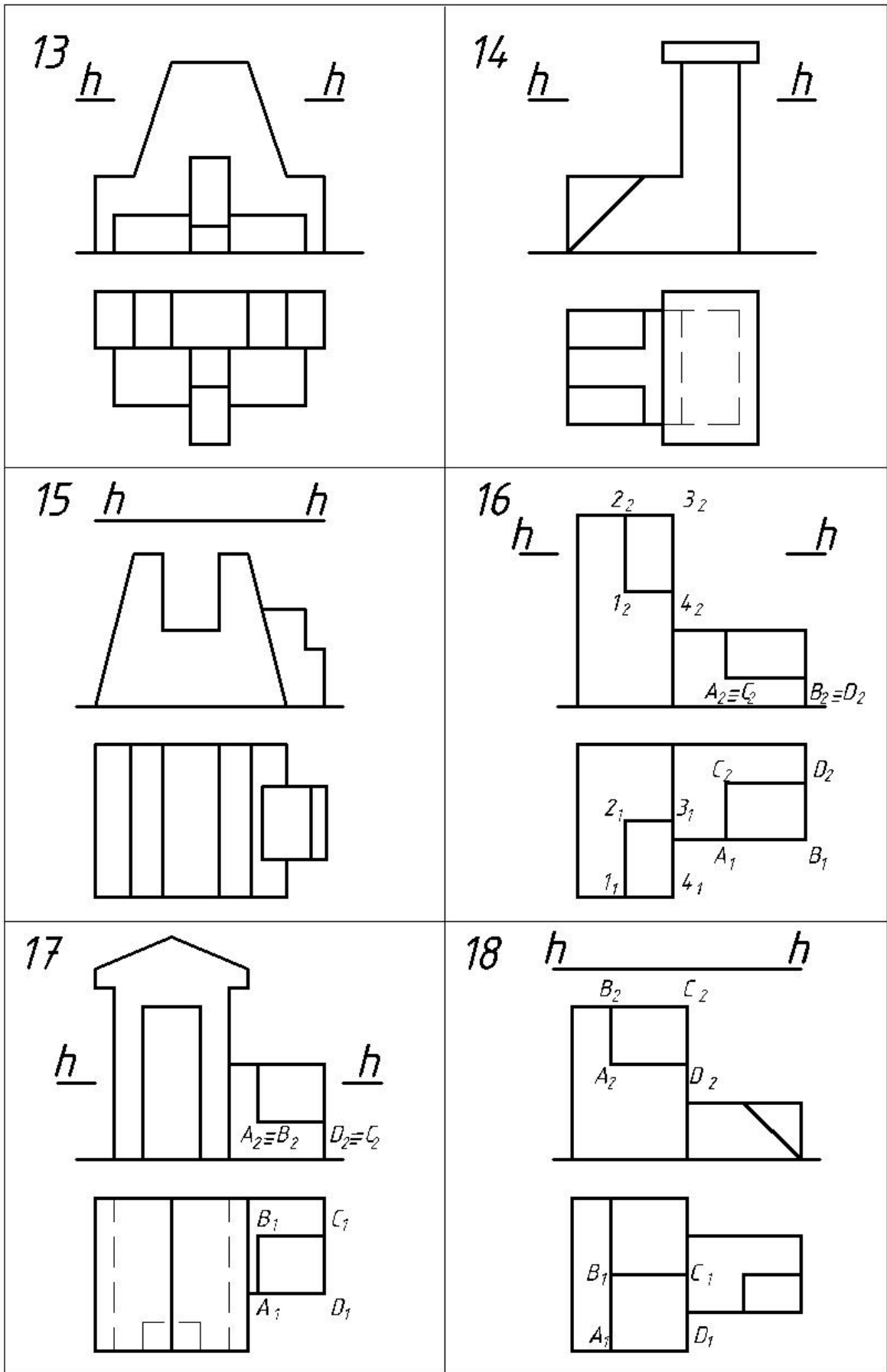


Рис. 2.22. Продолжение

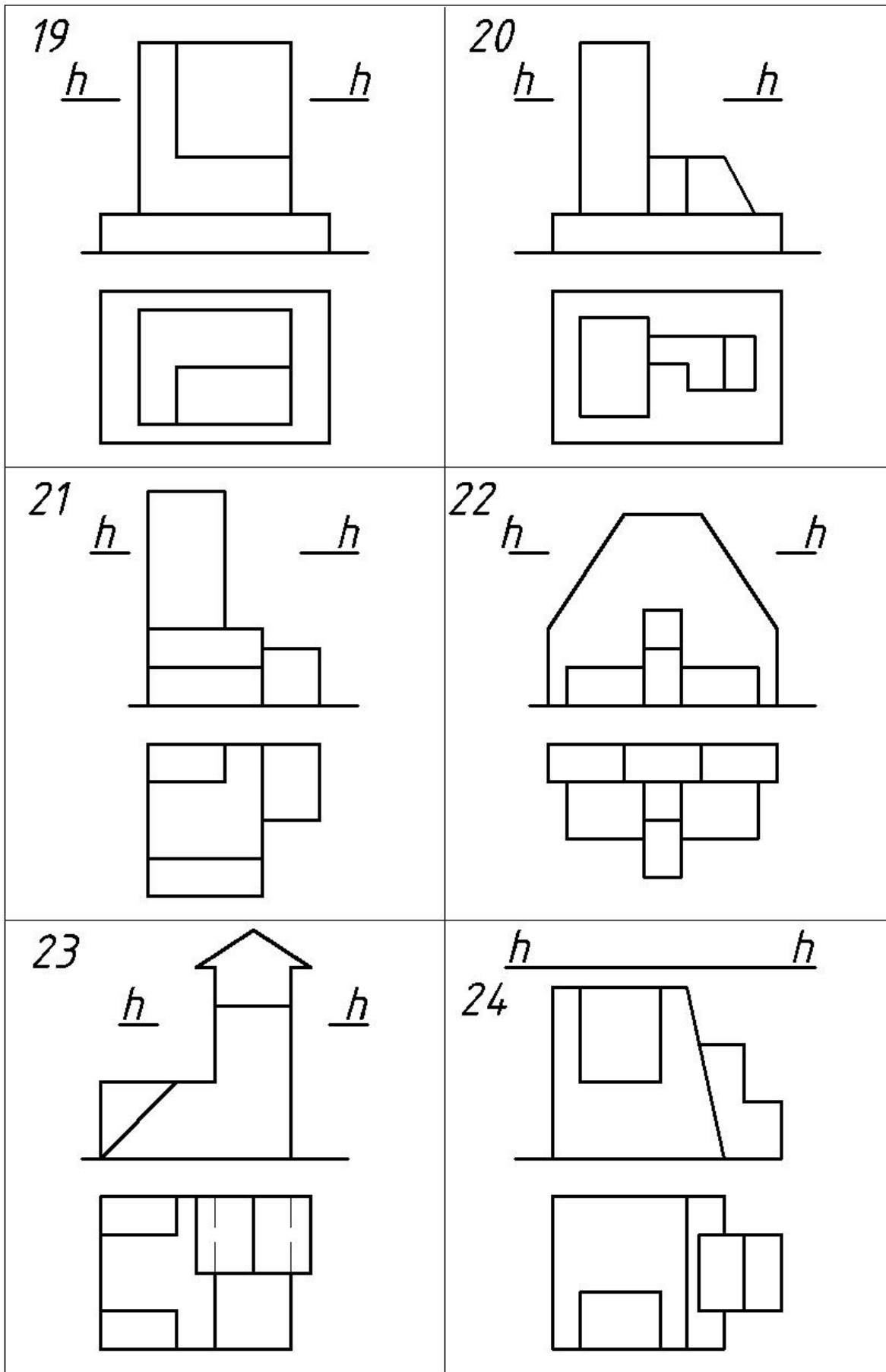


Рис. 2.22. Продолжение

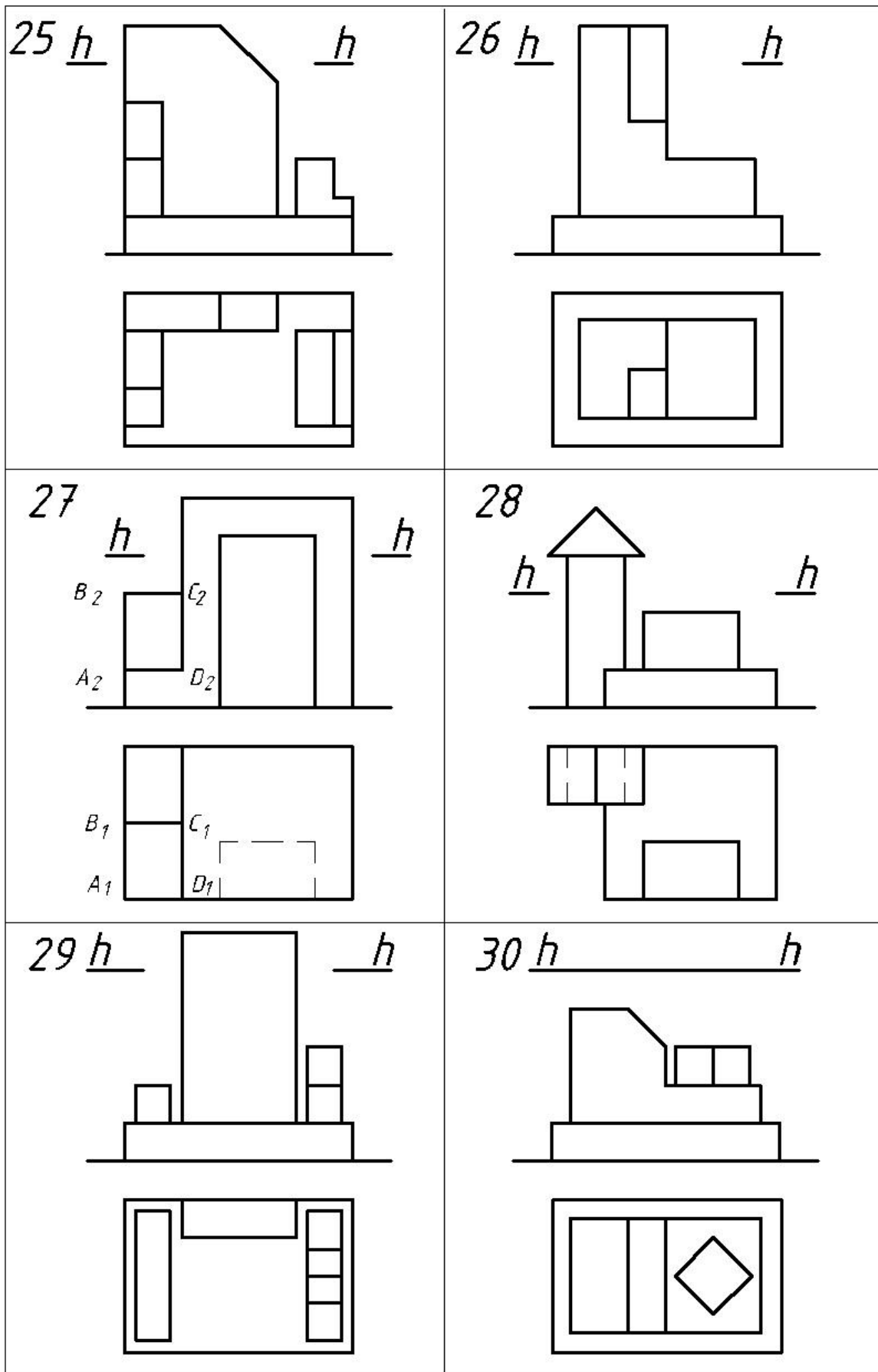


Рис. 2.22. Окончание

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

(Пример выполнения приведён на рис. 2.24)

Цель работы: закрепление знаний и приобретение навыков в решении задач в разделе начертательной геометрии «Проекция с числовыми отметками», которые используются в строительном деле для изображения участков земной поверхности с расположенными на них сооружениями сравнительно небольшой высоты (дорог, мостов, плотин, каналов и других гидравлических сооружений).

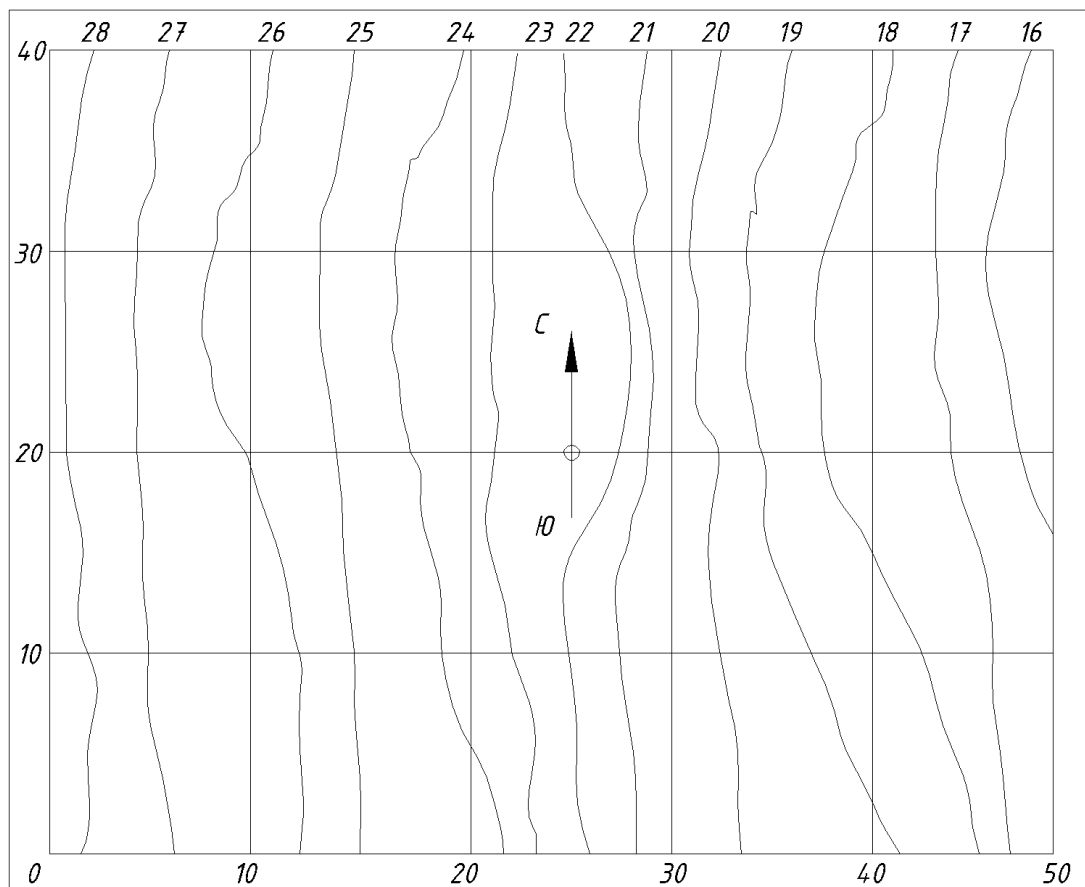
Задание

На бумаге формата А3 начертить в масштабе 1:200 план земельного участка размером 40×50 м, рельеф которого задан горизонталями (рис. 2.23). Нанести на него в том же масштабе план земельного сооружения так, чтобы центр сооружения 0 совместился с центром участка 0, и ось сооружения была наклонена к меридиану под углом α .

Тип земельного сооружения и величина угла α определяются номером варианта по табл. 2.3 и рис. 2.25. Топографическую поверхность заключить в рамку, состоящую из двух линий, проведённых на расстоянии 10 мм друг от друга.

Требуется определить:

- 1) положение линии нулевых работ;
- 2) границы земляных работ, т.е. построить линии пересечения откосов насыпей и выемок как между собой, так и с топографической поверхностью;
- 3) построить профиль земельного сооружения по секущей плоскости А–А.

**Рис. 2.23. План земельного участка**

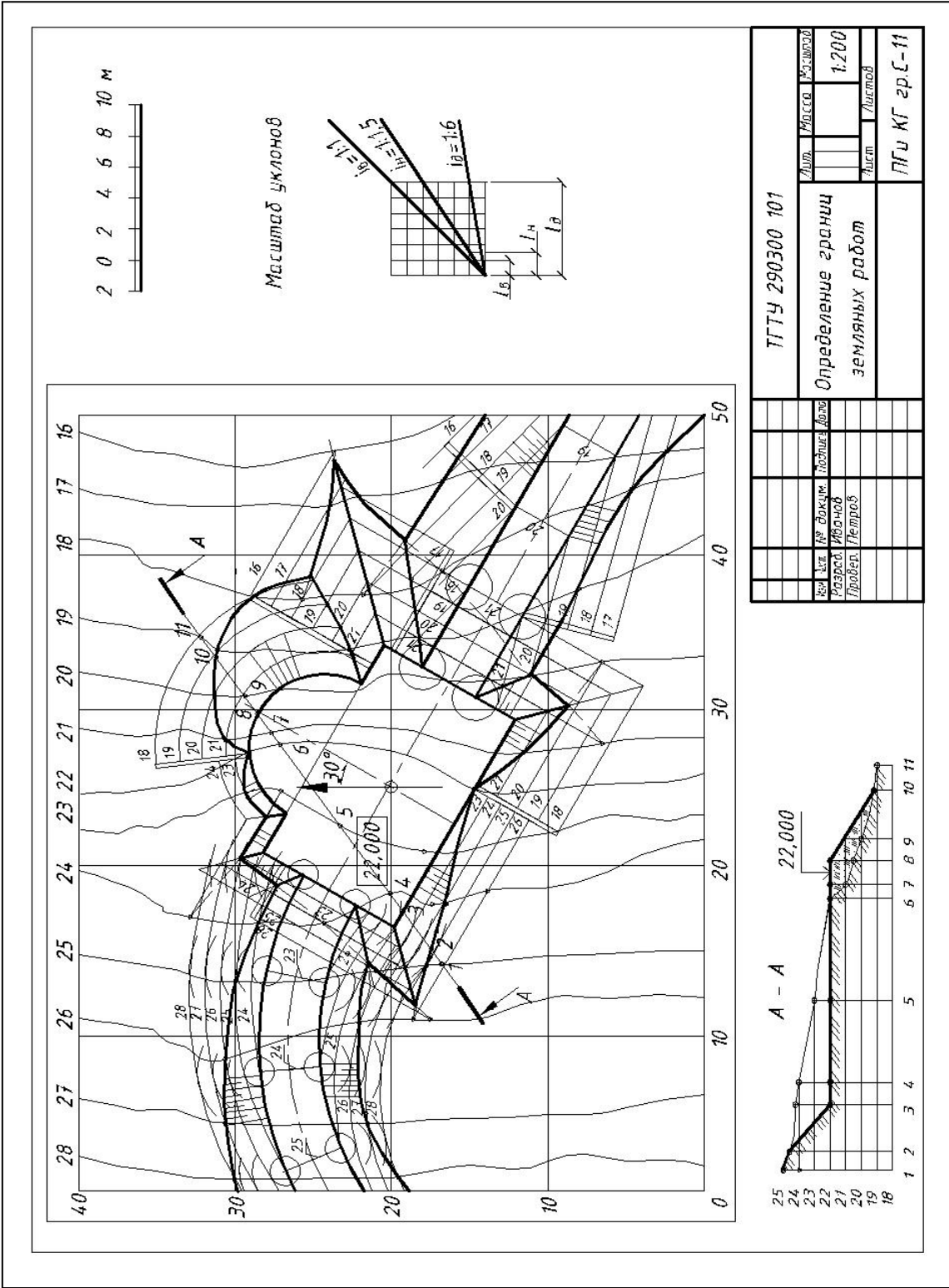
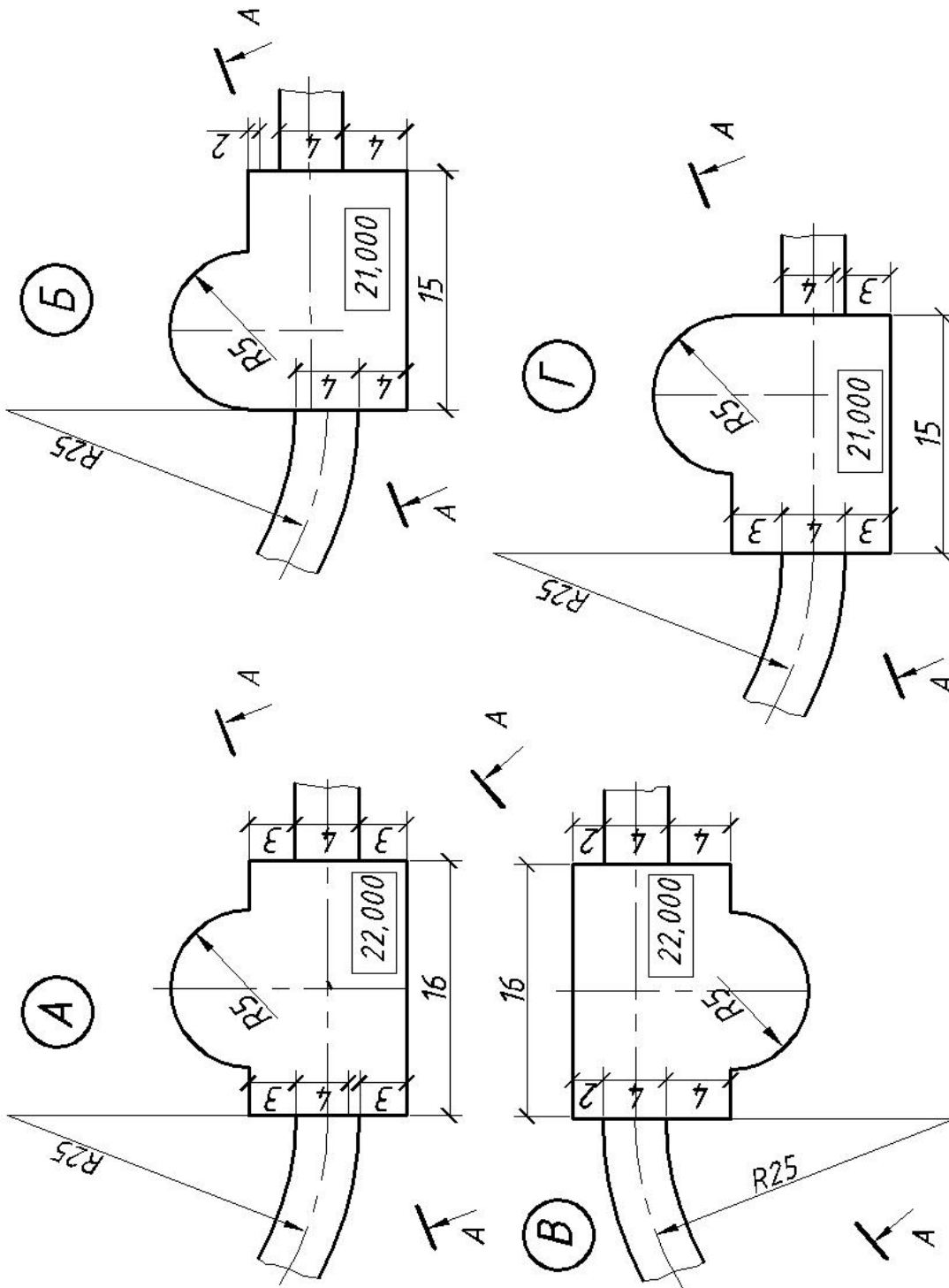


Рис. 2.24. Определение границ земельных работ



2.3. Данные к графической работе № 6

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тип сооружения	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г	А	Б
Отклонение оси	СЗ	СЗ	СЗ	СЗ	СВ	СВ	СВ	СВ	ЮЗ	ЮЗ
Угол отклонения	15°	15°	15°	15°	30°	30°	30°	30°	15°	15°

№ варианта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Тип сооружения	В	Г	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г
Отклонение оси	ЮЗ	ЮЗ	С	С	С	С	СЗ	СЗ	СЗ	СЗ
Угол отклонения	15°	15°	0°	0°	0°	0°	30°	30°	30°	30°
№ варианта	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Тип сооружения	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г	А	Б
Отклонение оси	ЮВ	ЮВ	ЮВ	ЮВ	СВ	СВ	СВ	СВ	ЮВ	ЮВ
Угол отклонения	15°	15°	15°	15°	15°	15°	15°	15°	30°	30°

Порядок выполнения работы

Для выполнения задания рассмотреть примеры в учебнике [6, с. 169 – 175, рис. 441 – 453].

1. Вычертить в масштабе 1:200 план земельного сооружения.
2. Построить линейный масштаб и масштаб уклонов.
3. Определить точки нулевых работ на кромке сооружения.
4. В местах нулевых работ построить объединённый масштаб уклона откоса выемки с масштабом уклона откоса насыпи.
5. Выполнить градуирование масштаба уклонов откосов, а также оси дороги.
6. Построить линии пересечения откосов выемок и насыпей земельного сооружения между собой.
7. Построить линии пересечения откосов выемок и насыпей земельного сооружения с топографической поверхностью.
8. Построить профиль земельного сооружения по секущей плоскости $A-A$.
9. Все горизонталы следует обвести тонкими (0,1 мм), но чёткими линиями – как горизонталы выемок и насыпей, так и горизонталы топографической поверхности. Контур земельного сооружения и линии пересечения откосов с топографической поверхностью и между собой обводят карандашом линиями толщиной 0,4...0,6 мм. Надписи и цифры выполняются чертёжным шрифтом № 3,5 по ГОСТ 2.304–81. Отметки горизонталей топографической поверхности проставляют между рамками, ограничивающими поверхность. Внутренняя рамка должна иметь толщину линий 1 мм, а наружная – 0,5 мм.
10. Для большей наглядности и выразительности чертежа рекомендуется выполнить отмывку. Площадке и полотну дороги придать светло-серый, откосам насыпей и выемок – светло-коричневый, местности – светло-зелёный тон.
11. Перед отмывкой и обводкой чертежа необходимо тщательно проверить правильность графических построений, проконсультироваться у преподавателя.

Уклон прямой определяется тангенсом угла наклона прямой к плоскости уровня и обозначается i . Заложение отрезка прямой – длина его горизонтальной проекции ($A_1B_1 = L$, см, рис. 2.26). Подъём отрезка – разность числовых отметок его концевых точек (H). Уклон отрезка – отношение его подъёма к заложению ($i = H/L$). Интервал прямой l – величина заложения при единичном подъёме $A_1C_1 = l$. Точка C на прямой выше точки A на 1 м. Градуирование прямой – построение проекций её точек, имеющих целостное значение.

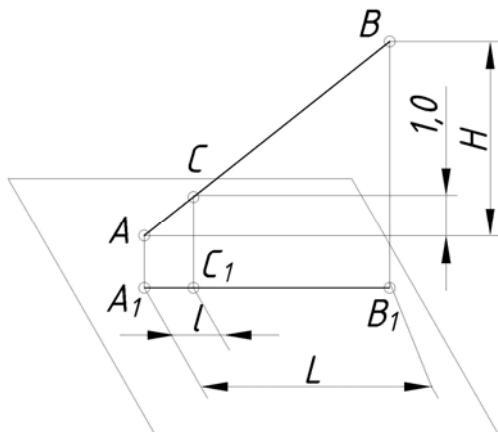


Рис. 2.26. Градуирование прямой

В проекциях с числовыми отметками плоскость задаётся масштабом уклона. Масштаб уклона плоскости – проградированная линия наибольшего ската плоскости (рис. 2.27).

Интервал плоскости – интервал её линии наибольшего ската (рис. 2.28).

Определим на линейном масштабе отрезок, соответствующий одному метру на местности, учитывая заданное значение масштаба 1:200. Подставляя единицу измерения длины, получим 1:200 см. Следовательно, 5 мм соответствуют 1 м на местности.

Приступаем к вычерчиванию сетки плана топографической поверхности, горизонталей топографической поверхности, вычерчиваем контур земляного сооружения – площадку и прилегающие дороги.

Для построения горизонталей нужно определить интервал откоса насыпей l_n , интервал откоса выемки l_b и интервал уклона дороги l_d . Интервал можно определить по формуле $l = 1:i$, где i – уклон.

Уклон откосов выемок 1:1, т.е. $i_b = 1:1$.

Уклон откосов насыпей 1:1,5, т.е. $i_n = 1:1,5$.

Уклон дорог 1:6, т.е. $i_d = 1:6$.

$$l_b = 1/i_b = 1:1/1 = 1;$$

$$l_n = 1/i_n = 1:1/1,5 = 1,5;$$

$$l_d = 1/i_d = 1:1/6 = 6.$$

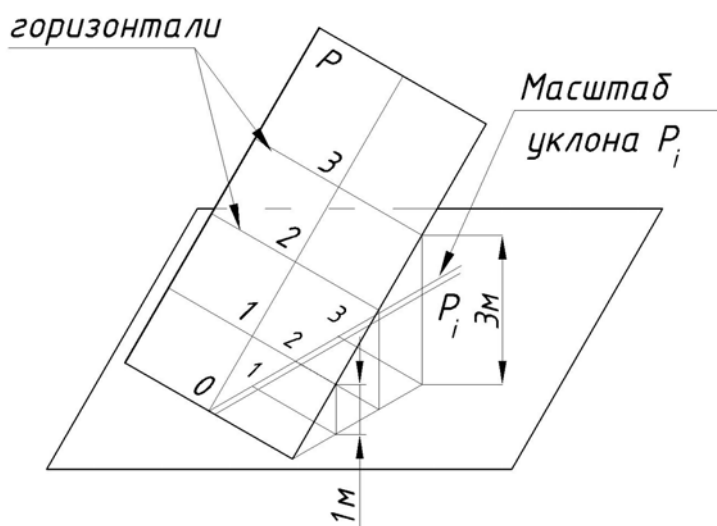


Рис. 2.27. Построение масштаба уклона плоскости

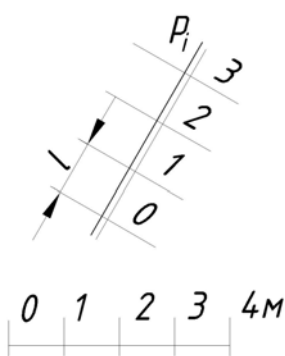


Рис. 2.28. Задание плоскости на чертеже

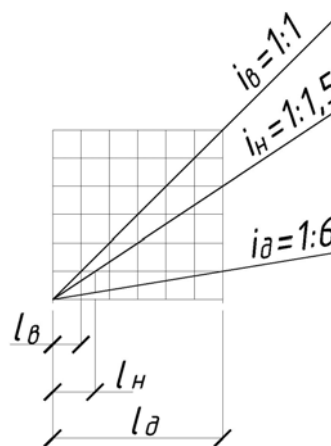


Рис. 2.29. Масштаб уклонов

В правой части чертежа строят угловой масштаб уклонов. Для этого на линейном масштабе строят сетку квадратов, сторона каждого квадрата равна единице длины. Через начальную точку проводят прямую заданного уклона. Например, для построения углового масштаба уклонов насыпи $i_n = 1:1,5$ или $i_n = 2:3$ необходимо отсчитать от начальной точки в горизонтальном направлении 3 единицы (заложение), а в вертикальном направлении 2 единицы (превышение) и полученную точку соединить отрезком прямой линии с начальной точкой. Отрезок прямой отсекает на горизонталях масштаба расстояния, кратные длине интервала l_n . Также строят прямую уклона выемки l_v и дороги l_d (рис. 2.29).

Точки нулевых работ A и E на кромке строительной площадки можно определить отыскиванием мест пересечения горизонталей поверхности земли с кромкой площадки, имеющих одинаковые числовые отметки. В точках (пересечения горизонталей топографической поверхности с площадкой) проводят линии наибольшего ската. Градуируют их, откладывая полученные значения интервалов: для выемок – слева линии наибольшего ската; для насыпи – справа. Градуирование можно проделать на каждой стороне площадки и через полученные точки провести горизонталы параллельно кромкам площадки. На масштабе уклонов выемки откладывают интервалы $l_v = 1:1 = 5$ мм и проводят горизонталы параллельно кромкам площадки AB , BC и CD . Для изображения тел с кривыми поверхностями наносят горизонталы, представляющие собой линии пересечения поверхности данного тела плоскостями параллельными горизонтальной плоскости. Так, прямой круговой конус будет проецироваться на горизонтальной плоскости в виде концентрических окружностей – горизонталей с центром в точке проекции оси вращения конуса, расстояние между проекциями горизонталей определяют интервалы образующей данной конической поверхности

Построение плана откоса выемки на горизонтальном криволинейном участке кромки ничем не отличается от предыдущего примера, разница состоит в том, что поверхность откоса, идущая вверх от части окружности, представляет коническую поверхность, уклон которой равен $i_v = 1:1$. Проекции горизонталей поверхности откоса представляют равноудалённые друг от друга линии – концентрические окружности, расстояние между которыми равно интервалу.

Определим линию пересечения откосов выемки BK , которая делит угол ABC пополам (рис. 2.30). Аналогично строят линию пересечения откосов выемки CL , которая делит угол BCD пополам. Линия пересечения откосов DM – кривая линия, так как коническая поверхность EDM пересекается плоскостью $CDML$.

Строят горизонталы на правой части строительной площадки. Здесь интервал будет соответствовать интервалу насыпи $l_n = 7,5$ мм. Получаем линии пересечения откосов насыпи FN , GP , HR . Причём, FN – кривая линия, так как коническая поверхность EFN сечётся плоскостью $FGPN$.

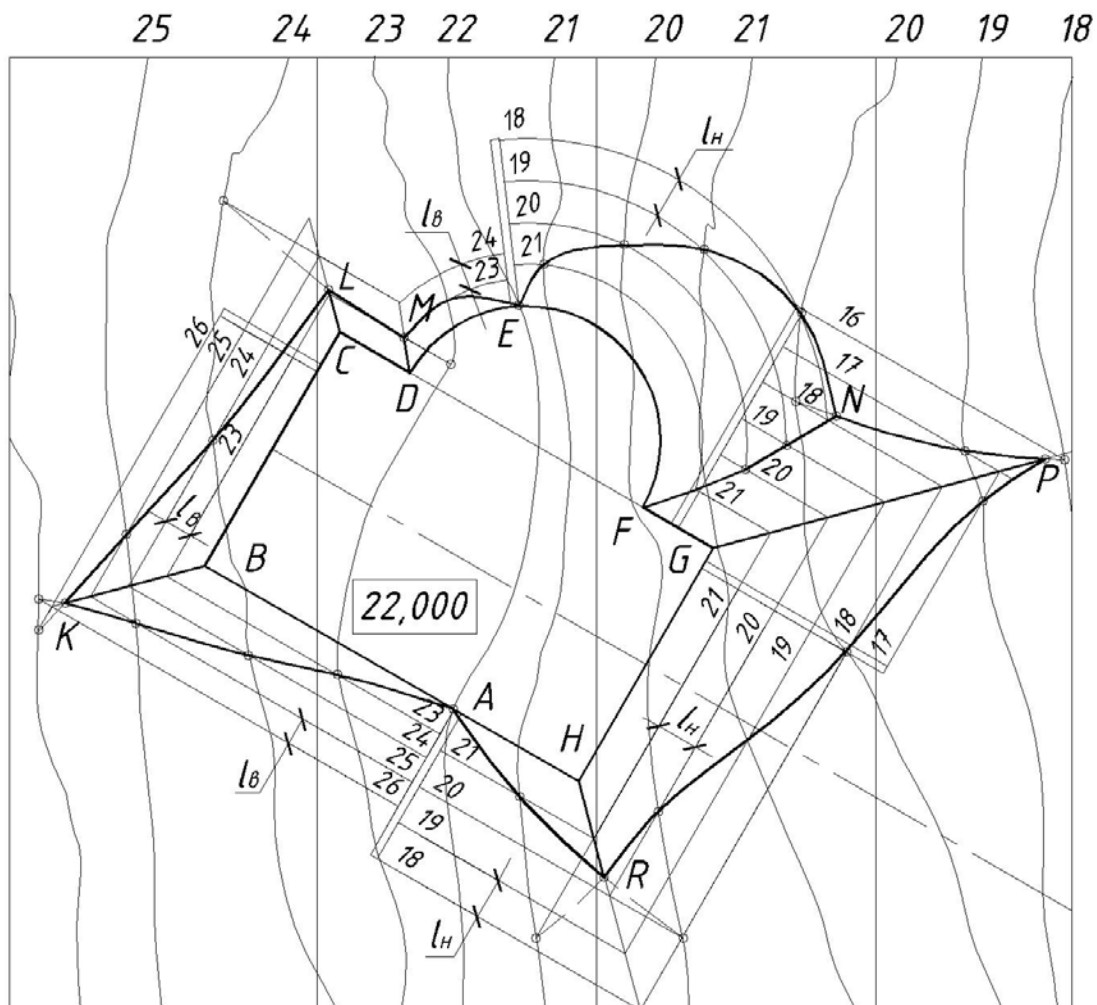


Рис. 2.30. Границы откосов вокруг площадки

Так как топографическая поверхность в проекциях с числовыми отметками изображается с помощью горизонталей, то линию пересечения поверхностей откосов выемок и насыпей AK , KM , ML и т.д. строят, соединив точки пересечения однозначных горизонталей откосов и поверхности земли.

Рассмотрим построение плана откосов насыпи на прямолинейном наклонном участке дороги (рис. 2.31).

Кромки откосов насыпей, расположенные вдоль дороги, не горизонтальны, поэтому горизонталь откоса не параллельны ей. Так как откос насыпи представляет плоскость, имеющую интервал $l_n = 7,5$ мм, то горизонталь 20 пересекающая кромку дороги в точке с отметкой 20, расположена на расстоянии одного интервала от точки с отметкой 21, а от точки 22 – на расстоянии двух интервалов. Проекция горизонталь 20 коснётся окружности, проведённой из точки на кромке дороги с отметкой 21 радиусом $R = l_n = 7,5$ мм, а также коснётся окружности, проведённой из точки с отметкой 22 радиусом $R = 2l_n = 15$ мм. Проведя одну горизонталь, например, с отметкой 20, перпендикулярно ей проводим масштаб уклонов и откладываем на нём интервалы $l_n = 7,5$ мм. Затем проводим остальные горизонталь откоса насыпи. Линии пересечения откосов насыпей вдоль дороги с откосами вдоль кромки площадки, также как с поверхностью земли, строят аналогично ранее построенным на других участках земляных работ.

Рассмотрим построение плана откосов на криволинейном наклонном участке дороги (рис. 2.32).

На криволинейном участке дороги её полотно градуируют по оси, откладывая интервал $l_d = 3$ см. Получаем точки 23, 24, 25, через которые радиально проводят горизонталь дороги.

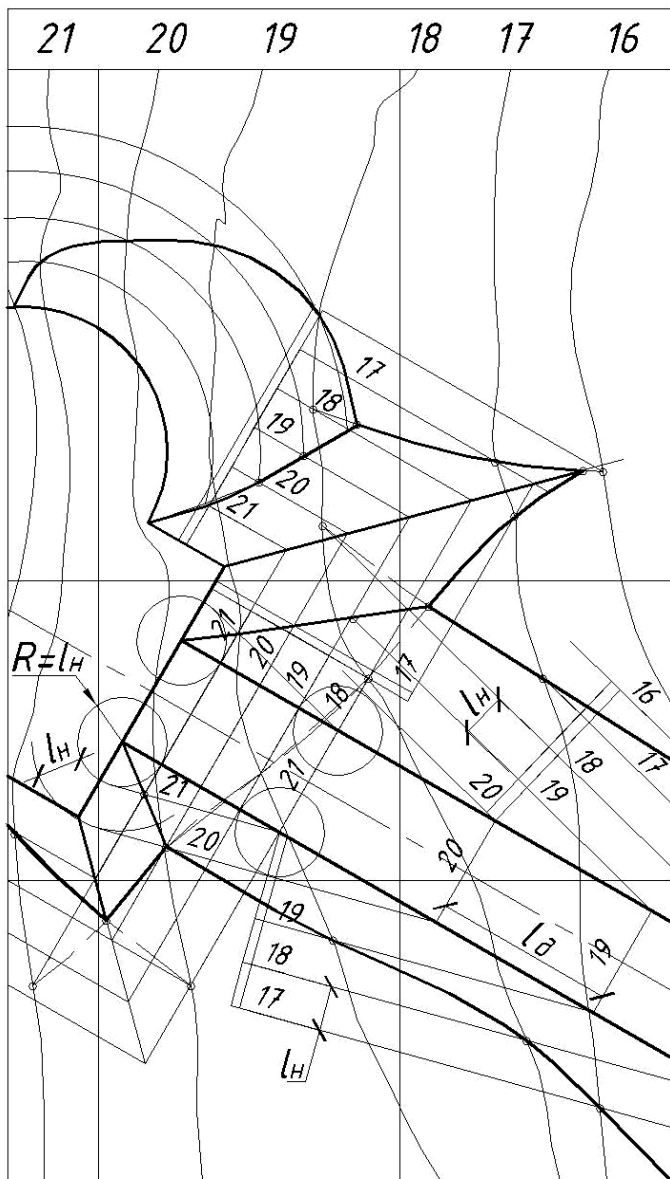


Рис. 2.31. План откосов насыпи на прямолинейном участке дороги

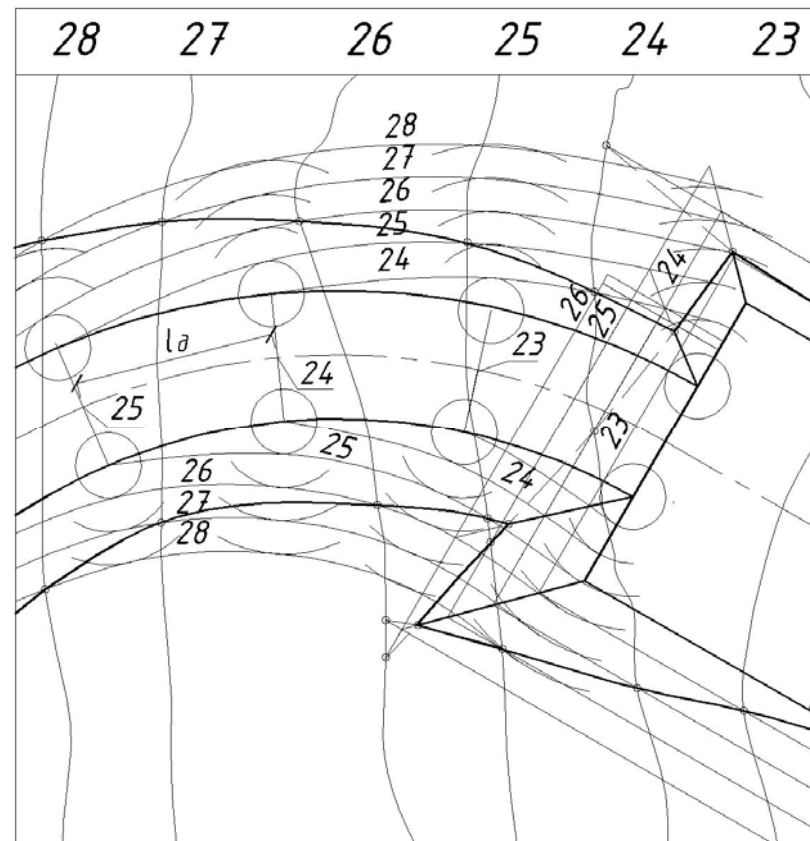


Рис. 2.32. План откосов насыпи на криволинейном участке дороги

Откосы выемок в данном случае являются поверхностями одинакового ската, которые представляют собой огибающую семейства прямых круговых конусов, вершины которых расположены на некоторой пространственной кривой, а ось каждого конуса вертикальна. Огибающая такого семейства конусов представляет собой линейчатую поверхность, у которой все образующие составляют с горизонтальной плоскостью одинаковые углы, равные углу наклона образующих конуса к горизонтальной плоскости. Расстояния между проекциями соседних горизонталей одинаковы и равны интервалу откоса выемки $l_b = 5$ мм. Для построения плана горизонталей из точек с числовыми отметками 23, 24, 25, расположенными на кромке дороги, проводят окружности радиусом соответственно $R = l_b = 5$ мм, $R = 2l_b = 10$ мм и т.д. Теперь, к примеру, горизонталь 25 начинают чертить из точки 25 на кромке дороги таким образом, чтобы она представляла плавную кривую, касающуюся проведённых окружностей-горизонталей с однозначными числовыми отметками. Аналогично чертят другие горизонталю откоса выемки. Построение этой плавной кривой представлено на рис. 2.33. Прежде, чем решить задачу по её проведению, нужно уяснить, что поверхность одинакового ската – это поверхность, все прямолинейные образующей которой составляют с некоторой плоскостью одинаковый угол. Если эту поверхность, ребром возврата которой служит цилиндрическая винтовая линия, пересечь плоскостью, перпендикулярной к оси цилиндра (горизонтальной плоскостью), то в сечении получим эвольвенту, эволютой которой является окружность цилиндра – ортогональная проекция ребра возврата на ту же плоскость. В нашем примере горизонталь 25 (плавная кривая) – эвольвента. Эволютой является окружность, проведённая из центра w радиусом R_0 .

$$R_0 = (R + L/2) \cdot i_d / i_o,$$

где R – радиус оси дороги; L – ширина дороги; i_d – уклон дороги; i_o – уклон откоса (в нашем примере – выемки).

Таким образом, величина R_0 определяется в общем случае тремя независимыми параметрами: радиусом дороги (R_n и R_b); уклоном дороги i_d ; уклоном откоса i_o , причём $R_n = R + L/2 = 25 + 4/2 = 27$ – радиус внешней кромки дороги; $R_b = R - L/2 = 25 - 4/2 = 23$ – радиус внутренней кромки дороги.

При значительной величине R и малой ширине дороги принимается $R_n = R_b = R$. Подставляем значения величин нашего примера в формулу:

$$R_0^H = R_n \cdot i_d / i_b = 27 \cdot 1:6/1:1 = 4,5 \text{ м};$$

$$R_0^B = R_b \cdot i_d / i_b = 23 \cdot 1:6/1:1 = 3,84 \text{ м},$$

где R_0^H , R_0^B – радиусы эволют для наружной и внутренней кромок дороги. На чертеже радиусами R_0^H и R_0^B опишем окружности из центра w с учётом масштаба чертежа. Положение центра w дано на рис. 2.33.

Теперь проведём касательные прямые из точек $a_3 \dots a_0$ к большой эволюте, а из $b_3 \dots b_0$ – к меньшей. Касательные прямые $m_3 \dots m_0$ и $n_3 \dots n_0$ являются линиями наибольшего ската на откосах выемки, а точки касания $0, 1, 2, 3$ и $0', 1', 2', 3'$ – центрами, воспользовавшись которыми, начертим горизонталю. Для этого ставим циркуль в точку касания $3'$ и радиусом $3' \dots a_3$ чертим дугу до следующей линии наибольшего ската m_2 . Переставляем циркуль в точку касания $2'$, увеличиваем раствор циркуля до ранее начерченной дуги и продолжаем чертить её до линии ската m_1 и т.д. Для большей точности графической работы точки $0', 1', 2', 3'$ определяем засечками циркуля. Для этого после определения точки касания $3'$, берём раствором циркуля размер $3' \dots a_3$ ($3' \dots b_3$), ставим циркуль в точку a_2 (b_2) и на соответствующей эволюте делаем засечку – это будет точка $2'$ (2), из точки a_1 (b_1) делаем засечку тем же раствором циркуля и получаем точку $1'$ (1) и т.д. Расстояния между точками $3' - 2', 2' - 1', 1' - 0', 3 - 2, 2 - 1, 1 - 0$ равны интервалу l_b . Горизонталю откоса выемки с отметками 23, 24, 25, ..., таким образом, выполняются циркулем с достаточной графической точностью. Следует считать этот способ приближённым, так как эвольвента – лекальная кривая.

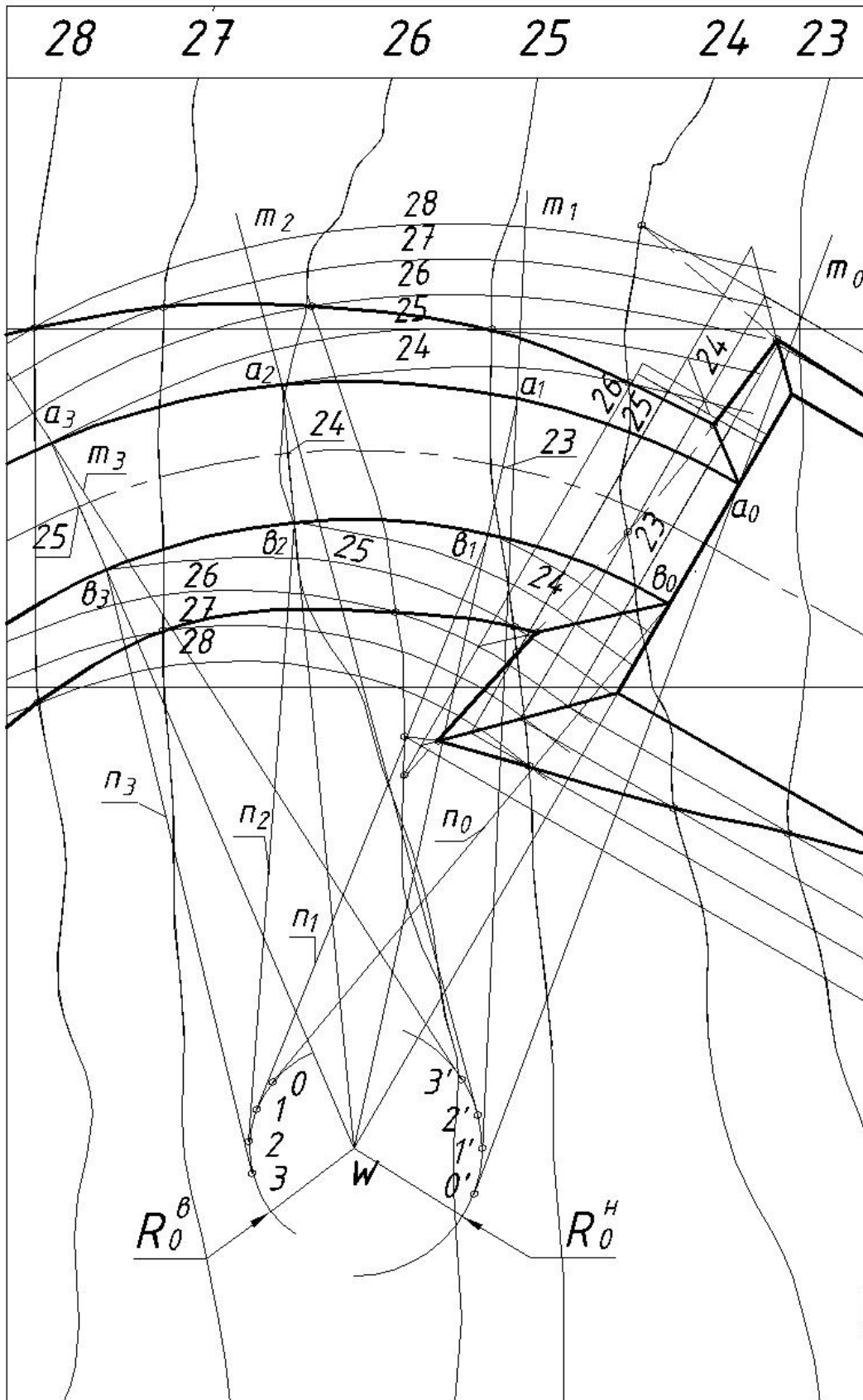


Рис. 2.33. Построение горизонталей откосов выемок на криволинейном участке дороги

После выполнения всех построений на плане контурными линиями оформляют кромки дороги и строительной площадки, а также линии пересечения откосов с поверхностью земли и откосов между собой.

Построение профиля земляного сооружения. Профилем называется сечение топографической поверхности вертикальной плоскостью, след которой показывают на плане согласно ГОСТ 2.307–68. На

профиле видно, где и на сколько надо насыпать или снять грунт. Профилями пользуются при подсчёте объёма земляных работ и для определения границ земляных работ. Построение профиля $A-A$ сводится к построению вертикальной проекции сечения. Для этого на выбранном месте строят сетку: горизонтальные линии обозначают горизонтальные плоскости, расположенные через 1 м (в масштабе – 5 мм), вертикальные линии проводят в местах характерных точек линии $A-A$ и расстояния между ними снимаются с плана чертежа (рис. 2.34).

Откосы искусственных сооружений обозначаются условной штриховкой в направлении линии ската и состоящей из попеременно проведённых коротких и длинных штрихов. Штрихи начинаются у верхней кромки откоса и в зависимости от сложности и величины чертежа проводятся по всей верхней кромке или только в свободных от различных обозначений местах чертежа. По расположению и направлению штрихов можно судить о направлении спуска плоскости откоса (рис. 2.24).

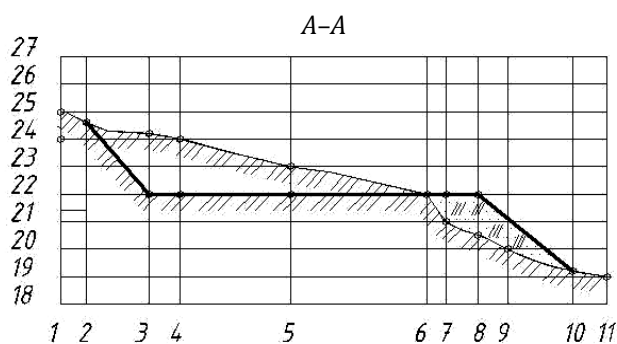
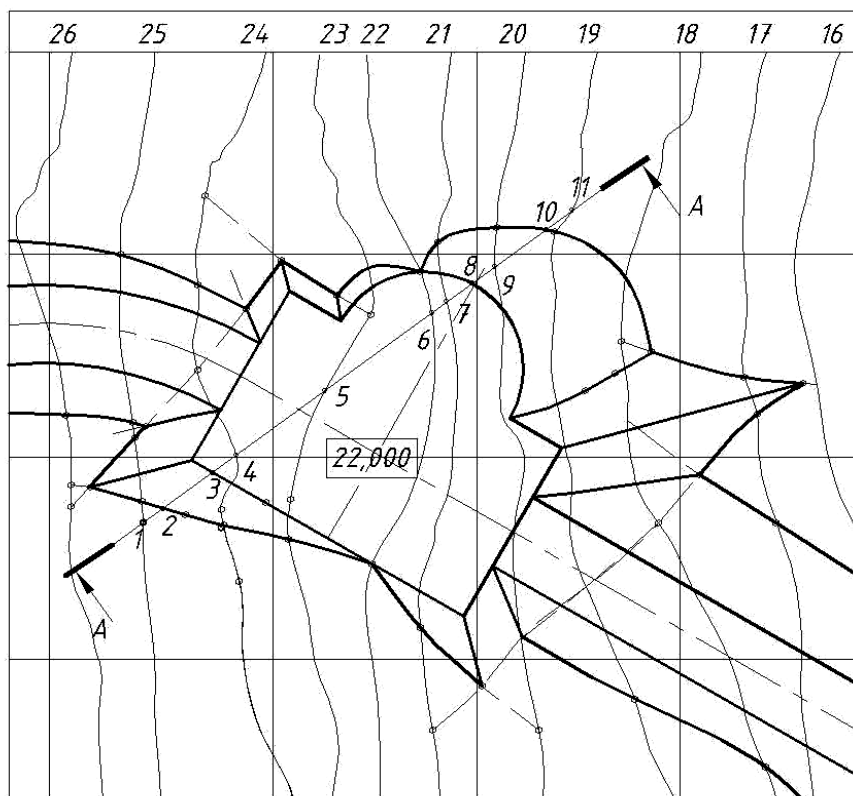


Рис. 2.34. Построение профиля земляного сооружения
3. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНАМ

1. Методы проецирования.
2. Проецирование точки и прямой на две и три плоскости проекций.
3. Прямые общего и частного положения.
4. Взаимное положение прямых в пространстве. Метод конкурирующих точек.
5. Определение натуральной величины отрезка прямой общего положения и углов его наклона к плоскости проекций.
6. Деление отрезка прямой в данном отношении.
7. Проецирование прямого угла.
8. Следы прямой.

9. Задание плоскости на чертеже.
 10. Плоскости общего и частного положения.
 11. Принадлежность точки и прямой плоскости.
 12. Главные линии плоскости.
 13. Общий приём построения точки пересечения прямой линии с плоскостью.
 14. Признак параллельности и перпендикулярности прямой и плоскости.
 15. Признак параллельности и перпендикулярности двух плоскостей.
 16. Построение линии пересечения двух плоскостей. Определение видимости.
 17. Сущность способов преобразования чертежа вращением и заменой плоскостей проекций.
 18. Способ вращения и его разновидности. Вращение вокруг проецирующей оси.
 19. Способ вращения вокруг линии уровня и следа плоскости. Способ плоско-параллельного перемещения.
 20. Плоские и пространственные кривые линии.
 21. Поверхности. Многогранные поверхности.
 22. Способ граней. Развёртывание многогранных поверхностей способом нормального сечения.
 23. Способ рёбер. Развёртывание многогранных поверхностей способом триангуляции.
 24. Кривые поверхности (поверхности линейчатые развёртываемые и неразвёртываемые, поверхности нелинейчатые, поверхности вращения).
 25. Пересечение кривых поверхностей прямой линией и плоскостью.
 26. Взаимное пересечение кривых поверхностей. Метод вспомогательных секущих плоскостей.
 27. Метод концентрических сфер для построения линии пересечения двух поверхностей вращения.
 28. Развёртывание кривых поверхностей.
 29. Тени. Выбор направления светового луча при построении теней в ортогональных проекциях.
- Понятия о собственных и падающих тенях.
30. Тени от точки, прямой и плоскости.
 31. Методы построения теней. Метод лучевых сечений.
 32. Методы построения теней. Метод обратного луча.
 33. Перспектива. Геометрические основы линейчатой перспективы.
 34. Перспектива точки, прямой и плоскости.
 35. Выбор проведения основания картинной плоскости, угла зрения и высоты горизонта.
 36. Методы построения перспективных изображений.
 37. Построение перспективных изображений методом архитекторов.
 38. Построение теней в перспективе.
 39. Проекция с числовыми отметками. Сущность метода.
 40. Проекция точек и прямых в числовых отметках.
 41. Взаимное положение прямых в проекциях с числовыми отметками.
 42. Плоскость в проекциях с числовыми отметками. Взаимное положение плоскостей.
 43. Поверхности в проекциях с числовыми отметками.
 44. Топографическая поверхность в проекциях с числовыми отметками.
 45. Взаимное пересечение поверхностей в проекциях с числовыми отметками.
 46. Аксонометрические проекции. Сущность метода. Теорема Польке.
 47. Виды аксонометрических проекций. Прямоугольная диметрия.
 48. Виды аксонометрических проекций. Прямоугольная изометрия.
 49. Построение наглядных изображений в прямоугольной изометрии и диметрии.

4. ЗАДАНИЯ К ГРАФИЧЕСКИМ РАБОТАМ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ

4.1. Графическая работа № 7

ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ. АКСОНОМЕТРИЯ

(Пример выполнения приведён на рис. 4.9, 4.10)

Цель работы: закрепление знаний по применению способа прямоугольного проецирования для построения изображений пространственных геометрических форм и их комбинации на три плоскости проекции; приобрести навыки и умения в выполнении аксонометрических проекций.

Задание

Выполнить по вариантам на двух листах чертежной бумаги формата А3 и А4:

Упражнение 1. Построить третий вид модели (детали) по двум заданным (см. рис. 4.11). Выполнить на главном виде и на виде слева необходимые разрезы. Нанести размеры.

Упражнение 2. Построить натуральный вид наклонного сечения фронтально-проецирующей плоскостью $A-A$.

Упражнение 3. Выполнить на листе формата А4 наглядное изображение модели (детали) в прямоугольной изометрической проекции с вырезом одной четверти предмета. Размеры не наносить.

Порядок выполнения работы

Для выполнения задания проработать тематический материал по учебнику [2, с. 110 – 126, 135 – 153, 127, 128, 34 – 47], по справочнику [3, с. 46 – 83, 87 – 91, 37 – 40] и изучить основные требования стандартов ЕСКД [9]: ГОСТ 2.305–68. Изображения-виды, разрезы, сечения; ГОСТ 2.306–68. Обозначения графические материалов и правила их нанесения на чертежах; ГОСТ 2.307–68. Нанесение размеров и предельных отклонений; ГОСТ 2.317–69. Аксонометрические проекции.

Упражнение 1. Перед тем как приступить к выполнению упражнений следует изучить по ГОСТ 2.305–68 или по учебнику основные положения, относящиеся к построению видов, разрезов и сечений.

Видом называется изображение обращённой к наблюдателю *видимой части поверхности* предмета. Для уменьшения количества изображений допускается на видах показывать необходимые невидимые части поверхности предмета при помощи штриховых линий. Видам, полученным на основных плоскостях проекций – фронтальной, горизонтальной и профильной, присваивают названия: *вид спереди*, *вид сверху*, *вид слева*. Вид спереди условно считают главным.

Главный вид должен давать наиболее полное и ясное *представление о форме и размерах* детали или изделия

Для выявления формы и размеров внутренних полостей изображаемого предмета следует применять *разрезы и сечения*. *Разрезом* называют изображение предмета, мысленно рассечённого одной или несколькими плоскостями. На разрезе показывают то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней.

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяют на: *простые* – при одной секущей плоскости; *сложные* – при двух и более секущих плоскостях. Сложный разрез называют *ступенчатым*, если секущие плоскости параллельны. Если секущие плоскости пересекаются, то разрез называют *ломаным*.

Обозначение разрезов (сечений). Для указания на чертеже положения секущей плоскости применяют разомкнутую линию, называемую *линией сечения*. Толщина линии сечения от S до $1,5S$. Начальный и конечный штрихи этой линии не должны пересекать контур изображения. Стрелки, указывающие направление взгляда при разрезе, ставят на расстоянии 2...3 мм от внешнего конца штриха. У начала и конца линии сечения ставят одну и ту же букву русского алфавита. Разрез отмечают надписью типа $A-A$ – всегда двумя буквами через тире. Буквенные обозначения разрезов располагают параллельно основной надписи чертежа над соответствующим разрезом. Размер шрифта буквенных обозначений должен быть больше размера цифр размерных чисел на том же чертеже приблизительно в два раза. При обозначении сложного разреза штрихи линии сечения проводят также у изломов линии сечения.

Если секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета в целом, а соответствующие изображения расположены в непосредственной проекционной связи и не разделены какими-либо другими изображениями, положение плоскости разреза не отмечают и разрез надписью не сопровождают (фронтальный разрез на

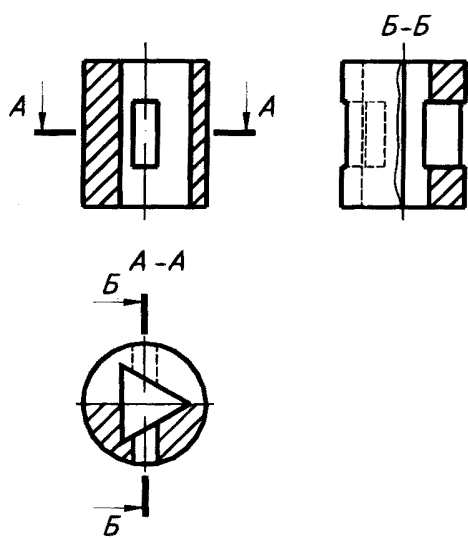


Рис. 4.1

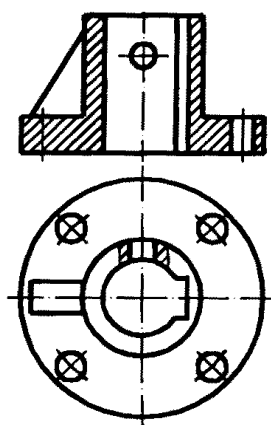


Рис. 4.2

рис. 4.1). Допускается соединять часть вида и часть соответствующего разреза, разделяя их сплошной волнистой линией. Если при этом соединены половина вида и половина разреза, каждый из которых является симметричной фигурой, то разделяющей линией служит ось симметрии (разрез А–А на рис. 4.1). Если с осью симметрии, являющейся границей между половиной разреза и половиной вида, совпадает проекция какого-либо элемента, принадлежащего внешней или внутренней поверхности фигуры (например, ребра многогранника), то в этом случае часть вида и часть разреза разделяют сплошной волнистой линией. Эту линию наносят слева или справа от ребра, так увеличивая вид или разрез, чтобы совпадающий с осью симметрии элемент фигуры проецировался видимым (вид слева на рис. 4.1).

Разрез, поясняющий устройство предмета лишь в отдельном, ограниченном месте, называется *местным*. Местный разрез выделяют на виде сплошной волнистой линией (рис. 4.2).

ГОСТ 2.305–68 устанавливает большое количество условностей и упрощений. *Отверстия* на круглом фланце, не попадающие в секущую плоскость, *изображают в разрезе* (рис. 4.2); *тонкие стенки* типа рёбер жёсткости показывают *незаштрихованными*, если секущая плоскость направлена вдоль длинной стороны ребра (рис. 4.2); такие детали, как винты, заклёпки, шпонки, непустотелые валы, рукоятки при продольном разрезе, изображают *нерассечёнными* и т.д.

ГОСТ 2.306–68 устанавливает *обозначения графические материалов* в сечениях и разрезах главных видов предметов.

Металлы и твёрдые сплавы обозначают штриховкой – сплошными параллельными линиями толщиной $S/2 - S/3$ под углом $\angle 45^\circ$ влево или вправо. Для всех разрезов одной и той же детали наклон в рону, расстояние между линиями штриховки от 1 до 10 мм. В случае совпадения линии штриховки с контура или осевыми рекомендуется штриховать или $\angle 60^\circ$. Сечения шириной менее 2 мм – зачер-

Нанесение размеров. Всякую деталь или будут изготавливать по размерам, численные которых указаны на чертеже. Единые правила размеров на чертежах устанавливает ГОСТ Нанесение размеров и предельных отклонений.

Размеры на чертеже указывают размерными линиями и размерными линиями. Линейные размеры указывают в *миллиметрах* (без указания размерности). Угловые размеры указывают в градусах, минутах и секундах с обозначением единицы.

При нанесении размера прямолинейного отрезка размерную линию проводят параллельно этому отрезку, а выносные линии перпендикулярно размерным (рис. 4.3). Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 1...5 мм. Расстояние размерной линии от параллельной ей линии контура, осевой, выносной и других линий, а также расстояние между параллельными размерными линиями должно быть в пределах 7...10 мм. Необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий. Не допускается использовать линии контура, осевые, центровые и выносные линии в качестве размерных.

Размерные числа соответствуют натуральным размерам предмета независимо от масштаба на чертеже. Каждый размер показывается только один раз. Наносить размеры от линий невидимого контура не допускается. *Размерные числа не допускается разделять или пересекать какими бы то ни было линиями чертежа*. В месте нанесения размерного числа осевые, центровые линии и линии штриховки прерывают.

Размеры, относящиеся к *наружным* формам предмета, рекомендовано наносить *на соответствующих видах*, а *внутренние* – *на разрезах*. Предпочтительно наносить размеры вне контура изображений. При нанесении размера радиуса перед размерным числом помещают прописную букву *R* (рис. 4.3). При обозначении размеров дуг окружности $\leq 180^\circ$ указывается их радиус *R*, для дуг больше 180° и полных окружностей указывается их диаметр \varnothing .

В задании на проекциях детали часть размеров, из-за отсутствия третьего изображения, размещены недостаточно целесообразно. *При выполнении задания расположение размеров надо не копировать с задания, а нанести их на всех трёх изображениях*, руководствуясь положениями ГОСТ 2.307–68.

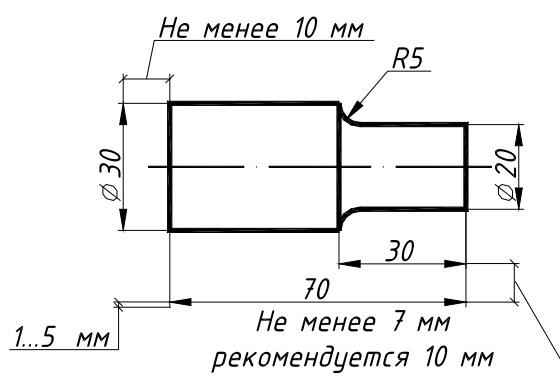


Рис. 4.3

во, но для одну сто- до линией под $\angle 30^\circ$ нить. изделие значения нанесения 2.307-68

ми чис-

Упражнение 2. Сечением называется изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. При изображении сечения показывают только то, что получается непосредственно в секущей плоскости (рис. 4.4).

При определении истинного вида наклонного сечения детали фронтально-проецирующей плоскостью надо воспользоваться одним из способов начертательной геометрии: вращения, совмещения, плоскопараллельного перемещения (вращения без указания положения осей) или перемены плоскостей проекций. На рис. 4.5 дано построение проекций и истинного вида сечения фронтально-проецирующей плоскостью детали, поверхность которой образована призматической и цилиндрической поверхностями способом перемены плоскостей проекций. Фронтальной проекцией сечения будет линия, совпадающая со следом плоскости. Для нахождения горизонтальной проекции сечения находим точки пересечения с плоскостью рёбер призмы (точки 1, 2, 6, 7) и поверхности цилиндра (точки 2, 3, 4, 5, 6), соединяя их, получим плоскую фигуру, горизонтальная проекция которой будет $1'-2'-3'-4'-5'-6'-7'$.

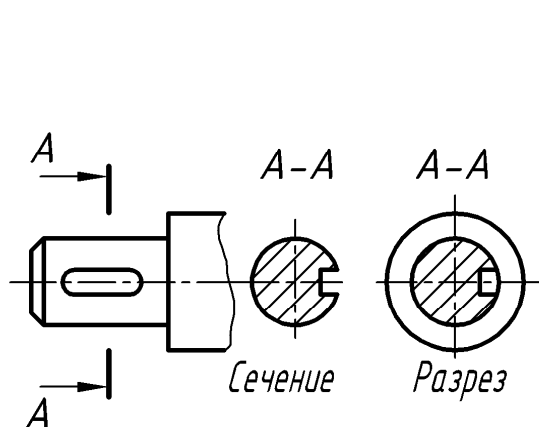


Рис. 4.4

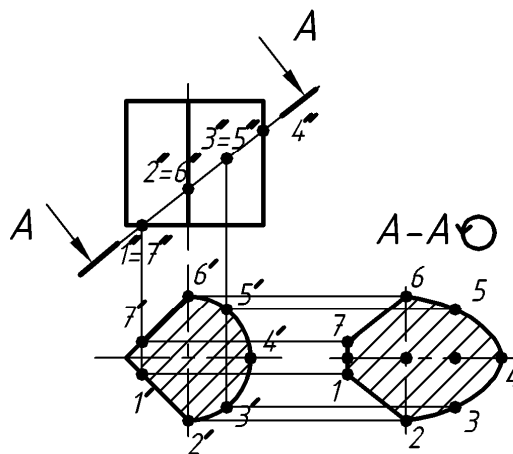


Рис. 4.5

В инженерной графике проецирующая плоскость задаётся лишь одним следом – линией сечения и обозначается буквами русского алфавита, например $A-A$ (рис. 4.5). Оси проекции не проводят. Построение сечения начинают с проведения линии симметрии истинного вида сечения, параллельной следу плоскости или поворачивая, располагая его на свободном месте чертежа. На оси симметрии откладывают расстояния между точками, величину которых измеряют вдоль проецирующего следа секущей плоскости ($1''-2''-3''-4''$). А на перпендикулярах к оси, проведённых через эти точки, откладывают отрезки, длины которых определяют на виде сверху ($1'-7'$; $2'-6'$; $3'-5'$; $4'$). Сечение снабжают надписью аналогичной в обозначении положения секущей плоскости (рис. 4.4, 4.5). Если ось разреза или сечения повернута, то над изображением в обозначении добавляют условный графический знак, например $A-A \odot$ (рис. 4.5).

Упражнение 3. Для построения наглядных изображений применяют аксонометрическое проецирование, состоящее в том, что данный предмет вместе с системой трёх взаимно перпендикулярных осей координат, к которым он отнесён в пространстве, параллельно проецируют на некоторую плоскость, называемую *плоскостью аксонометрических проекций* (или картинной плоскостью). Проекция на этой плоскости называется *аксонометрической* или сокращённо аксонометрией. Проекция осей координат, к которым отнесён предмет в пространстве, выполняют роль аксонометрических осей. Так как оси координат наклонены к плоскости аксонометрических проекций, они проецируются на неё с искажением.

В курсе «Инженерная графика» студенты выполняют *изометрические* и *диметрические* аксонометрические проекции. Для изометрической проекции углы между аксонометрическими осями равны 120° (рис. 4.6, а), а для диметрической (рис. 4.6, в) ось x составляет с горизонтальной линией угол, равный $7^\circ 10'$, а ось y – угол $41^\circ 25'$. На практике построение аксонометрических осей для диметрических проекций производят следующим образом. Ось x проводят с уклоном 1:8 к горизонтальной прямой, а ось y служит биссектриса угла между осями x и z .

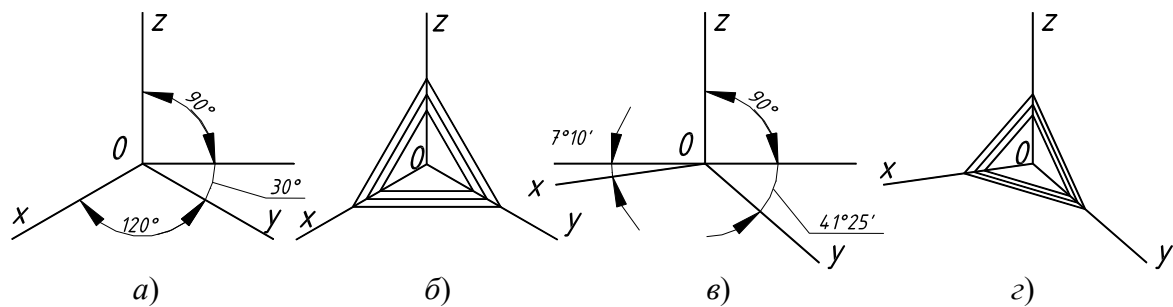


Рис. 4.6

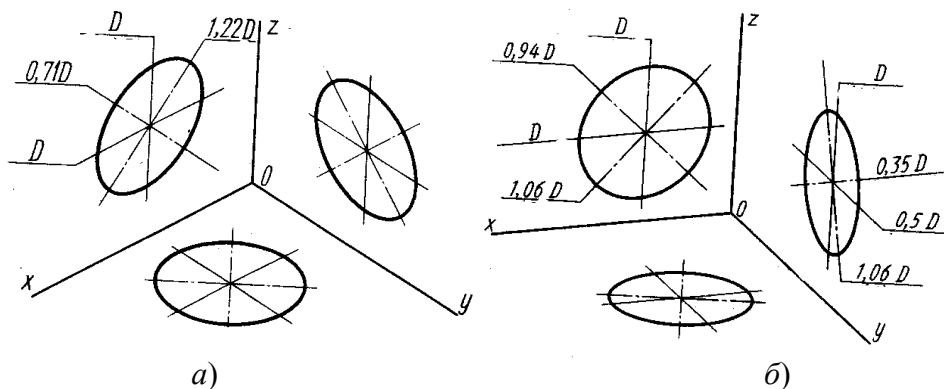


Рис. 4.7

На всех осях изометрической проекции коэффициент искажения равен 0,82. Для диметрической проекции по осям x и z искажение равно 0,94, а по оси y – 0,47. Для упрощения построений изометрическую проекцию выполняют без искажений по всем осям, как бы приняв коэффициент искажения за 1, что соответствует увеличению изображения по сравнению с действительным в 1,22 раза. Диметрическую проекцию выполняют без искажения по осям x и z и с коэффициентом искажения по оси y , равным 0,5. В этом случае диметрическое изображение увеличено по сравнению с действительным в 1,06 раза.

Окружность на аксонометрических проекциях проецируется в эллипс. Эти эллипсы можно строить по его осям. В каждой координатной плоскости большая ось эллипса, в который проецируется окружность, расположена перпендикулярно свободной оси. Для изометрических проекций (рис. 4.7, а) во всех координатных плоскостях большая ось эллипса равна 1,22 диаметра окружности, а малая – 0,71 диаметра окружности (если изометрическая проекция строится без искажения по осям). Для диметрических проекций (рис. 4.7, б) в координатных плоскостях xOy и zOy большая ось эллипса равна 1,06 диаметра окружности, а малая – 0,35 диаметра окружности. В координатной плоскости xOz большая ось эллипса равна 1,06 диаметра окружности, а малая – 0,95 диаметра окружности. Все это при условии, что диметрическая проекция строится без искажения по осям x и z и с искажением 0,5 по оси y .

Построение эллипса в аксонометрических проекциях можно заменить построением четырёхцентрового овала. Покажем построение эллипса в изометрической (рис. 4.8, а) и диметрической (рис. 4.8, б) аксонометрических проекциях. Эллипсы можно построить по заданным аксонометрическим осям, например x и y , и диаметру окружности d без дополнительных расчётов или по восьми точкам, предварительно рассчитав отрезки AB и CD .

Обычно аксонометрическую проекцию предмета строят по ортогональному чертежу, причём построение получается более простым, если положение детали относительно аксонометрических осей x , y , z остаётся таким же, как и на ортогональном чертеже. На свободном поле чертежа намечают направления аксонометрических осей, предмет разбивают на простейшие геометрические тела: призмы, пирамиды, цилиндры, конусы, сферы и строят их изображения в аксонометрических проекциях.

На аксонометрических проекциях, как правило, не показывают невидимый контур штриховыми линиями. Для выявления внутреннего контура детали, так же как и на ортогональном чертеже, в аксонометрии выполняют разрезы, но эти разрезы могут не повторять контуры ортогонального чертежа. На аксонометрических проекциях, как правило, не применяют полные разрезы, так как такие разрезы уменьшают наглядность изображения.

При выполнении разрезов секущие плоскости направляют только параллельно координатным плоскостям xOz , yOz или zOy . Чаще всего на аксонометрических проекциях, когда деталь представляет собой сим-

метричную фигуру, вырезают одну четвертую часть детали. Рёбра жёсткости, если они попадают в секущую плоскость, штрихуются. Согласно ГОСТ 2.317–68 линии штриховки сечений в аксонометрических проекциях наносят параллельно одной из диагоналей проекции квадратов, расположенных в соответствующих координатных плоскостях, стороны которых параллельны аксонометрическим осям.

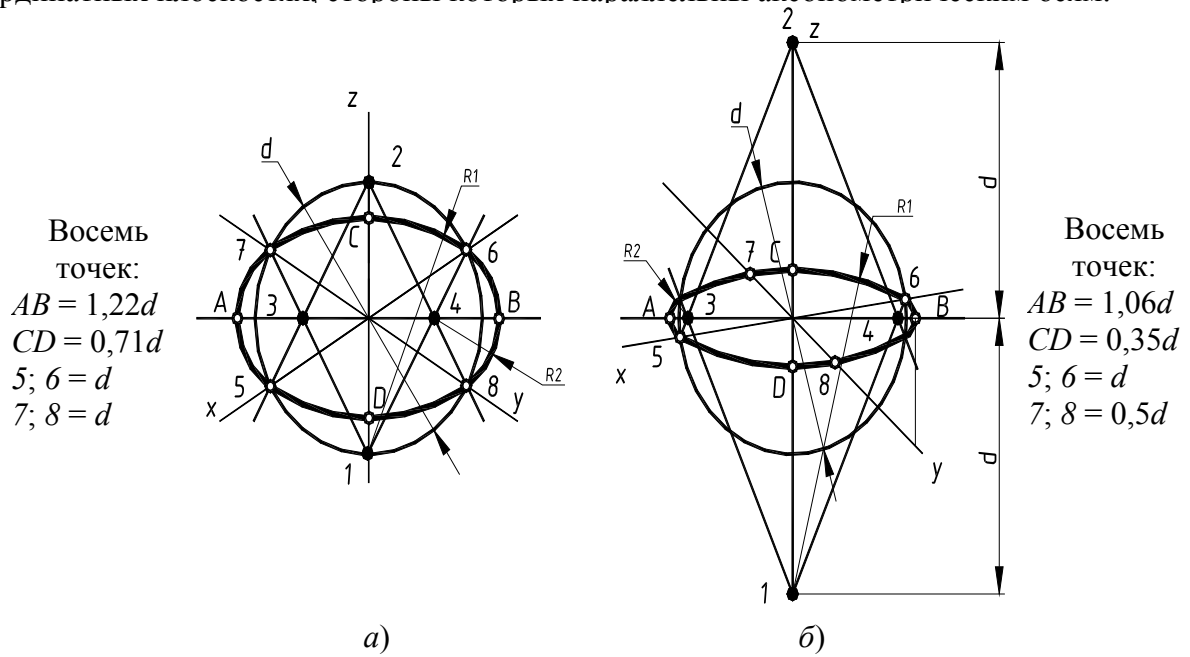


Рис. 4.8. Построение эллипса:
 точки 1; 2; 3; 4 – центры овалов

На рис. 4.6, б показано построение направлений линий штриховки на изометрических проекциях. Для этого на осях x , y , z (или линиях, им параллельным) откладывают равные отрезки и соединяют их концы. Для диметрических проекций (рис. 4.6, з) на осях x и z откладывают равные отрезки, а на оси y – отрезок вдвое меньше.

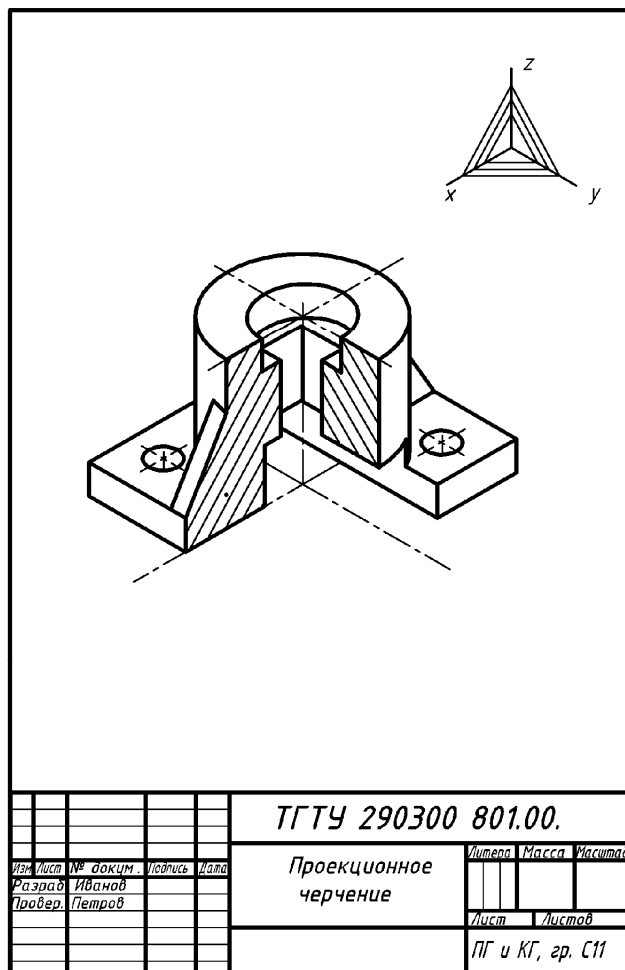


Рис. 4.9. Образец выполнения графической работы № 7 (упражнение 3)

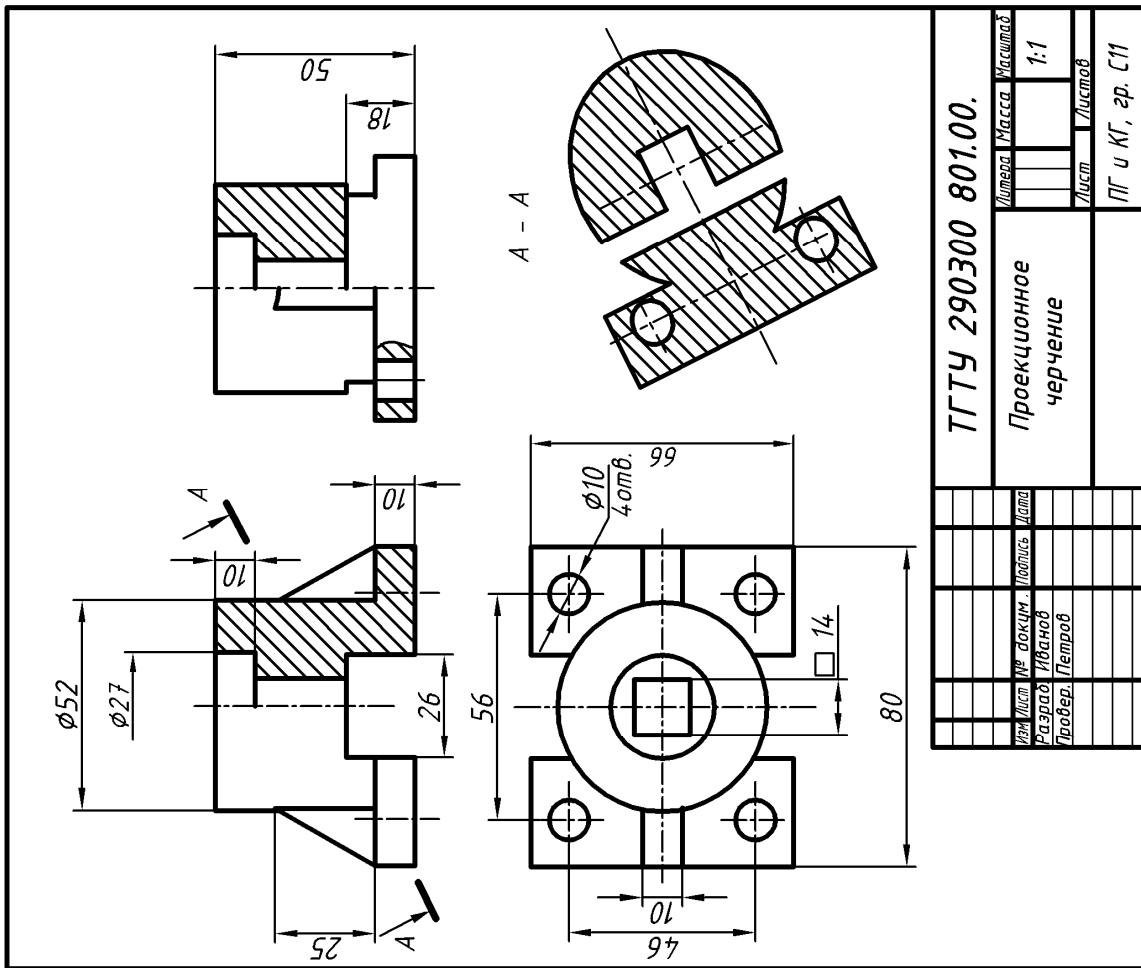
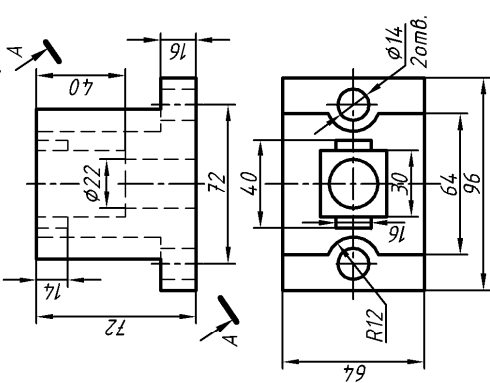
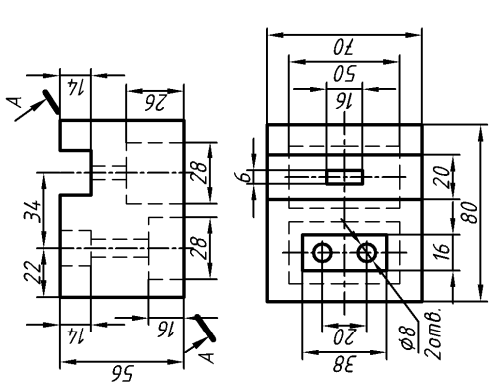


Рис. 4.10. Образец выполнения графической работы № 7 (упражнения 1, 2)

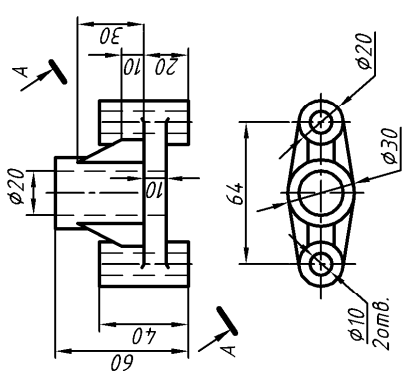
4, 20



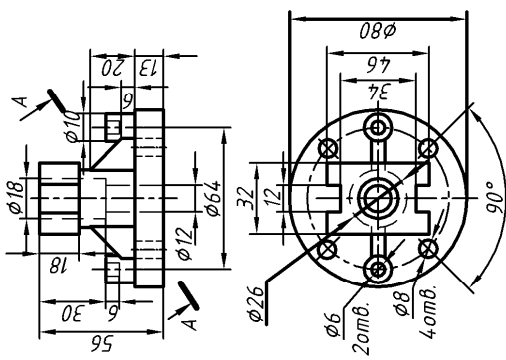
8, 24



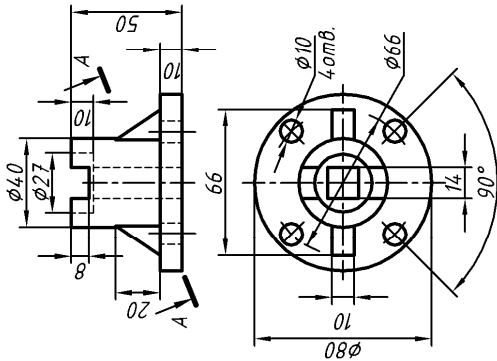
3, 19



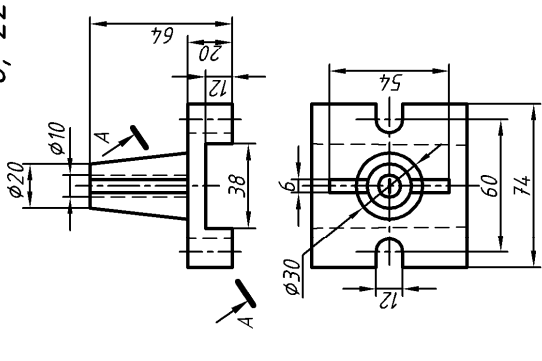
7, 23



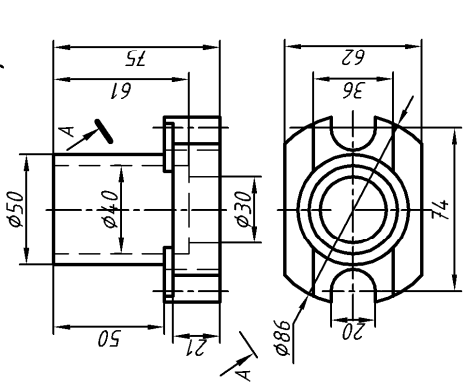
2, 18



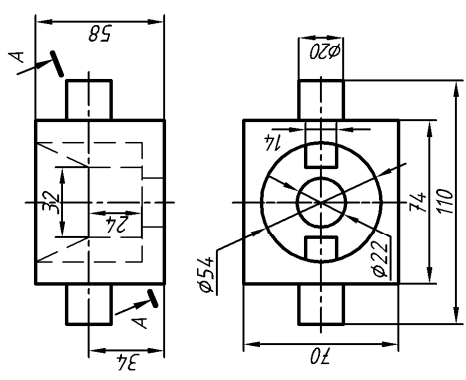
6, 22

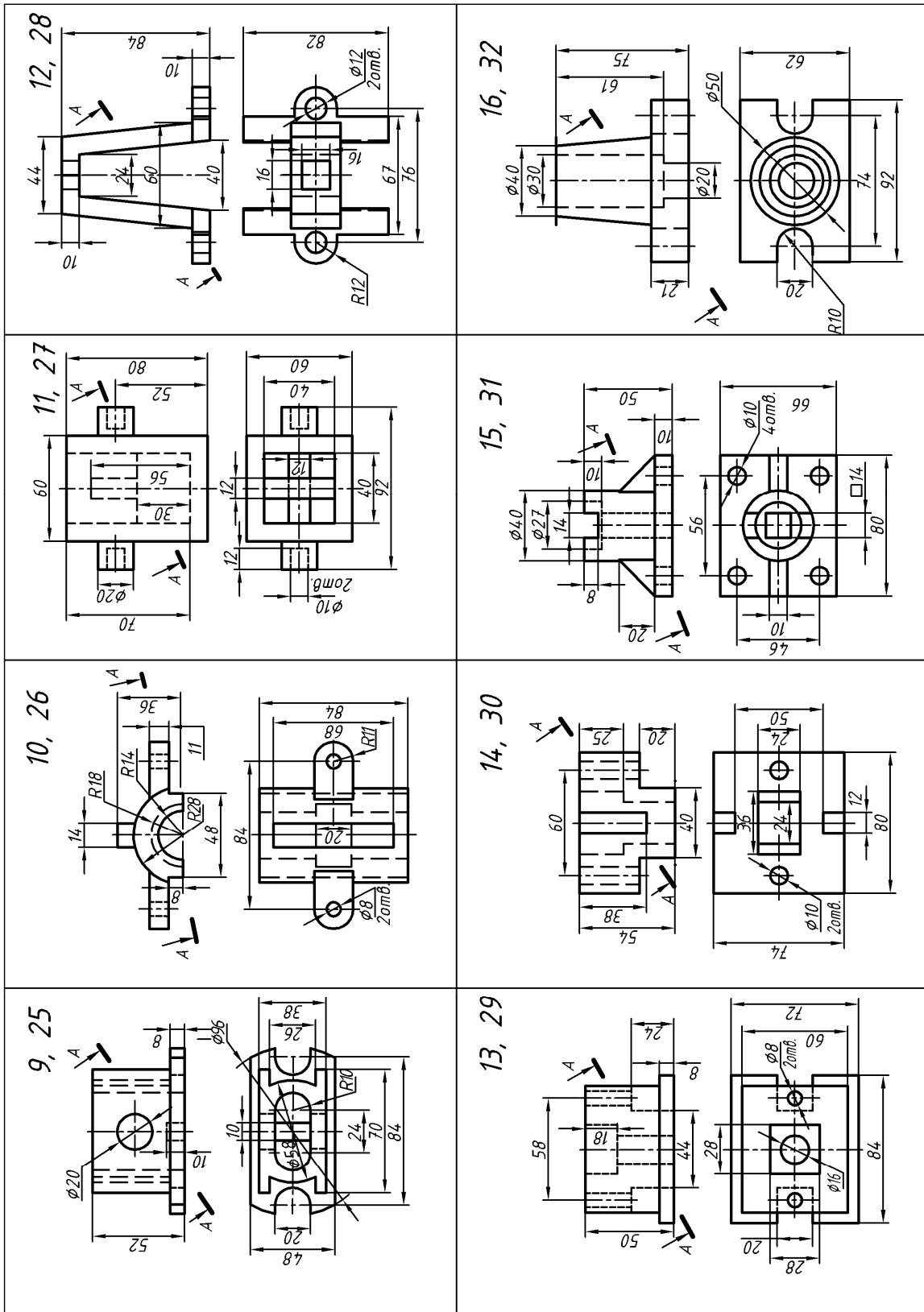


1, 17



5, 21





4.2. Графическая работа № 8

СОЕДИНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ

(Пример выполнения приведён на рис. 4.25)

Цель работы: изучить разъёмные соединения (болтовые, шпилечные, труб муфтой), элементы этих соединений, правила условного изображения и обозначения резьбы.

Задание

Выполнить по вариантам на листе чертежной бумаги формата А3 упражнения.

Упражнение 4. Начертить в левой части листа упрощённое изображение соединения деталей болтом (для нечётных вариантов) или шпилькой (для чётных вариантов).

Упражнение 5. Начертить в правой части листа соединение труб муфтой.

Нанести нужные размеры. Над изображением выполнить поясняющие надписи, как это показано на образце выполняемого задания (рис. 4.25).

Данные для выполнения задания определяются номером варианта по табл. 4.1 и рис. 4.21 – 4.24.

Порядок выполнения работы

Для выполнения задания проработать тематический материал по учебнику [2, с. 216 – 264, 272 – 278], по справочнику [3, с. 270 – 349] и изучить требования ЕСКД [9]: ГОСТ 2. 311–68. Изображение резьбы; ГОСТ 2. 315–68. Изображения упрощённые и условные крепёжных деталей.

Соединения деталей могут быть разъёмными и неразъёмными. Разъёмные соединения позволяют выполнить их сборку и разборку без разрушения. Разборку неразъёмных соединений можно произвести только с частичным разрушением некоторых деталей, входящих в соединение.

Упражнение 4. В практике наибольшее распространение получили резьбовые соединения, т.е. соединения с помощью деталей, имеющих резьбу. Резьбой называется поверхность, образованная при винтовом движении плоского контура по цилиндрической или конической поверхности. Резьбы по назначению подразделяются на крепёжные и ходовые. Крепёжные резьбы служат для получения разъёмных соединений деталей. Ходовые резьбы довольно часто выполняют многозаходными, они служат для преобразования вращательного движения в поступательное. Стандартные резьбы обозначаются сокращенно: *M* – метрическая, *G* – трубная, *Tr* – трапецеидальная, *S* – упорная.

Наиболее распространённой из крепёжных резьб является метрическая (ГОСТ 9150–81, ГОСТ 8724–81, ГОСТ 24705–81) и трубная цилиндрическая (ГОСТ 6357–81).

У метрической резьбы треугольный профиль с углом при вершине 60° (рис. 4.12). Диаметр и шаг (*P*) метрической резьбы выражается в миллиметрах. Метрическую резьбу подразделяют на резьбу с крупным

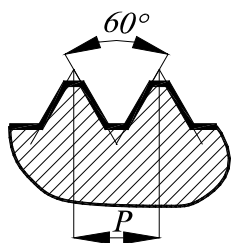


Рис. 4.12

ным

шагом и резьбу с мелким шагом при одинаковом наружном диаметре резьбы.

Трубная цилиндрическая резьба также имеет треугольный профиль, но угол между боковыми сторонами равен 55° (рис. 4.13). Вершины выступов и впадин закруглены, что обеспечивает большую герметичность соединения. Трубная резьба имеет более мелкий шаг по сравнению с метрической. Её применяют для соединения труб и других деталей арматуры трубопроводов, используемых в коммуникациях, транспортирующих жидкость, а также для прокладки электрических и телефонных кабелей.

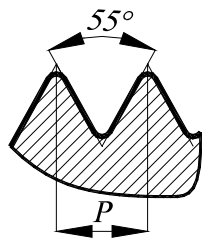


Рис. 4.13

Изображение резьбы. Построение точного изображения витков резьбы требует большой затраты времени, поэтому оно применяется в редких случаях. Как правило, на чертеже резьбу изображают условно, независимо от профиля резьбы. А именно: резьбу на стержне – сплошными основными линиями по наружному диаметру резьбы и сплошными тонкими по внутреннему на всю длину резьбы, включая фаску (рис. 4.14, а). На видах, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную оси стержня, по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу сплошной тонкой линией, приблизительно равную $3/4$ окружности и разомкнутую в любом месте. На изображении резьбы в отверстии сплошные основные и сплошные тонкие линии меняются местами (рис. 4.14, б). Фаски на стержне с резьбой и в отверстии с резьбой, не имеющие специального конструктивного назначения, в проекции на плоскость, перпендикулярную оси стержня или отверстия, не изображают. Границу резьбы на стержне и в отверстии проводят основной линией.

Следует твёрдо запомнить правило: *в резьбовых соединениях, изображённых на разрезе, резьба стержня закрывает резьбу отверстия* (рис. 4.15, а, б). Обратите особое внимание на то, что на разрезах штриховка доводится до сплошных основных линий. Более подробно сведения об изображении резьбы см. в ГОСТ 2.311–68.

Обозначение резьбы. Метрическую резьбу выполняют с крупным (единственным для данного диаметра резьбы) и мелким шагами, которых для данного диаметра резьбы может быть несколько. Например, для диаметра резьбы $d = 20$ мм крупный шаг всегда равен 2,5 мм, а мелкий может быть равен 2; 1,5; 1; 0,75; 0,5 мм, поэтому в обозначении метрической резьбы крупный шаг не указывают (рис. 4.14, а), а мелкий указывают обязательно (рис. 4.14, б). Диаметр и шаги метрической резьбы установлены ГОСТ 8724–81. Его можно найти в любом справочнике или учебнике по черчению.

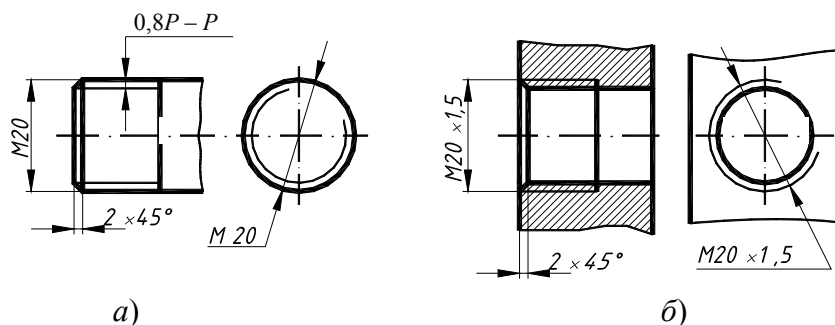


Рис. 4.14

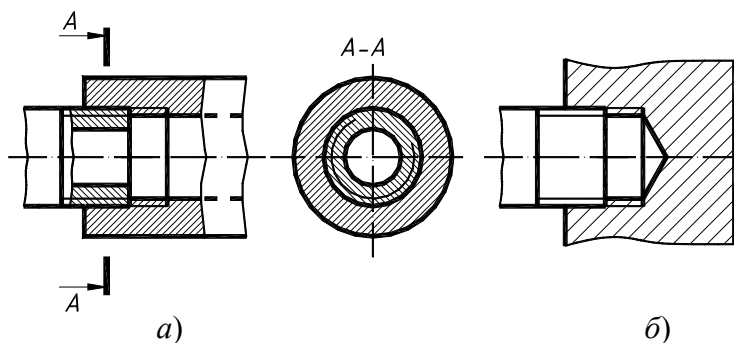


Рис. 4.15

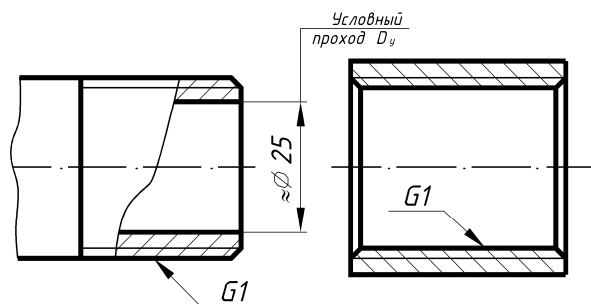


Рис. 4.16

Если для метрической резьбы обозначение диаметра резьбы соответствует её действительному наружному диаметру, то в трубной резьбе её диаметр обозначается условно. Например, G1 соответствует трубе, имеющей условный проход (внутренний диаметр трубы), равный размеру одного дюйма в миллиметрах, т.е. приблизительно 25 мм. Обозначение трубной резьбы осуществляется с помощью линии-выноски со стрелкой и полкой (рис. 4.16).

Разъёмные соединения деталей могут быть получены с использованием различных стандартных крепёжных изделий, например: болтов, шпилек, гаек и шайб.

Болт представляет собой цилиндрический стержень (рис. 4.17), на одном конце которого имеется головка, на другом – резьба для навинчивания гайки. В машиностроении широкое распространение получили болты с шестигранной головкой, изготавливаемые по ГОСТ 7798–70. Расчётная длина болта определяется по формуле $l = A + 1,25d$, где A – суммарная толщина скрепляемых деталей; $1,25d$ – величина, учитывающая толщину шайбы, высоту гайки и некоторый запас резьбы над гайкой; d – значение номинального диаметра резьбы болта. Полученное значение длины болта округляют до ближайшего стандартного значения по ГОСТ 7798–70, согласно которому длина болта кратна 5 мм, начиная с 20 мм до 80 мм, а с 80 мм и более кратна 10 мм. На учебных чертежах записывается сокращённое обозначение болта, в которое входят: наименование изделия (болт), диаметр резьбы, мелкий шаг резьбы (крупный не пишется), длина болта и номер стандарта, по которому изготовлен болт. Пример обозначения болта диаметром резьбы $d = 16$ мм, с крупным шагом резьбы $P = 2$ мм, длиной $l = 60$ мм: Болт М16 × 60 ГОСТ

7798–70; аналогичного болта, но с мелким шагом резьбы $P = 1,5$ мм: Болт М16 × 1,5 × 60 ГОСТ 7798–70.

Шпилька – цилиндрический стержень, имеющий с двух концов резьбу (рис. 4.18). Чертёж шпильки выполняется в одной проекции. Шпильки применяют для соединения деталей, когда отсутствует место для размещения головки болта или когда одна из соединяемых деталей имеет значительную толщину, что делает неэкономичной установку болта большой длины.

У шпилек различают ввинчиваемый резьбовой конец l_1 и гаечный l_0 . Длина ввинчиваемого конца l_1 в длину шпильки l не включается и зависит от материала детали, в которую ввинчивается шпилька:

$l_1 = d$ ГОСТ 22032–76 – сталь, бронза, латунь и т.п.;

$l_1 = 1,25d$ ГОСТ 22034–76 – ковкий и серый чугун;

$l_1 = 2d$ ГОСТ 22038–76 – лёгкие сплавы.

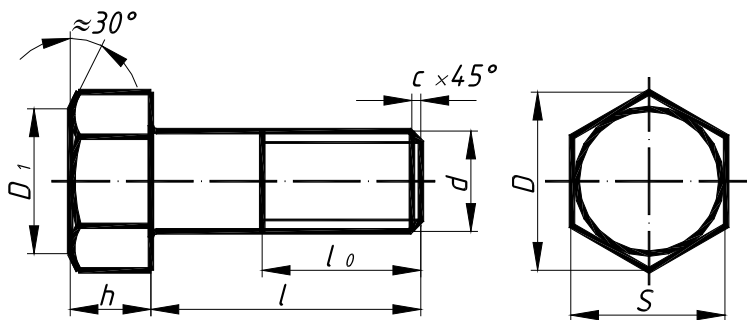


Рис. 4.17. Болт:

$D = 2,2d$; $h = 0,7d$; $D_1 \approx 1,4d$; $S \approx 1,5d$; $l_0 \approx 1,5d$; $c = 0,15d$; S – размер «под ключ»

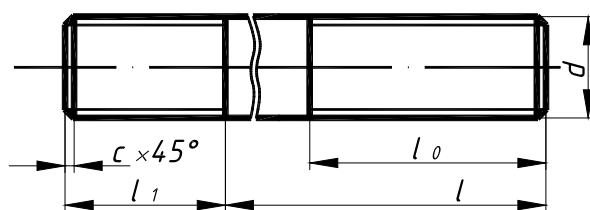


Рис. 4.18. Шпилька

Длина шпильки l определяется по формуле $l = A + 1,25d$, где A – толщина скрепляемой детали; $1,25d$ – величина, учитывающая толщину шайбы, высоту гайки и некоторый запас резьбы над гайкой. Полученное значение длины шпильки студент должен округлить до ближайшего стандартного значения.

Ряд длин шпилек: 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200.

Пример обозначения шпильки диаметром резьбы $d = 20$ мм, с крупным шагом резьбы $P = 2,5$ мм, длиной 110 мм, с длиной ввинчиваемого конца $l_1 = 1,25d$: Шпилька М20 × 110 ГОСТ 22034–76; аналогичной шпильки, но с мелким шагом резьбы $P = 1,5$ мм: Шпилька М20 × 1,5 × 110 ГОСТ 22034–76.

Гайка – деталь, имеющая отверстие с резьбой и предназначенная для навинчивания на болт, шпильку или иные детали. Чаще всего в машиностроении применяют шестигранные гайки нормальной точности. Конструктивно они могут быть двух исполнений: исполнение 1 – гайки, имеющие с двух сторон как наружную, так и внутреннюю фаски; исполнение 2 – гайки, имеющие с одной стороны наружную, а с другой внутреннюю фаску. Чертёж гайки (рис. 4.19) выполняется в двух проекциях. Пример обозначения шестигранной гайки первого исполнения, диаметром резьбы $d = 16$ мм, с мелким шагом $P = 1,5$ мм: Гайка М16 × 1,5 ГОСТ 5915–70.

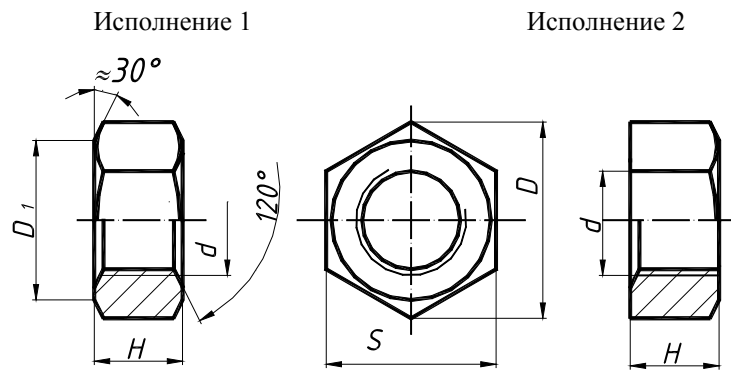


Рис. 4.19. Гайка

Шайба представляет собой пластину с отверстием, как правило, круглой формы, подкладываемую под гайку или головку болта, винта. Чертёж шайбы выполняется в одной проекции (рис. 4.20). Шайбы применяются для предохранения материала детали от задиров и смятия при затяжке гайки. Диаметр отверстия в шайбе делается немного больше диаметра стержня болта, шпильки или винта, но в обозначении шайбы указывается не действительная величина внутреннего диаметра шайбы, а диаметр крепёжной детали, например: Шайба 20 ГОСТ 11371–78.

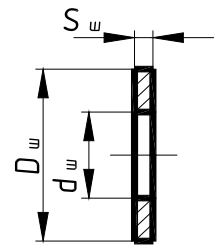


Рис. 4.20: Шайба

$$D_{ш} = 2,2d;$$

$$S_{ш} \approx 0,15d$$

Упрощённое изображение соединения деталей болтом (рис. 4.21). На сборочных чертежах и чертежах общего вида крепёжные детали изображают с упрощениями. Упрощения заключаются в следующем: не изображаются фаски на головке болта и на гайке; не показывают зазор между болтом и скрепляемыми деталями; резьбу изображают по всей длине стержня; на виде сверху тонкую линию резьбы не проводят и не изображают контур шайбы.

При этом размеры гайки, шайбы и головки болта вычисляют по условным соотношениям, зависящим от номинального диаметра резьбы, следовательно, только два размера – диаметр стержня болта и его длина – сохраняются действительными, а остальные размеры – приближённо равными реальным.

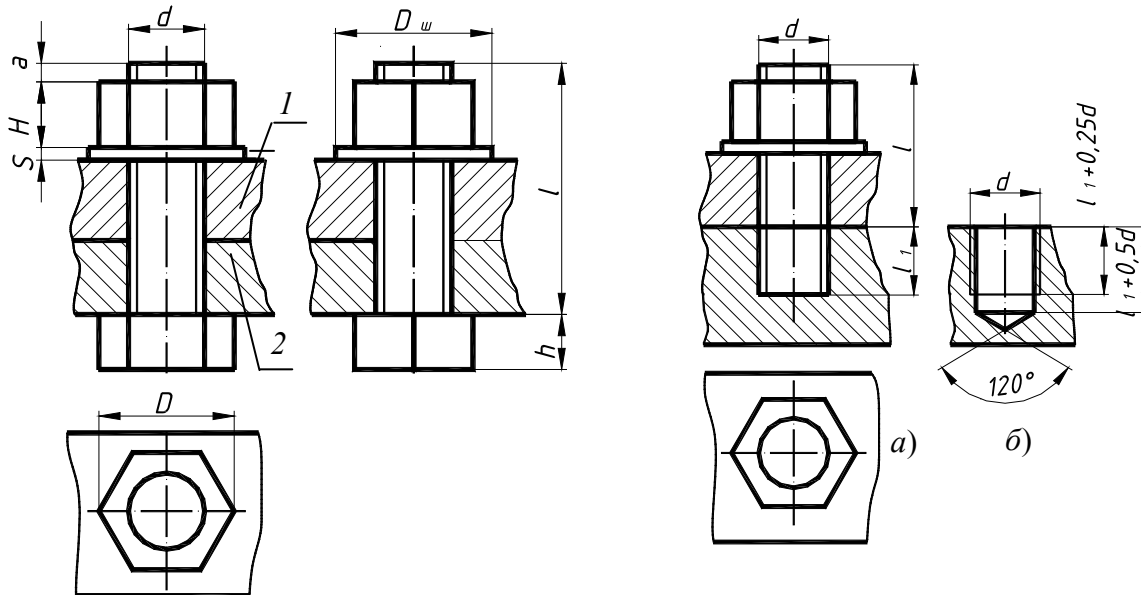


Рис. 4.21. Соединение деталей болтом:
 d – по варианту; $H = 0,8d$; $h = 0,7d$; $D = 2d$;
 $D_{ш} = 2,2d$; $S_{ш} \approx 0,15d$; $a = 0,3d$;
 l по ГОСТ 7798–70

Рис. 4.22. Соединение деталей шпилькой

Построение проекций болта и гайки рекомендуется начинать с вида сверху. На главном виде крепёжные детали (болт, шайба и гайка) показываются нерассечёнными, хотя и попадают в разрез. Следует иметь в виду, что расстояние между крайними рёбрами головки болта и гайки на главном виде – $2d$. На чертеже болтового соединения проставляют два размера: резьба болта и его длина.

Упрощённое изображение соединения деталей шпилькой состоит из шпильки, шайбы, гайки и скрепляемых деталей (рис. 4.22, а), одна из которых имеет глухое отверстие с резьбой, называемое гнездом, в которое ввинчивается одним концом шпилька. В прикрепляемой детали имеется сквозное гладкое отверстие для прохода шпильки. Гнездо вначале высверливают сверлом, имеющим диаметр, примерно равный $0,85d$. Глубина гнезда обычно берётся на $0,5d$ больше длины ввинчиваемого конца l_1 шпильки. Затем в гнезде метчиком нарезают резьбу (рис. 4.22, б).

Упражнение состоит в вычерчивании гнезда после нарезания в нем резьбы для шпильки. После этого вычерчивают изображение шпильчного соединения в двух проекциях, размеры берут по условным соотношениям и с упрощениями, принятыми для болтового соединения (рис. 4.21). Обращается внимание, что на упрощённом изображении шпильки проводится линия, отделяющая ввинчиваемый конец от гаечного. Глубина гнезда на сборочном чертеже условно показывается равной длине ввинчиваемого конца l_1 шпильки.

Упражнение 5. Соединение труб муфтой предусматривает выполнение чертежа соединения труб прямой стальной муфтой, выполненного в двух видах (рис. 4.23).

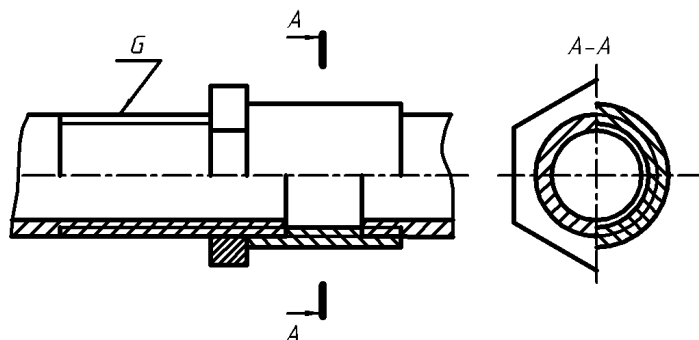


Рис. 4.23. Соединение труб муфтой

Трубные соединения применяют в коммуникациях, транспортирующих жидкости или газы. Трубы соединяются между собой с помощью фитингов – специальных деталей, среди которых наибольшее распространение получили муфты, угольники, тройники, крестовины. Фитинги отливаются из ковкого чугуна, некоторые изготавливаются стальными. Все фитинги имеют внутреннюю трубную цилиндрическую резьбу, такая же резьба нарезается и на наружной поверхности трубы. Для облегчения монтажа и создания герметичности при соединении труб муфтой применяют прокладки и контрагайки.

При соединении труб на «длинный» резьбовой конец трубы навинчивают контрагайку, затем муфту (рис. 4.23). Затем приставляют «короткий» конец трубы l и свинчивают на него муфту с «длинного» конца примерно на половину длины муфты. После этого свинчивают контрагайку до муфты и «затягивают» её до отказа. Длина «длинного» участка резьбы трубы должна быть приблизительно равна длине муфты плюс удвоенную высоту контрагайки. На чертежах соединительных частей трубопроводов в обозначении трубной резьбы указывают не наружный диаметр резьбы, как для других стандартных резьб, а размер внутреннего диаметра трубы (и притом условный), на которой нарезается резьба. Наружный диаметр трубы получается больше на удвоенную величину толщины стенки трубы.

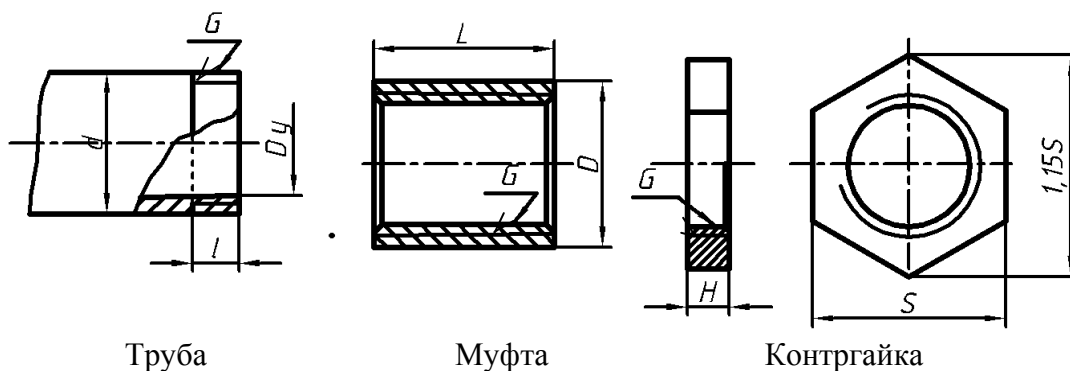


Рис. 4.24

4.1 Данные для упражнения 4, 5 (размеры, мм)

Вариант №	Вид соединения															
	Болтом				Шпилькой				Труб муфтой							
	Номинальный диаметр резьбы d	Шаг резьбы	Толщина детали 1	Толщина детали 2	Номинальный диаметр резьбы d	Шаг резьбы	Толщина детали 1	Материал детали 2	Размер резьбы G	D_y	d	l	L	D	H	S
1	M20	2,5*	40	60					½	15	21,3	9	34	27	8	32
2					M20	2,5*	30	Чугун	¾	20	26,8	10,5	36	32	9	36
3	M20	2,5*	40	50					1	25	33,5	11	43	40	10	46
4					M22	1,5	40	Алюминий	1 ¼	32	42,3	13	48	49	10	55
5	M20	2,5*	40	40					1 ½	40	48	15	48	55	10	60

Продолжение табл. 4.1

Вариант №	Вид соединения															
	Болтом				Шпилькой				Труб муфтой							
	Номинальный диаметр резьбы d	Шаг резьбы	Толщина детали 1	Толщина детали 2	Номинальный диаметр резьбы d	Шаг резьбы	Толщина детали 1	Материал детали 2	Размер резьбы G	D_y	d	l	L	D	H	S
6					M24	2	50	Сталь	2	50	60	17	56	68	10	75
7	M24	3*	50	60					½	15	21,3	9	34	27	8	32
8					M20	2,5*	20	Чугун	¾	20	26,8	10,5	36	32	9	36
9	M24	2	30	50					1	25	33,5	11	43	40	10	46
10					M18	2,5*	35	Сталь	1 ½	40	48	15	48	55	10	60
11	M22	1,5	50	30					2	50	60	17	56	68	10	75
12					M20	1,5	45	Алюминий	½	15	21,3	9	34	27	8	32
13	M20	1,5	60	30					2	50	60	17	56	68	10	75
14					M24	2	45	Чугун	1 ½	50	60	17	56	68	10	75
15	M24	2	60	40					1	25	33,5	11	43	40	10	46
16					M24	3*	35	Сталь	½	15	21,3	9	34	27	8	32
17	M22	2,5*	40	40					2	50	60	17	56	68	10	75
18					M20	2,5*	40	Алюминий	1 ½	40	48	15	48	55	10	60
19	M22	1,5	30	60					1	25	33,5	11	43	40	10	46

20					M18	1,5	30	Чугун	½	15	21,3	9	34	27	8	32
21	M20	1,5	50	30					1 ½	40	48	15	48	55	10	60
22					M20	1,5	40	Сталь	¾	20	26,8	10,5	36	32	9	36
23	M24	2	40	45					½	15	21,3	9	34	27	8	32
24					M24	3*	35	Алю- миний	½	15	21,3	9	34	27	8	32
25	M22	2,5*	30	40					2	50	60	17	56	68	10	75
26					M22	2,5*	50	Чугун	1	25	33,5	11	43	40	10	46
27	M20	2,5*	40	50					1 ½	40	48	15	48	55	10	60
28					M20	2,5*	45	Сталь	½	15	21,3	9	34	27	8	32
29	M22	1,5	50	20					1	25	33,5	11	43	40	10	46
30					M18	2,5*	35	Алю- миний	2	50	60	17	56	68	10	75

* Крупный шаг резьбы.

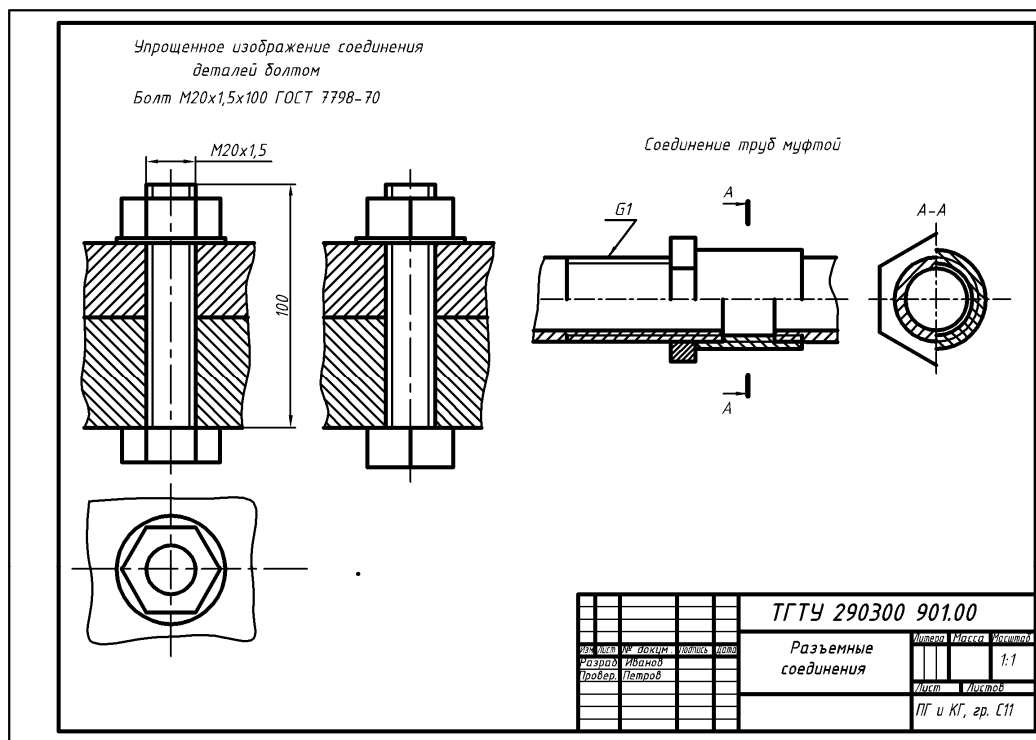


Рис. 4.25. Образец выполнения графической работы № 8

4.3. Графическая работа № 9

СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЁЖ ИЗДЕЛИЯ. ЭСКИЗЫ ДЕТАЛЕЙ

(Примеры выполнения приведены на рис. 4.27 – 4.33)

Цель работы: изучить правила и приёмы составления эскизов, способов обмера деталей. Научиться выполнять комплект конструкторских документов – спецификацию и сборочный чертёж. Приобрести навыки работы со справочной литературой

Задание

Упражнение 6. Выполнить эскизы всех частей сборочной единицы на листах писчей бумаги в клетку (рис. 4.27 – 4.30).

Упражнение 7. Составить спецификацию на отдельном листе формата А4.

Упражнение 8. Выполнить сборочный чертёж изделия.

Задания на выполнение сборочного чертежа изделия для каждого студента индивидуальные. Вместе с изделием студент на кафедре получает схему, описание конструкции и перечень составных частей изделия.

Порядок выполнения работы

Для выполнения задания проработать тематический материал по учебнику [2, с. 158 – 160, 317 – 335], изучить основные требования стандартов ЕСКД [11]: ГОСТ 2.103–68. Стадии разработки; ГОСТ 2.108–68. Спецификация; ГОСТ 2.109–68. Основные требования к чертежам.

Начинать работу надо со знакомства с конструкцией изделия. Так как значительная часть студентов в качестве объекта для выполнения задания получает сборочную единицу «Вентиль» различных конструкций и типоразмеров, то пример выполнения задания представлен для аналогичного узла.

Пояснение работы вентиля включает: схематическое изображение сборочной единицы (рис. 4.26), перечень составных частей (табл. 4.2), описание и назначение устройства.

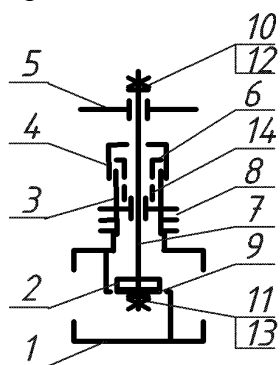


Рис. 4.26

Описание и назначение устройства. Вентиль является арматурой гидравлической системы, он служит для регулирования количества среды (жидкости, пара), проходящей по трубопроводу, или для полного отключения одного участка трубопровода от другого. При этом корпус 1 вентиля является участком трубопровода. Проходное отверстие – седло корпуса перекрывается клапаном 2, обжатом вокруг штока 7. Более герметичное прилегание клапана к седлу обеспечивается прокладкой 9, которая крепится на клапане гайкой 11 и шайбой 13. Перемещение клапана осуществляется вращением маховика 5 за счёт резьбы, которой шток 6 соединён с крышкой 3. Маховик закреплён на штоке гайкой 10 и шайбой 12. Для предотвращения утечки среды вдоль штока в крышке предусмотрена так называемая сальниковая плоскость, в которую закладывается материал (пенька) 14. Втулка сальниковая 6 прижатием своей конической поверхности создаёт уплотнительный эффект пеньки вокруг штока. Уплотнение сальника выполняется гайкой накидной 4, которая крепится с помощью резьбы на крышке 3. Утечка среды вдоль резьбы корпуса и крышки предотвращается прокладкой 8.

Выполнение задания студент начинает с изучения внешнего вида изделия, его описания и назначения. Принцип действия вентиля может быть выяснен в процессе разборки изделия, сопровождаемого схемой (рис. 4.2, б), которая также нужна, чтобы правильно собрать вентиль. Вентиль разбирают на составные части в следующей последовательности. Отвинчивают гайку 10 и снимают шайбу 12, а за ней маховик 5. Отвёртывают гаечным ключом крышку 3 от корпуса 1 вместе с остальными деталями. Отвёртывают гайку накидную 4, вынимают втулку сальниковую 6, вывинчивают шток 7. Клапан 2 не отделяется от штока 7, поскольку его верхняя цилиндрическая часть обжата вокруг цилиндрического окончания штока.

Ознакомившись и осмотрев детали вентиля, студент переходит к выполнению эскизов деталей.

4.2. Перечень составных частей вентиля

Позиция	Наименование составных частей	Количество	Материал изделия	Примечание
1	Корпус	1	Латунь	
2	Клапан	1	Латунь	
3	Крышка	1	Латунь	
4	Гайка накидная	1	Латунь	
5	Маховик	1	Алюминий	
6	Втулка сальниковая	1	Латунь	
7	Шток	1	Латунь	
8	Прокладка	1	Резина	
9	Прокладка	1	Резина	
10	Гайка М6	1		Стандартное

				изделие
11	Гайка М8	1		Стандартное изделие
12	Шайба 6	1		Стандартное изделие
13	Шайба 8	1		Стандартное изделие
14	Набивка сальника		Пенька	Материал

Эскиз является конструкторским документом для разового использования деталей или выполнения по нему рабочих чертежей. Эскизы выполняют от руки без применения чертёжных инструментов с соблюдением на глаз пропорциональности размеров между элементами детали.

Эскизы выполняют в следующей последовательности.

1. Внимательно осмотреть деталь, уяснить её назначение, конструктивные особенности, выявить поверхности, которыми она будет соприкасаться с другими деталями при сборке изделия, составной частью которого она является, и т.д.

2. Наметить необходимое число изображений – видов, разрезов, сечений, которые в своей совокупности должны выявить форму детали с исчерпывающей полнотой. Особое внимание уделить выбору главного изображения, оно должно давать полное представление о формах и размерах детали.

3. Подготовить листы писчей бумаги в клетку формата А4, А3; нанести рамку поля чертежа и рамку основной надписи без применения линейки.

4. Выделить на листе соответствующую площадь в виде прямоугольника для каждого изображения; провести осевые линии. Нанести тонкими линиями видимый контур на видах и разрезах.

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

6. Нанести размерные и необходимые выносные линии, как бы мысленно изготовляя деталь.

7. Произвести обмер детали и вписать в эскиз размерные числа шрифтом 5 по ГОСТ 2.304–81. Обозначить резьбу (проверить шаги), размеры проточек согласовывать с ГОСТ 10549–80.

8. Заполнить основную надпись (наименование детали, обозначение эскиза и т.д.). Материал указывать, например, Сталь 20 ГОСТ 1050–88; Бр. АЖ9-4 ГОСТ 493–79 и т.п.

Следует иметь в виду, что чем тщательнее будут выполнены эскизы, тем легче по ним составлять рабочий чертеж, при выполнении данной графической работы – сборочный чертёж вентиля.

Обмер деталей. Размеры деталей в учебных целях измеряют с точностью до 0,5 мм, применяя линейку, измеритель из готовальни, штангенциркуль с глубиномером, при необходимости кронциркуль и нутромер.

Для определения шага резьбы применяют набор резьбомеров. На практике можно поступить так: отпечатать несколько витков на бумаге, подсчитать, сколько витков укладывается в целое число миллиметров, и узнать шаг. Измерить резьбу можно, подобрав винт, который в это отверстие ввинчивается.

Упражнение 6. Лучше начать выполнение эскизов с наиболее простых деталей (накопление опыта), постепенно переходя к эскизированию более сложных (рис. 4.27 – 4.30, 4.32). Не следует переходить к эскизу следующей детали, пока не составлен полный эскиз предыдущей. Эскизы на детали сложной конфигурации выполнять возможно крупнее – на листах бумаги в клетку формата А3, эскизы простых деталей – на листах формата А4. Эскиз каждой детали должен иметь рамку и основную надпись. Чем тщательнее составлены эскизы, тем легче по ним составлять сборочный чертёж. Если при выполнении по эскизам сборочного чертежа обнаружится на эскизе та или иная неточность, пропуск размера, то эти недочёты должны быть устранены путём повторного осмотра детали.

Разберём на примерах, как следует подходить к выбору главного вида и остальных изображений эскиза на чертеже, а также к выбору масштаба изображения и формата чертежа.

Пример 1. Деталь «Шток» (рис. 4.27). Наружная поверхность его состоит из резьбовой, гладких цилиндрических и многогранной поверхностей.

Четыре последние образуют прямоугольную призму. Для изображения эскиза детали достаточно одного вида, который получается при проектировании цилиндров и четырёхгранника в прямоугольники, а также сечения, выполненного по призматической поверхности для того, чтобы увидеть её профиль. Цилиндрическая форма поверхностей будет указана на размерной линии знаком «Ø». Так как шток является телом вращения, то его ось на чертеже располагается горизонтально. Плоскости четырёх

рёхгранника, стыкующиеся с цилиндрической поверхностью, выделены диагоналями, проведёнными сплошными тонкими линиями.

Пример 2. Деталь «Крышка» (рис. 4.29). Корпусные поверхности детали разделены на две части. Верхняя часть от торцевой плоскости до буртика представляет собой цилиндрическую поверхность с нарезанной на ней резьбой и шестигранную призму с фаской. Нижняя часть представляет собой цилиндр, на котором нарезана резьба. Внутренние поверхности детали имеют форму цилиндрических, на одной из них нарезана резьба.

Осевую линию на главном виде этой детали можно располагать как горизонтально (помня, что это тело вращения), так и вертикально (положение значимых деталей в узле при выполнении своего функционального назначения). Для показа внутренних форм детали на главном виде соединим изображение вида и разреза. Для изображения профиля шестигранной призмы предусмотрен разрез.

При составлении эскизов следует обратить внимание на нанесение размеров, размерных линий, особенно на замер размеров сопряжённых деталей. Две детали, соединяющиеся между собой, должны иметь общие номинальные размеры по сопряжённым поверхностям. Например, размер наружной резьбы на штоке и внутренней резьбы в крышке равен М12.

Упражнение 7. На основании перечня составных частей изделия и выполненных эскизов деталей составляют текстовой конструкторский документ – спецификацию (рис. 4.31). В спецификации записаны составные части, входящие в сборочную единицу, а также конструкторские документы, относящиеся ко всей сборочной единице и её составным частям.

Согласно ГОСТ 2.108–68 спецификацию выполняют на листах формата А4. На заглавном листе основную надпись выполняют по форме, указанной на рис. 4.34, на всех последующих листах спецификации – по форме, указанной на рис. 4.35.

Спецификация в общем случае состоит из разделов, которые располагают в такой последовательности: «Документация», «Комплексы», «Сборочные единицы», «Детали», «Стандартные изделия», «Материалы» и «Комплекты».

Наличие тех или иных разделов определяется составом изделия. Наименование каждого раздела указывают в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивают тонкой линией. Спецификацию надо заполнять сверху вниз. Ниже каждого заголовка должна быть оставлена одна свободная строка, выше – не менее одной свободной строки (для возможных дополнительных записей). Наименование детали записывают в именительном падеже единственного числа. Если наименование состоит из двух слов, то на первом месте пишут имя существительное, например, «Гайка накидная». В графе «Кол.» указывают количество составных частей на одно изделие.

В разделе «Стандартные изделия» записывают изделия в алфавитном порядке. Наименования стандартных изделий должны строго соответствовать наименованиям, установленным стандартами. В раздел «Материалы» вносят все материалы, непосредственно входящие в изделие.

Упражнение 8. Согласно ГОСТ 2.102–68, сборочный чертёж – это документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для сборки (изготовления) и контроля.

Сборочный чертёж в соответствии с ГОСТ 2.109–73 должен содержать:

- изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи её составных частей, соединяемых по данному чертежу, и обеспечивающее возможность сборки и контроля сборочной единицы;
- размеры: габаритные, установочные, присоединительные, параметрические, полезные справочные, используемые в процессе сборки и контроля изделия; номера позиций составных частей изделия.

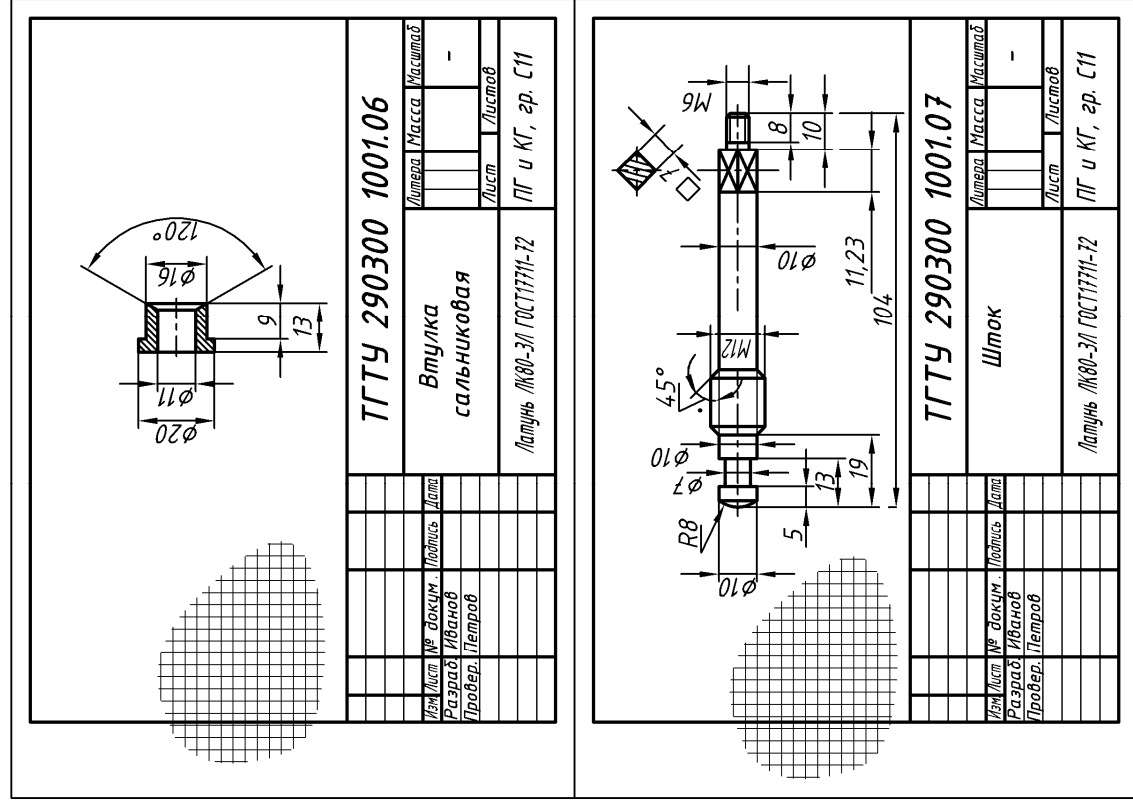


Рис. 4.27. Втулка сальниковая. Шток (эскиз)

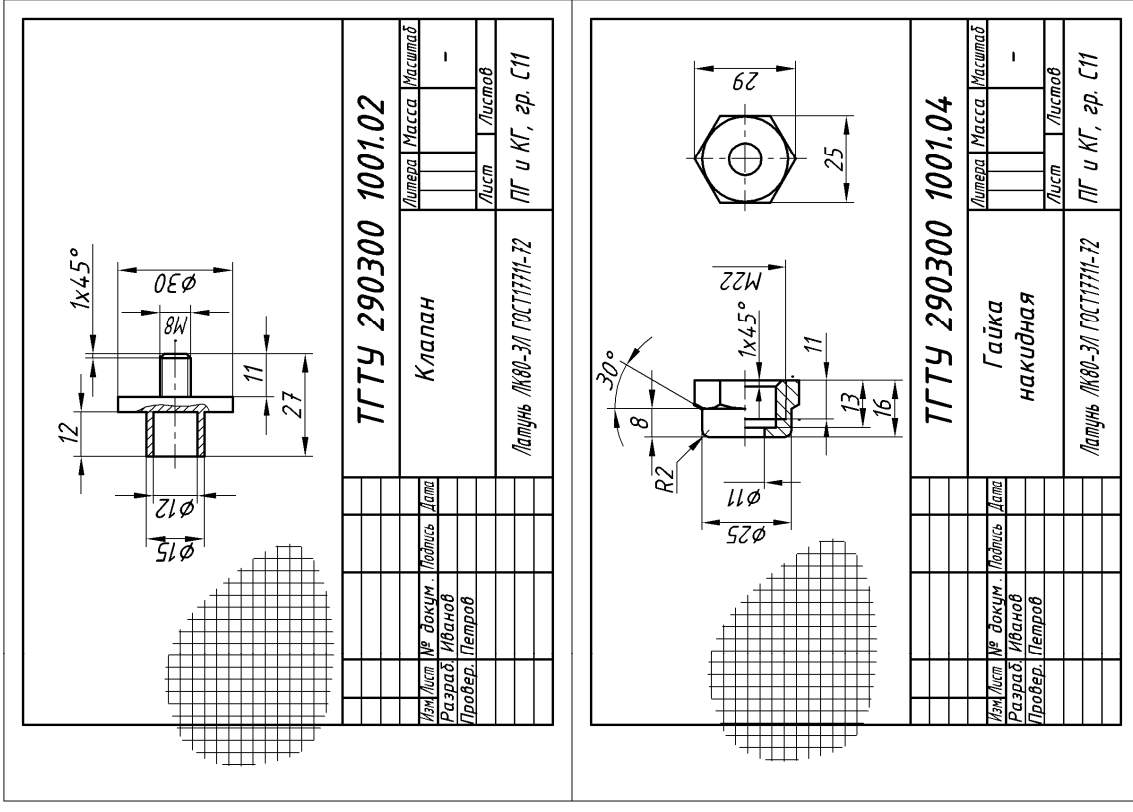
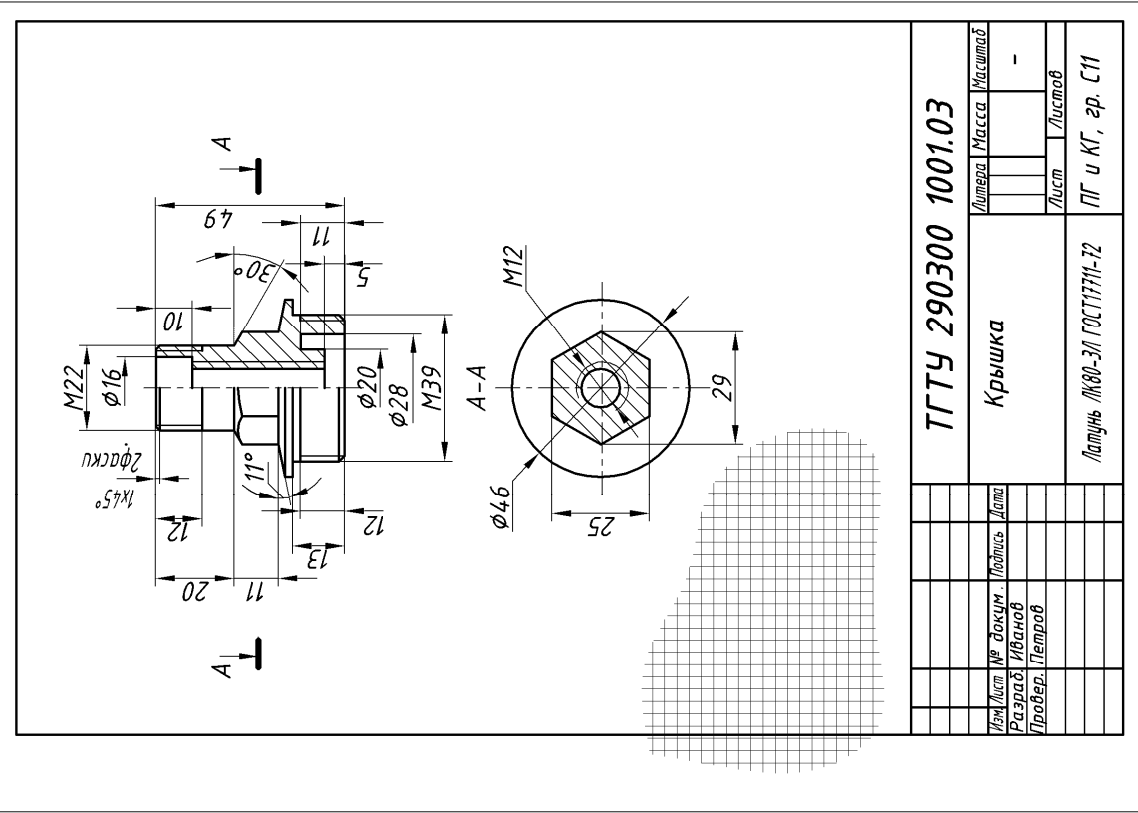
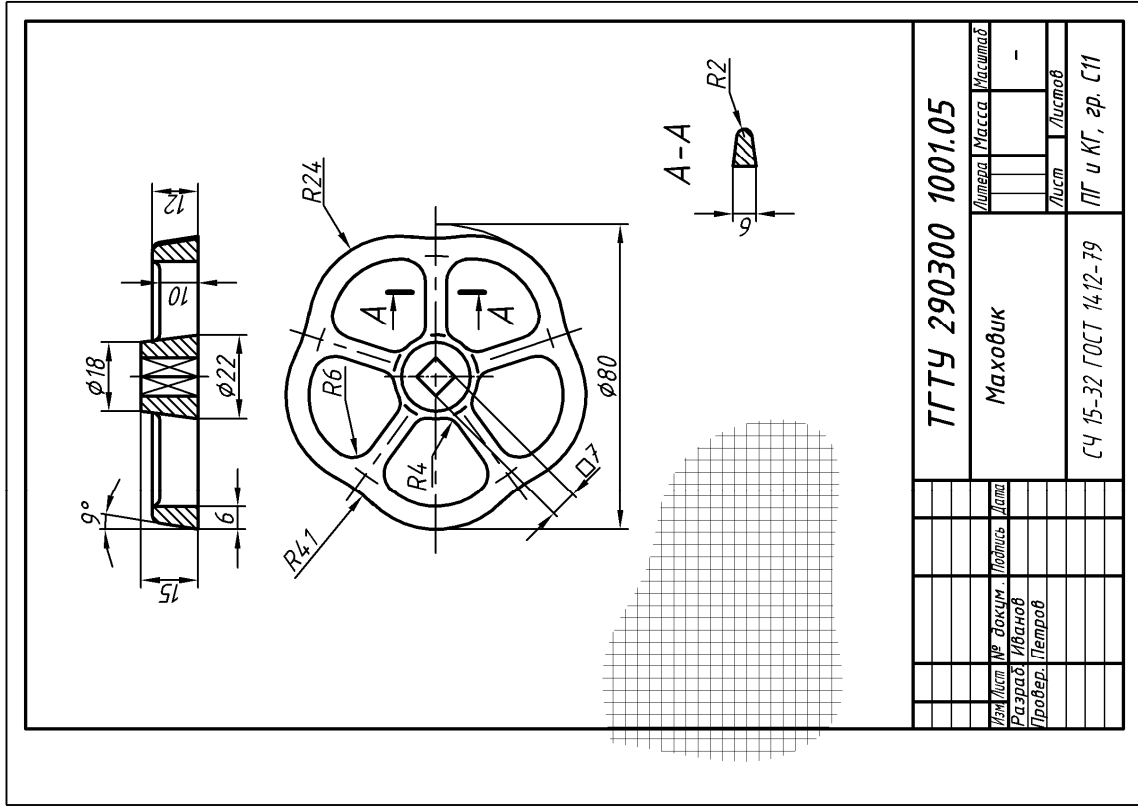


Рис. 4.28. Клапан. Гайка накидная (эскиз)



ТГТУ 290300 1001.03		Литера	Масса	Масштаб
Крышка		Лист	-	
Изм/Лист	№ док.ИМ.	Подпись	Дата	
Разраб. Иванов				
Провер. Петров				
		Лист	Листов	
		ЛП и КГ, зр. С11		
		Латушь ЛМ80-3П ГОСТ17711-72		



ТГТУ 290300 1001.05		Литера	Масса	Масштаб
Маховик		Лист	-	
Изм/Лист	№ док.ИМ.	Подпись	Дата	
Разраб. Иванов				
Провер. Петров				
		Лист	Листов	
		ЛП и КГ, зр. С11		
		СЧ 15-32 ГОСТ 14.12-79		

Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	Документация		
А4	Сборочный чертеж		
	<u>Детали</u>		
А3	ТГТУ 290300 1001.01	1	Корпус
А4	ТГТУ 290300 1001.02	1	Клапан
А4	ТГТУ 290300 1001.03	1	Крышка
А4	ТГТУ 290300 1001.04	1	Гайка накидная
А4	ТГТУ 290300 1001.05	1	Маховик
А4	ТГТУ 290300 1001.06	1	Втулка сальниковая
А4	ТГТУ 290300 1001.07	1	Шток
Б4	ТГТУ 290300 1001.08		Прокладка $\phi 46 \times \phi 40 \times 2$
	ТГТУ 290300 1001.09	1	Резина 2Т ГОСТ 7338-65
Б9	ТГТУ 290300 1001.09	1	Прокладка $\phi 30 \times \phi 9 \times 2$
	ТГТУ 290300 1001.10	1	Резина 2Т ГОСТ 7338-65
	<u>Стандартные изделия</u>		
10	Гайка М6 ГОСТ 5915-70	1	
11	Гайка М8 ГОСТ 5915-70	1	
12	Шайба 6 ГОСТ 11371-78	1	
13	Шайба 8 ГОСТ 11371-78	1	
	<u>Материалы</u>		
14	Волокно пеньковое		
	ГОСТ 9933-74	0,01	кг
ТГТУ 290300 1001.00			
	Вентиль	Лист	Листов
		ЛГ и КГ, гр. С11	

Рис. 4.31. Спецификация

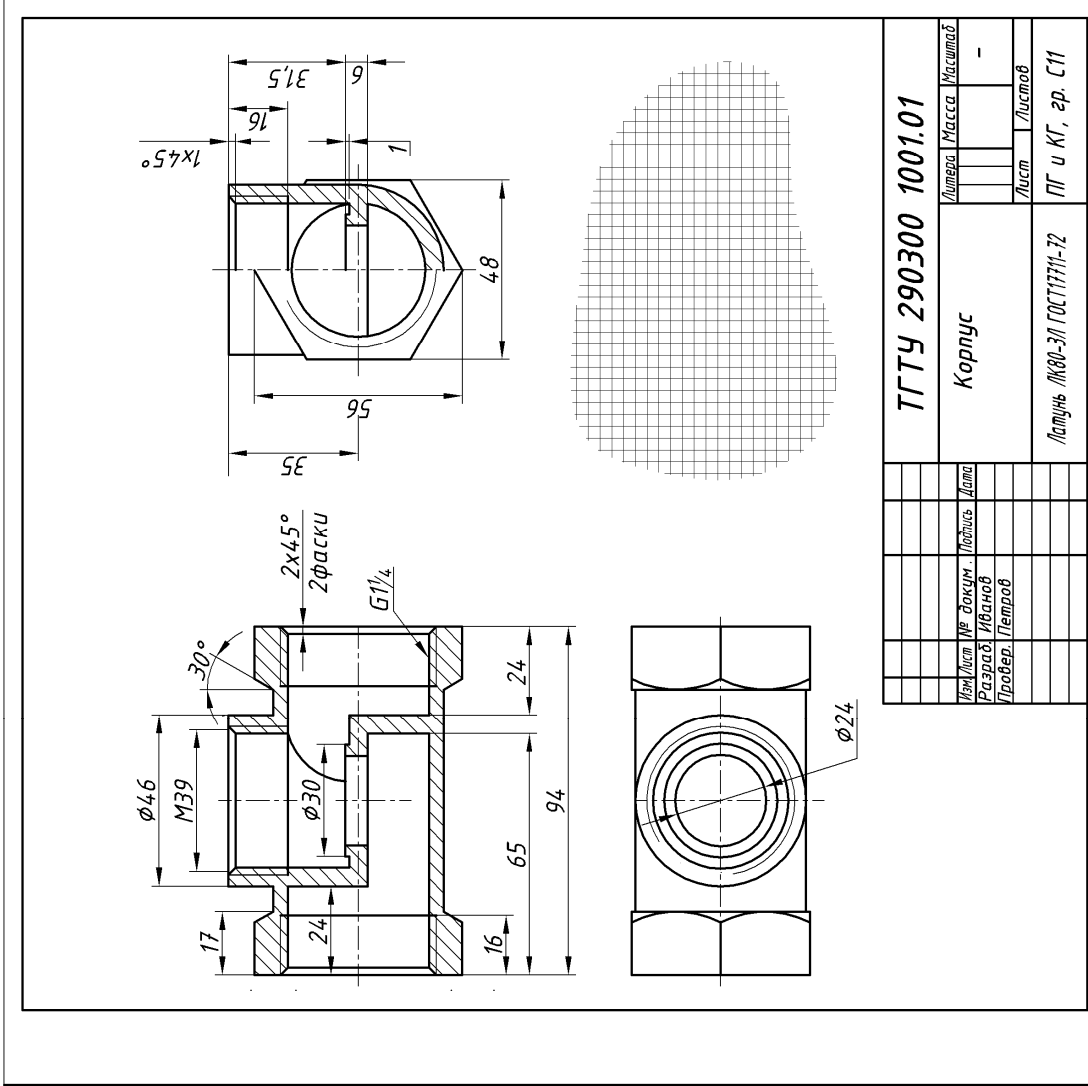
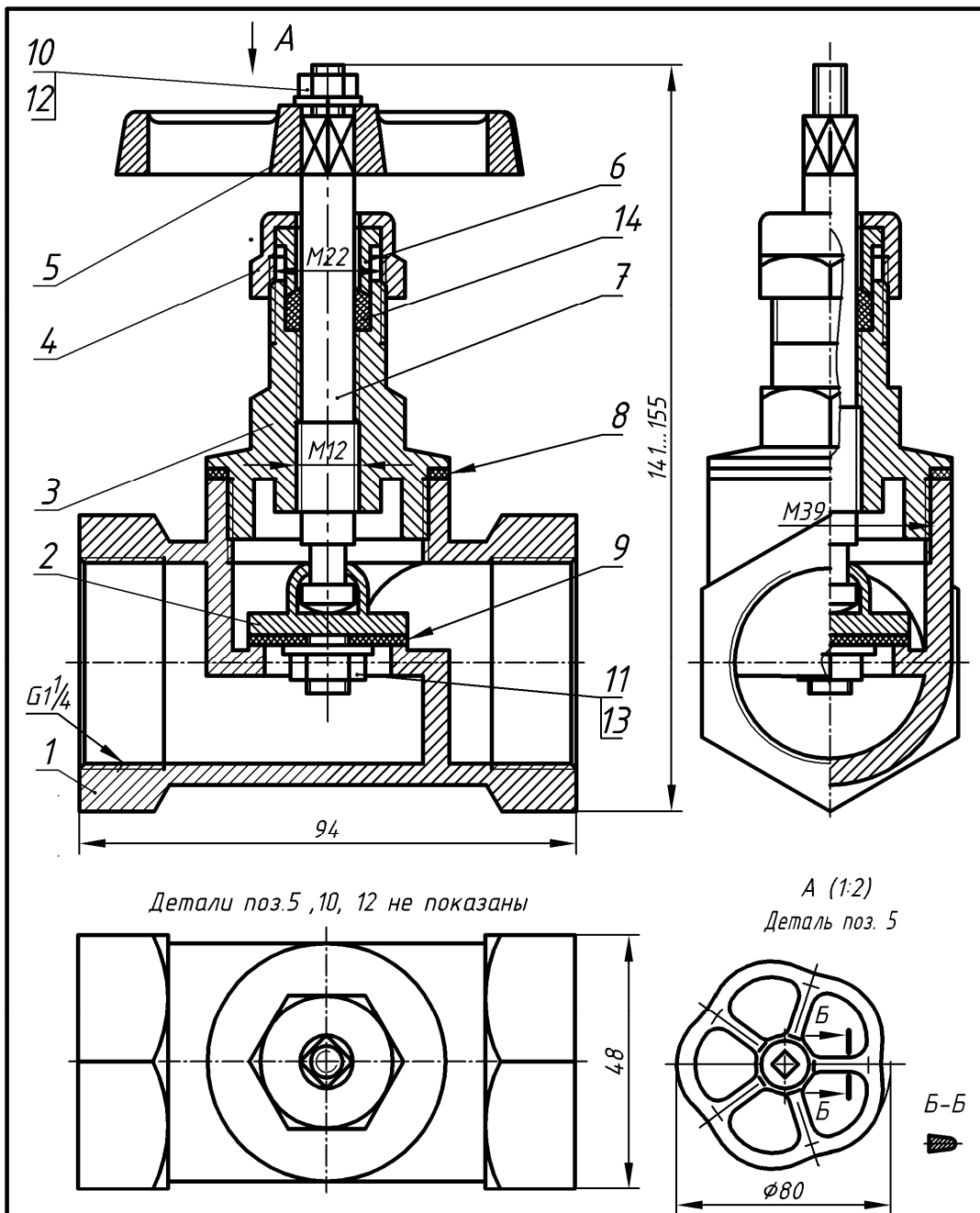


Рис. 4.32. Корпус (эскиз)



Детали поз.5, 10, 12 не показаны

A (1:2)
Деталь поз. 5

				ТГТУ 290300 1001.00.СБ		
				Вентиль		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Литера	Масса
						Масштаб
Разраб.	Иванов					1:1
Провер.	Петров				Лист	Листов
					ПГ и КГ, гр. С11	

Рис. 4.33. Сборочный чертёж

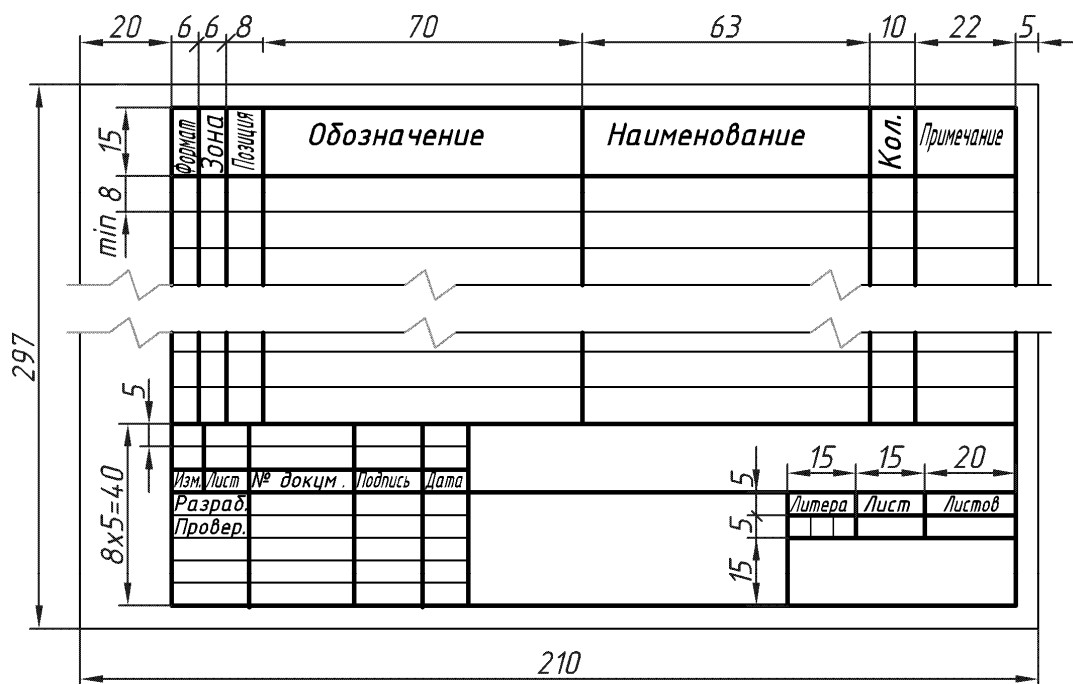


Рис. 4.34. Форма заглавного листа спецификации

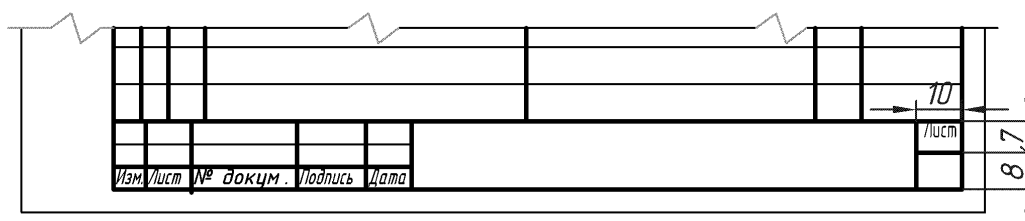


Рис. 4.35. Форма последующих листов спецификации

Составление сборочного чертежа по схематическому изображению и эскизам следует производить в такой последовательности:

- 1) ознакомиться с содержанием ГОСТ 2.109–73 п. 3 «Чертежи сборочные»;
- 2) выбрать масштаб изображений на сборочном чертеже, определить необходимое количество изображений и продумать компоновку чертежа в целом;
- 3) подобрать формат листа, произвести компоновку сборочного чертежа изделия, которую полезно начать с разметки площадей (в виде прямоугольников), отводимых для каждого изображения, при этом надо предусмотреть места для нанесения размеров и соответствующих надписей;
- 4) выбрать главное изображение, при этом учитывается рабочее положение изделия. Главное изображение должно давать наиболее полное представление об изделии, выявлять основные взаимосвязи деталей;
- 5) выполнить намеченные изображения. Первой вычерчивается основная – базовая деталь, обычно корпус и далее в том порядке, чтобы каждая последующая деталь имела общую поверхность с ранее вычерченной. Построение следует вести одновременно на всех намеченных изображениях, увязывая друг с другом;
- 6) вычертить дополнительные виды, разрезы и сечения, руководствуясь правилами ГОСТ 2.305–68, нанести штриховку в разрезах и сечениях, нанести размеры, номера позиций, заполнить основную надпись, проверить чертёж и обвести его.

Штриховку в разрезах и сечениях смежных деталей следует выполнять в разные стороны по правилам ГОСТ 2.306–68, обращая внимание на то, что одна и та же деталь должна быть заштрихована одинаково на всех изображениях.

Некоторые упрощения на сборочных чертежах. Если маховик, рукоятки или какие-либо подобные детали закрывают собой на отдельных изображениях конструктивные особенности сборочной единицы, их вычерчивают отдельно с пояснительной надписью, а у соответствующего изображения делают надпись «Деталь поз. 1 не показана».

Допускается не показывать: фаски, скругления, углубления, мелкие зазоры.

Длинные детали, выходящие за пределы основного габарита, можно условно укоротить разрывом.

Накидные гайки, нажимные втулки в уплотнительных устройствах условно показывают в крайнем выдвинутом положении. Торцевая нажимная деталь обычно показывают на одной линии с торцом корпуса.

Задвижки и вентили изображают в закрытом положении, краны в открытом.

Правила нанесения номеров позиций на сборочных чертежах изложены в стандартах – ГОСТ 2.109–73 и 2.316–68:

1. На сборочном чертеже составные части изделия нумеруют в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации этого изделия. Номера позиций указывают на полках линий-выносок, проводимых от изображения составных частей.

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

3. Номера позиций располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображений и группируют в колонку или строчку по возможности на одной линии.

4. Номера позиций наносят на чертёж, как правило, один раз.

5. Размер шрифта номеров позиций должен быть на один-два размера больше, чем размер шрифта, принятого для размерных чисел на том же чертеже (рекомендуется шрифт размера 7).

6. Линию-выноску от составных частей изделия проводят тонкой сплошной линией и заканчивают точкой, которую наносят на изображение данной составной части. У зачерченных или узких поверхностей точка заменяется стрелкой.

7. Линии-выноски не должны пересекаться между собой, быть не параллельными линиям штриховки и не пересекать по возможности размерные линии и изображения составных частей, к которым не относится данная линия-выноска.

8. Линии-выноски допускается выполнять с одним изломом.

9. Допускается делать общую линию-выноску с вертикальным расположением номеров позиций для группы крепёжных деталей, относящихся к одному и тому же месту крепления.

4.4. Графическая работа № 10

ЧТЕНИЕ И ДЕТАЛИРОВАНИЕ СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА ИЗДЕЛИЯ

(Примеры выполнения приведены на рис. 4.38, 4.39)

Цель работы: совершенствование знаний и навыков чтения сборочного чертежа изделия, закрепление знаний по выполнению чертежей деталей и навыков работы со справочной литературой.

Задание

Упражнение 9. Выполнить по вариантам на листах чертёжной бумаги необходимого размера рабочие чертежи четырёх деталей и по чертежам двух деталей аксонометрические проекции (изометрию и диметрию).

Индивидуальные задания на чтение и детализацию сборочного чертежа изделия выдаются преподавателем на практических занятиях из альбома [12].

Порядок выполнения работы

Для выполнения задания проработать тематический материал по учебнику [2, с. 11 – 18, 205 – 215, 336 – 349], изучить основные требования стандартов ЕСКД [9,11]: ГОСТ 2.107–68. Основные требования к рабочим чертежам; ГОСТ 2.316–68. Правила нанесения на чертеже надписей, технических требований и таблиц.

Выполнение рабочих чертежей деталей производят по чертежу общего вида или сборочному чертежу изделия

Чтение сборочного чертежа – это процесс определения конструкции, размеров и принципа работы изделия по его чертежу, который рекомендуется вести в следующей последовательности:

1. Определить, какое изделие (его наименование и назначение) изображено на данном сборочном чертеже.

2. Наименование изделия приводят в соответствующей графе основной надписи чертежа. С назначением изображённого на чертеже изделия следует ознакомиться по прилагаемому к нему краткому описанию и схеме.

3. Установить, какие виды, разрезы, сечения, выносные элементы, дополнительные и местные виды представлены на чертеже и каково назначение каждого из них.

4. Составить представление о величине заданной сборочной единицы, учитывая масштаб изображения и проставленные на чертеже размеры.

5. Разобраться в устройстве изображённого изделия, т.е. определить количество составных частей (деталей) изделия, их взаимное расположение, способы соединения и назначение каждой из них. Для этого следует обратиться к спецификации, по которой с помощью указанных на чертеже позиций можно определить наименование деталей и их количество. Описание к чертежу поможет разобраться во взаимосвязи и назначении отдельных деталей. Сам чертёж поясняет расположение и способы соединения деталей.

6. Выяснить, в какой последовательности будет производиться сборка и разборка изделия, какие размеры для смежных деталей должны быть одинаковыми.

После того, как сборочный чертёж прочитан, приступают к его детализованию.

Детализование – процесс выполнения рабочих чертежей деталей изделия по его сборочному чертежу. В общем случае рекомендуется следующий порядок детализования:

1. Получить представление о назначении, взаимодействии и способах соединения составных частей, уяснить формы и выявить габариты деталей и сборочных единиц.

2. Выбрать главный вид детали, исходя из общих требований, а не из расположения её на сборочном чертеже. Назначить необходимое (минимальное) число изображений: видов, разрезов, выносных элементов и т.д. На чертеже детали изображают те элементы, которые на сборочном чертеже не показаны или показаны упрощённо, например: фаски, отверстия под концы установочных винтов, проточки и т.д. Размеры этих конструктивных элементов определяют не по сборочному чертежу, а по соответствующим стандартам на эти элементы.

3. Определить размеры деталей. Копии сборочных чертежей, размноженные для учебных целей, могут иметь масштаб, не соответствующий номинальному. Поэтому необходимо по габаритному размеру и соответствующей его длине на копии определить масштаб изображения и пользоваться этим масштабом для назначения размерных величин. Особое внимание при назначении размеров обращают на сопряжённые размеры, т.е. на те размеры соединяемых деталей, номинальные значения которых являются одинаковыми. Назначаемые размеры целесообразно также согласовать с рекомендуемым ГОСТ 6636–69. Масштаб изображения деталей выбрать независимо от масштаба сборочного чертежа. Причём для каждой детали может быть выбран свой масштаб изображения.

4. Нанести размеры. Оформить чертёж. Наименование детали и её обозначение определяется по спецификации. При заполнении основной надписи необходимо указать материал, из которого должна быть изготовлена деталь.

Рассмотрим на примере процесс чтения и детализования сборочного чертежа. В качестве образца индивидуального задания приведены схема (рис. 4.36), сборочный чертёж «Пневмоаппарат клапанный» (рис. 4.37), описание работы и спецификация (табл. 4.3).

Описание работы пневмоаппарата клапанного. Клапанное устройство применяется для перекрытия воздушных линий с рабочим давлением до 1,568 МПа.

Для открытия воздушной линии вывёртываем шпindel *1* до упора. При этом клапан *б* под давлением воздуха и пружины *7* открывает проходное отверстие в корпусе *9*.

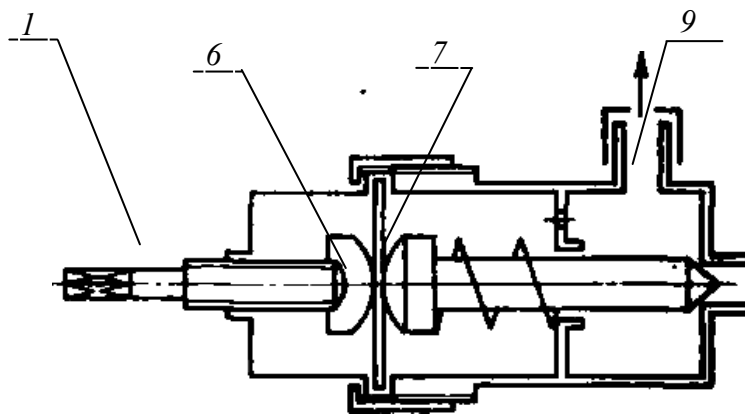
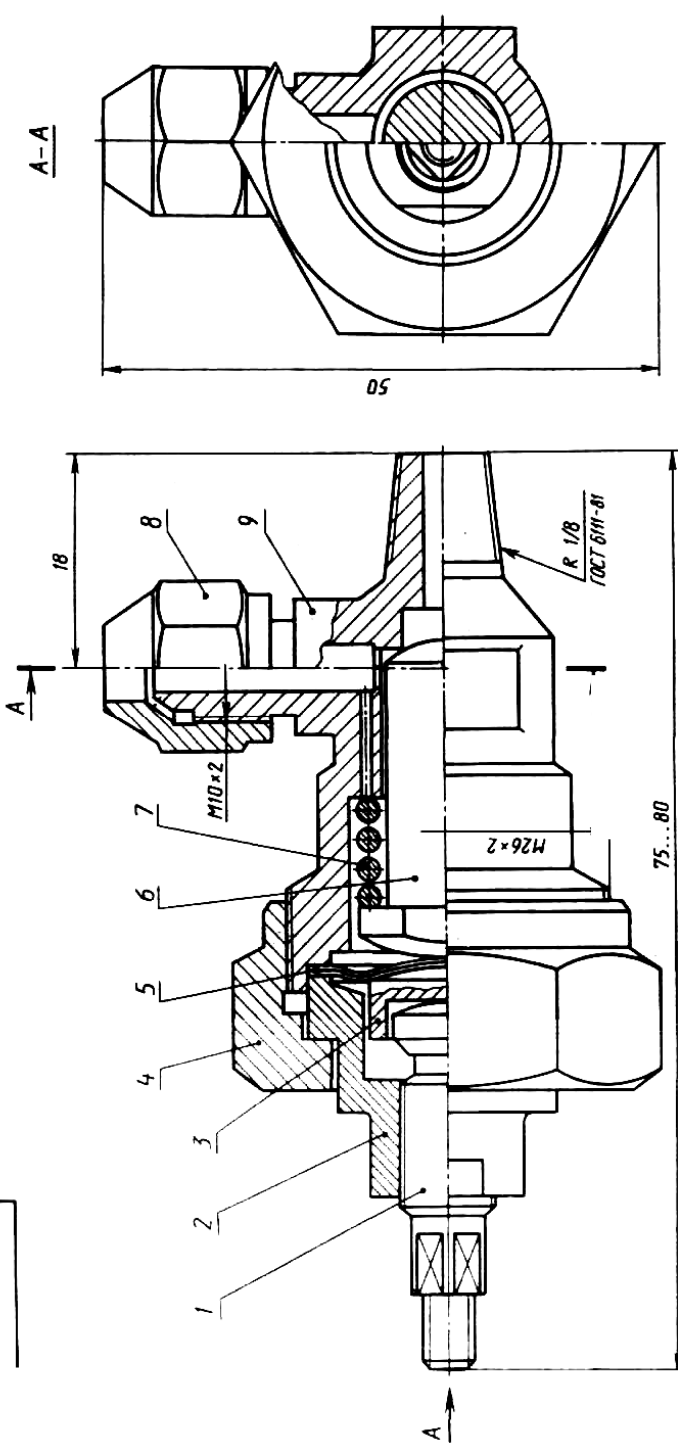


Рис. 4.36. Схема пневмоаппарата клапанного

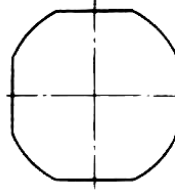
4.3. Спецификация

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
A3			68.000 СБ	Сборочный чертёж		
A4			68.000 ТО	Техническое описание		
				Детали		
		1	68.001	Шпindelь	1	Ст3
		2	68.002	Втулка	1	Л62
		3	68.003	Тарелка	1	Ст3
		4	68.004	Гайка	1	Ст3
		5	68.005	Мембрана	2	Сталь 12Х
		6	68.006	Клапан	1	Сталь 40
		7	68.007	Пружина	1	Сталь 65Г
		8	68.008	Гайка	1	Л62
		9	68.009	Корпус	1	Л62

2 000 '89



Вид А дет. б



68.000 СБ

№ лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Максималь
Разраб.	Проф.	Утверд.		Листов	
					2:1
Пневмоаппарат клапанный Ду = 6 мм				Лист	Листов 1
ПГ и КГ эр.С-11					

Рис. 4.37. Пневмоаппарат клапанный. Сборочный чертёж (образец задания)

Упражнение 9. Ознакомиться с процессом детализирования по сборочному чертежу на примере изделия – Пневмоаппарат клапанный (рис. 4.37).

Чтение сборочного чертежа. По описанию изделия в сочетании с чертежом и схемой разберёмся в назначении, устройстве и работе изделия, а также в характере взаимосвязи деталей между собой.

1. Пневмоаппарат клапанный предназначен для перекрытия воздушных линий с рабочим давлением до 1,568 МПа. Таким образом, он выполняет функции запорного устройства.

2. На чертеже даны два изображения пневмоаппарата клапанного – главный вид, изображённый совмещёнными по горизонтальной оси вращения видом и разрезом и вид слева, на котором часть вида увеличена за счёт части разреза для того, чтобы изобразить ребро гайки 8, проецирующееся на вертикальную ось симметрии.

3. Изображения на чертеже выполнены увеличенными, в масштабе 2:1. Согласно размерам, изделие имеет следующие габаритные размеры: 80×50×32 мм.

4. Номера позиций деталей показаны на полках, соединённых выносными линиями с соответствующей деталью. В спецификации указаны наименования деталей и другие данные о них.

5. Пневмоаппарат клапанный состоит из 9 деталей: шпindelъ (поз. 1) – тело вращения, имеющее два резьбовых участка, на одном из цилиндрических участков детали выполнены плоскости, образующие прямую призму, торец детали имеет сферическую поверхность; втулка (поз. 2) – тело вращения ступенчатой формы с резьбовым отверстием и плоскостями на наружной цилиндрической поверхности; тарелка (поз. 3) – тело вращения со сферическим торцом; гайка (поз. 4) – тело вращения с наружной шестигранной формой и глухим резьбовым отверстием М26×2, предназначенным для соединения с корпусом (поз. 9); мембрана (поз. 5) – тело вращения; клапан (поз. 6) – тело вращения с торцами сферической формы, на одной из цилиндрических поверхностей выполнены плоскости; пружина (поз. 7) – тело винтовой цилиндрической формы; гайка (поз. 8) – тело вращения с наружной шестигранной формой и глухим резьбовым отверстием М10×2, предназначенным для соединения с корпусом (поз. 9); корпус (поз. 9) – наиболее сложная по форме и технологии изготовления базовая деталь, которая с помощью трубной конической резьбы R1/8 соединяется с трубопроводом.

6. Пневмоаппарат клапанный разбирают в такой последовательности. Отвёртывают гаечным ключом гайку 4 от корпуса 9, вынимают мембраны 5, тарелку 3 и вывинчивают из втулки 2 шпindelъ 1. Из корпуса 9 вынимают клапан 6 и пружину 7, отвёртывают от него гайку 8.

Сборку изделия производят в обратной последовательности, начиная её с базовой детали – корпуса.

По сборочному чертежу видно, что каждая пара смежные детали: шпindelъ 1 и втулка 2; гайка 4 и корпус 9; гайка 8 и корпус 9 должны иметь один и тот же сопрягаемый размер – резьбу.

Разберём на примерах, как следует подходить к детализированию сборочного чертежа и выполнению рабочих чертежей.

Пример 1. Деталь «Шпindelъ» изображена на рис. 4.38. Тело шпинделя ограничено цилиндрическими поверхностями, один торец имеет сферическую форму. Чертеж шпинделя содержит изображения главного вида, на котором ось вращения детали расположена горизонтально, и сечения А–А, показывающего форму и размеры профиля призматического участка детали. Второе изображение (вид слева), на котором поверхности вращения изображаются окружностями, не дано, изображение заменено знаком диаметра «Ø».

Так как деталь представляет собой монолитное тело вращения, то на главном виде она не разрезана. Изображение шпинделя на чертеже выполнено в том же масштабе (М2:1), что и на сборочном чертеже.

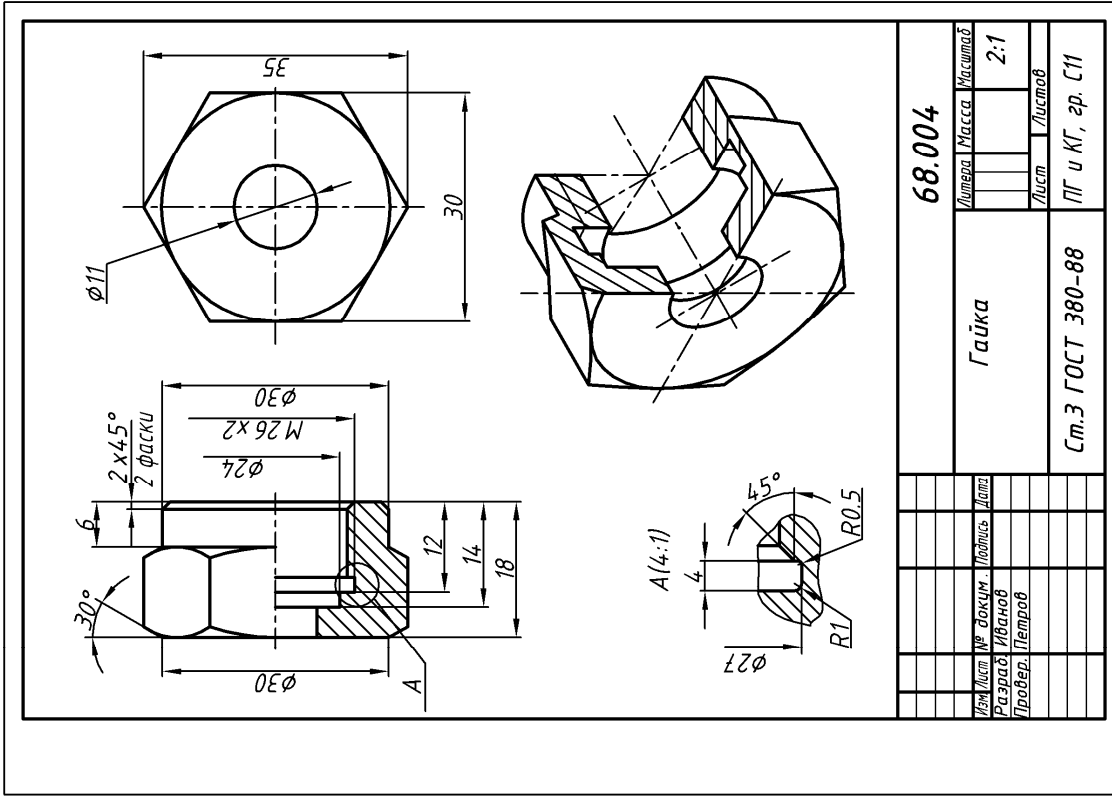


Рис. 4.39. Гайка (рабочий чертёж)

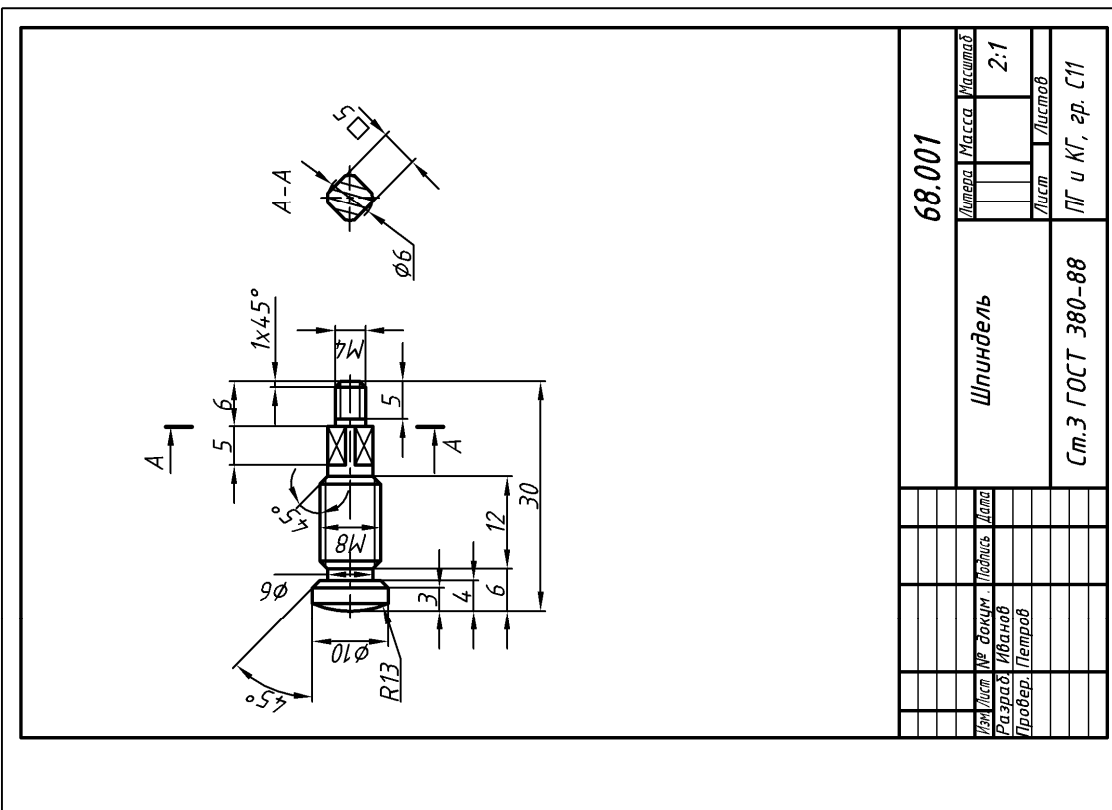


Рис. 4.38. Шпindelъ (рабочий чертёж)

Пример 2. Деталь «Гайка» изображена на рис. 4.39. Внутри гайки расположено глухое цилиндрическое отверстие, в котором нарезана резьба. С торцевой плоскости просверлено сквозное отверстие. Для удобства завинчивания ключом наружная поверхность гайки выполнена в форме шестигранной призмы с фасками.

На изображении главного вида ось вращения детали расположена горизонтально, т.е. параллельно основной надписи чертежа. Шестигранная призматическая поверхность проецируется на главный вид большим числом граней (тремя). Для изображения внутренних элементов детали на главном виде верхняя половинка вида совмещена с половинкой разреза. Резьбовое отверстие изображено со стороны подхода инструмента во время обработки детали. Для полного выявления наружной формы детали выполнен вид слева, на котором шестигранная призма проецируется в правильный шестиугольник.

АксонOMETрическое изображение гайки с вырезом $1/4$ её объёма расположено на том же листе, что и проекции детали.

При нанесении размеров на чертеже деталей необходимо помнить, что числовые значения размеров не зависят от масштаба изображения и должны соответствовать натуральной величине размеров изделия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гордон, В.О. Курс начертательной геометрии / В.О. Гордон, М.А. Семенцов-Огиевский. – 23-е изд., перераб. – М. : Наука, 1988. – 272 с.
2. Левицкий, В.С. Машиностроительное черчение / В.С. Левицкий. – М. : Высшая школа, 1994. – 383 с.
3. Чекмарёв, А.А. Справочник по машиностроительному черчению / А.А. Чекмарёв, В.К. Осипов. – М. : Высшая школа, 1994. – 671 с.
4. Будасов, Б.В. Строительное черчение / Б.В. Будасов, В.П. Каминский. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1990. – 464 с.
5. Чекмарёв, А.А. Инженерная графика / А.А. Чекмарёв. – М. : Высшая школа, 1998. – 365 с.
6. Кузнецов, Н.С. Начертательная геометрия / Н.С. Кузнецов. – М. : Высшая школа, 1981. – 262 с.
7. Начертательная геометрия / под ред. Н.Н. Крылова. – М. : Высшая школа, 1984. – 224 с.
8. Фролов, С.А. Начертательная геометрия / С.А. Фролов. – М. : Машиностроение, 1978. – 240 с.
9. ЕСКД. Общие правила оформления чертежей : сборник. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 283 с.
10. СТП ТГТУ 07–97. Стандарт предприятия : проекты (работы) дипломные и курсовые. Правила оформления. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. – 40 с.
11. ЕСКД. Общие правила оформления чертежей : сборник. – М. : Изд-во стандарты, 1988. – 240 с.
12. Аксарин, П.Е. Чертежи для детализования : учеб. пособие / П.Е. Аксарин. – 2-е изд., доп. – М. : Машиностроение, 1993. – 160 с.
13. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т. / В.И. Анурьев. – М. : Машиностроение, 1999.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ	3
2. ЗАДАНИЯ К ГРАФИЧЕСКИМ РАБОТАМ ПО НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ	5
2.1. Графическая работа № 1. ШРИФТЫ ЧЕРТЁЖНЫЕ. ТОЧКА, ПРЯМАЯ, ПЛОСКОСТЬ	5
ШРИФТЫ ЧЕРТЁЖНЫЕ. ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ (часть 1)	5
ТОЧКА, ПРЯМАЯ, ПЛОСКОСТЬ (часть 2)	8
2.2. Графическая работа № 2. СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЧЕРТЕЖА	14
2.3. Графическая работа № 3. ВЗАИМНОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ. РАЗВЁРТКА КОНУСА	21
2.4. Графическая работа № 4. ТЕНИ В ОРТОГОНАЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЯХ	25
2.5. Графическая работа № 5. ПЕРСПЕКТИВА ОБЪЕКТА И ТЕНИ	27
