

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению практических работ по дисциплине
«Инженерная и компьютерная графика»

Направление подготовки
Направленность (профиль)
Форма обучения
Год начала обучения
Изучается в 1, 2 семестрах

19.03.01 Биотехнология
Промышленная биотехнология
очная
2026

Ставрополь
2026

Оглавление

Введение	3
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1. Шрифты. Титульный лист	5
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2. Типы линий	7
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3. Сопряжения	14
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4. Проекция точки. Проецирование на три плоскости проекций	19
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5. Проекция точки. Построение трех проекций точки по заданному условию	24
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6. Проецирование прямой	26
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7. Взаимное положение прямых в пространстве	29
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 8. Проецирование плоскости. Комплексный чертеж плоскости	31
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 9. Проецирование плоскости. Главные линии плоскости	35
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 10. Пересечение плоскостей	36
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 11. Пересечение прямой и плоскости	39
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 12. Методы преобразования эпюра Монжа. Метод замены плоскостей проекций	41
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 13. Методы преобразования эпюра Монжа. Метод плоскопараллельного перемещения	45
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 14. Проецирование многогранников. Пересечение многогранников плоскостью	49
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 15. Проецирование многогранников. Взаимное пересечение многогранников	54
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 16. Развертка многогранных поверхностей. Метод нормального сечения	57
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 17. Развертка многогранных поверхностей. Метод раскатки	59
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 18. Развертка многогранных поверхностей. Способ триангуляции (треугольников)	62
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 19. Система Компас-График. Основные команды программы .	64
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 20. Система Компас-График. Работа с панелями инструментов	74
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 21. Двухмерное проектирование в Компас-График. Работа с видами и слоями. Основные приёмы редактирования объектов	78
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 22. Основные виды	81
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 23. Разрезы простые. Совмещение части вида и части разреза	87
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 24. Разрезы сложные ступенчатые	95
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 25. Разрезы сложные ломаные	100
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 26. Сечения	105
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 27. Аксонометрические проекции. Прямоугольная изометрия	111
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 28. Аксонометрические проекции. Прямоугольная диметрия	116
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 29. Резьбовые соединения. Их условное изображение и обозначение	119
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 30. Шпоночные и шлицевые соединения	127
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 31. Соединения сварные	136
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 32. Сборочный чертеж изделия	144
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 33. Сборочный чертеж. Спецификация	147
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 34. Схемы	151

Введение

Целью изучения дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» является формирование у студентов навыков, связанных с общей геометрической и графической подготовкой, формирующей способность правильно воспринимать, перерабатывать и воспроизводить графическую информацию, проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов биотехнологического производства, в том числе с помощью средств компьютерной графики.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен:

- применять правила и виды проецирования, способы задания геометрических объектов на чертеже, алгоритмы решения метрических и позиционных задач;
- иметь навыки пространственного представления и логического мышления;
- читать и выполнять чертежи деталей и элементов технических и технологических систем, планов размещения оборудования;
- решать задачи составления и оформления проектной, конструкторской и технической документации в соответствии с требованиями ЕСКД и с применением средств компьютерной графики;
- проектировать пространство и технические объекты на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен знать:

- правила и виды проецирования;
- способы задания точки, прямой, плоскости, многогранников на чертеже;
- методы построения разверток различных поверхностей
- приемы основных геометрических построений;
- правила оформления конструкторской документации в соответствии с требованиями ЕСКД;
- правила выполнения и обозначения видов, разрезов и сечений, а также их назначение;
- элементы технического черчения: методы построения чертежей стандартных изделий и сборочных единиц, в том числе с применением информационных технологий и САПР.

Изучение дисциплины способствует формированию фундаментальных и прикладных знаний, навыков и умений, необходимых для решения конкретных прикладных задач по проектированию, способствует формированию логики и пространственного мышления.

Изучение разделов, связанных с основами проецирования различных геометрических объектов, включая многогранники, в совокупности со знанием требований единой системы конструкторской документации (ЕСКД) являются базой для выполнения проектных работ.

Дисциплина «Инженерная и компьютерная графика» состоит из 3-х разделов. Практические занятия по начертательной геометрии основаны на решении пространственных задач с помощью комплексных чертежей (эпюров). Решение задач выполняется на листах чертежной бумаги формата А3 (297х420 мм). Площадь, занятая построениями, должна составлять не менее 75% листа. Все построения проводятся с возможно большей точностью и аккуратностью простым карандашом марки ТМ (НВ) и М (В). На эпюре должны быть сохранены вспомогательные линии построений, выполненные сплошными тонкими линиями. Все надписи должны выполняться стандартным шрифтом № 5 или 7 типа Б с наклоном в соответствии с ГОСТ 2.304–81.

Раздел инженерной графики базируется на изучении основных требований и положений ЕСКД и применении их при выполнении конструкторской документации. Все задания выполняются на листах ватмана нужного формата или с использованием программного комплекса Компас-3D, знакомству с функционалом и основными командами которого посвящен раздел «Компьютерное проектирование». Возможно также выполнение чертежей в иных САПР.

Студент выполняет все задания по индивидуальному варианту, определенному преподавателем.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1. Шрифты. Титульный лист

1. **Цель:** получение навыков выполнения текста чертежным шрифтом

2. Теоретическое обоснование

Шрифтом называется графическая форма изображения букв, цифр и условных знаков, которые используются при выполнении чертежей.

ГОСТ 2.304–81 установлено 9 размеров чертежных шрифтов: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 20; 28; 40. Размер шрифта определяется **высотой** прописных (заглавных) букв в миллиметрах. Высота прописных букв (**h**) измеряется перпендикулярно к основанию строки.

В машиностроении чаще используется шрифт **типа Б** с толщиной линий $d = 1/10 h$ и с наклоном 75° . То есть каждая заглавная буква занимает по высоте 10 строчек, а строчная 7 строчек. Начертание этого шрифта показано на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Шрифт типа Б с наклоном 75°

Для облегчения написания текста надо помнить, что буквы Г, Е, З, С по ширине занимают 5 клеточек; буквы А, Д, М, Х, Ы, Ю занимают 7 клеточек; буквы Ж, Ф, Ш, Щ, Ъ занимают 8 клеточек; а остальные буквы занимают 6 клеточек. Расстояние между буквами должно быть 2 клеточки.

Исключение составляют сочетания букв Г и А, Т и А, Г и Д, Р и А, А и Т, расстояние между которыми уменьшается до 1 клеточки (смотри текст ГА и ТЛ на рисунке 10.3). Расстояние между словами составляет 6 клеточек, а между основаниями строк 17 клеточек.

3. Ход работы

Задание 1.1. Выполнить титульный лист, используя образец шрифта на рисунке 1.1. Расположение текста на листе выполнить по центру, по нижеприведенной схеме.

<i>СКФУ</i>	<i>шрифт 14 в сетке</i>
<i>Кафедра пищевых технологий и инжиниринга</i>	<i>шрифт 10</i>
<i>АЛЬБОМ ЧЕРТЕЖЕЙ</i>	<i>шрифт 20 в сетке</i>
<i>За 1 семестр</i>	<i>шрифт 10</i>
<i>студента 1 курса группы ППЖ-б-о-16-1</i>	<i>шрифт 10</i>
<i>Новоженко Владимира</i>	<i>шрифт 14 в сетке</i>
<i>Ставрополь 2021 – 2022 уч. год</i>	<i>шрифт 7</i>

Образец выполнения *титульного листа* представлен на рисунке 1.2.

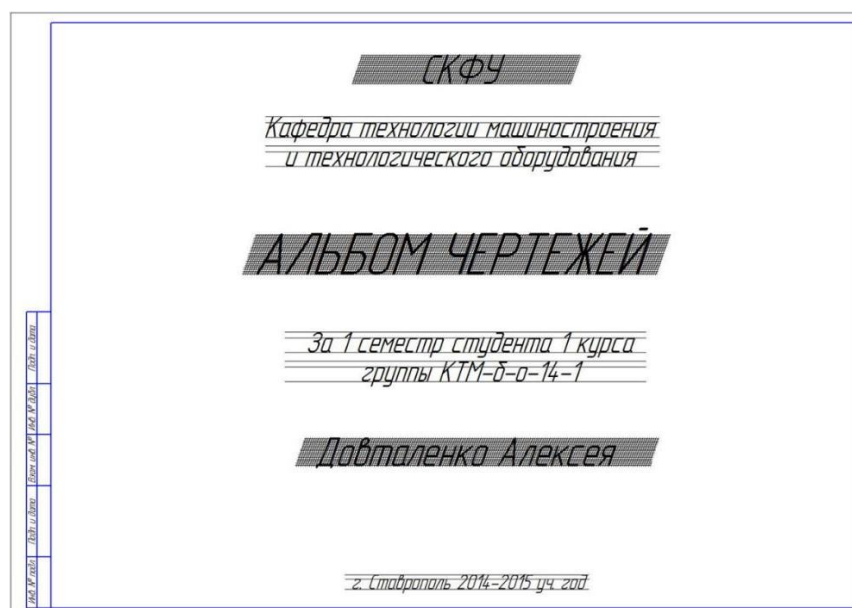


Рисунок 1.2 – Пример выполнения задания 1.1

4. Контрольные вопросы

1. Чем определяется размер шрифта?
2. Как определяется высота строчных букв?
3. Какие размеры шрифта предусмотрены стандартом?
4. Какие типы шрифта предусматриваются стандартом?
5. Перечислите основные параметры шрифта?

5. Литература

1. Колесниченко, Н. М. Инженерная и компьютерная графика : учебное пособие / Н. М. Колесниченко, Н. Н. Черняева. — 2-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. — 236 с. — ISBN 978-5-9729-0670-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/115228.html>
2. Макарова, М. Н. Техническая графика. Теория и практика : учебное пособие / М. Н. Макарова. — Москва : Академический проект, 2020. — 493 с. — ISBN 978-5-8291-3046-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110040.html>
3. Леонова, О. Н. Инженерная графика. Проекционное черчение : учебное пособие / О. Н. Леонова, Л. Н. Королева. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 74 с. — ISBN 978-5-9227-0758-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/74366.html>
4. Каталог стандартов ЕСКД - <https://c-kd.ru/eskd/>
5. Чертежная документация - <http://gk-drawing.ru>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2. Типы линий

1. Цель: получение навыков выполнения и оформления чертежей деталей

2. Теоретическое обоснование

Форматы. Форматами называются листы чертежей и других конструкторских документов (спецификация, технические условия и др.), размеры которых установлены ГОСТ 2.301–68.

Формат листа определяется размерами внешней рамки, выполненной тонкой линией (рисунок 2.1). Поле чертежа, на котором размещают изображения детали, геометрические

построения или текст, ограничивают рамкой, выполненной сплошной толстой основной линией. Рамку проводят на расстоянии 5 мм от верхней, нижней и правой сторон формата и на расстоянии 20 мм левой стороны. Поле шириной 20 мм предназначено для подшивки чертежей.

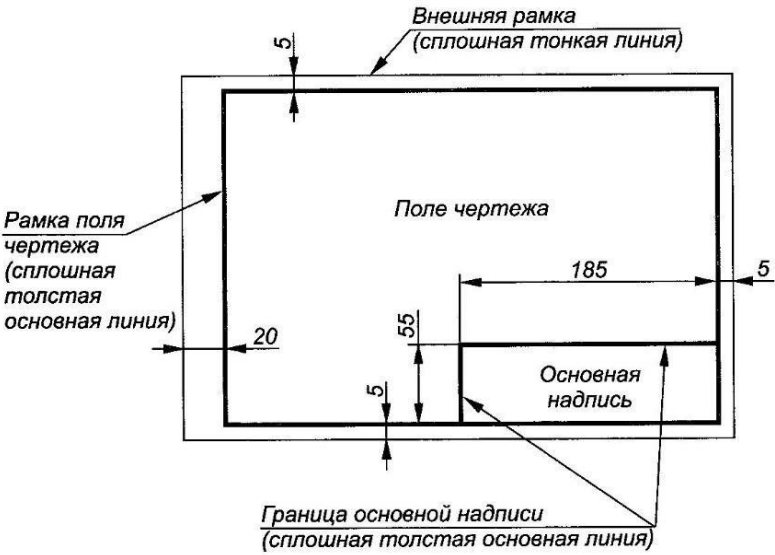


Рисунок 2.1 – Образование формата чертежа

Обозначения и размеры форматов, принятых за основные, приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Основные форматы

Обозначение	A4	A3	A2	A1	A0
Размеры сторон, мм	210x297	297x420	420x594	594x841	841x1189

В правом нижнем углу формата располагается основная надпись по форме 1, а над ней, если необходимо, указываются технические требования. Для всех чертежей и схем ГОСТ 2.104–68 устанавливает единую форму, размеры и порядок оформления основной надписи. Размеры и форма основной надписи представлена на рисунке 2.2.

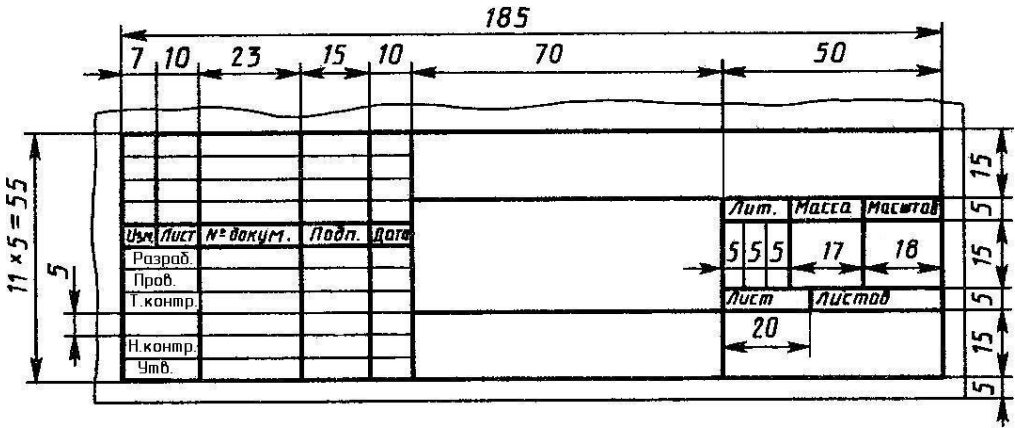


Рисунок 2.2 – Основная надпись

На листах формата **A4** основную надпись располагают только вдоль короткой стороны листа. А на листах формата **A3** располагают вдоль длинной стороны.

Масштабы. Масштабом называется отношение линейных размеров изделия на чертеже к его действительным линейным размерам.

Масштабы изображений и их обозначение устанавливает ГОСТ 2.302–68 и должны выбираться из следующих рядов:

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

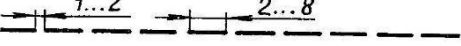
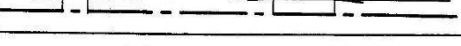
Масштабы увеличения 2:1 2,5:1 4:1 5:1 10:1 и др.

Основной масштаб, в котором выполнен чертеж, записывают в графе основной надписи. Если какой-либо элемент на чертеже выполнен в другом масштабе, то над ним помещают надписи типа А (1:5) – для вида, или Б–Б (10:1) – для разреза или сечения.

Следует помнить, что при любом масштабе на чертеже указывают истинные размеры предмета, а не те, которые изображение имеет на чертеже.

Линии. Для большей выразительности и наглядности на чертежах применяют различные типы линий, начертание, толщина, наименование и назначение которых устанавливает ГОСТ 2.303–68 (таблица 2.2).

Таблица 2.2 - Линии чертежа

Начертание	Толщина линии по отношению к толщине сплошной основной линии	Наименование
	S	Сплошная основная
	от $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Сплошная тонкая
	— " —	Сплошная волнистая
	— " —	Штриховая
	— " —	Штрих-пунктирная тонкая
	от $\frac{1}{2}S$ до $\frac{2}{3}S$	Штрих-пунктирная утолщенная
	от $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Сплошная тонкая с изломами
	от S до $1\frac{1}{2}S$	Разомкнутая

Толщина сплошной основной линии S должна быть в пределах от **0,5 до 1,4 мм** в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа. Толщина всех остальных типов линий чертежа зависит от толщины основной линии.

3. Ход работы

Задание 2.1. На формате А3 с левой стороны листа выполнить чертеж типов линий из таблицы 2.3 по варианту, выданному преподавателем. Нанести размеры в соответствии с ГОСТ 2.307–68. Начертание букв, цифр и знаков должно соответствовать ГОСТ 2.304–81. Образец выполнения задания представлен на рисунке 2.3.

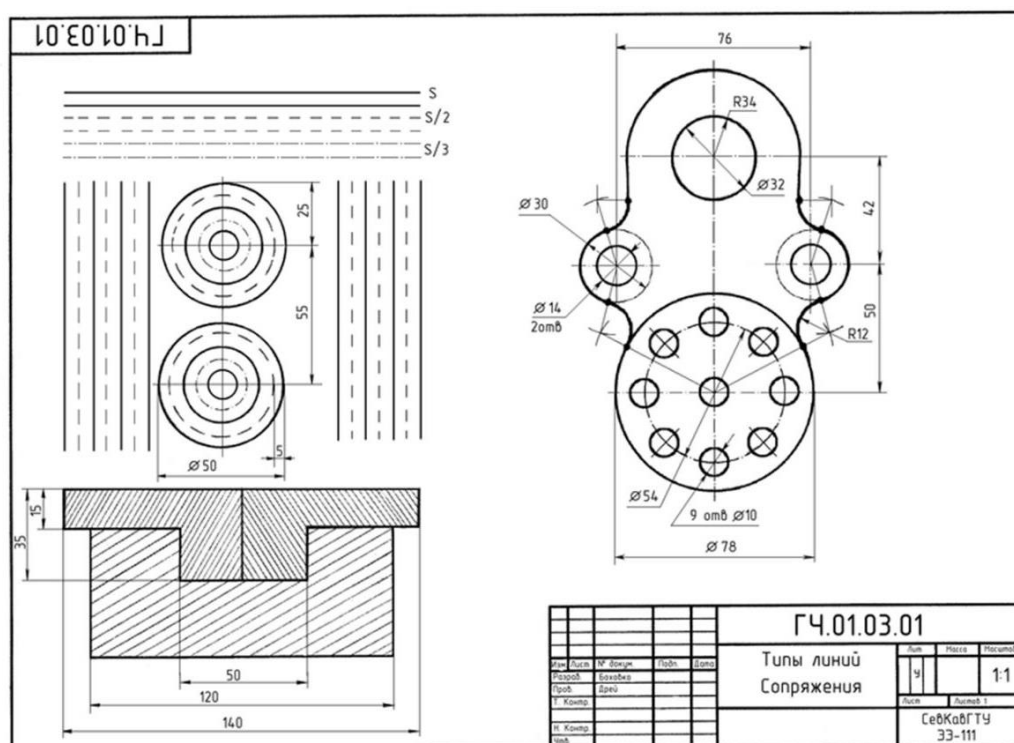
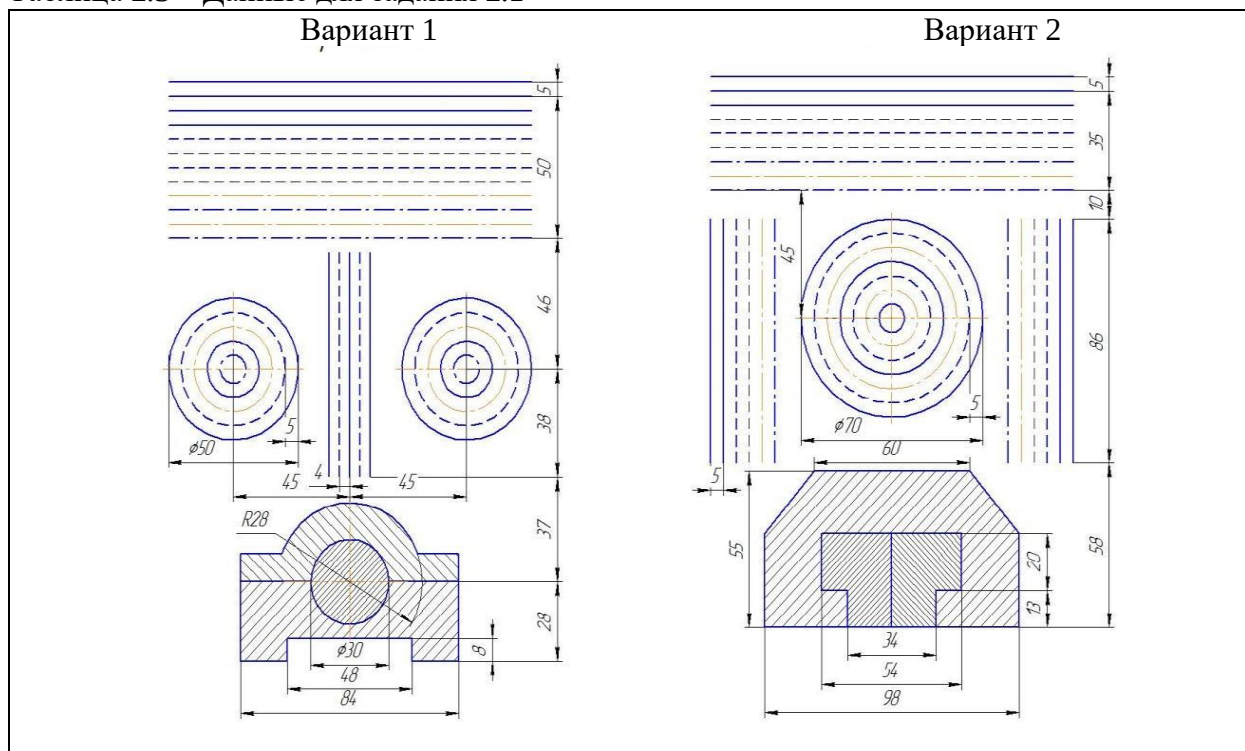
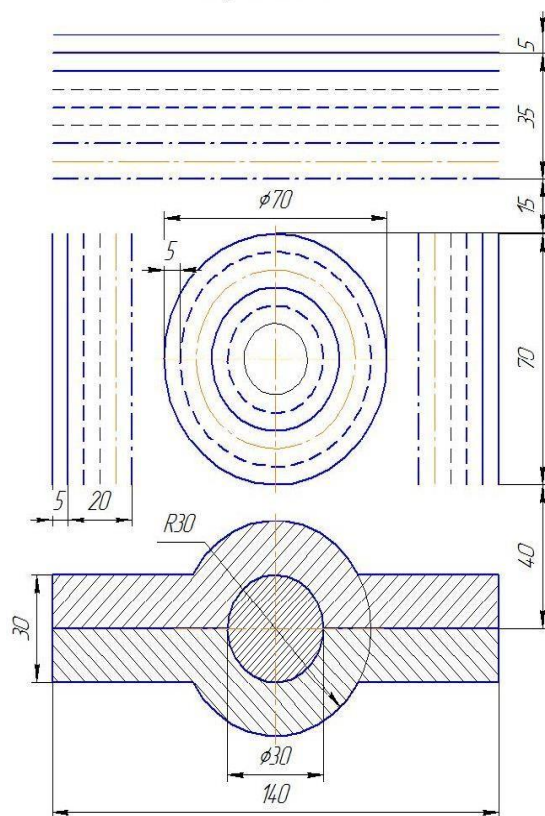


Рисунок 2.3 – Пример выполнения задания 2.1

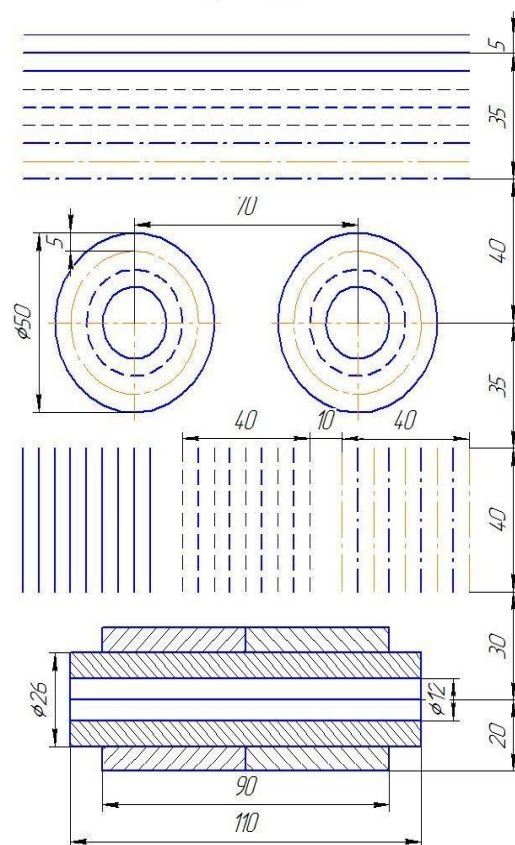
Таблица 2.3 – Данные для задания 2.1



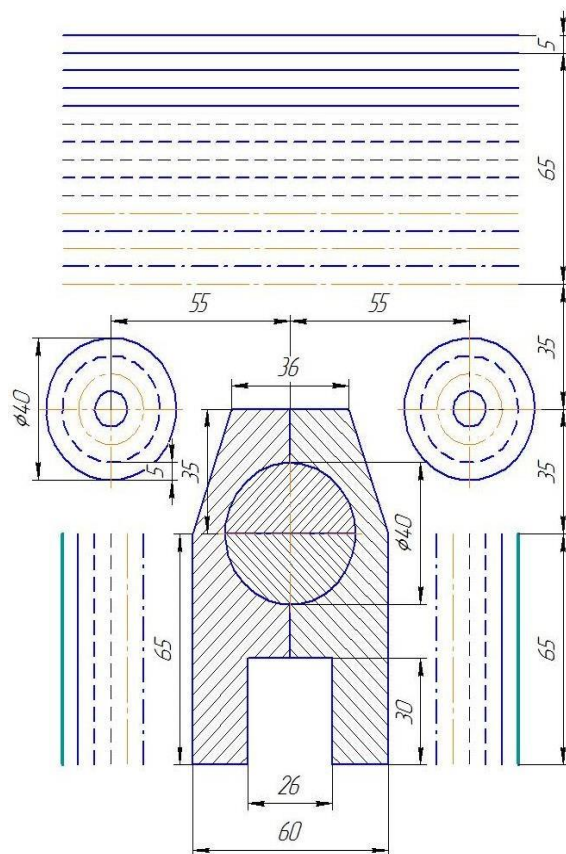
Вариант 3



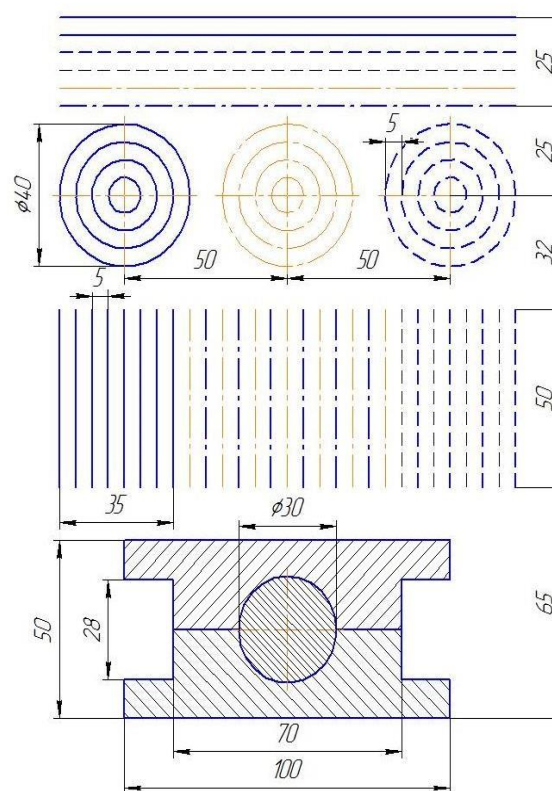
Вариант 4



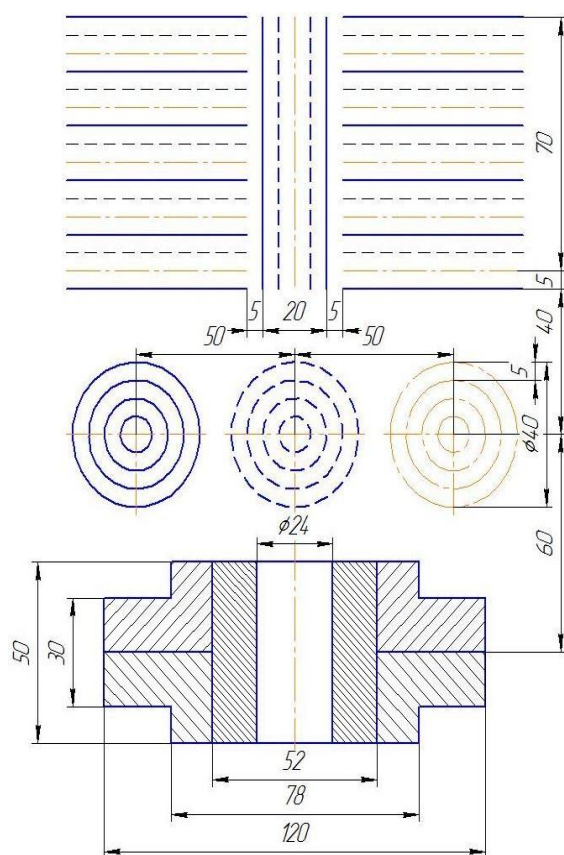
Вариант 5



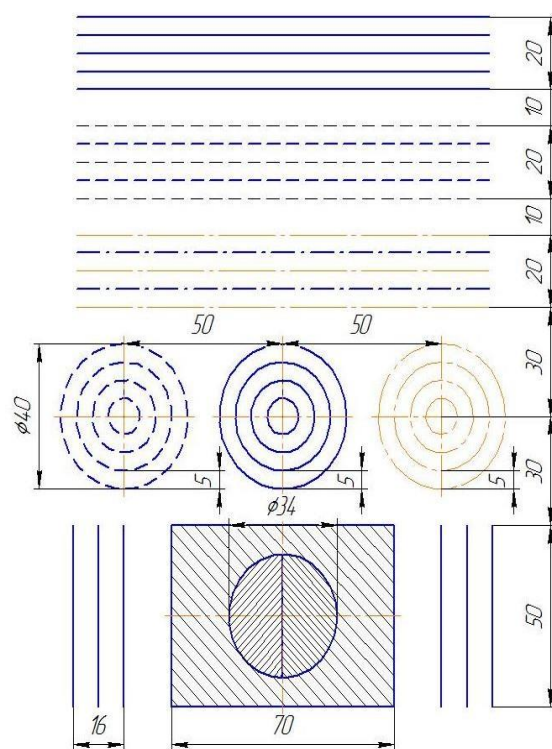
Вариант 6



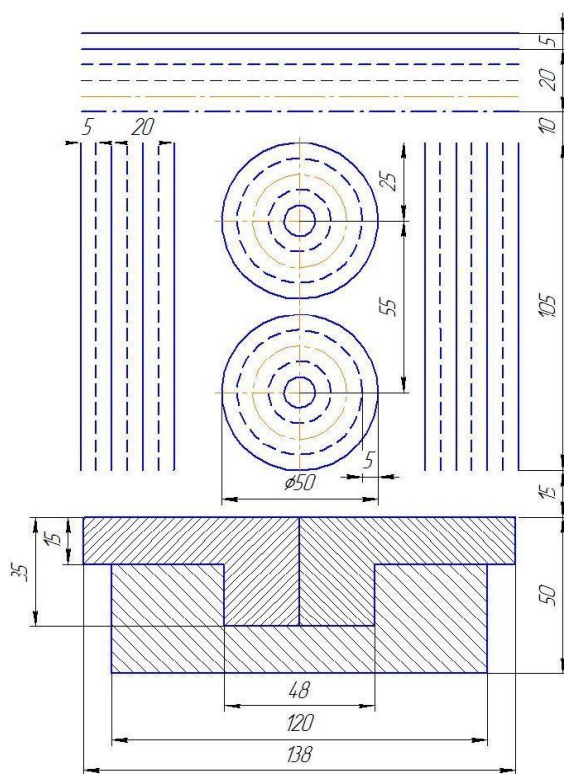
Вариант 7



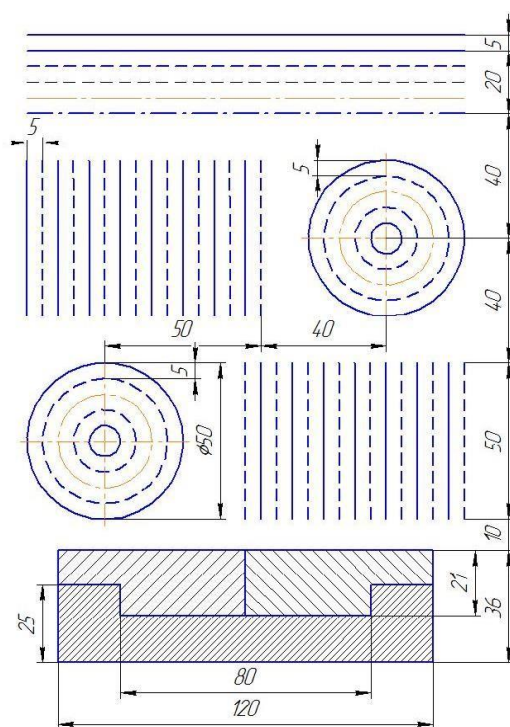
Вариант 8

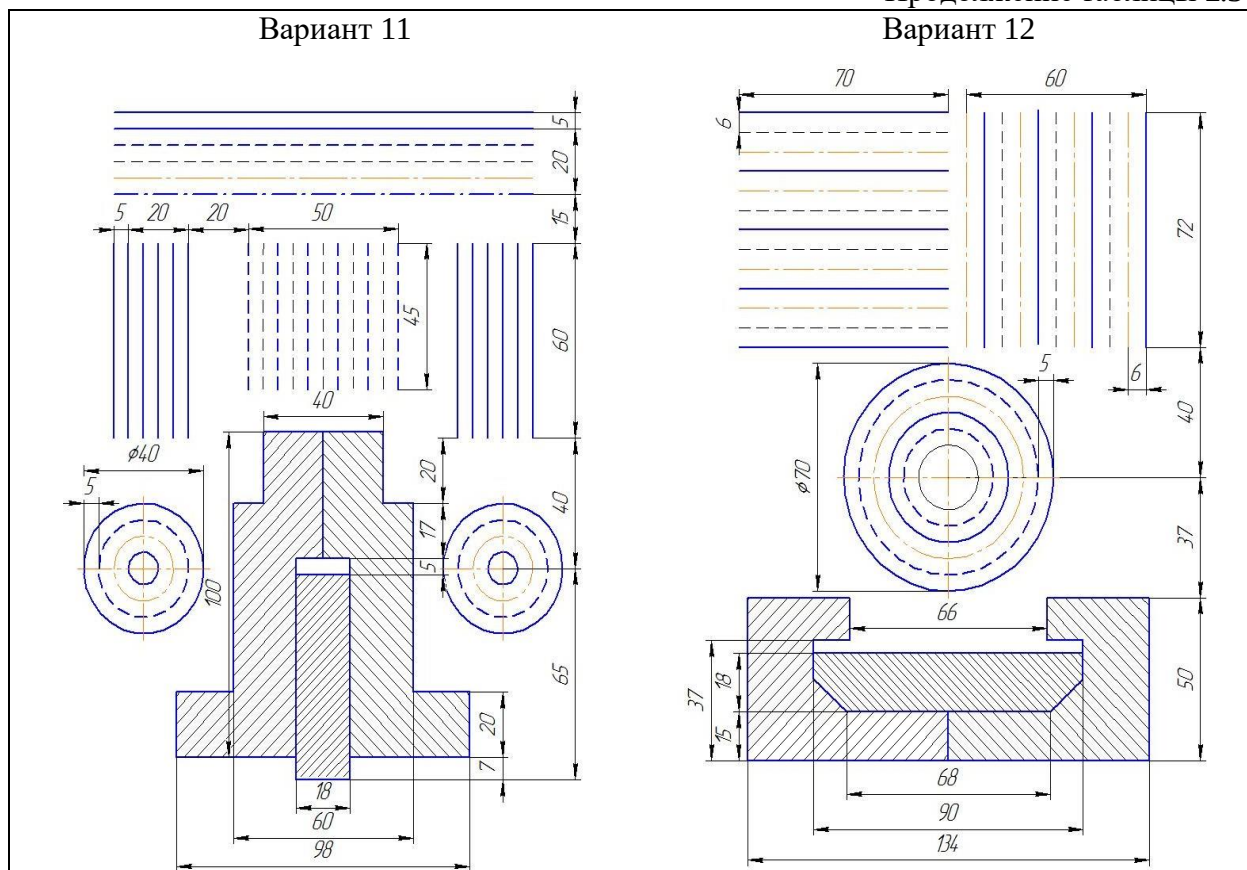


Вариант 9



Вариант 10





4. Контрольные вопросы

1. Назовите основные форматы и их размеры.
2. Назовите стандартные масштабы.
3. Перечислите типы линий, используемые при создании чертежа.
4. В каких случаях применяют тонкую сплошную линию?
5. Где используется на чертеже штрихпунктирная тонкая линия? Какова ее толщина?
6. Каково назначение сплошной толстой основной линии?

5. Литература

1. Макарова, М. Н. Техническая графика. Теория и практика : учебное пособие / М. Н. Макарова. — Москва : Академический проект, 2020. — 493 с. — ISBN 978-5-8291-3046-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110040.html>
2. Леонова, О. Н. Инженерная графика. Проекционное черчение : учебное пособие / О. Н. Леонова, Л. Н. Королева. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 74 с. — ISBN 978-5-9227-0758-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/74366.html>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3. Сопряжения

1. Цель: получение навыков выполнения и оформления чертежей деталей

2. Теоретическое обоснование

Сопряжением называется плавный переход дуги окружности в прямую или в дугу другой окружности.

Для изображения очертания детали необходимо усвоить, что построение любых сопряжений основано на двух положениях геометрии:

1. При сопряжении прямой линии и любой дуги (окружности или лекальной) центр дуги сопряжения O должен лежать на перпендикуляре к прямой, восстановленном из точки сопряжения C (рисунок 3.1а).

2. При сопряжении любых двух дуг – центры этих дуг O_1 и O должны лежать на прямой, проходящей через точку сопряжения C_1 перпендикулярно общей касательной этих дуг (рисунок 3.1ж).

Как видно из сказанного, при выполнении сопряжений следует различать **три элемента**: а) C –точку сопряжения; б) O –центр дуги сопряжения; в) R –радиус дуги сопряжения.

Для построения заданного сопряжения должен быть известен один из этих элементов – радиус или точка сопряжения; два других элемента определяются графически, построением. Примеры построения различного вида сопряжений приведены на рисунке 3.1.

3. Ход работы

Задание 3.1. На листе с заданием 2.1 с правой стороны над основной надписью выполнить чертеж плоской детали (таблица 3.1), построив необходимые сопряжения. Нанести размеры в соответствии с ГОСТ 2.307–68. Начертание букв, цифр и знаков должно соответствовать ГОСТ 2.304–81.

Образец выполнения задания представлен на рисунке 2.1.

4. Контрольные вопросы

1. Что называется сопряжением?
2. Как определяется точка сопряжения?
3. Каков порядок решения примеров на сопряжение?
4. Сопряжение дуги и прямой линии.
5. Как строится внутреннее и внешнее сопряжения двух окружностей?
6. Что такое смешанное сопряжение?

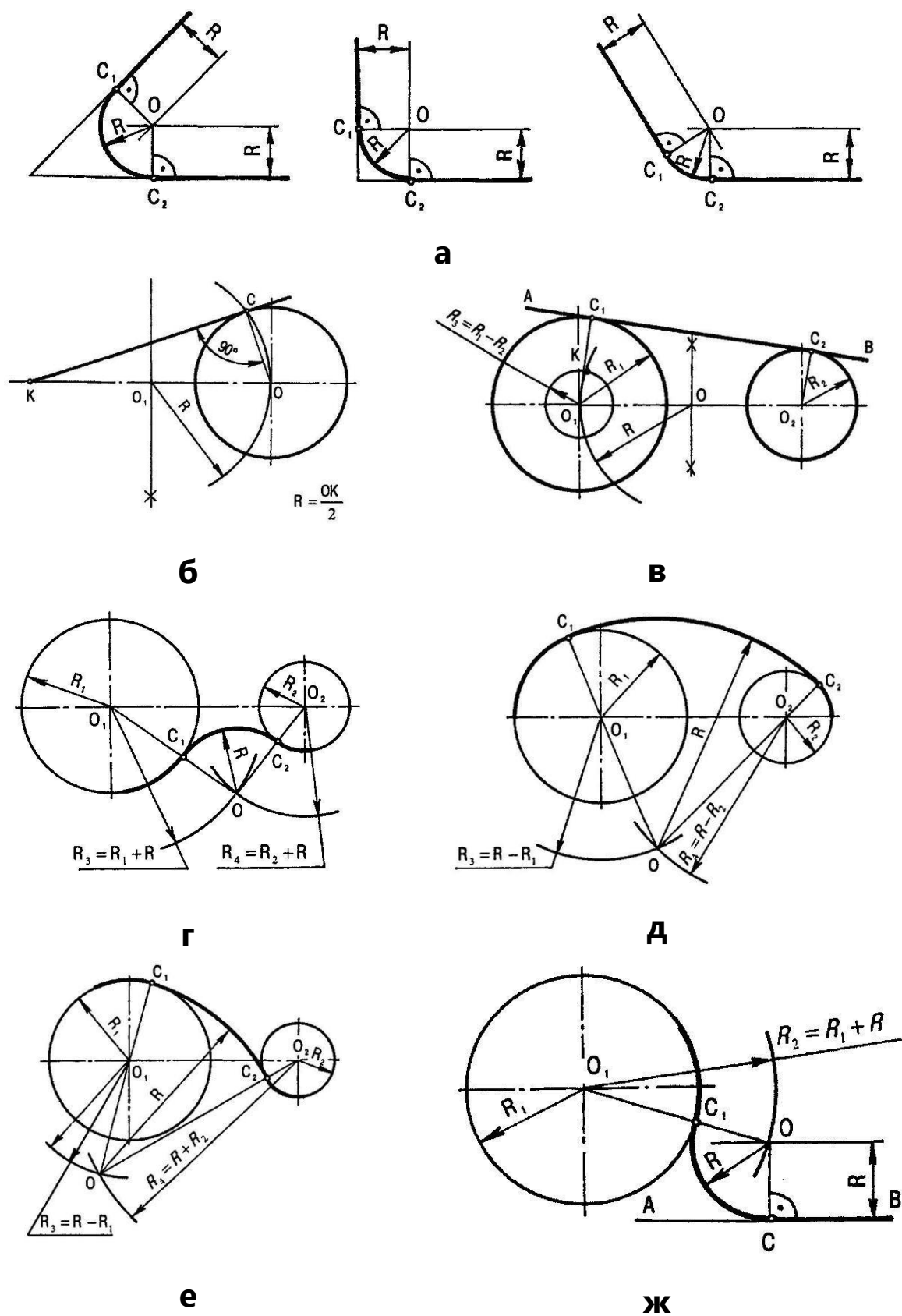
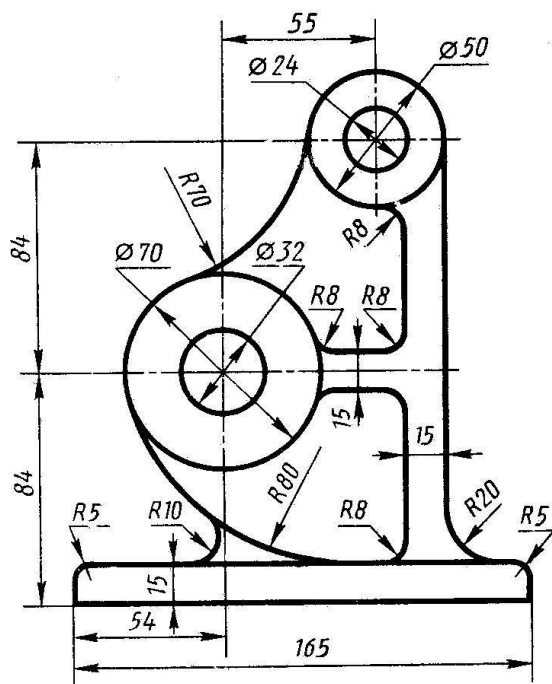


Рисунок 3.1 – Виды сопряжений

Таблица 3.1 – Данные для задания 3.1

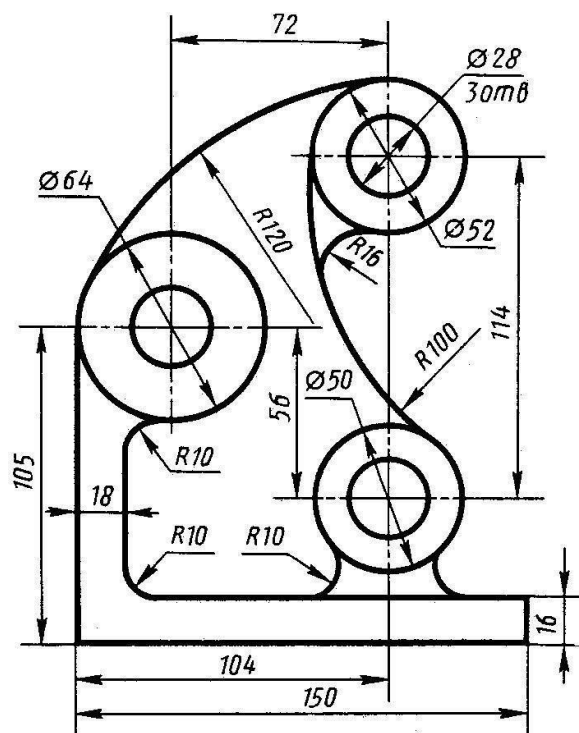
Вариант 1 <i>Станина</i>	Вариант 2 <i>Корпус</i>
Вариант 3 <i>Кронштейн</i>	Вариант 4 <i>Кронштейн</i>

Вариант 5



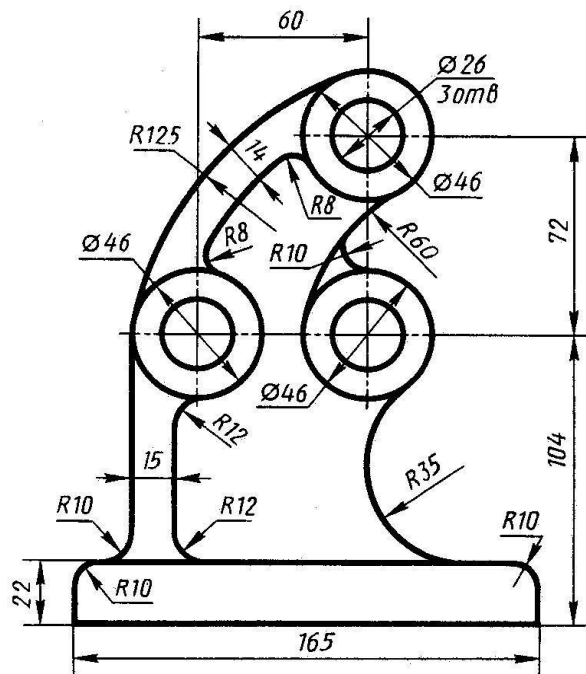
Станина

Вариант 6



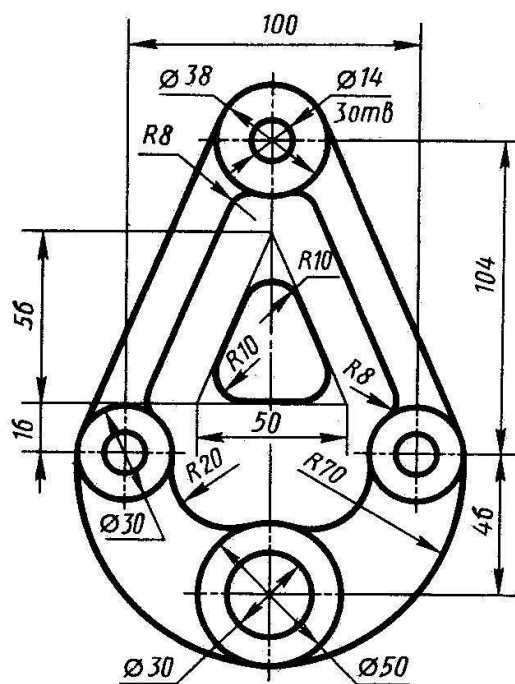
Стойка

Вариант 7



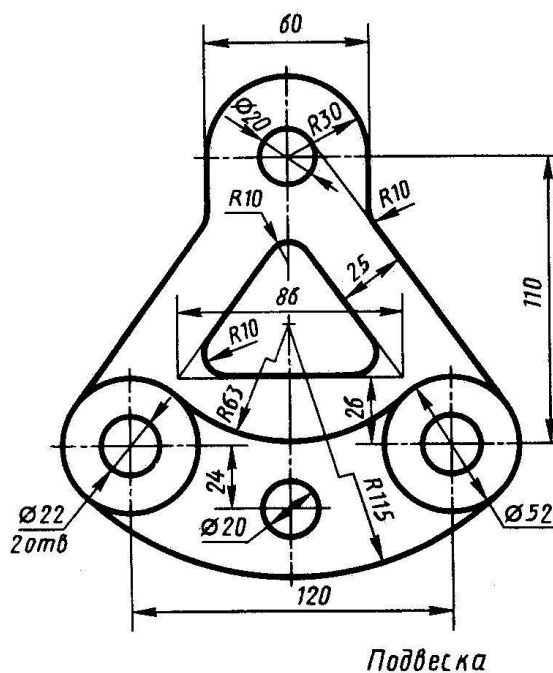
Опора

Вариант 8

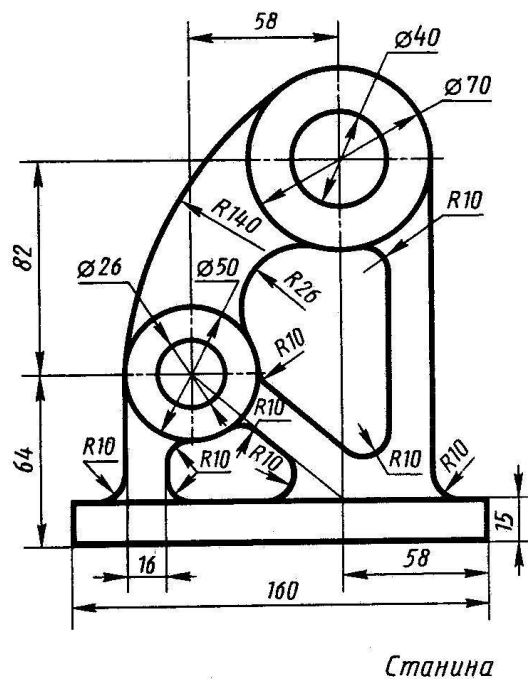


Подвеска

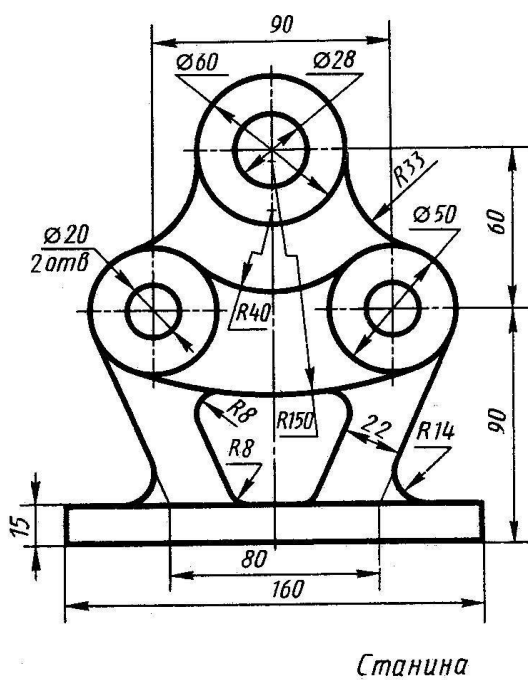
Вариант 9



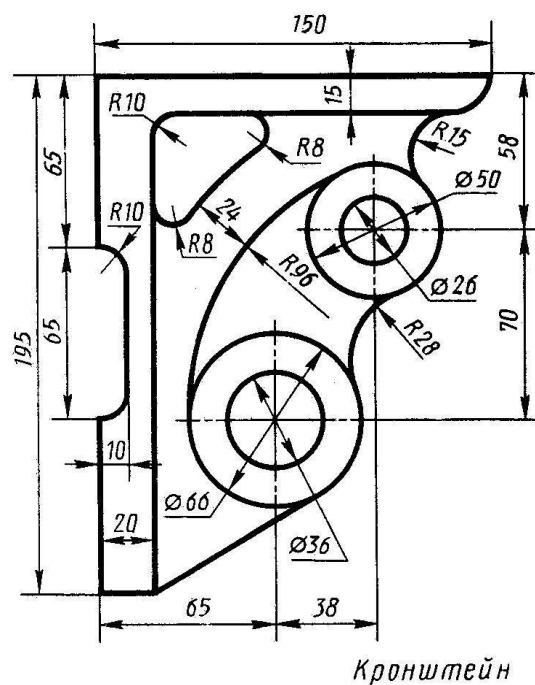
Вариант 10



Вариант 11



Вариант 12



5. Литература

1. Колесниченко, Н. М. Инженерная и компьютерная графика : учебное пособие / Н. М. Колесниченко, Н. Н. Черняева. — 2-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. — 236 с. — ISBN 978-5-9729-0670-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/115228.html>
2. Уласевич, З. Н. Инженерная графика: практикум : учебное пособие / З. Н. Уласевич, В. П. Уласевич, Д. В. Омесь. — 2-е изд. — Минск : Вышэйшая школа, 2020. — 208 с. — ISBN 978-985-06-3156-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/119982.html>
3. Макарова, М. Н. Техническая графика. Теория и практика : учебное пособие / М. Н. Макарова. — Москва : Академический проект, 2020. — 493 с. — ISBN 978-5-8291-3046-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110040.html>
4. <https://c-kd.ru/eskd/> - каталог стандартов ЕСКД

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4. Проекция точки. Проецирование на три плоскости проекций

1. **Цель:** развитие пространственного представления и воображения
2. **Теоретическое обоснование**

Три взаимно-перпендикулярные плоскости проекций делят пространство на 8 октантов (рисунок 4.1).

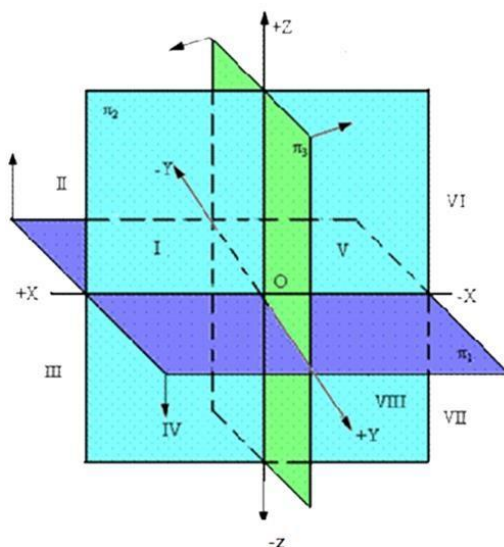


Рисунок 4.1 – Октанты пространства

$X_a = OA_x$ - абсцисса точки А, или ширина точки А, или расстояние точки А от плоскости Π_3 .

$Y_a = OA_y$ - ордината точки А, или глубина точки А, или расстояние точки А от плоскости Π_2 .

$Z_a = OA_z$ - аппликата точки А, или высота точки А, или расстояние точки А от плоскости Π_1

Знаки координат точек, расположенных в различных октантах, приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Знаки координат точек по октантам

октанты	1	2	3	4	5	6	7	8
координаты								
X	+	+	+	+	-	-	-	-
Y	+	-	-	+	+	-	-	+
Z	+	+	-	-	+	+	-	-

Точки, расположенные в левых октантах - 1, 2, 3, 4 - имеют положительные абсциссы, в правых октантах - 5, 6, 7, 8 - отрицательные абсциссы, в передних октантах - 1, 5, 8, 4 - положительные ординаты, в задних октантах - 2, 6, 7, 3 - отрицательные ординаты, в верхних октантах - 1, 2, 6, 5 - положительные аппликаты, в нижних октантах - 4, 3, 7, 8 - отрицательные аппликаты.

Построим аксонометрическое изображение точки А в первом октанте по произвольным положительным координатам X_A , Y_A , Z_A . (рисунок 4.1). Сначала строим оригинал точки А по этим координатам в системе Π_2/Π_1 . Откладываем отрезок $OX_x=X_A$ по оси абсцисс, затем $AxA_2=Z_A$ параллельно оси Z. Из полученных точек A_1 и A_2 восстанавливаем перпендикуляры $A_1A \perp \Pi_1$, $A_2A \perp \Pi_2$,

Построим комплексный чертеж (эпюр) точки А (рисунок 4.2). При совмещении плоскости проекций Π_1 с Π_2 линия связи A_1A_2 будет перпендикулярна оси X, т. е. фронтальная и горизонтальная проекции точки А расположатся на одной прямой, перпендикулярной к оси X.

При совмещении плоскости проекций Π_3 с Π_2 линия связи A_2A_3 будет перпендикулярной к оси Z, т. е. фронтальная и профильная проекции точки А расположатся на одной прямой, перпендикулярной к оси Z.

Оси абсцисс и аппликата на чертеже располагаются так же, как и на плоскости Π_2 оригинала точки А, а ось ординат на комплексном чертеже указывается дважды (рисунок 4.2).

Построение проекций точки А на комплексном чертеже начинают с построения фронтальной проекции A_2 точки А, т. к. расположение фронтальной проекции точки А на плоскости Π_2 на оригинале и чертеже будет всегда одинаковым.

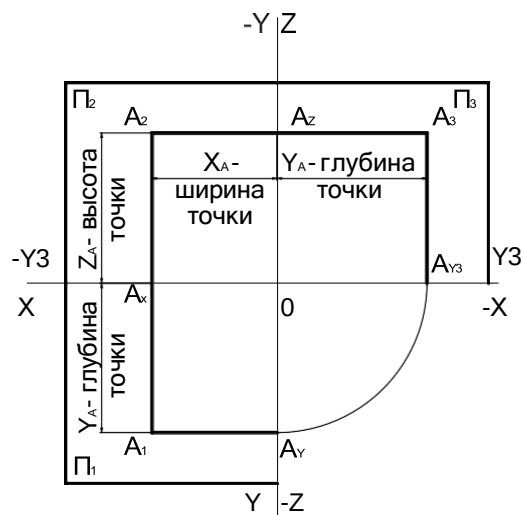


Рисунок 4.2 – Эпюр точки А с указанием координат

Для этого откладываем абсциссу точки А – OA_x , затем проводим линию связи и на ней откладываем отрезки, равные высоте и глубине точки А. Если точка А находится над плоскостью Π_1 , высота точки А - положительна и A_2 — фронтальная проекция точки А будет располагаться над осью Х.

При отрицательной высоте точки А фронтальная проекция ее будет располагаться под осью Х. Если точка А находится перед плоскостью Π_2 , то глубина точки А будет положительна и A_1 — горизонтальная проекция ее — будет располагаться под осью Х. При отрицательной глубине точки А горизонтальная проекция ее будет располагаться над осью Х.

Профильную проекцию A_3 точки А строим по двум проекциям: фронтальной и горизонтальной. Помня, что фронтальная и профильная проекции точки А лежат на одной линии связи, перпендикулярной оси Z, откладываем от точки A_2 отрезок, равный глубине точки А, учитывая знак ее ординаты ($A_2 A_3 = A_x A_1$). Окончательный вид комплексного чертежа (эпюра) показан на рисунке 4.3.

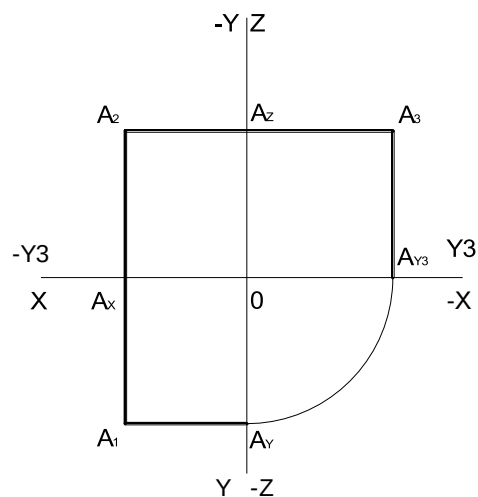


Рисунок 4.3 – Эпюр точки А в окончательном виде

Профильную проекцию можно также построить при помощи постоянной линии чертежа (постоянная Монжа), которая проводится под углом 45^0 к оси X_{12} через начало координат.

По двум любым проекциям точки всегда можно построить третью проекцию данной точки при соблюдении расположения линий связи между заданными проекциями точки $A_2A_1 \perp X$, $A_2A_3 \perp Z$.

3. Ход работы

Задача 4.1. Построить три проекции и аксонометрическое (наглядное) изображение точек А и В по их координатам, представленным в таблице 4.1, и указать октанты расположения этих точек в пространстве. Образец выполнения задания представлен на рисунке 4.4.

Задача 4.2. По данным таблицы 4.1 определить: какая из трех точек (А, В или С) расположена левее всех, выше всех и ближе всех по отношению к наблюдателю, находящемуся в первом октанте.

Таблица 4.1- Данные к задачам 4.1, 4.2, 5.1

Вариант		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
координаты	A	x	50	75	55	50	80	-68	85	78	55	40	48	65
		y	-15	29	23	-40	45	9	25	44	20	5	-10	10
		z	30	-38	45	46	-20	28	35	-20	35	50	35	27
	B	x	10	20	-10	10	10	10	10	12	-15	5	5	10
		y	-35	5	13	5	20	30	-25	6	38	30	-25	25
		z	40	6	5	-20	45	12	65	40	15	5	15	10
	C	x	30	15	68	60	45	-63	90	40	55	60	-78	85
		y	60	70	-80	15	70	29	70	-70	80	30	50	35
		z	10	72	15	28	65	72	15	10	80	10	25	15
	D	x	10	20	5	10	15	5	-20	5	15	15	5	25
		y	60	30	15	10	5	15	-35	35	48	5	30	15

4. Контрольные вопросы

1. Что называют постоянной Монжа на эюре?
2. Что такое октант пространства?
3. Каким правилом следует руководствоваться при переносе точек с оси Y_1 на ось Y_3 ?
4. Какие знаки имеют координаты точек, расположенных во 2 и 8 октантах?
5. Как восстановить положение пространственной точки по ее проекциям?
6. Сколько проекций точки определяют ее пространственное положение?
7. Что такое ширина, глубина и высота точки?

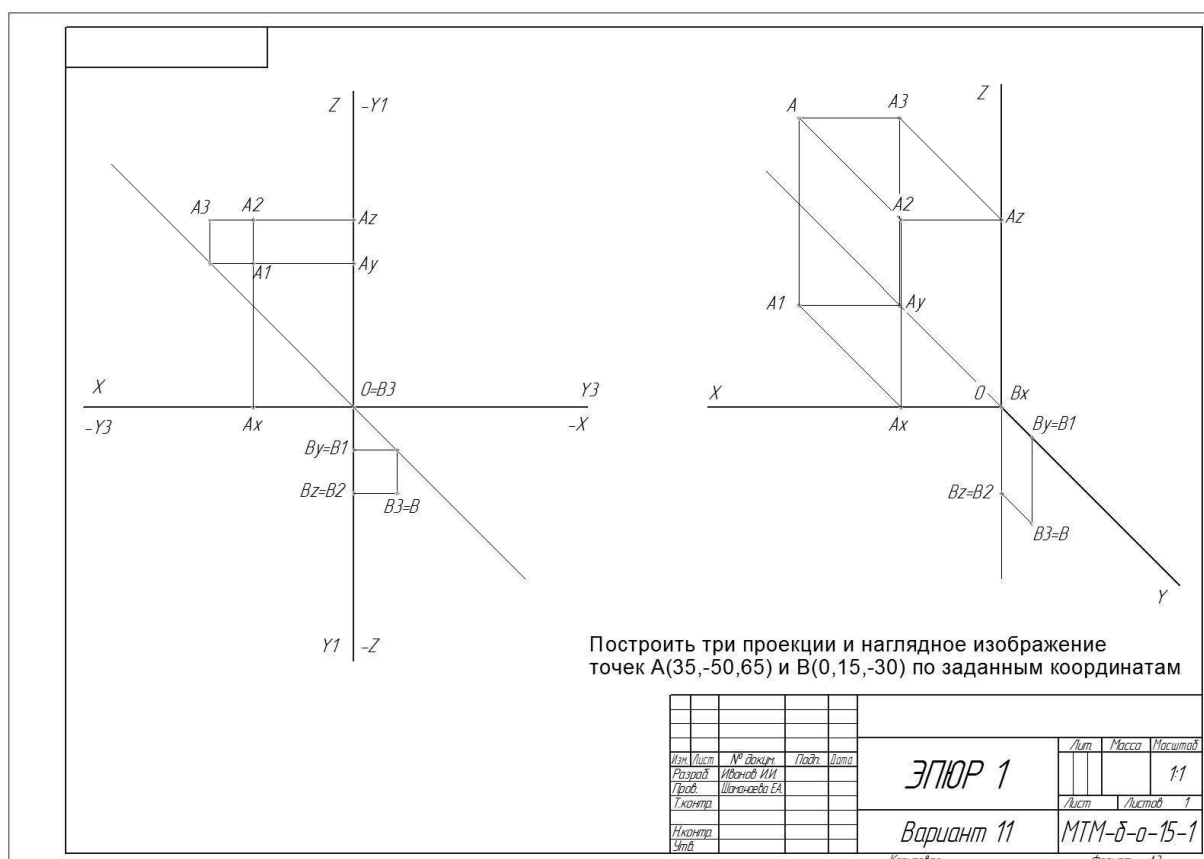


Рисунок 4.4 – Пример оформления задачи 4.1

5. Литература

1. Кондратьева, Т. М. Инженерная и компьютерная графика. Часть 1. Теория построения проекционного чертежа : учебное пособие / Т. М. Кондратьева, Т. В. Митина, М. В. Царева. — Москва : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 290 с. — ISBN 978-5-7264-1234-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/42898.html>
2. Кокошко, А. Ф. Инженерная графика : учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 268 с. — ISBN 978-985-503-903-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93444.html>
3. Павлова, Л. В. Инженерная графика. В 2 ч. Ч. 1. Основы начертательной геометрии. Варианты заданий, рекомендации и примеры выполнения : учебное пособие / Л. В. Павлова. — Саратов : Вузовское образование, 2018. — 85 с. — ISBN 978-5-4487-0253-2 (ч. 1), 978-5-4487-0252-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/75684.html>
4. Начертательная геометрия. Электронный учебно-методический комплекс - <https://cadinstructor.org/ng/>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5. Проекции точки. Построение трех проекций точки по заданному условию

1. Цель: развитие пространственного представления и воображения

2. Теоретическое обоснование

Профильную проекцию точки строят по двум проекциям: фронтальной и горизонтальной. Выполнить это можно тремя способами. Рассмотрим эти способы на примере некой точки C , находящейся в первом октанте.

Проекционный способ (рисунок 5.1а). Помня, что фронтальная и профильная проекции точки C лежат на одной линии связи, перпендикулярной оси Z , из фронтальной проекции C_2 проводят горизонтальную линию связи. Из горизонтальной проекции C_1 опускают перпендикуляр на ось O_{Y_1} , получают точку C_{Y_1} , и при помощи циркуля или прямоугольного равнобедренного треугольника находят на оси O_{Y_3} положение точки C_{Y_3} . Из этой точки проводят вертикальную линию связи до пересечения с линией связи, проведенной из C_2 . Точка C_3 – профильная проекция точки C .

Координатный способ (рисунок 5.1б). Из фронтальной проекции C_2 проводят горизонтальную линию связи. Измеряют циркулем расстояние от проекции C_1 до оси Ox (глубину точки, или координату y_C) и откладывают этот отрезок на линии связи вправо (вдоль положительного направления оси Y_3) от точки C_Z . Получают профильную проекцию C_3 . В случае, если точка имеет отрицательное значение координаты y , отрезок откладывают влево, соответственно вдоль отрицательной оси $-Y_3$.

Способ с использованием постоянной прямой чертежа (рисунок 5.1в). Из фронтальной проекции C_2 проводят горизонтальную линию связи. Из горизонтальной проекции C_1 проводят линию связи до пересечения в точке C_0 с постоянной прямой K , т.е. биссектрисой угла y_1Oy_3 . из точки C_0 проводят вертикальную линию связи до пересечения с линией, проведенной из фронтальной проекции C_2 .

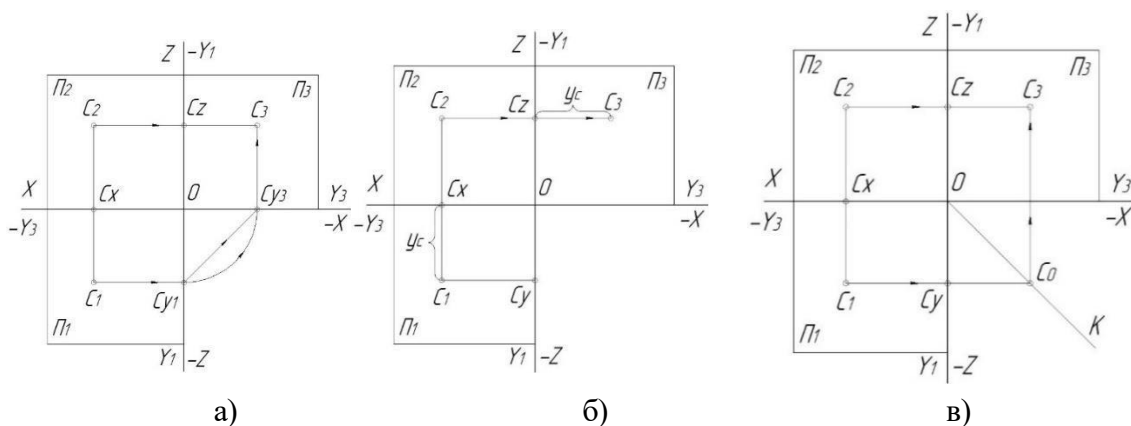


Рисунок 5.1 – Способы построения профильной проекции точки: а – проекционный; б – координатный; в – с использованием постоянной прямой чертежа

Пример. Дана точка $C(60;15;28)$. Построить эюр точки E , симметричной точке C , относительно профильной плоскости проекций (рисунок 5.2).

Решение. Точка C в первом октанте. Строим её эюр. Откладываем на положительной оси OX отрезок OC_x длиной 60 мм (x) и проводя через точку C_x прямую перпендикулярно оси OX , откладываем на ней отрезки вниз C_xC_1 длиной 15 мм (y) и вверх C_xC_2 длиной 28 мм (z). Затем проводим через точку C_2 прямую перпендикулярно оси OZ и откладываем вправо отрезок C_2C_3 длиной 28 мм (y).

Точка E , симметричная данной точке относительно профильной плоскости проекций, находится в пятом октанте, т.е. $E(-60, 15, 28)$. Откладываем на отрицательной оси OX отрезок OE_x длиной 60 мм (x) и проводя через точку E_x прямую перпендикулярно оси OX , откладываем на ней отрезки вниз E_xE_1 длиной 15 мм (y) и находим профильную проекцию (E_3) точки E , которая совпадает с профильной проекцией точки C .

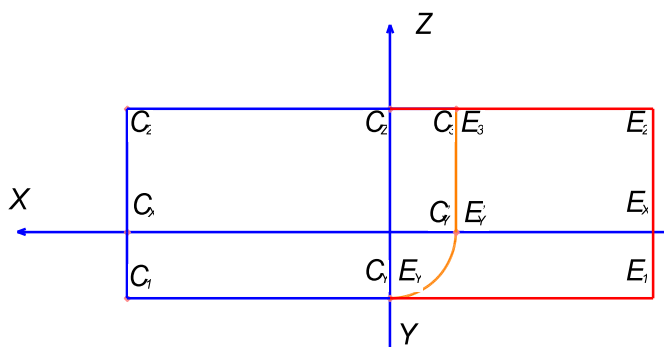


Рисунок 5.2 –Эюр симметричных точек

3. Ход работы

Задача 5.1. Построить три проекции и наглядное изображение точки D по заданным двум координатам и третьей координате, соответствующей условию $Z = Y - 30$. Данные для задачи взять в таблице 4.1 практического занятия № 4.

Задача 5.2. Построить три проекции и наглядное изображение точки C (координаты взять из таблицы 4.1 практического занятия №4) и точки E симметричной ей относительно указанного в таблице 5.1 элемента.

Таблица 5.1- Данные к задаче 5.2

вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
элемент	пл. Π_1	пл. Π_2	Ось X_1	пл. Π_3	пл. Π_2	пл. Π_1	Ось X	пл. Π_1	пл. Π_2	Ось X	пл. Π_3	пл. Π_1

4. Контрольные вопросы

1. Что называют постоянной Монжа на эюре?
2. Что такое октант пространства?

3. Каким правилом следует руководствоваться при переносе точек с оси Y_1 на ось Y_3 ?
4. Какие знаки имеют координаты точек, расположенных во 2 и 8 октантах?
5. Как восстановить положение пространственной точки по ее проекциям?
6. Сколько проекций точки определяют ее пространственное положение?
7. Что такое ширина, глубина и высота точки?

5. Литература

1. Кондратьева, Т. М. Инженерная и компьютерная графика. Часть 1. Теория построения проекционного чертежа : учебное пособие / Т. М. Кондратьева, Т. В. Митина, М. В. Царева. — Москва : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 290 с. — ISBN 978-5-7264-1234-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/42898.html>

2. Кокошко, А. Ф. Инженерная графика : учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 268 с. — ISBN 978-985-503-903-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93444.html>

3. Начертательная геометрия. Электронный учебно-методический комплекс: лекции, контрольные работы, рабочая тетрадь, презентации, опорный конспект, видеоматериалы решения типовых задач контрольных заданий. - <https://cadinstructor.org/ng/>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6. Проецирование прямой

1. Цель: развитие пространственного представления и воображения

2. Теоретическое обоснование

Прямая образуется при пересечении двух плоскостей. Прямая в пространстве бесконечна. Часть прямой, ограниченной двумя точками, называется отрезком прямой. Прямые подразделяются на прямые общего и частного положения в пространстве.

Прямые общего положения не параллельны и не перпендикулярны ни к одной из плоскостей проекций. Все проекции такой прямой наклонены к осям проекций (рисунок 6.1).

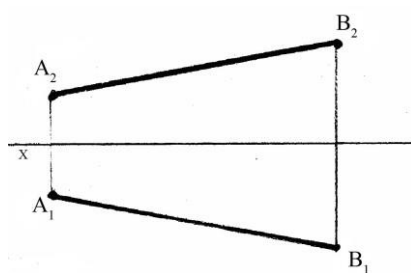


Рисунок 6.1 – Прямая общего положения

Прямые частного положения делятся на проецирующие и уровня.

Проецирующие прямые перпендикулярны к одной из плоскостей проекций (рисунок 6.2).

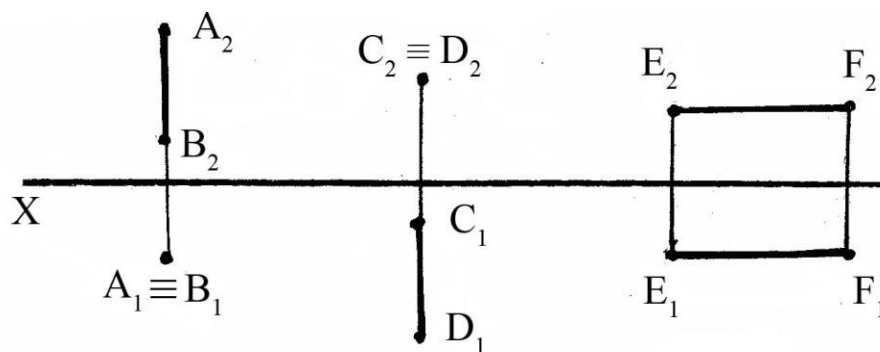


Рисунок 6.2 - Прямые частного положения

Прямые уровня параллельны одной из плоскостей проекций.

Прямая, параллельная плоскости Π_1 называется горизонталь. Ее фронтальная проекция A_2B_2 параллельна оси X , а горизонтальная равна натуральной величине (НВ) отрезка $A_1B_1 = AB$ (рисунок 6.3). Если же проекция A_2B_2 совпадает с осью X , то отрезок AB расположен в плоскости Π_1 .

Прямая, параллельная плоскости Π_2 , называется **фронталь**. Ее горизонтальная проекция C_1D_1 параллельна оси X , а фронтальная равна НВ отрезка $C_2D_2 = CD$ (рисунок 6.4). Если же проекция C_1D_1 совпадает с осью X , то отрезок CD расположен в плоскости Π_2 .

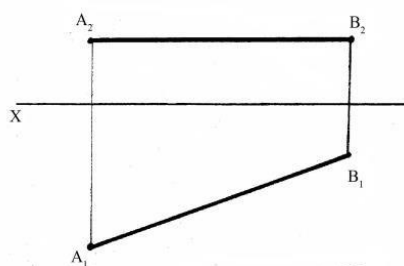


Рисунок 6.3- Горизонталь

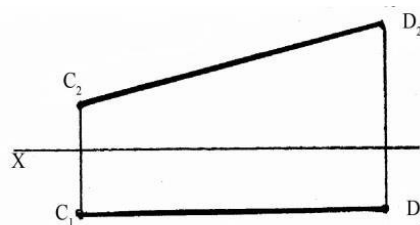


Рисунок 6.4 – Фронталь

3. Ход работы

Задача 6.1. Построить три проекции и наглядное изображение отрезка прямой АВ, заданного координатами точек (таблица 6.1).

Задача 6.2. Определить на прямой АВ (таблица 6.1) точку К, для которой соотношение АК/КВ указано в таблице 6.2.

Таблица 6.1- Данные к задаче 6.1, 6.2, 7.1

Координаты	А			В			С			D		
Вариант	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
1	37	28	-5	19	9	14	-6	10	8	-27	32	-32
2	40	16	8	-8	40	40	19	19	-22	-30	33	11
3	35	-34	9	12	34	32	-10	-28	-12	-24	20	18
4	9	36	38	35	-12	5	15	-13	-10	-10	29	23
5	9	12	34	-35	-36	10	26	-36	-11	-24	-9	28
6	42	-41	-5	15	13	32	6	-23	-23	-18	22	9
7	12	36	14	38	-10	38	18	26	20	-32	-23	40
8	37	11	16	13	-35	-30	6	33	-8	-20	-17	-26
9	42	6	30	13	32	-20	14	-26	9	-14	0	-40
10	34	35	10	-34	7	38	12	22	13	-12	-18	30
11	5	42	12	35	-12	-34	20	-24	-40	-10	30	6
12	38	40	8	8	-10	36	-9	22	12	-32	-14	32

Таблица 6.2- Данные к задаче 6.2

вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AK/KB	2:3	4:1	5:3	3:4	2:3	5:1	2:5	7:2	8:3	2:3	1:7	2:5

4. Контрольные вопросы

1. Какие прямые называют линиями уровня? Проецирующими прямыми?
2. Как определяется принадлежность точки заданной прямой?
3. Какие точки называют следами прямой?

5. Литература

1. Кондратьева, Т. М. Инженерная и компьютерная графика. Часть 1. Теория построения проекционного чертежа : учебное пособие / Т. М. Кондратьева, Т. В. Митина, М. В. Царева. — Москва : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 290 с. — ISBN 978-5-7264-1234-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/42898.html>
2. Кокошко, А. Ф. Инженерная графика : учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО),

2019. — 268 с. — ISBN 978-985-503-903-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93444.html>

3. Начертательная геометрия. Электронный учебно-методический комплекс: лекции, контрольные работы, рабочая тетрадь, презентации, опорный конспект, видеоматериалы решения типовых задач контрольных заданий. - <https://cadinstructor.org/ng/>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7. Взаимное положение прямых в пространстве

1. Цель: развитие пространственного представления и воображения

2. Теоретическое обоснование

Прямые в пространстве могут быть: параллельными, пересекающимися и скрещивающимися.

Если прямые в пространстве параллельны, то на эюре их одноименные проекции параллельны (рисунок 7.1).

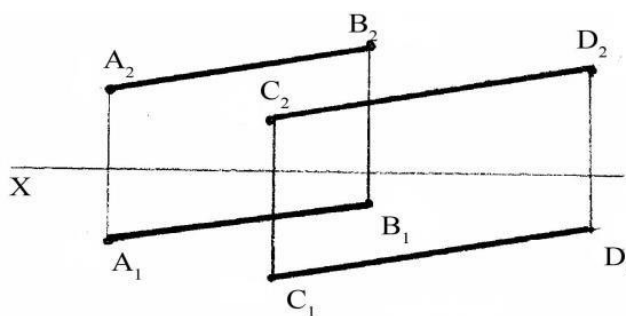


Рисунок 7.1 – Эпюр параллельных прямых

Если прямые в пространстве пересекаются, то на эюре их одноименные проекции пересекаются и проекции точки пересечения K располагаются на одной вертикальной линии связи (рисунок 7.2).

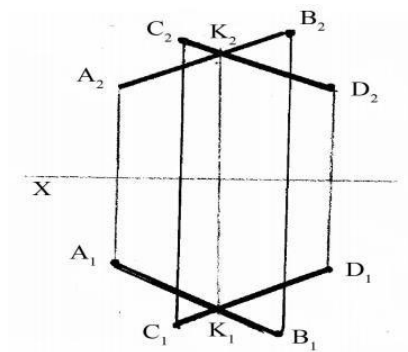


Рисунок 7.2 – Эпюр пересекающихся прямых

Если в пространстве прямые скрещиваются, то на эпюре точки кажущегося пересечения не лежат на одной вертикальной линии связи. Эти точки (1 и 2) называются конкурирующими и по ним определяется видимость объектов. На рисунке 7.3 точка 2 расположена выше точки 1.

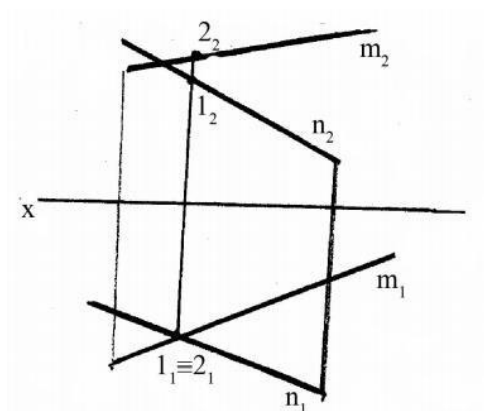


Рисунок 7.3 – Эпюр скрещивающихся прямых

Пример. Даны прямая АВ и точка К. Провести через точку К прямую параллельную прямой АВ (рисунок 7.4).

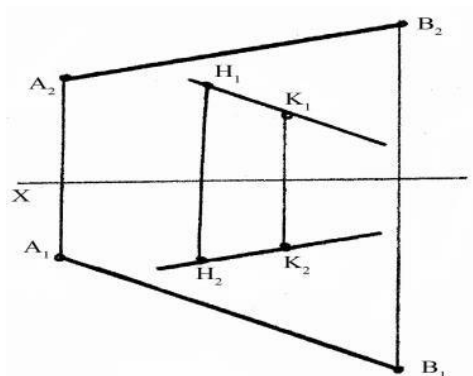


Рисунок 7.4 – Параллельность двух прямых

Решение. Проекции искомой прямой должны проходить через одноименные проекции точки К. При этом одноименные проекции прямых, заданной и искомой, должны быть между собой параллельны. Отсюда - проводим проекции искомой прямой: горизонтальную K_1H_1 через точку K_1 параллельно проекции A_1B_1 и вертикальную K_2H_2 через точку K_2 параллельно проекции A_2B_2 .

3. Ход работы

Задача 7.1. Построить три проекции и наглядное изображение прямых АВ и CD. Выяснить их взаимное положение (таблица 6.1 практического занятия № 6).

Задача 7.2. Через точку А провести прямую, параллельную прямой ВС (таблица 6.1 практического занятия № 6).

4. Контрольные вопросы

1. Как изображаются на эюре параллельные прямые, пересекающиеся и скрещивающиеся прямые?
2. По каким точкам определяется видимость объектов?
3. Как определяется принадлежность точки заданной прямой?
4. Как построить изометрию отрезка прямой?

5. Литература

1. Кондратьева, Т. М. Инженерная и компьютерная графика. Часть 1. Теория построения проекционного чертежа : учебное пособие / Т. М. Кондратьева, Т. В. Митина, М. В. Царева. — Москва : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 290 с. — ISBN 978-5-7264-1234-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/42898.html>

2. Кокошко, А. Ф. Инженерная графика : учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 268 с. — ISBN 978-985-503-903-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93444.html>

3. Начертательная геометрия. Электронный учебно-методический комплекс: лекции, контрольные работы, рабочая тетрадь, презентации, опорный конспект, видеоматериалы решения типовых задач контрольных заданий. - <https://cadinstructor.org/ng/>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 8. Проецирование плоскости. Комплексный чертеж плоскости

1. Цель: развитие пространственного представления и воображения

2. Теоретическое обоснование

Плоскость может быть задана в пространстве следующими геометрическими элементами (таблица 8.1):

- 1) тремя точками, не лежащими на одной прямой;
- 2) прямой и точкой, не лежащей на этой прямой;

- 3) двумя пересекающимися прямыми;
- 4) двумя параллельными прямыми;
- 5) плоской фигурой;
- 6) следами.

Таблица 8.1 - Способы задания плоскости в пространстве и на эпюре

№	Задание плоскости в пространстве	Наглядное изображение	Эпюр	Задание плоскости на эпюре
1	Тремя точками, не лежащими на одной прямой			Проекциями трех точек, не лежащих на одной прямой
2	Прямой и точкой, не лежащей на прямой			Проекциями прямой и точки, не лежащими на одной прямой
3	Двумя пересекающимися прямыми			Проекциями двух пересекающихся прямых
4	Двумя параллельными прямыми			Проекциями двух параллельных прямых
5	Плоской фигурой			Проекциями плоской фигуры
6	Следами			Следами

В частном случае прямые, задающие плоскость, могут лежать в плоскостях проекций. Тогда эти прямые называют **следами плоскости**, потому что по этим прямым задаваемая ими плоскость пересекается с плоскостями проекций.

Линию пересечения заданной плоскости с горизонтальной плоскостью проекций P_1 называют **горизонтальным следом плоскости**.

Линию пересечения заданной плоскости с фронтальной плоскостью проекций P_2 называют **фронтальным следом плоскости**.

Линию пересечения заданной плоскости с профильной плоскостью проекций P_3 называют **профильным следом плоскости**.

Точки пересечения следов плоскости называют **точками схода следов плоскости**, они всегда принадлежат осям X , Y , Z .

Плоскость, произвольно наклоненную к плоскости проекции, называют плоскость **общего положения**.

Плоскость, перпендикулярную к горизонтальной плоскости проекций, называют **горизонтально-проецирующей плоскостью**.

Плоскость, перпендикулярную к фронтальной плоскости проекций, называют **фронтально-проецирующей плоскостью**.

Плоскость, перпендикулярную к профильной плоскости проекций, называют **профильно-проецирующей плоскостью**.

Плоскость, проходящую через ось X и расположенную под углом 45° к плоскостям проекций, называют **биссекторной плоскостью**.

Плоскость параллельную одной из плоскостей проекций, называют **плоскостью уровня** (горизонтальная, фронтальная, профильная).

Прямая принадлежит плоскости, если она имеет с плоскостью две общие точки или следы прямой лежат на одноименных следах плоскости.

Точка принадлежит плоскости, если она расположена на прямой, принадлежащей этой плоскости. Любая точка, лежащая на горизонтальном, фронтальном или профильном следе плоскости, принадлежит соответствующей плоскости проекций.

3. Ход работы

Задача 8.1. Перейти от задания плоскости P следами к заданию ее пересекающимися прямыми общего положения. Координаты взять в таблице 8.1.

Задача 8.2. По заданным координатам, построить проекции треугольника ABC и точки K . Достроить недостающую проекцию точки K , принадлежащей плоскости треугольника (таблица 8.1).

Задача 8.3. Определить, принадлежит ли точка D плоскости P . Данные для построения взять в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Данные к задачам 8.1-8.3, 9.1, 9.2, 10.1, 11.1

№ варианта	А			В			С			К			D			Плоскость Р		
	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	Px	Py	Pz
1	117	90	9	52	25	70	0	83	48	68	-	85	135	19	36	120	90	80
2	120	90	10	50	25	80	0	85	50	70	-	85	135	20	35	130	95	30
3	115	90	10	52	25	80	0	80	45	65	-	80	130	18	35	120	90	80
4	120	92	10	50	20	75	0	80	46	70	-	85	135	20	32	120	80	80
5	117	9	90	52	79	25	0	48	83	68	-	110	135	36	19	120	80	90
6	115	7	85	50	80	25	0	50	85	70	-	110	135	40	20	120	90	80
7	120	10	90	48	82	20	0	52	82	65	-	110	136	38	20	130	90	40
8	116	8	88	50	78	25	0	46	80	70	-	108	135	36	20	120	95	70
9	115	10	92	50	80	20	0	50	85	70	-	110	135	35	20	120	100	80
10	18	10	90	83	79	25	135	48	83	67	-	110	0	36	19	140	100	50
11	20	12	92	85	80	25	135	50	85	70	-	110	0	35	20	140	100	60
12	15	10	85	80	80	20	130	50	80	70	-	108	0	35	20	140	90	80

4. Контрольные вопросы

1. Как задается плоскость на эюре?
2. Что такое след плоскости?
3. Что такое проецирующая плоскость?
4. Почему углы между следами плоскости на эюре и в пространстве не равны друг другу?
5. Что общего в различных способах задания плоскости?
6. В чем состоит главная особенность проецирующих плоскостей?
7. Как определить на эюре, принадлежит ли прямая заданной плоскости?
8. Как построить на эюре точку, принадлежащую данной плоскости?
9. Как провести на эюре через заданную прямую проецирующую плоскость?

5. Литература

1. Кондратьева, Т. М. Инженерная и компьютерная графика. Часть 1. Теория построения проекционного чертежа : учебное пособие / Т. М. Кондратьева, Т. В. Митина, М. В. Царева. — Москва : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 290 с. — ISBN 978-5-7264-1234-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/42898.html>
2. Кокошко, А. Ф. Инженерная графика : учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 268 с. — ISBN 978-985-503-903-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93444.html>

3. Начертательная геометрия. Электронный учебно-методический комплекс: лекции, контрольные работы, рабочая тетрадь, презентации, опорный конспект, видеоматериалы решения типовых задач контрольных заданий. - <https://cadinstructor.org/ng/>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 9. Проецирование плоскости. Главные линии плоскости

1. Цель: развитие пространственного представления и воображения

2. Теоретическое обоснование

Горизонталью плоскости называют прямую, лежащую в этой плоскости и параллельную горизонтальной плоскости проекций.

Фронталью плоскости называют прямую, лежащую в этой плоскости и параллельную фронтальной плоскости проекций.

Линией наибольшего ската плоскости называют прямую, лежащую в этой плоскости, которая перпендикулярна произвольной горизонтали плоскости или ее горизонтальному следу.

Эти прямые называют *главными линиями* плоскости.

Горизонталь плоскости и горизонтальный след плоскости между собой параллельны; следовательно проекция горизонтали параллельна одноименной проекции горизонтального следа плоскости (горизонтальному следу).

Аналогичный вывод можно сделать в отношении фронтали и фронтального следа плоскости.

Линия наибольшего ската плоскости и горизонтальный след плоскости между собой перпендикулярны. Отсюда: горизонтальная проекция линии наибольшего ската плоскости перпендикулярна горизонтальному следу плоскости (точнее, горизонтальной проекции горизонтального следа плоскости).

3. Ход работы

Задача 9.1. В плоскости треугольника ABC построить горизонталь, проходящую через точку B, и фронталь, проходящую через точку A. Данные для построения взять из таблицы 8.1 Практического занятия № 8.

Задача 9.2. В плоскости треугольника ABC построить линию наибольшего ската и определить угол наклона заданной плоскости к плоскости проекций Π_1 . Данные для построения взять из таблицы 8.1 Практического занятия № 8.

4. Контрольные вопросы

1. Как располагаются на эпюре проекции главных линий плоскости общего положения?
2. Как определить угол наклона заданной плоскости к горизонтальной плоскости проекций?
3. Являются ли следы плоскости фронталью и горизонталью?

5. Литература

1. Кондратьева, Т. М. Инженерная и компьютерная графика. Часть 1. Теория построения проекционного чертежа : учебное пособие / Т. М. Кондратьева, Т. В. Митина, М. В. Царева. — Москва : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 290 с. — ISBN 978-5-7264-1234-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/42898.html>
2. Кокошко, А. Ф. Инженерная графика : учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 268 с. — ISBN 978-985-503-903-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93444.html>
3. Начертательная геометрия. Электронный учебно-методический комплекс: лекции, контрольные работы, рабочая тетрадь, презентации, опорный конспект, видеоматериалы решения типовых задач контрольных заданий. - <https://cadinstructor.org/ng/>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 10. Пересечение плоскостей

1. Цель: развитие пространственного представления и воображения, изучение теоретических основ геометрического моделирования

2. Теоретическое обоснование

Две плоскости пересекаются по прямой линии. Прямая линия в пространстве определена, если известны одна точка этой прямой и ее направление или же две точки этой прямой.

Отсюда следует, что найти прямую пересечения двух плоскостей означает найти две точки общие для пересекающихся плоскостей или же найти одну такую точку и направление прямой.

В частном случае точками искомой прямой могут служить следы этой прямой.

Следы прямой пересечения двух плоскостей находятся на пересечении одноименных следов этих плоскостей.

Если прямая пересечения имеет единственный горизонтальный след, то эта прямая параллельна фронтальной плоскости проекций (фронталь); в частном случае она может быть перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций Π_1 .

Если прямая пересечения имеет единственный фронтальный след, то эта прямая параллельна горизонтальной плоскости проекций (горизонталь); в частном случае она может быть перпендикулярна фронтальной плоскости проекций Π_2 .

Если прямая пересечения имеет единственный профильный след, то эта прямая параллельна оси OX .

Если одноименные следы плоскостей в пределах чертежа не пересекаются, необходимо найти одну или две *произвольные* точки, принадлежащие прямой пересечения заданных плоскостей.

Для определения произвольной точки, принадлежащей прямой пересечения двух плоскостей (рисунок 10.1), удобно пользоваться *вспомогательной* плоскостью (чаще плоскостью уровня).

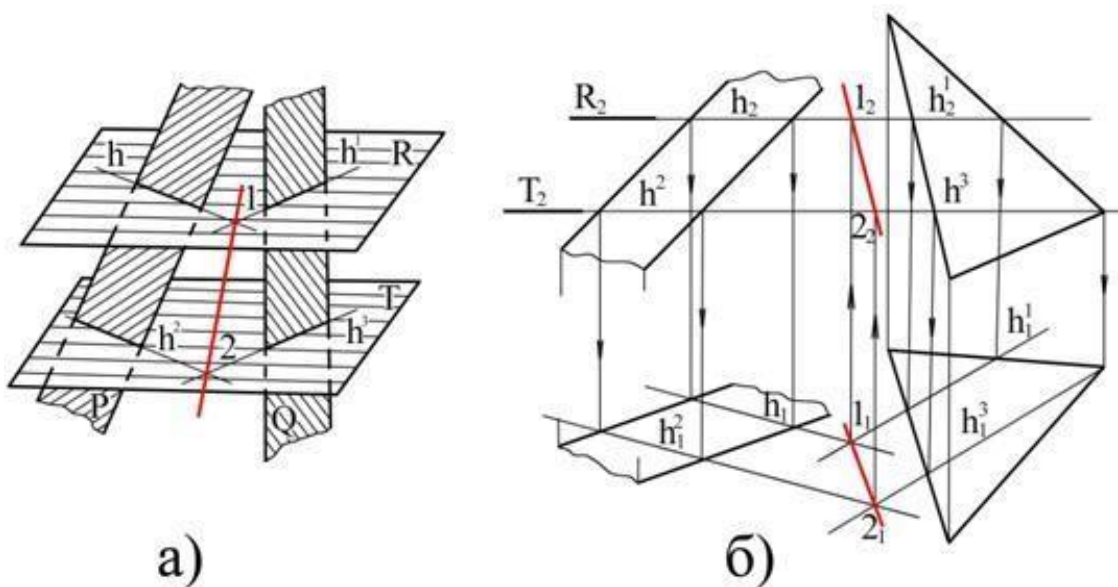


Рисунок 10.1 – Пересечение двух плоскостей общего положения

На рисунке 10.1,а показаны две плоскости общего положения, заданные треугольником и двумя параллельными прямыми. Для определения двух общих точек линии пересечения плоскостей проводим две вспомогательные (горизонтальные) плоскости уровня R и T. Вспомогательная плоскость R пересекает заданные плоскости по двум горизонталям h и h¹, которые в своем пересечении определяют точку 1, общую для плоскостей P и Q, так как они

одновременно принадлежат вспомогательной секущей плоскости R . Вторая плоскость – посредник T также пересекает каждую из заданных плоскостей по горизонталям h^2 и h^3 , которые параллельны первым двум горизонталям. В пересечении горизонталей получим вторую общую точку 2 заданных плоскостей. Соединяя на эюре (рисунок 10.1,б) одноименные проекции этих точек, получим проекции линии пересечения плоскостей.

Пример. Найти прямую пересечения плоскостей P и Q (рисунок 10.2).

Решение. Плоскость P и Q пересекаются по прямой общего положения, проходящей через точку-след $(M_1; M_2)$ пересечения горизонтальных следов плоскостей. Точка-след $(N_1; N_2)$ пересечения фронтальных следов плоскостей недоступна, т.к. эти следы плоскостей по заданию, в пределах чертежа не пересекаются. Вместо точки $(N_1; N_2)$ необходимо найти другую произвольную точку прямой пересечения, общую для заданных плоскостей. Для этого вводим вспомогательную плоскость R , например, параллельную Π которая, как известно, пересекает каждую из данных плоскостей по горизонтали. На их пересечении получаем вспомогательную точку $(K_1; K_2)$, общую для данных плоскостей. Найдя эту вторую точку $(K_1; K_2)$ прямой, проводим её проекцию: горизонтальную – через точки M_1 и K_1 и фронтальную через точки M_2 и K_2 .

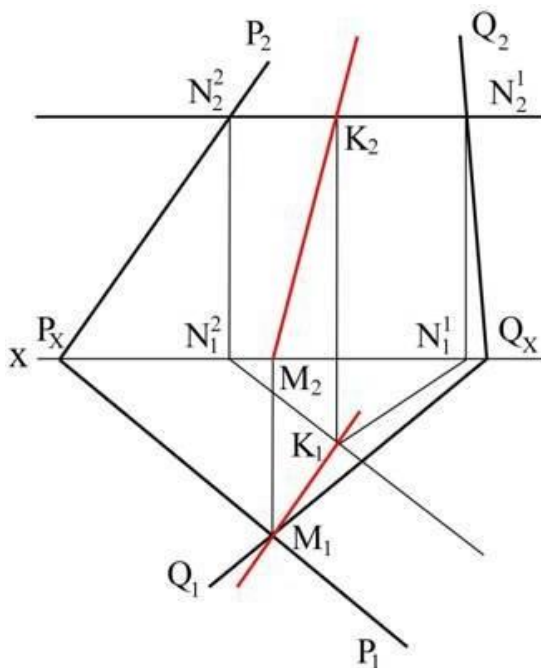


Рисунок 10.2 – Построение прямой пересечения плоскостей P и Q

3. Ход работы

Задача 10.1. Построить линию пересечения треугольника ABC с плоскостью общего положения P . Определить видимость плоскостей (данные взять из таблицы 8.1 Практического занятия № 8)

4. Контрольные вопросы

1. Как построить на эпюре проекции линии пересечения плоскостей, заданных следами?
2. Как построить на эпюре проекции линии пересечения плоскостей, следы которых в пределах поля чертежа не пересекаются?
3. Как построить проекции линии пересечения плоскостей, у которых два одноименных следа пересекаются, а два других параллельны?
4. Как построить проекции линии пересечения плоскостей, не заданных следами?

5. Литература

1. Кондратьева, Т. М. Инженерная и компьютерная графика. Часть 1. Теория построения проекционного чертежа : учебное пособие / Т. М. Кондратьева, Т. В. Митина, М. В. Царева. — Москва : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 290 с. — ISBN 978-5-7264-1234-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/42898.html>
2. Кокошко, А. Ф. Инженерная графика : учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 268 с. — ISBN 978-985-503-903-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93444.html>
3. Начертательная геометрия. Электронный учебно-методический комплекс: лекции, контрольные работы, рабочая тетрадь, презентации, опорный конспект, видеоматериалы решения типовых задач контрольных заданий. - <https://cadinstructor.org/ng/>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 11. Пересечение прямой и плоскости

1. Цель: развитие пространственного представления и воображения, выработка навыков решения позиционных задач

2. Теоретическое обоснование

Для того чтобы найти точку пересечения прямой с плоскостью следует выполнить следующие построения (рисунок 11.1).

- 1) заданную прямую АВ заключают во вспомогательную плоскость частного положения Q (лучше в проецирующую);
- 2) находят прямую MN пересечения плоскостей – заданной Р и вспомогательной Q;

3) определяют точку К пересечения заданной прямой АВ с полученной линией пересечения MN.

4) после нахождения точки пересечения прямой с плоскостью, методом конкурирующих точек определяют видимость прямой.

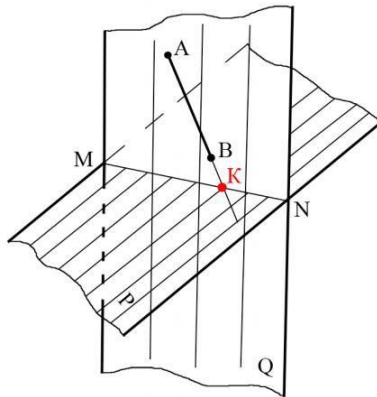


Рисунок 11.1 – Пересечение прямой АВ с плоскостью Р

Пример. На рисунке 11.2 показано построение точки пересечения прямой АВ с плоскостью общего положения Р.

Решение. Через прямую АВ проводим вспомогательную плоскость частного положения Q (фронтально-проецирующую). Строим линию пересечения плоскостей Р и Q (линия MN). Находим точку К пересечения линии MN и прямой АВ. Это и будет искомая точка пересечения прямой АВ с плоскостью Р. По конкурирующим точкам 1,2 и 3,N определяем видимость прямой.

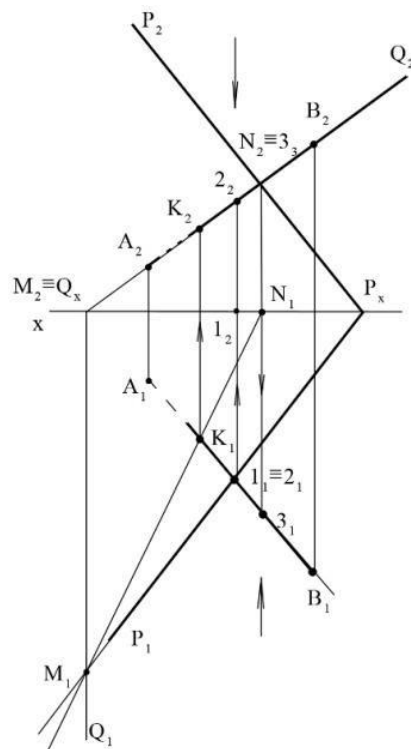


Рисунок 11.2 – Построение точки пересечения прямой АВ и плоскости Р

3. Ход работы

Задача 11.1. По заданным координатам найти точку пересечения прямой АВ с плоскостью общего положения Р. Определить видимость прямой (данные взять из таблицы 8.1 Практического занятия № 8).

4. Контрольные вопросы

1. Как определяется видимость прямой?
2. Какую вспомогательную плоскость необходимо использовать при определении точки пересечения прямой и плоскости?

5. Литература

1. Кондратьева, Т. М. Инженерная и компьютерная графика. Часть 1. Теория построения проекционного чертежа : учебное пособие / Т. М. Кондратьева, Т. В. Митина, М. В. Царева. — Москва : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 290 с. — ISBN 978-5-7264-1234-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/42898.html>
2. Кокошко, А. Ф. Инженерная графика : учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 268 с. — ISBN 978-985-503-903-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93444.html>
3. Начертательная геометрия. Электронный учебно-методический комплекс: лекции, контрольные работы, рабочая тетрадь, презентации, опорный конспект, видеоматериалы решения типовых задач контрольных заданий. - <https://cadinstructor.org/ng/>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 12. Методы преобразования эпюра Монжа. Метод замены плоскостей проекций

1. Цель: применение методов преобразования комплексного чертежа к решению метрических задач

2. Теоретическое обоснование

Сущность этого способа преобразования эпюра состоит в следующем: 1) положение объекта в пространстве не меняется, а изменяется положение плоскостей проекций; 2) сохраняется взаимная перпендикулярность плоскостей проекций; 3) при замене фронтальной плоскости проекций Π_2 сохраняются координаты Z объекта, а при замене горизонтальной

плоскости Π_1 сохраняются координаты Y . Новые плоскости проекций Π_4 , Π_5 и Π_6 , Π_7 располагают таким образом, чтобы объект занял одно из двух частных положений: или параллельно, или перпендикулярно к этим плоскостям.

Необходимо помнить, что:

- 1) прямая общего положения первой заменой плоскости Π_4 должна быть преобразована в прямую уровня, а второй заменой плоскости Π_5 в проецирующую прямую;
- 2) плоскость общего положения сначала преобразуется в проецирующую, а затем в плоскость уровня.

Пример А). Прямую CD преобразовать в проецирующую (рисунок 12.1).

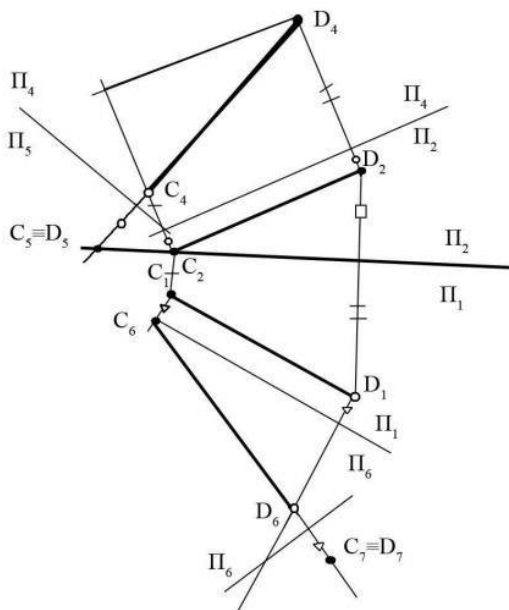


Рисунок 12.1 – Преобразование прямой

Решение. Для преобразования прямой CD во фронтально- проецирующую необходимо произвести две замены плоскостей. Сначала вводим дополнительную горизонтальную плоскость Π_4 параллельно прямой CD , чтобы она стала горизонталью. Для этого проводим ось Π_4/Π_2 (в любом месте) параллельно проекции C_2D_2 и переносим постоянные координаты Y (отрезки, отмеченные / и //) в новую систему плоскостей. Получим новую горизонтальную проекцию C_4D_4 . Вторую дополнительную фронтальную плоскость Π_5 вводим перпендикулярно горизонтали. Для этого проводим ось Π_5/Π_4 (в любом месте) перпендикулярно проекции C_4D_4 и переносим постоянные координаты Z (отрезки, отмеченные 0) в новую систему плоскостей. А так как эти координаты у горизонтали равны, то проекции C_5 и D_5 получаются в одной точке (совпадают), что и требовалось доказать. В нижней части рисунка 12.1 показано преобразование прямой в горизонтально - проецирующую.

Пример Б). Преобразовать плоскость общего положения, заданную ΔABC , в проецирующую (рисунок 12.2).

Решение. Плоскость становится проецирующей, если ее главная линия (фронталь или горизонталь) будет проецирующей. Поэтому сначала проводим фронталь AE . Затем

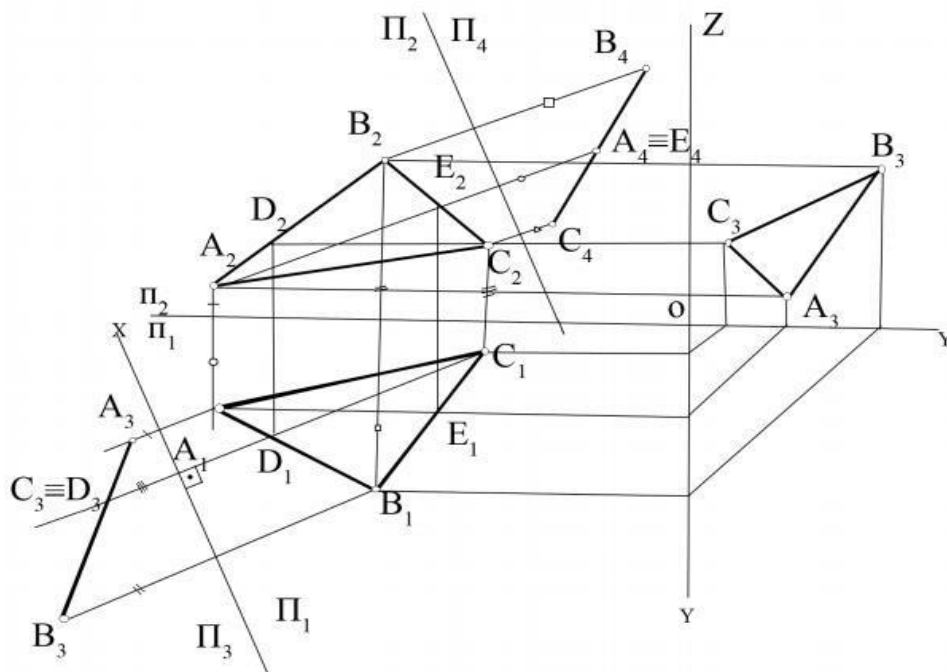


Рисунок 12.2 – Преобразование плоскости

вводим дополнительную горизонтальную плоскость Π_4 перпендикулярно фронтали. Для этого проводим ось Π_2/Π_4 перпендикулярно фронтальной проекции фронтالي A_2E_2 и по линиям связи переносим постоянные координаты Y (отрезки, отмеченные o Δ) в новую систему плоскостей. Полученные точки A_4, B_4, C_4 обязательно будут лежать на прямой. То есть плоскость ΔABC стала горизонтально-проецирующей. В нижней части рисунка 12.2 показано преобразование плоскости треугольника во фронтально-проецирующую.

3. Ход работы

Задача 12.1. Прямую AB преобразовать в горизонтально-проецирующую. Координаты точек A и B взять в таблице 12.1.

Задача 12.2. Преобразовать плоскость ΔABC во фронтально-проецирующую. Построить третью проекцию ΔABC . Координаты вершин ΔABC взять в таблице 12.1.

Задача 12.3. Определить натуральную величину треугольника ABC методом переноса плоскостей проекций. Координаты вершин ΔABC взять в таблице 12.1.

Таблица 12.1 – Данные к задачам 12.1 - 12.3

Варианты	А			В			С		
	х	у	z	х	у	z	х	у	z
1	71	59	9	30	18	81	0	26	56
2	73	58	10	32	26	80	0	27	43
3	70	57	10	31	31	70	0	28	50
4	72	56	70	28	28	10	0	29	40
5	74	12	75	27	42	20	0	64	35
6	68	9	90	26	39	10	0	69	61
7	67	13	65	25	29	20	0	54	44
8	66	10	80	24	61	26	0	36	53
9	18	11	72	70	59	24	0	34	44
10	20	11	70	68	56	20	75	36	45
11	15	10	66	66	55	18	75	38	42
12	16	12	71	72	54	21	74	40	46

4. Контрольные вопросы

1. Как изображается на эпюре положение новой плоскости проекций?
2. Как обозначается система плоскостей проекций при их замене?
3. Как располагаются линии связи в новых системах плоскостей?
4. Сколько дополнительных плоскостей проекций надо ввести, чтобы определить натуральную величину фигуры общего положения?
5. Сколько дополнительных плоскостей проекций надо ввести, чтобы прямую общего положения преобразовать в линию уровня?

5. Литература

1. Кондратьева, Т. М. Инженерная и компьютерная графика. Часть 1. Теория построения проекционного чертежа : учебное пособие / Т. М. Кондратьева, Т. В. Митина, М. В. Царева. — Москва : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 290 с. — ISBN 978-5-7264-1234-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/42898.html>
2. Кокошко, А. Ф. Инженерная графика : учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 268 с. — ISBN 978-985-503-903-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93444.html>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 13. Методы преобразования эпюра Монжа. Метод плоскопараллельного перемещения

1. Цель: применение методов преобразования комплексного чертежа к решению метрических задач

2. Теоретическое обоснование

Плоскопараллельным перемещением называется такое перемещение, при котором все точки объекта движутся в плоскостях, параллельных одной из плоскостей проекций Π_1 или Π_2 .

Сущность этого способа преобразования эпюра состоит в следующем: 1) система плоскостей проекций Π_1 и Π_2 остается неизменной, а изменяется положение самого объекта; 2) при всяком перемещении точки A в плоскости P , параллельной плоскости проекций Π_1 , ее фронтальная проекция A_2 перемещается по фронтальному следу этой плоскости (P_2); 3) при всяком перемещении объекта (прямой или треугольника), параллельно плоскости проекций Π_1 , фронтальные проекции точек объекта (две или три) перемещаются по прямым параллельным оси X (т. е. в горизонтальных плоскостях); 4) вследствие этого наклон объекта к плоскости Π_1 не меняется и, поэтому, размер горизонтальной проекции остается неизменным, а размер фронтальной проекции непрерывно меняется; 5) неизменность проекции объекта на плоскости Π_1 в сочетании с направлениями перемещения точек объекта на плоскости Π_2 позволяет построить фронтальную проекцию объекта, переведенного из общего положения в частное. Для нахождения натуральной величины отрезка прямой необходимо одно перемещение, а для треугольника два.

Пример А) Отрезок AB преобразовать в горизонтально-проецирующую прямую (рисунок 13.1).

Решение. Необходимо выполнить два перемещения.

1. На первом этапе отрезок AB общего положения преобразуем во фронталь при помощи горизонтальных плоскостей перемещения. Для этого располагаем в любом месте эпюра горизонтальную проекцию A_1B_1 параллельно оси X , не изменяя ее размера. А так как точки A и B расположены в горизонтальных плоскостях, то их фронтальные проекции A_2 и B_2 перемещаются параллельно оси X . В пересечении горизонтальных и вертикальных линий связи определяем новые фронтальные проекции A_{22} и B_2 . Соединив их, получим натуральную величину фронтали (HB).

2. На втором этапе преобразуем в прямую перпендикулярную горизонтальной плоскости проекций Π_1 при помощи фронтальной плоскости перемещения. Для этого располагаем в любом месте эпюра фронтальную проекцию $A_{02} B_{02}$ перпендикулярно оси X , не изменяя ее размера. Находим горизонтальную проекцию $A_{01} B_{01}$ в виде точки.



Решение. Необходимо выполнить одно перемещение. Проводим в плоскости Р произвольную горизонталь через точку 1 ($1_1, 1_2$) и перемещаем ее в горизонтальной плоскости так, чтобы она стала фронтально-проецирующей. Для этого задаем на оси Х произвольную точку 1^0_1 и проводим через нее проекцию h_1 перпендикулярно оси Х, а фронтальная проекция горизонтали сливается в точку 1^0_2 (фронтальный след). При таком перемещении размер l не изменяется. Отложив это расстояние, проводим горизонтальный след P^0_1 параллельно h_1 , а затем проводим фронтальный след P^0_2 через точки P^0_1 и 1^0_2 .

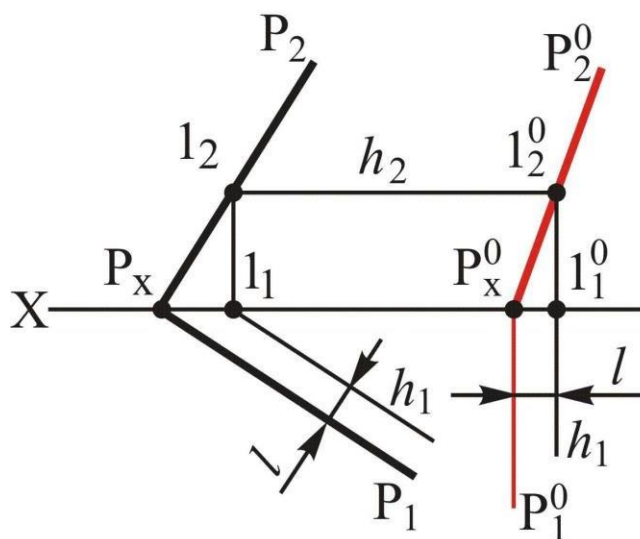


Рисунок 13.2 – Плоскопараллельное перемещение следов плоскости

Решение. Необходимо выполнить два перемещения.

1. На первом этапе треугольник ABC преобразуем во фронтально-проецирующий при помощи горизонтальных плоскостей перемещения. Для этого в плоскости треугольника проводим горизонталь C_1 и строим в любом месте эюра новую горизонтальную проекцию A_1, B_1, C_1 равную $A_1B_1C_1$, так, чтобы горизонтальная проекция горизонтали C_1 стала перпендикулярной плоскости Π_2 . Фронтальные проекции A_2, B_2, C_2 вершин треугольника будут перемещаться по горизонтальным прямым, которые являются следами горизонтальных плоскостей, в которых движутся эти точки. Их новые положения A_2, B_2, C_2 находим в пересечении горизонтальных прямых с вертикальными линиями связи. Новая фронтальная проекция треугольника получается в виде прямой линии.

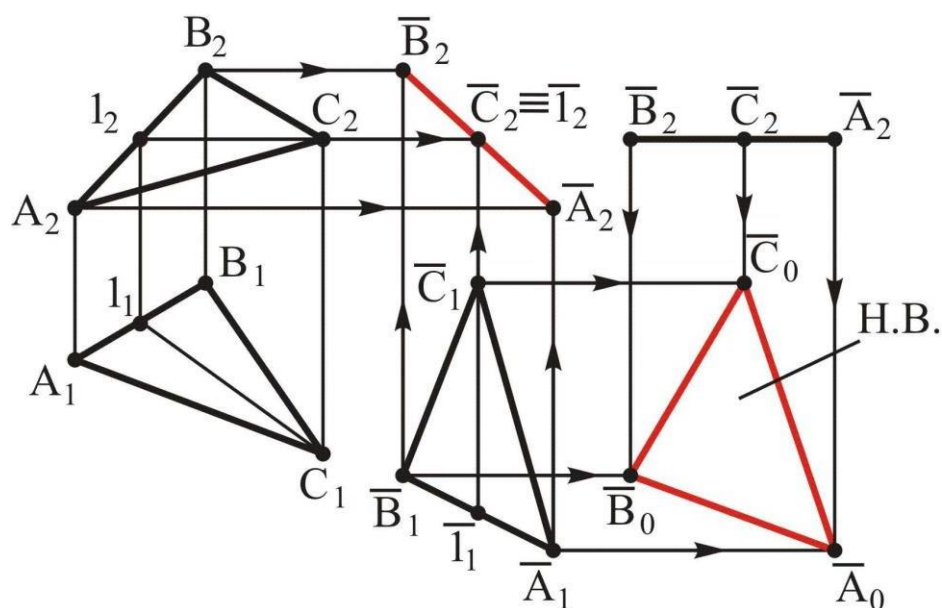


Рисунок 13.3 – Перемещение фигуры

2. На втором этапе перемещаем треугольник в положение, параллельное горизонтальной плоскости Π_1 , используя фронтальные плоскости перемещения. Для этого его фронтальную проекцию $A_2B_2C_2$ располагаем в любом месте горизонтально. Новые горизонтальные проекции A_0, B_0, C_0 вершин треугольника находим в пересечении горизонтальных прямых и вертикальных линий связи. Соединив их, получим натуральную величину треугольника.

3. Ход работы

Задача 13.1. Определить натуральную величину отрезка AB и углы наклона его к плоскостям проекций Π_1 и Π_2 (таблица 13.1).

Задача 13.2. Определить угол наклона плоскости P, заданной следами, к фронтальной плоскости проекций Π_2 (таблица 13.2).

Задача 13.3. Плоскость треугольника ABC преобразовать в горизонтальную плоскость уровня и найти центр описанной окружности. Координаты вершин ΔABC взять из таблицы 13.3.

Таблица 13.1 – Данные к задаче 13.1

вариант		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Координаты	А	x	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
		y	0	4	6	8	10	12	14	17	1	3	5	7
		z	0	3	5	7	9	11	13	15	17	2	4	6
	В	x	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	13	15
		y	10	12	14	16	18	20	22	24	11	13	15	17
		z	8	10	12	14	16	18	20	24	26	29	17	23

Таблица 13.2 – Углы наклона следов P_1 и P_2 к оси X (в градусах)

Углы наклона	вариант											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
β для P_1	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25
α для P_2	50	45	40	35	70	65	60	30	70	65	45	40

Таблица 13.3 – Данные к задаче 13.3

Варианты	А			В			С		
	x	y	z	x	y	z	x	y	z
1	117	90	9	52	25	79	0	83	48
2	120	90	10	50	25	80	0	85	50
3	115	90	10	52	25	80	0	80	45
4	120	92	10	50	20	75	0	80	46
5	117	9	90	52	79	25	0	48	83
6	115	7	85	50	80	25	0	50	85
7	120	10	90	48	82	20	0	52	82
8	116	8	88	50	78	25	0	46	80
9	115	10	92	50	80	25	0	50	85
10	18	10	90	83	79	25	135	48	83
11	20	12	92	85	80	25	135	50	85
12	15	10	85	80	80	20	130	50	80

4. Контрольные вопросы

1. Какая проекция объекта не изменяет своего размера, если все его точки перемещаются во фронтальных плоскостях?
2. Параллельно какой плоскости проекций надо выбрать плоскости перемещения точек, чтобы прямая общего положения стала горизонталью?
3. Какую прямую выбирают в плоскости общего положения при преобразовании ее в проецирующую?
4. Параллельно какой плоскости проекций надо выбрать плоскости перемещения точек, чтобы плоскость общего положения преобразовать во фронтально-проецирующую?

5. Литература

1. Кондратьева, Т. М. Инженерная и компьютерная графика. Часть 1. Теория построения проекционного чертежа : учебное пособие / Т. М. Кондратьева, Т. В. Митина, М. В. Царева. — Москва : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 290 с. — ISBN 978-5-7264-1234-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/42898.html>
2. Кокошко, А. Ф. Инженерная графика : учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 268 с. — ISBN 978-985-503-903-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93444.html>
3. Начертательная геометрия. Электронный учебно-методический комплекс: лекции, контрольные работы, рабочая тетрадь, презентации, опорный конспект, видеоматериалы решения типовых задач контрольных заданий. - <https://cadinstructor.org/ng/>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 14. Проецирование многогранников. Пересечение многогранников плоскостью

1. Цель: закрепление знаний и формирование умений по построению многогранников на комплексном чертеже и решения позиционных задач

2. Теоретическое обоснование

При пересечении любого многогранника плоскостью в сечении получается многоугольник, вершины которого располагаются на ребрах, а стороны на гранях многогранника. Для построения многоугольника сечения применяются два способа: 1) *граней* и 2) *ребер*.

Способ граней используется только тогда, когда грани многогранника занимают проецирующее положение, т. е. перпендикулярны одной из плоскостей проекций. В этом случае решение сводится к задаче на построение линии пересечения двух плоскостей (заданной секущей плоскости с каждой гранью многогранника), когда через грань проводится вспомогательная только проецирующая плоскость.

Способ ребер используется, когда грани многогранника занимают общее положение, т. е. наклонены к плоскостям проекций. В этом случае решение сводится к задаче на построение точки пересечения прямой и плоскости (заданной секущей плоскости с каждым ребром многогранника), когда через ребро проводится вспомогательная только проецирующая плоскость. Соединив все точки пересечения прямыми, получим многоугольник сечения. Этот способ является универсальным, так как его можно применять в обоих случаях.

Пример А) Построить сечение пирамиды $SABC$ плоскостями частного положения: на рисунке 14.1,а - горизонтальной плоскостью R (дважды проецирующей), а на рисунке 14.1,б - фронтально-проецирующей плоскостью T .

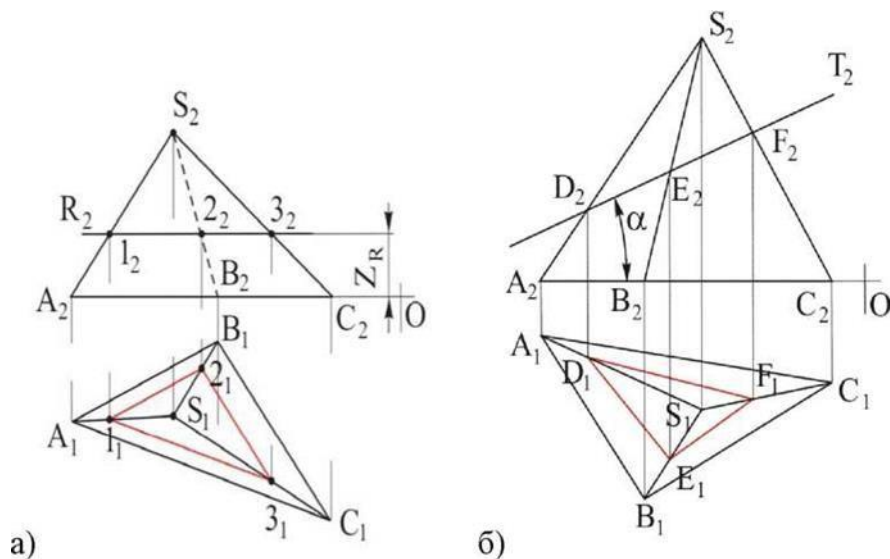


Рисунок 14.1 — Сечение пирамиды плоскостями частного положения

Решение. Так как секущие плоскости R и T проецирующие, то вводить вспомогательные плоскости не требуется. На рисунках сразу определяются фронтальные проекции точек пересечения ребер пирамиды с этими плоскостями $1_2, 2_2, 3_2$ или D_2, E_2, F_2 . По линиям связи находим их горизонтальные проекции. Соединяем их прямыми линиями и получаем горизонтальные проекции треугольников сечения $1_1 2_1 3_1$ или $D_1 C_1 F_1$.

Пример Б) Построить сечение прямой призмы ABC плоскостью общего положения P , заданной параллельными прямыми $K//L$ (рисунок 14.2).

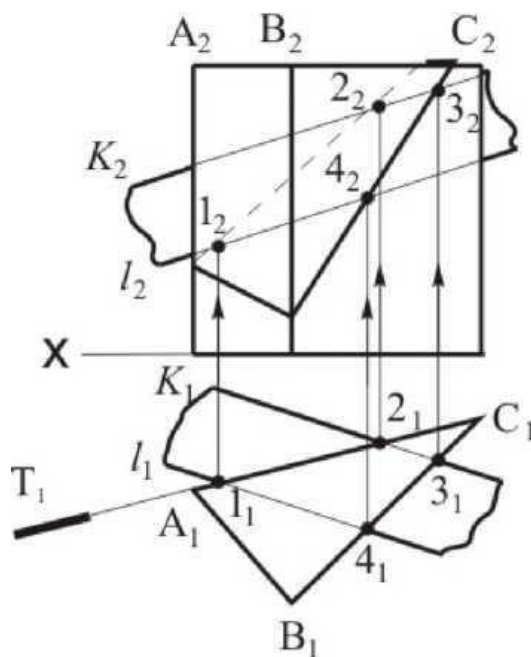


Рисунок 14.2 — Прямая призма (способ граней)

Решение. Так как грани призмы перпендикулярны горизонтальной плоскости проекций Π_1 то можно использовать способ граней. Через грань AC проводим горизонтально-проецирующую плоскость T (горизонтальный след T_1 совпадает с проекцией A_1C_1). Плоскость T пересекает плоскость P (К//L) по линии 1_2 (построение показано стрелками). Соединив точки 1_2 и 2_2 прямой от ребра A до верхнего основания, получим невидимую линию пересечения грани AC с заданной плоскостью P . Выполнив аналогичные построения для грани BC, получим фигуру сечения.

Пример В). Построить сечение наклонной призмы плоскостью общего положения P , заданной следами (рисунок 14.3).

Решение. Так как грани призмы наклонены к плоскостям проекций, то можно использовать только способ ребер. Через каждое ребро призмы проводим вспомогательные горизонтально-проецирующие плоскости T , S и G . Затем, строим линию пересечения MN

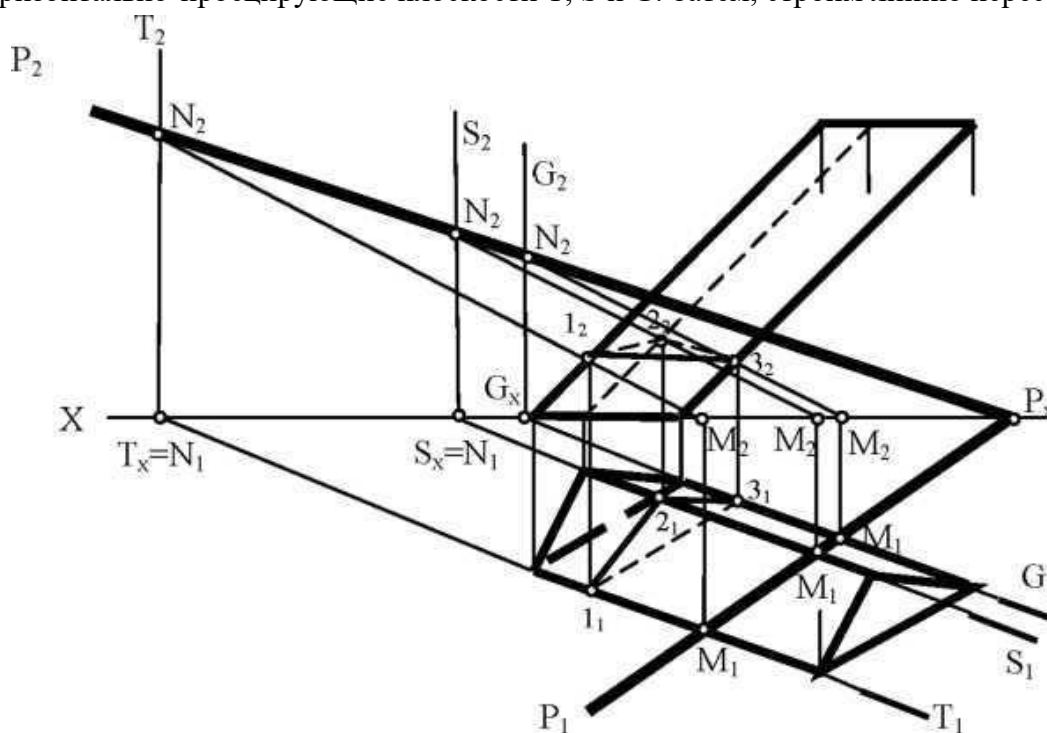


Рисунок 14.3 - Призма наклонная (способ ребер)

(M_1N_1 , M_2N_2) каждой из этих плоскостей с заданной плоскостью P . В пересечение фронтальных проекций M_2N_2 с соответствующими ребрами призмы получим точки 1_2 , 2_2 и 3_2 ; зная их, находим горизонтальные проекции 1_1 , 2_1 и 3_1 на соответствующих ребрах. Соединив эти точки, получим проекции треугольника сечения.

Пример Г). Построить сечение прямой призмы 123 плоскостью общего положения R , заданной следами (рисунок 14.4).

Решение. Каждое ребро заключаем во фронтальную плоскость, которая пересекается с плоскостью R по фронтали. На пересечении вертикальных проекций фронтали и ребра получаем фронтальные проекции точек a_2 , b_2 и c_2 . Последовательность построений показана стрелками. Горизонтальная проекция фигуры сечения $a_1b_1c_1$ совпадает с горизонтальной проекцией призмы.

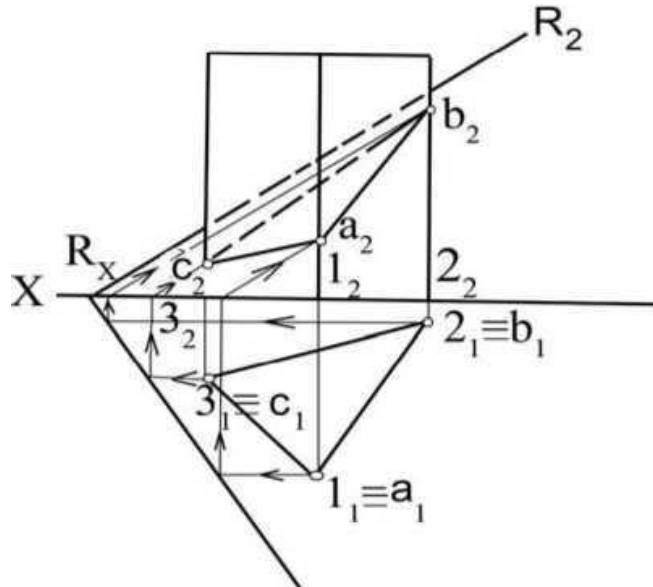


Рисунок 14.4 — Призма прямая (способ ребер)

3. Ход работы

Задача 14.1. На рисунке 14.5 построить линию пересечения пирамиды $SABC$ плоскостью T (таблица 14.1).

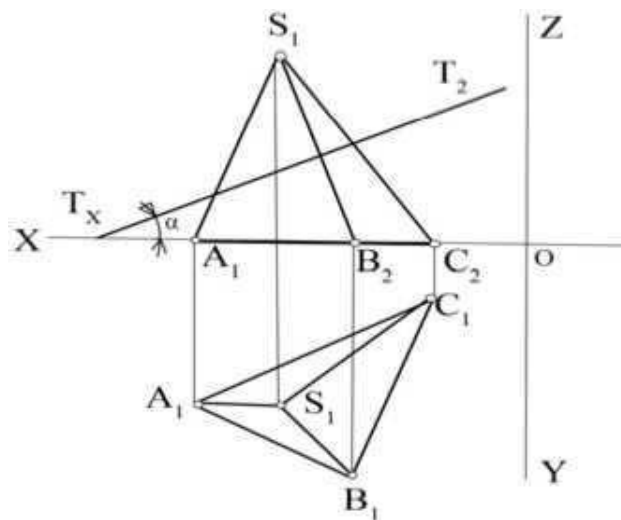


Рисунок 14.5 — Наклонная пирамида и секущая плоскость

Таблица 14.1 – Данные к задаче 14.1

ва- ри- ант	А			В			С			S			Z _R	α_{T2}^0
	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z		
1	78	21	0	56	26	0	3	37	0	80	25	75	10	10
2	81	21	0	60	48	0	11	32	0	60	70	76	9	15
3	82	22	0	62	46	0	12	34	0	59	71	77	11	20
4	83	23	0	63	44	0	13	36	0	61	72	78	8	25
5	84	24	0	64	42	0	14	38	0	58	73	79	12	30
6	85	25	0	65	40	0	15	40	0	62	74	80	7	25
7	79	19	0	59	38	0	9	42	0	57	75	74	13	20
8	78	20	0	58	36	0	8	44	0	63	76	73	14	15
9	76	18	0	57	34	0	7	46	0	57	77	72	15	10
10	75	17	0	56	32	0	6	48	0	58	78	71	16	15
11	76	16	0	54	30	0	5	33	0	61	79	70	17	20
12	77	20	0	55	28	0	4	35	0	56	80	69	18	25

4. Контрольные вопросы

1. Какие плоскости обычно применяют в качестве вспомогательных при построении сечения многогранника?
2. Как строится сечение многогранника проецирующей плоскостью?
3. Как строится сечение многогранника плоскостью общего положения?

5. Литература

1. Кондратьева, Т. М. Инженерная и компьютерная графика. Часть 1. Теория построения проекционного чертежа : учебное пособие / Т. М. Кондратьева, Т. В. Митина, М. В. Царева. — Москва : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 290 с. — ISBN 978-5-7264-1234-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/42898.html>
2. Кокошко, А. Ф. Инженерная графика : учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 268 с. — ISBN 978-985-503-903-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93444.html>
3. Начертательная геометрия. Электронный учебно-методический комплекс: лекции, контрольные работы, рабочая тетрадь, презентации, опорный конспект, видеоматериалы решения типовых задач контрольных заданий. - <https://cadinstructor.org/ng/>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 15. Проецирование многогранников. Взаимное пересечение многогранников

1. Цель: закрепление знаний и формирование умений по построению многогранников на комплексном чертеже и решения позиционных задач

2. Теоретическое обоснование

При построении ломаной линии пересечения двух многогранников используются совместно уже знакомые и способ ребер, и способ граней. В первом случае определяют точки пересечения ребер первого многогранника с гранями второго и ребер второго с гранями первого. Найденные точки, расположенные на одних и тех же гранях каждого многогранника, последовательно соединяют между собой прямыми линиями. Во втором случае определяют отрезки прямых, по которым пересекаются грани многогранников. При пересечении двух многогранников может иметь место проницание одного многогранника другим (полное пересечение) или боковое врезание (неполное пересечение). При проницании получаются две замкнутые ломанные линии пересечения. Они могут быть плоскими (при проницании одной грани) или пространственными (при проницании двух и более граней). При врезании получается одна замкнутая пространственная ломаная линия пересечения. Видимыми будут те звенья, которые являются линиями пересечения обеих видимых граней многоугольников.

Пример. Построить линию пересечения прямой призмы DEF с наклонной призмой ABC (рисунок 15.1).

Решение. Так как грани призмы DEF являются горизонтально-проецирующими, то на горизонтальной проекции непосредственно видно, что ребро A пересекает прямую призму в точках 1_1 и 2_1 , ребро C — в точках 3_1 и 4_1 , а ребро B — в точках 5_1 и 6_1 . По линиям связи находим на соответствующих ребрах фронтальные проекции 1_2 , 2_2 , 3_2 , 4_2 , 5_2 и 6_2 . А вот точки 7 и 8 пересечения ребра D с гранями AB и BC определяются способом ребер. Через ребро D проводим горизонтально-проецирующую плоскость P, параллельную ребрам наклонной призмы (горизонтальный след P_1). Эта плоскость пересекает призму ABC по прямоугольнику J-G. На фронтальной проекции определяем точки 7_2 и 8_2 пересечения прямоугольника J_2-G_2 с ребром D_2 . С учетом видимости последовательно соединяем найденные точки и получаем две линии пересечения: пространственную ломаную линию входа $2_2-4_2-7_2-6_2-8_2$ и плоскую линию выхода $1_2-3_2-5_2$. Видимыми являются грани A_2B_2 и B_2C_2 для наклонной призмы и грань D_2F_2 для прямой призмы.

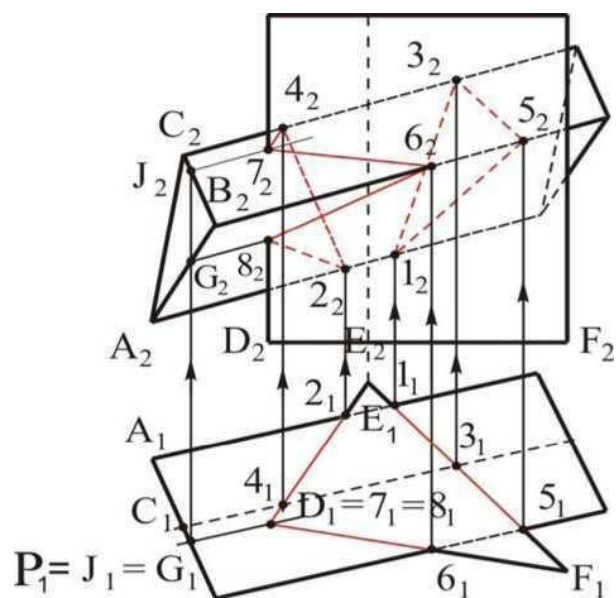


Рисунок 15.1 – Пересечение двух призм

3. Ход работы

Задача 15.1. На рисунке 15.2 построить линию пересечения прямой четырехгранной призмы EKGU и треугольной пирамиды DABC (данные из таблицы 15.1).

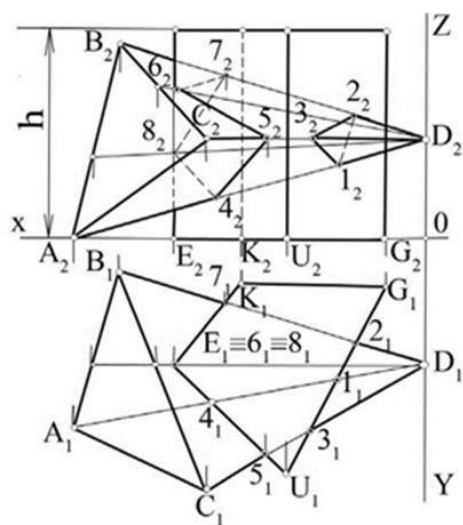


Рисунок 15.2 — Пересечение призмы и пирамиды

Таблица 15 – Данные к задаче 15.1

<u>№</u>	X _A	Y _A	Z _A	X _B	Y _B	Z _B	X _C	Y _C	Z _C	X _D	Y _D	Z _D	X _E	Y _E	Z _E	X _K	Y _K	X _G	Y _G	X _U	Y _U	h
1	141	75	0	122	14	77	87	100	40	0	50	40	100	50	0	74	20	16	20	55	95	85
2	0	70	0	20	9	77	53	95	40	141	45	40	40	50	0	67	20	125	20	86	95	85
3	0	80	0	20	19	77	53	110	40	141	55	40	40	50	0	67	20	125	20	86	95	85
4	0	68	0	20	7	77	53	93	40	141	143	40	40	50	0	67	20	125	20	86	95	85
5	0	68	0	20	7	77	53	93	40	141	143	40	40	50	0	67	20	125	20	86	95	85
6	0	75	0	20	14	77	53	100	40	141	50	40	40	50	0	67	20	125	20	86	95	85
7	0	82	0	20	21	77	53	112	40	141	57	40	49	50	0	67	20	125	20	86	95	85
8	0	85	0	20	24	77	53	115	40	141	60	40	40	50	0	67	20	125	20	86	95	85
9	0	90	0	20	29	77	53	120	40	141	65	40	40	50	0	67	20	125	20	86	95	85
10	0	85	0	15	30	80	55	120	40	141	60	40	40	50	0	67	20	125	20	86	93	86
11	141	70	0	122	9	77	87	95	40	0	45	40	100	50	0	74	20	16	20	55	95	85
12	141	80	0	122	19	77	87	110	40	0	55	40	100	50	0	74	20	16	20	55	95	85

4. Контрольные вопросы

1. Как строится линия пересечения одной гранной поверхности другой?
2. В каких случаях применяют проецирующие плоскости; в каких — плоскости уровня; в каких — плоскости общего положения?
3. Какой характер может иметь линия пересечения поверхностей двух многогранников?
4. Как определяется видимость проекций линии пересечения двух многогранников?

5. Литература

1. Кондратьева, Т. М. Инженерная и компьютерная графика. Часть 1. Теория построения проекционного чертежа : учебное пособие / Т. М. Кондратьева, Т. В. Митина, М. В. Царева. — Москва : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 290 с. — ISBN 978-5-7264-1234-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/42898.html>
2. Кокошко, А. Ф. Инженерная графика : учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 268 с. — ISBN 978-985-503-903-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93444.html>
3. Начертательная геометрия. Электронный учебно-методический комплекс: лекции, контрольные работы, рабочая тетрадь, презентации, опорный конспект, видеоматериалы решения типовых задач контрольных заданий. - <https://cadinstructor.org/ng/>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 16. Развертка многогранных поверхностей. Метод нормального сечения

1. Цель: закрепление знаний и формирование умений по построению разверток многогранников на комплексном чертеже

2. Теоретическое обоснование

Разверткой многогранника называется плоская фигура, составленная в определенном порядке из граней многогранника.

Развертку можно получить, если совместить все грани многогранника с плоскостью одной из его граней последовательным вращением их вокруг рёбер. Развёртка широко применяется при изготовлении изделий из листовых материалов.

Для построения развертки необходимо иметь все грани многогранника в натуральную величину.

В практике существуют три способа построения развертки многогранников.

Способ нормального сечения – для наклонных призм под произвольными углами к плоскостям проекций (алгоритм построения: пересекают призму плоскостью, перпендикулярной к ребрам, находят натуральную величину фигуры сечения, строят развертку) – рисунок 16.1.

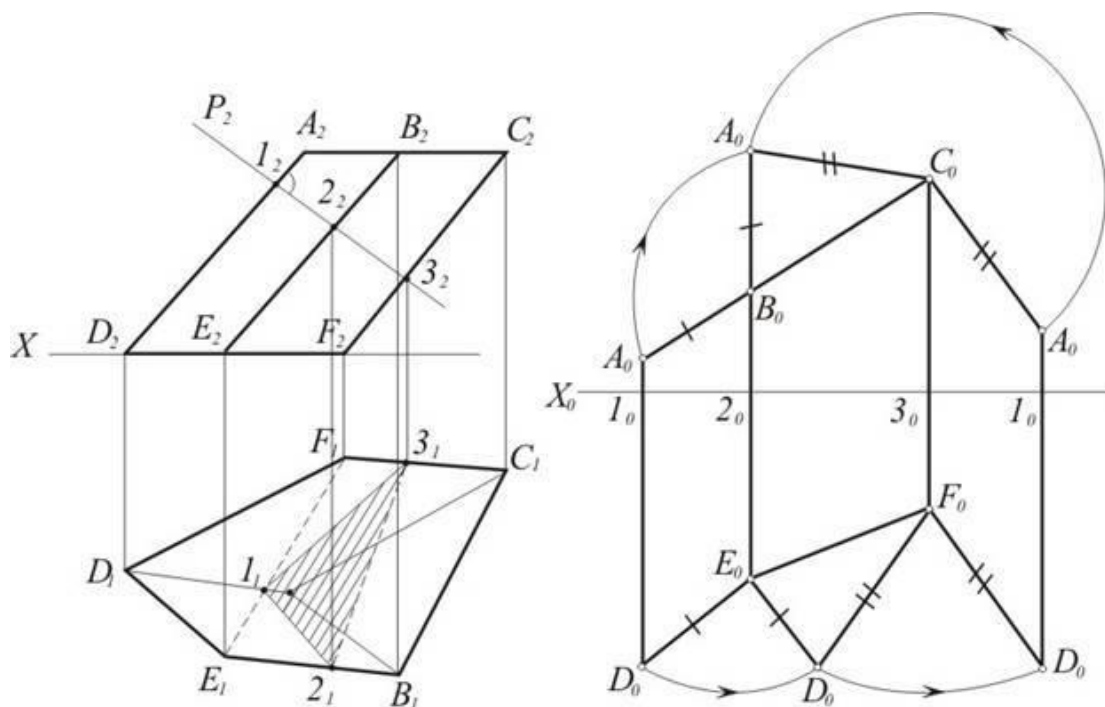


Рисунок 16.1 – Построение развертки наклонной призмы

3. Ход работы

Задача 16.1. Построить полную развертку наклонной призмы методом нормального сечения. Для определения натуральной величины ребер применить метод перемены плоскостей проекций. Определить на развертке положение MN. Исходные данные для решения задачи – в таблице 16.1.

Таблица 16.1 – Данные к задаче 16.1

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
X_A	30	35	40	45	50	45	40	35	30	35	40	45	50	45	40
Y_A	15	20	25	15	20	25	15	20	25	15	20	25	15	20	25
X_B	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Y_B	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
X_C	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Y_C	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
A_1M_1	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
C_1N_1	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
H	40	45	50	45	40	50	45	40	40	45	50	50	45	40	50
α°	45	50	60	50	45	60	50	45	45	50	60	60	50	45	60
β°	45	40	35	45	40	35	35	40	45	40	35	45	45	35	40

4. Контрольные вопросы

1. Что называется разверткой поверхности?
2. Назовите способы построения разверток.
3. В чем состоит суть построения развертки способом нормального сечения?
4. Какие свойства поверхности сохраняются на ее развертке?
5. Какие поверхности называются развертываемыми, а какие неразвертываемыми? Приведите примеры.
6. Как строятся условные развертки?

5. Литература

1. Кондратьева, Т. М. Инженерная и компьютерная графика. Часть 1. Теория построения проекционного чертежа : учебное пособие / Т. М. Кондратьева, Т. В. Митина, М. В. Царева. — Москва : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 290 с. — ISBN 978-5-7264-1234-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/42898.html>
2. Кокошко, А. Ф. Инженерная графика : учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 268 с. — ISBN 978-985-503-903-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93444.html>
3. Начертательная геометрия. Электронный учебно-методический комплекс: лекции, контрольные работы, рабочая тетрадь, презентации, опорный конспект, видеоматериалы решения типовых задач контрольных заданий. - <https://cadinstructor.org/ng/>

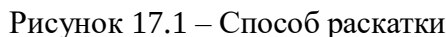
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 17. Развертка многогранных поверхностей. Метод раскатки

1. Цель: закрепление знаний и формирование умений по построению разверток многогранников на комплексном чертеже

2. Теоретическое обоснование

Разверткой многогранника называется плоская фигура, составленная в определенном порядке из граней многогранника.

Принимаем совмещенное положение ребра B0E0 за новую ось вращения и поворачиваем вокруг неё грань BEFC до совмещения с плоскостью P. Для этого из точки C2 проводим луч, перпендикулярный к совмещенному ребру B0E0, а из точки B0 – дугу окружности радиусом, равным B1C1; пересечение дуги с лучом определит положение точки C0.



Через C_0 проводим C_0F_0 параллельно B_0E_0 . Аналогично находим положение ребра A_0D_0 . Соединив точки $A_2B_0C_0A_0$ и $D_2E_0F_0D_0$ прямыми, получим фигуру $A_2B_0C_0A_0D_0F_0D_0E_0D_0$ – развертку боковой поверхности призмы. Для получения полной развертки призмы достаточно к к-л из звеньев ломаной линии $A_2B_0C_0A_0$ и $D_2E_0F_0D_0$ пристроить треугольники основания $A_0B_0C_0$ и $D_0E_0F_0$.

3. Ход работы

Задача 17.1. Построить развертку боковой поверхности призмы методом раскатки. Угол наклона A_1C_1 равен 30 градусов. Исходные данные для построения взять из таблицы 17.1.

Таблица 17.1 – Данные к задаче 17.1

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A_1B_1	20	20	25	25	30	30	35	35	30	30	25	25	20	20	30
B_1C_1	35	45	40	40	45	50	45	40	35	45	40	35	50	30	45
A_1C_1	35	40	40	45	45	45	35	35	40	45	40	45	40	40	50
H	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68
α_{cc}^0	65	60	55	50	45	65	60	55	50	45	50	55	60	45	65

4. Контрольные вопросы

1. Что называется разверткой поверхности?
2. Назовите способы построения разверток.
3. В чем суть способа раскатки?
4. Какие свойства поверхности сохраняются на ее развертке?
5. Какие поверхности называются развертываемыми, а какие неразвертываемыми? Приведите примеры.
6. Как строятся условные развертки?

5. Литература

1. Кондратьева, Т. М. Инженерная и компьютерная графика. Часть 1. Теория построения проекционного чертежа : учебное пособие / Т. М. Кондратьева, Т. В. Митина, М. В. Царева. — Москва : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 290 с. — ISBN 978-5-7264-1234-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/42898.html>

2. Кокошко, А. Ф. Инженерная графика : учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 268 с. — ISBN 978-985-503-903-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93444.html>

3. Начертательная геометрия. Электронный учебно-методический комплекс: лекции, контрольные работы, рабочая тетрадь, презентации, опорный конспект, видеоматериалы решения типовых задач контрольных заданий. - <https://cadinstructor.org/ng/>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 18. Развертка многогранных поверхностей. Способ триангуляции (треугольников)

1. Цель: закрепление знаний и формирование умений по построению разверток многогранников на комплексном чертеже

2. Теоретическое обоснование

Разверткой многогранника называется плоская фигура, составленная в определенном порядке из граней многогранника.

Развертку можно получить, если совместить все грани многогранника с плоскостью одной из его граней последовательным вращением их вокруг рёбер. Развёртка широко применяется при изготовлении изделий из листовых материалов.

Для построения развертки необходимо иметь все грани многогранника в натуральную величину.

В практике существуют три способа построения развертки многогранников.

Способ триангуляции (треугольников) – применяют прежде всего для пирамид, в случае призм разбивают боковые грани их диагоналями; затем находят натуральную величину каждого треугольника-боковой грани и основания, после чего строят последовательно эти треугольники и основание на плоском чертеже.

Пример: Построить развертку боковой поверхности пирамиды $SABC$ (рисунок 18.1).

Решение: Развертка боковой поверхности пирамиды представляет собой плоскую фигуру, состоящую из треугольников – граней пирамиды. На рисунке 18.1 определение длин ребер пирамиды выполнено с помощью вращения их вокруг оси $i \in S$ и $i \perp \Pi_1$. Путем вращения ребра пирамиды совмещаются с плоскостью P (плоскость $P \parallel \Pi_2$ и $P \in i$). После того, как определены длины ребер S_2A_0 , S_2B_0 , S_2C_0 , приступаем к построению развертки. Для этого через произвольную точку S_0 проводим прямую D . Откладываем на ней от точки S_0 $(S_0A_0) \cong (S_2A_0)$. Из точки A_0 проводим дугу радиусом $r_1 = (A_1B_1)$, а из точки S_0 – дугу

радиусом $R_1 = (S_2B_0)$. Пересечение дуг укажет положение вершины B_0 . $\Delta S_0A_0B_0 \cong \Delta SAB$ – грани пирамиды. Аналогично находятся точки C_0 и A_0 .

Соединив точки $A_0B_0C_0A_0$, получим развертку боковой поверхности пирамиды $SABC$.

Полная развертка пирамиды получится при построении на любой стороне основания его фигуры (в данном случае $\Delta A_0B_0C_0$).

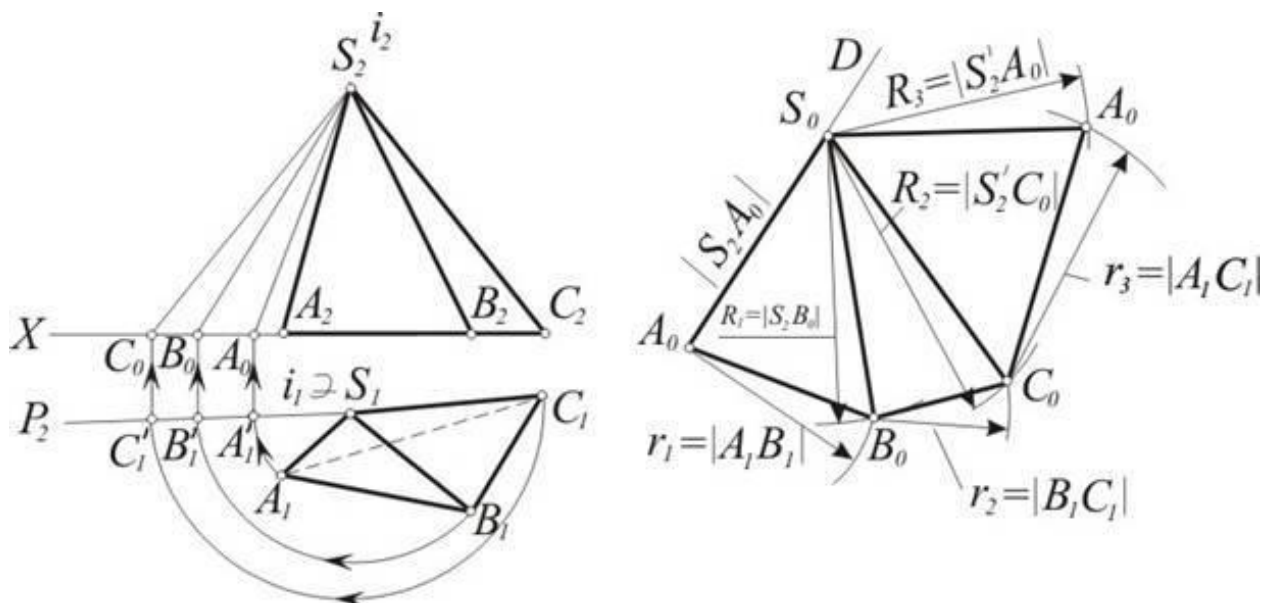


Рисунок 18.1 – Развертка пирамиды способом триангуляции

3. Ход работы

Задача 18.1. Построить полную развертку наклонной пирамиды $ABCS$ методом треугольников. Исходные данные для решения задачи – в таблице 18.1.

Таблица 18.1 – Данные к задаче 18.1

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
X_A	50	60	70	80	75	65	55	0	0	0	0	0	0	0	0
Y_A	35	40	45	45	40	45	40	35	10	15	20	25	30	35	40
X_B	25	30	45	60	50	40	35	20	25	30	45	60	50	40	35
Y_B	50	55	50	55	50	55	50	55	50	55	50	55	50	55	50
X_C	15	20	30	35	20	20	15	10	15	20	30	35	20	20	15
Y_C	5	10	15	20	15	10	5	10	5	10	15	20	15	10	5
X_S	0	0	0	0	0	0	0	55	65	75	80	70	60	50	60
Y_S	10	15	20	25	30	35	40	45	35	40	45	45	40	40	35
Z_S	40	40	45	50	55	60	65	70	60	55	50	45	40	55	60

4. Контрольные вопросы

1. Что называется разверткой поверхности?

2. Назовите способы построения разверток.
3. В чем суть способа триангуляции и область его применения?
4. Какие свойства поверхности сохраняются на ее развертке?
5. Какие поверхности называются развертываемыми, а какие неразвертываемыми? Приведите примеры.
6. Как строятся условные развертки?

5. Литература

1. Кондратьева, Т. М. Инженерная и компьютерная графика. Часть 1. Теория построения проекционного чертежа : учебное пособие / Т. М. Кондратьева, Т. В. Митина, М. В. Царева. — Москва : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 290 с. — ISBN 978-5-7264-1234-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/42898.html>
2. Кокошко, А. Ф. Инженерная графика : учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 268 с. — ISBN 978-985-503-903-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93444.html>
3. Начертательная геометрия. Электронный учебно-методический комплекс: лекции, контрольные работы, рабочая тетрадь, презентации, опорный конспект, видеоматериалы решения типовых задач контрольных заданий. - <https://cadinstructor.org/ng/>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 19. Система Компас-График. Основные команды программы

1. Цель: ознакомление с интерфейсом и основными командами системы Компас-график, получение навыков владения современными информационными технологиями

2. Теоретическое обоснование

Основными элементами интерфейса КОМПАС-График (далее КОМПАС) являются:
заголовок – содержит название программы, номер версии системы, имя текущего документа и др.;

главное меню – служит для вызова команд системы;

инструментальные панели, которые можно разделить на две группы: панели, которые содержат кнопки вызова команд для работы с документом в целом (Стандартная, Вид и Текущее состояние) и панели для вызова команд создания и редактирования объектов;

компактная панель – содержит несколько инструментальных панелей и кнопки переключения между ними;

панель свойств (отображается при вызове любой команды) – служит для задания параметров команд отрисовки объекта при его создании или редактировании (в нее включена панель специального управления с кнопками, позволяющими контролировать процесс выполнения команд);

строка сообщений – содержит сообщения системы, относящиеся к текущей команде или элементу рабочего окна, на который указывает курсор;

расширенная панель команды раскрывается при удерживании нажатой левой кнопки мыши на пиктограмме команды, имеющей значок в виде маленького черного треугольника в правом нижнем углу пиктограммы.

Контекстное меню – меню, состав команд в котором зависит от совершаемого пользователем действия.

Тип документа, создаваемого в среде КОМПАС, зависит от рода информации, хранящейся в нем. Каждому типу документа соответствует расширение имени файла и собственная пиктограмма:

- **графические документы:**  **Чертеж** – документ, содержащий графическое изображение изделия, основную надпись, рамку (расширение **.cdw**);  **Фрагмент** – документ, содержащий графическое изображение изделия без объектов оформления конструкторского документа (расширение **.frw**);
- **трехмерные модели:**  **Деталь** – модель изделия из однородного материала, без применения сборочных операций (расширение **.m3d**);  **Сборка** – модель изделия, состоящего из нескольких деталей с заданным взаимным положением (расширение **.a3d**);
- **текстовые документы:**  **Текстовый документ** – документ, содержащий преимущественно текстовую информацию (расширение **.kdw**);  **Спецификация** – документ, содержащий информацию о составе сборки, представленную в виде таблицы (расширение **.spw**).

Единицы измерения длины. В КОМПАС используется стандартная метрическая система мер. По умолчанию единица измерения длины – миллиметр.

Единицы измерения углов. В качестве единиц измерения углов по умолчанию используются градусы и минуты. В качестве положительного направления отсчета углов принято направление против часовой стрелки.

Представление чисел. По умолчанию числа (координаты точек, размеры объектов, значения переменных и т.п.) отображаются с точностью до двух знаков после запятой.

Системы координат. В КОМПАСе используются стандартные правые декартовы системы координат. В графическом документе могут быть несколько систем координат. Все они лежат в плоскости, параллельной экрану и отображаются в виде двух ортогональных стрелок.

Система координат чертежа. Начало абсолютной системы координат чертежа всегда находится в левой нижней точке его габаритной рамки. Абсолютная система координат автоматически становится текущей сразу после создания нового чертежа.

Доступ к справочной системе осуществляется через меню *Справка*  в строке меню, которое открывается щелчком левой кнопки мыши.

Меню *Справка* состоит из нескольких разделов. Команда меню *Содержание* выводит на экран окно с содержанием справочной системы, оформленной в виде списка закрытых книг (рисунок 19.1).

Выделением нужного раздела мышью и нажатием кнопки *Открыть* можно получить доступ к вопросам, содержащимся в данном разделе.

Система КОМПАС является стандартным приложением Windows. Она запускается аналогично другим программам.

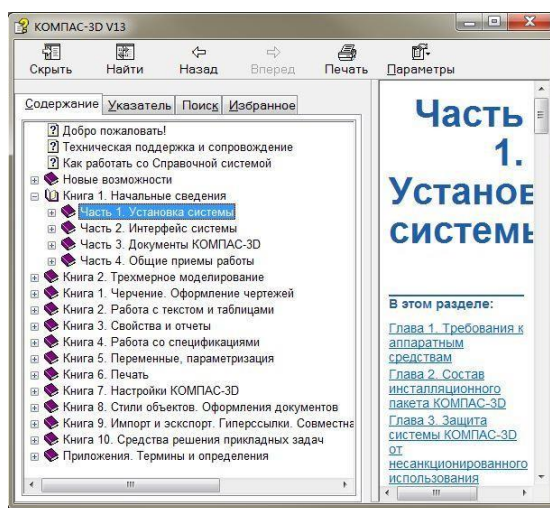


Рисунок 19.1 – Справочная система Компас

Чтобы открыть документ, необходимо нажать кнопку *Открыть*  на панели Стандартная. На экране появится диалог *Выберете файлы для открытия* (рисунок 19.2). При

Выберите файлы для открытия

Папка: Примеры

Журнал
Рабочий стол
Мой докумен...
Мой компью...
Мое сетевое ...

Вал
Пример1
Пример2
Пример3
Пример4

Тип: КОМПАС-Чертеж
Обозначение: АЕШ9973-402СБ
Комментарий: Рольганг лист2
Изменен: 28.12.2004 19:28
Размер: 179 KB

Пример1.CDW

Имя файла: Пример1

Тип файлов: КОМПАС-Документы (*.cdw, *.lwf, *.kdw, *.sfp)

☐ Только чтение

Открыть
Отмена

☐ Выключить просмотр

После открытия документа в окне программы появится окно этого документа со всеми элементами управления (рисунок 19.3).

В нем отображается следующая информация:

- название и номер версии программы;
- тип открытого документа (чертеж, фрагмент и т.д.);
- полный путь к файлу (последовательность папок, определяющих положение файла на жестком диске компьютера);
- имя файла.

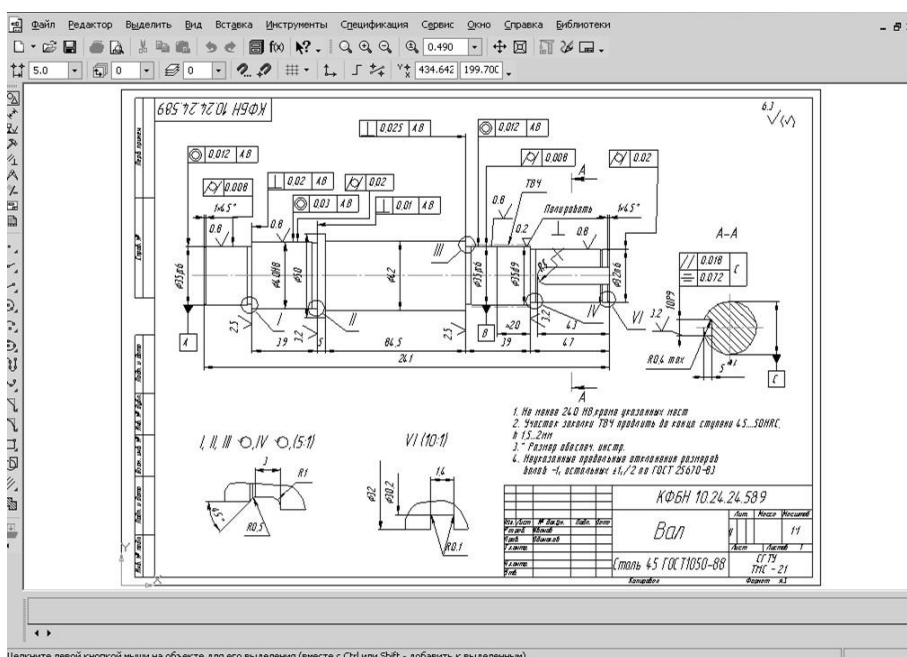


Рисунок 19.3 - Окна программы и открытого документа

Строка меню расположена в верхней части окна программы, ниже заголовка (рисунок 19.4). В ней расположены страницы главного меню системы. Они содержат команды.



Рисунок 19.4 - Строка меню

Для активизации Строки меню достаточно открыть любое из входящих в нее меню. Вызов команды осуществляется щелчком мыши по ее имени.

Для закрытия меню следует щелкнуть мышью в любом месте окна КОМПАС вне меню или нажать клавишу <Esc> на клавиатуре.

Некоторые команды, например, команда *Масштаб* из меню **Вид**, имеют свои собственные подменю. В этом случае справа от команды изображен черный треугольник. Перемещение курсора на название такой команды приводит к раскрытию подменю.

Справа от названия некоторых команд даны названия клавиш клавиатуры или комбинаций клавиш, например <Ctrl>+<O> для команды *Открыть*. Это так называемые «горячие клавиши». Для запуска этих команд достаточно нажать соответствующую клавишу или комбинацию клавиш на клавиатуре (при условии, что вы их помните), не открывая само меню.

Команды создания и редактирования геометрических объектов могут быть вызваны при помощи кнопок, расположенных на Инструментальных панелях.

Инструментальные панели содержат кнопки вызова команд построения геометрических объектов, их редактирования, простановки размеров и т.п. Эти команды могут быть также вызваны с помощью Строки меню.

Кнопки, активизирующие Инструментальные панели, находятся на Компактной панели. Для удобства работы место расположения Компактной панели может быть изменено.

Состав Компактной панели зависит от типа активного документа.

Команды, сгруппированные на панели Геометрия (рисунок 19.5) предназначены для построения геометрических примитивов: отрезков, окружностей, дуг, эллипсов, многоугольников и т.п.

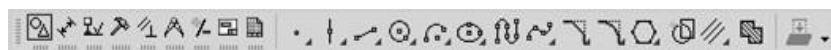


Рисунок 19.5 - Панель Геометрия

Команды, сгруппированные на панели Размеры (рисунок 19.6) позволяют проставлять на чертежах размеры различных типов: линейные, диаметральные, угловые и т.п.



Рисунок 19.6 - Панель Размеры

Панель Обозначения (рисунок 19.7) содержит команды для ввода текста, таблиц, линейных-выносок и других обозначений.

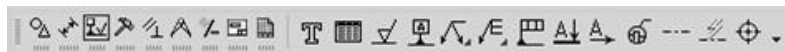


Рисунок 19.7 – Панель Обозначения

Команды, расположенные на панели Редактирование (рисунок 19.8) позволяют сдвигать, вращать копировать, деформировать объекты, содержащиеся в КОМПАС-документах.

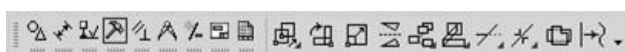


Рисунок 19.8 - Панель Редактирование

Команды панели Параметризация (рисунок 19.9) предназначены для внесения изменений в параметрические чертежи и фрагменты, то есть редактирования параметрических моделей КОМПАС-3D.

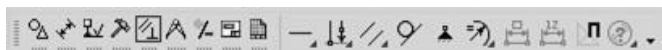


Рисунок 19.9 - Панель Параметризация

Используя команды панели Измерения (рисунок 19.10) вы можете измерять расстояния, углы периметры и площади геометрических объектов на чертежах.

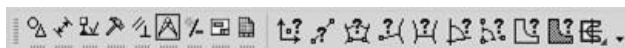


Рисунок 19.10 - Панель Измерения

Необходимым условием выполнения части команд является наличие на чертеже выделенных объектов. Именно к этим объектам будет применено действие команды. Чтобы выделять объекты **КОМПАС**-документов, следует использовать команды, расположенные на панели Выделение (рисунок 19.11).



Рисунок 19.11 - Панель Выделение

Команды панели Ассоциативные виды (рисунок 19.12) предназначены для создания различных видов на чертеже.



Рисунок 19.12 - Панель Ассоциативные виды

Команды, предназначенные для работы со спецификациями, расположены на панели Спецификация (рисунок 19.13).



Рисунок 19.13 - Панель Спецификация

Одна из перечисленных панелей всегда должна быть активизирована. По умолчанию это панель **Геометрия**. Кнопки вызова команд активизированной панели расположены рядом с кнопками **Компактной панели**.

Вы можете добавлять кнопки вызова отдельных команд на инструментальные панели, а также изменять состав Компактной панели по своему усмотрению.

Пример 1. Чтобы извлечь панель Геометрия из Компактной панели, необходимо: 1. Навести курсор на маркер перемещения панели Геометрия. Форма курсора изменится. 2. Нажать левую кнопку мыши и, не отпуская ее, «перетащить» маркер мышью за пределы Компактной панели. 3. После этого отпустить кнопку мыши. На экране появится панель Геометрия. Кнопка ее активизации на Компактной панели исчезнет (рисунок 19.14).

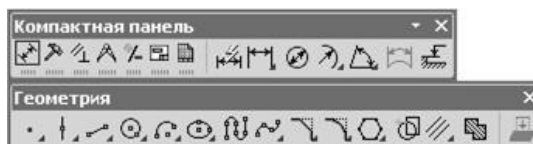


Рисунок 19.14 - Панель Геометрия, извлеченная из Компактной

Часть кнопок на панелях инструментов допускают вызов более одной команды. Например, по умолчанию на панели Геометрия находится кнопка *Отрезок*. Она позволяет строить отрезки, проходящие через две указанные точки. Однако отрезок в КОМПАС может быть построен несколькими способами. Чтобы получить доступ к прочим вариантам построения отрезков, необходимо вызвать на экран расширенную панель команд построения отрезков. Кнопки на панелях инструментов, имеющие расширенные панели команд, помечены черным треугольником в правом нижнем углу.

Правильно выбрать команду поможет автоматически появляющийся ярлычок-подсказка (рисунок 19.15).

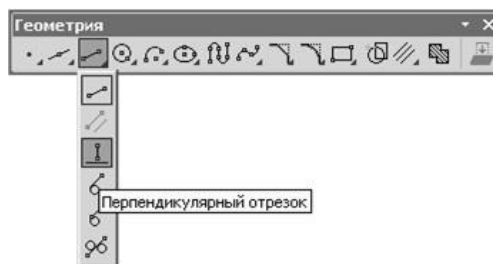


Рисунок 19.15 - Вызов команды Перпендикулярный отрезок

Панель Стандартная по умолчанию расположена в верхней части окна программы ниже Строки меню (рисунок 19.16). На этой панели расположены кнопки, позволяющие вызывать некоторые команды КОМПАС, общие для всех типов документов: создание, открытие и сохранение документов, вывод на печать и т. д.



Рисунок 19.16 - Панель Стандартная

Состав панели Стандартная (как и любой другой панели) можно изменить с помощью команды *Сервис – Настройка интерфейса*.

Строка сообщений располагается в нижней части программного окна КОМПАС (рисунок 19.17). В ней отображаются различные сообщения и запросы системы.

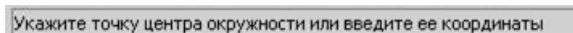


Рисунок 19.17 - Пример Строки сообщений

Панель Текущее состояние по умолчанию находится в верхней части окна программы (рисунок 19.18). На ней отображаются параметры системы и текущего документа.



Рисунок 19.18 - Панель Текущего состояния

После вызова команд создания и редактирования объектов на Панели свойств появляются элементы управления, позволяющие задавать параметры этих объектов. Например, параметрами отрезка прямой линии являются координаты его начальной и конечной точек, длина, угол наклона к горизонтали и стиль линии (рисунок 19.19).

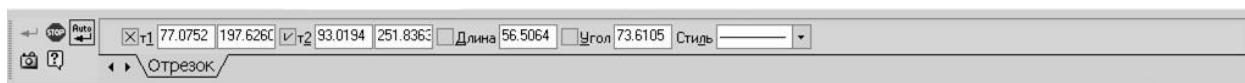


Рисунок 19.19 - Панель свойств

Команды управления изображением в КОМПАС сгруппированы в меню **Вид**. Кнопки для их вызова находятся на панели с тем же названием (рисунок 19.20).



Рисунок 19.20 - Панель Вид

При выполнении команд, связанных с редактированием изображения (удаление, сдвиг, деформация объектов, редактирование текстов и т.д.), на экране могут возникать небольшие искажения (разрывы, лишние точки или линии), которые носят временный характер и не имеют отношения к реальному состоянию текущего документа. Чтобы устранить такие искажения, следует выполнить процедуру регенерации изображения на экране. Для этого необходимо нажать кнопку *Обновить изображение*  на панели Вид. При этом будет очищено окно документа и заново перерисованы все объекты чертежа.

3. Ход работы

Задание 19.1. Выполните упражнения 1.1-1.8. При выполнении упражнений используются файлы упражнений (рабочая папка\Занятие 19\Материалы\Упражнения). Графическая область файла упражнения состоит из двух частей. Слева расположен Образец (рисунок 19.21). На нем показано то, что вы должны получить в результате выполнения задания. Образец дан исключительно для демонстрации, чтобы вы могли проконтролировать правильность выполнения упражнения.

Рядом с образцом расположено само Задание. Именно здесь вы должны выполнять все построения, следуя указаниям в текстовой части упражнения.

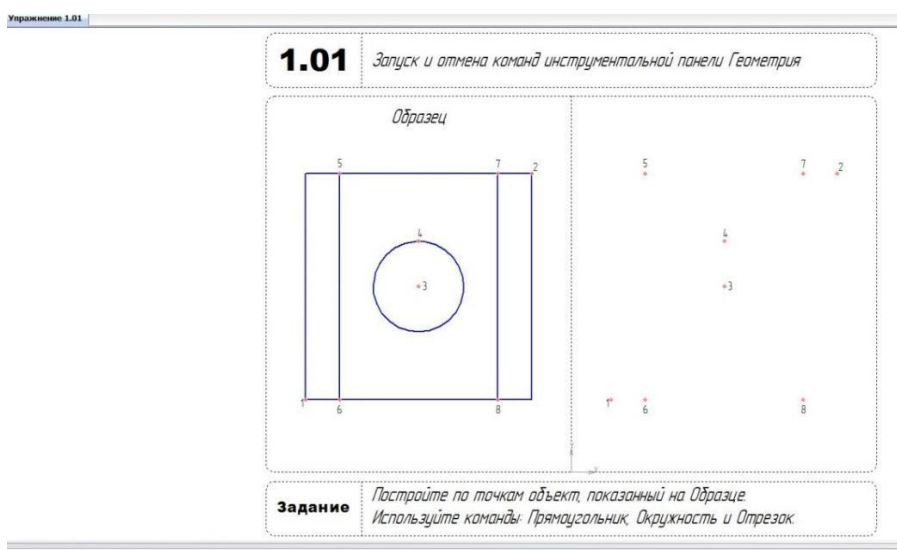


Рисунок 19.21 – Файл упражнения

Задание может представлять собой просто пустую область. В таком случае вам придется воспроизвести построения по Образцу полностью. В других упражнениях Задание представляет собой некую «заготовку», которую вы должны дополнить, либо изменить по Образцу.

При выполнении задания следует иметь в виду, что предлагаемый в руководстве порядок действий является далеко не единственным.

Например, при построении окружности задать ее радиус можно несколькими способами:

- указать точку на окружности с помощью клавиатуры или мыши;
- явно ввести радиус окружности в поле на Панели свойств;
- выполнить операцию локальной, глобальной или клавиатурной привязкой к характерным точкам имеющихся геометрических объектов на чертеже;
- получить точку на окружности с помощью вспомогательных построений с последующей привязкой;
- вычислить значение радиуса с помощью Геометрического калькулятора.

В разных заданиях предлагается использовать различные приемы выполнения типовых действий. По мере изучения системы и далее при выполнении реальных чертежей вы постепенно научитесь самостоятельно определять наиболее рациональные из них.

Избегайте механического выполнения приведенных в упражнениях последовательностей команд. При выполнении заданий нужно ясно представлять поставленные задачи и то, какими средствами системы эти задачи решаются.

Если вы решите прервать выполнение задания, следует закрыть файл упражнения без записи. В таком случае вы сможете выполнить его заново позднее.

Выполнять задания необходимо совместно с преподавателем, кроме упражнений с пометкой «Самостоятельно».

4. Контрольные вопросы

1. Перечислите элементы интерфейса графического пакета КОМПАС.
2. Как вызвать команду из расширенной панели инструментов?
3. Для чего предназначена панель Специального управления?
4. Перечислите типы документов КОМПАС и их расширения.
5. Какие способы управления изображением на экране предусмотрены в командах панели Вид?
6. Каким образом можно изменить шаг перемещения курсора?
7. Как отобразить на экране вспомогательную сетку точек?

5. Литература

1. Шульдова, С. Г. Компьютерная графика : учебное пособие / С. Г. Шульдова. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 300 с. — ISBN 978-985-503-987-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/100360.html>
2. Хныкина, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебное пособие / А. Г. Хныкина. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 99 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/69383.html>
3. Мефодьева, Л. Я. КОМПАС-3D V18 на примерах : учебное пособие / Л. Я. Мефодьева. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2020. — 174 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/117099.html>
4. Проекционное черчение в КОМПАС-3D : учебное пособие / А. А. Черепашков, О. М. Севостьянова, И. В. Емельянова, Н. В. Емельянов. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 115 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/105052.html>
5. <http://ascon.ru/> - Официальный сайт компании АСКОН, разработчика системы КОМПАС, статьи, книги, бесплатное лицензионное ПО.
6. <https://kompas.ru/publications/video/> - Видеоуроки, книги по Компас-3D.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 20. Система Компас-График. Работа с панелями инструментов

1. Цель: ознакомление с интерфейсом и основными командами системы Компас-график, получение навыков владения современными информационными технологиями

2. Теоретическое обоснование

Настройка интерфейса программы.

Пример 1. Чтобы назначить комбинацию клавиш для вызова команды *Предварительный просмотр*: 1. Вызовите команду *Сервис – Настройка интерфейса*; 2. В появившемся на экране диалоге активизируйте вкладку *Клавиатура* (рисунок 20.1); 3. Выберите из раскрывающегося списка *Категория* вариант *Файл*. В поле *Команды* появится перечень всех команд, относящихся к данной категории; 4. Выберите из этого перечня команду *Предварительный просмотр*; 5. Выберите вариант *По умолчанию*; 6. Активизируйте поле *Новое*

сочетание клавиш; 7. Нажмите клавишу <Alt> и, не отпуская ее, клавишу <P>; 8. Нажмите кнопку *Связать*; 9. Нажмите кнопку *Заккрыть*. Теперь при нажатии комбинации клавиш <Alt>+<P> будет вызвана команда *Предварительный просмотр*. 10. Чтобы сбросить назначенную комбинацию клавиш следует на вкладке *Клавиатура* диалога *Настройка интерфейса* нажать кнопку *Сбросить все* и подтвердить решение в появившемся диалоге.

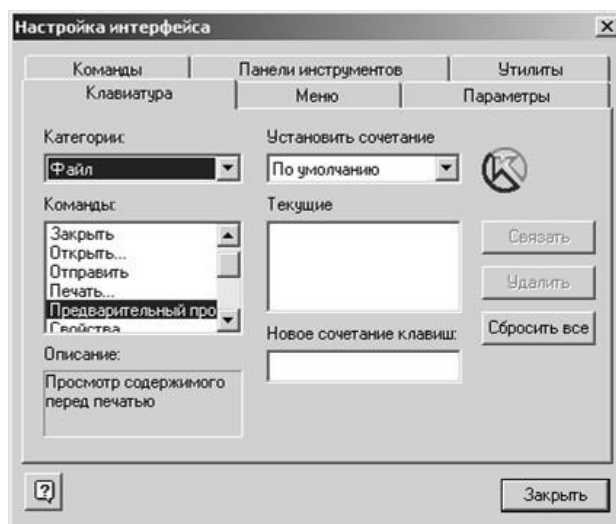


Рисунок 20.1 - Вкладка задания клавиатурных комбинаций

Пример 2. Создание новой панели инструментов и размещение на ней необходимых кнопок для быстрого доступа: 1. Вызовите команду *Сервис – Настройка интерфейса* и активизируйте вкладку *Панели инструментов*; 2. Нажмите кнопку *Новая*; 3. В появившемся диалоге введите название панели инструментов, например, «Моя панель» и нажмите кнопку *ОК* (рисунок 20.2). На экране появится новая панель инструментов; 4. Активизируйте вкладку *Команды*. В поле *Категории* находится перечень всех категорий команд системы; 5. Выберите категорию *Геометрия*. В поле *Команды* появятся все команды данной категории; 6. Выберите команду *Отрезок*. Рядом с курсором появится изображение кнопки (рисунок 20.3); 7. Удерживая нажатой кнопку мыши, перетащите кнопку на созданную панель и отпустите кнопку мыши. На новой панели появится кнопка вызова команды *Отрезок*; 8. Аналогичным образом разместите на новой панели необходимые вам кнопки; 9. Закройте диалог настройки интерфейса; 10. Переместите вновь созданную панель инструментов в удобное место на экране.

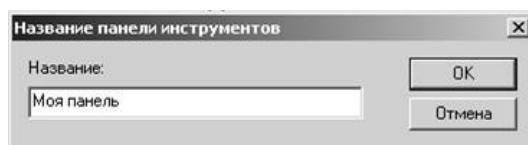


Рисунок 20.2 - Ввод имени новой панели

Пример 3. Удаление с панелей инструментов лишних кнопок: 1. Откройте диалог настройки интерфейса; 2. Активизируйте вкладку *Команды*; 3. На панели *Стандартная* выберите кнопку *Переменные*. Рядом с курсором появится изображение кнопки; 4. Удерживая нажатой кнопку мыши, перетащите изображение кнопки за пределы панели и отпустите кнопку. Кнопка *Переменные* исчезнет с панели *Стандартная*.

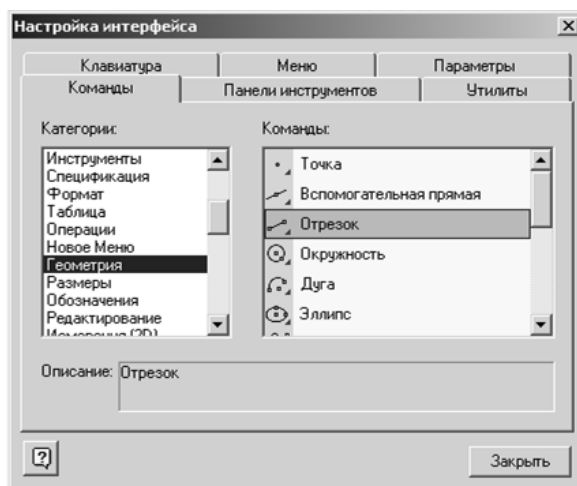


Рисунок 20.3- Выбор команды

Чтобы завершить работу с документом, следует нажать кнопку *Закреть*  его окна. Вы можете также закрыть документ, вызвав команду *Файл – Закреть*. Если вы не вносили в документ никаких изменений, то он будет закрыт немедленно. Если документ был отредактирован, то на экране появится запрос на сохранение сделанных изменений.

3. Ход работы

Задание 20.1. Выполните упражнения 1.9-1.15. При выполнении упражнений используются файлы упражнений (рабочая папка\Занятие 20\Материалы\Упражнения). Графическая область файла упражнения состоит из двух частей. Слева расположен Образец (рисунок 20.4). На нем показано то, что вы должны получить в результате выполнения задания. Образец дан исключительно для демонстрации, чтобы вы могли проконтролировать правильность выполнения упражнения.

Рядом с образцом расположено само Задание. Именно здесь вы должны выполнять все построения, следуя указаниям в текстовой части упражнения.

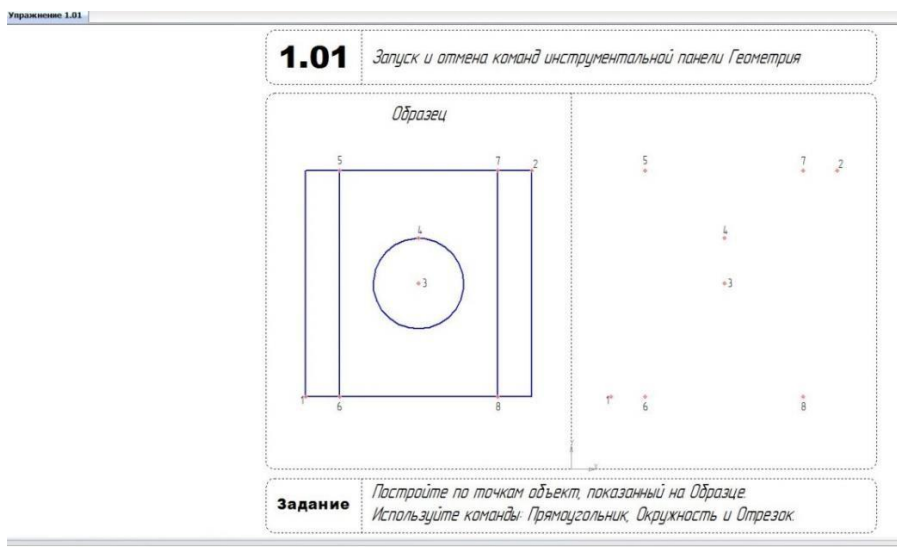


Рисунок 20.4 – Файл упражнения

Выполнять задания необходимо совместно с преподавателем, кроме упражнений с пометкой «Самостоятельно».

4. Контрольные вопросы

1. Перечислите элементы интерфейса графического пакета КОМПАС.
2. Как вызвать команду из расширенной панели инструментов?
3. Для чего предназначена панель Специального управления?
4. Перечислите типы документов КОМПАС и их расширения.
5. Какие способы управления изображением на экране предусмотрены в командах панели Вид?
6. Каким образом можно изменить шаг перемещения курсора?
7. Как отобразить на экране вспомогательную сетку точек?

5. Литература

1. Шульдова, С. Г. Компьютерная графика : учебное пособие / С. Г. Шульдова. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 300 с. — ISBN 978-985-503-987-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/100360.html>
2. Хныкина, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебное пособие / А. Г. Хныкина. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 99 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/69383.html>

3. Мефодьева, Л. Я. КОМПАС-3D V18 на примерах : учебное пособие / Л. Я. Мефодьева. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2020. — 174 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/117099.html>

4. Проекционное черчение в КОМПАС-3D : учебное пособие / А. А. Черепашков, О. М. Севостьянова, И. В. Емельянова, Н. В. Емельянов. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 115 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/105052.html>

5. <http://ascon.ru/> - Официальный сайт компании АСКОН, разработчика системы КОМПАС, статьи, книги, бесплатное лицензионное ПО.

6. <https://kompas.ru/publications/video/> - Видеоуроки, книги по Компас-3D.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 21. Двухмерное проектирование в Компас-График. Работа с видами и слоями. Основные приёмы редактирования объектов.

1. Цель: ознакомление с возможностями и командами системы Компас-график, получение навыков владения современными информационными технологиями

2. Теоретическое обоснование

Выделение объектов для редактирования. Если во фрагменте или чертеже не выделен ни один объект, и из компактной панели вызвать панель инструментов Редактирование, то часть команд будет недоступна. Эти команды требуют предварительного выбора объектов. Простейший выбор объекта – выполнить на нем щелчок левой клавишей мыши. При этом объект выделяется цветом и на нем отображаются характерные точки (конечные и средняя точки отрезка, точка центра и квадрантные точки окружности и т.д.).

Часто команду редактирования необходимо применить к группе объектов. Для этого можно выделять объекты при нажатой клавише <Ctrl>.

Удобно выделять группы объектов с использованием прямоугольной рамки выбора. При этом если диагональные точки рамки задаются слева направо (охватывающая рамка, отображается сплошными тонкими линиями), производится выделение объектов полностью попавших в рамку выбора. Если диагональные точки рамки задавать справа налево (секущая рамка, отображается тонким пунктиром), то выделяются и все объекты пересеченные рамкой выбора.

Для выделения групп объектов по какому-либо признаку можно воспользоваться командами из меню Выделение или инструментальной панели  Выделение. Здесь предусмотрено выделение по типам объектов, по стилю линий, по свойствам объектов.

Если из набора выделенных объектов необходимо исключить один или несколько объектов, то для этого можно использовать альтернативные выбору команды исключения объектов из набора (одиночное указание или создание рамки при нажатой клавише <Ctrl>, а также специальные команды исключения аналогичные командам выбора).

Редактирование чертежа включает следующие операции (рисунок 21.1): удаление, перемещение, копирование, поворот, масштабирование, симметричное отображение, создание эквидистанты к кривой, усечение части кривой, деформацию сдвигом. Для редактирования объектов их необходимо предварительно выделить.



Рисунок 21.1 – Панель редактирования объектов

Виды. Вид является составной частью чертежа, служащей «контейнером» для изображения. Внутри вида графические объекты могут располагаться на одном или нескольких слоях. Существование изображения вне слоя и вида невозможно.

При создании нового чертежа система автоматически формирует в нем специальный системный вид с нулевым номером, а в виде – системный слой с нулевым номером.

Состояние вида определяется значениями следующих свойств:

- активность;
- видимость.

Свойство **активность** управляет доступностью объектов вида для редактирования и имеет два значения: **активный и фоновый**.

При использовании **слоев** заметно упрощается решение компоновочных задач, редактирование отдельных элементов изображения. На каждом этапе разработки документа (чертежа) используются только те блоки информации, которые необходимы в данный момент.

В каждом виде чертежа, а также во фрагменте возможно создание до 2 147 483 647 слоев. Явное разбиение фрагмента или вида чертежа на слои не является обязательным для пользователя. При создании нового фрагмента или вида чертежа в нем автоматически формируется слой с номером 0, в котором можно сразу начинать работу.

Состояние слоя определяется значениями следующих свойств:

- активность,
- видимость,

– печать.

Свойство «активность» управляет доступностью объектов слоя для редактирования и имеет два значения: **активный** и **фоновый**.

3. Ход работы

Задание 21.1. Открыть папку с файлами упражнений \Занятие 21\Материалы\Упражнения. Выполнить упражнения 2.01-2.18.

Выполнять задания необходимо совместно с преподавателем, кроме упражнений с пометкой «Самостоятельно».

4. Контрольные вопросы

1. Что такое глобальная привязка?
2. Как задать локальную привязку?
3. 1Каким образом включается режим ортогонального черчения?
4. 1Как вызвать для ввода поле панели Свойств?
5. Перечислите способы выделения объектов.
6. Как удалять объекты из набора уже выделенных?

5. Литература

1. Шульдова, С. Г. Компьютерная графика : учебное пособие / С. Г. Шульдова. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 300 с. — ISBN 978-985-503-987-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/100360.html>

2. Штейнбах, О. Л. Инженерная и компьютерная графика в приложении Компас : учебное пособие / О. Л. Штейнбах. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2021. — 161 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/138758.html>.

3. Мефодьева, Л. Я. КОМПАС-3D V18 на примерах : учебное пособие / Л. Я. Мефодьева. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2020. — 174 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/117099.html>

4. Проекционное черчение в КОМПАС-3D : учебное пособие / А. А. Черепашков, О. М. Севостьянова, И. В. Емельянова, Н. В. Емельянов. — Самара : Самарский государственный

ный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 115 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/105052.html>

5. <http://ascon.ru/> - Официальный сайт компании АСКОН, разработчика системы КОМПАС, статьи, книги, бесплатное лицензионное ПО.

6. <https://kompas.ru/publications/video/> - Видеоуроки, книги по Компас-3D.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 22. Основные виды

1. Цель: получение навыков и умений построения проекционных изображений деталей в масштабе

2. Теоретическое обоснование

Видом называется изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета.

По требованиям ГОСТ 2.305–68 изображения выполняются по методу прямоугольного проецирования. Виды располагаются в проекционной связи как в начертательной геометрии, но без указания осей координат. Образование видов представлено на рисунке 22.1.

Названия **основных видов** установлены стандартом: 1–вид спереди (главный вид); 2 – вид сверху; 3 – вид слева; 4 – вид справа; 5 – вид снизу; 6 – вид сзади.

Главный вид должен давать наилучшее представление о форме и размерах предмета. Количество изображений должно быть наименьшим, но обеспечивающим полное представление об устройстве изделия.

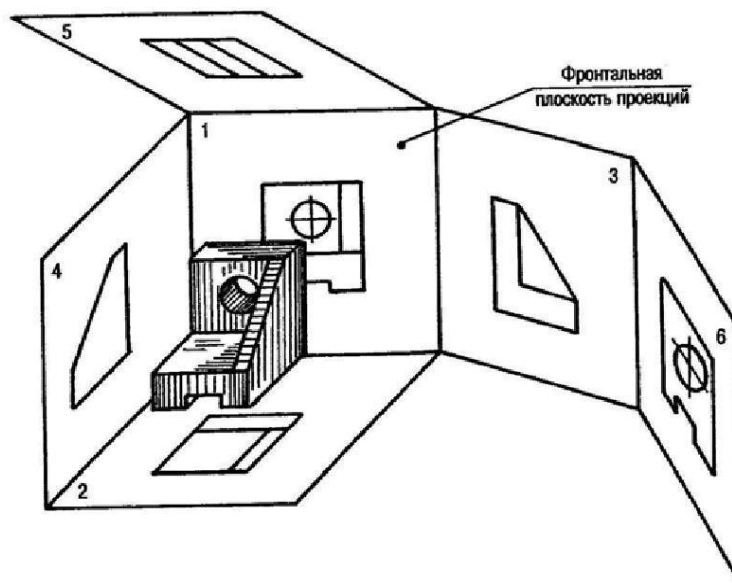


Рисунок 22.1 – Образование видов

Дополнительные виды применяют, если какую-либо часть изделия невозможно показать на основных видах без искажения формы и размеров.

Дополнительный вид отмечают на чертеже буквой русского алфавита (например: А на рисунке 22.2), а направление взгляда на этот вид указывают стрелкой с соответствующей буквой. Соотношение размеров стрелок, указывающих направление взгляда, приведено на рисунке 22.3.

Дополнительные виды допускается повертывать. При этом к букве добавляют знак «повернуто» (например рисунок 22.2,в). Размеры знаков приведены на рисунке 22.4.

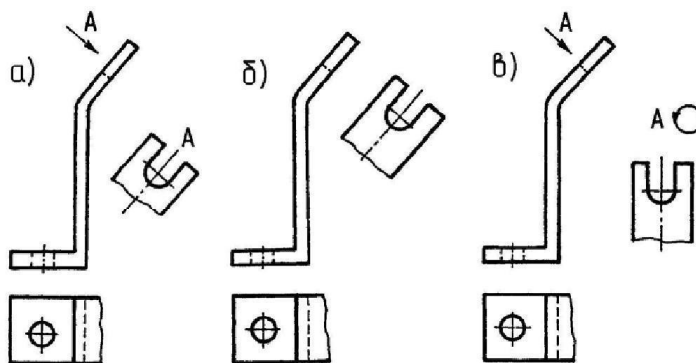


Рисунок 22.2 – Дополнительные виды

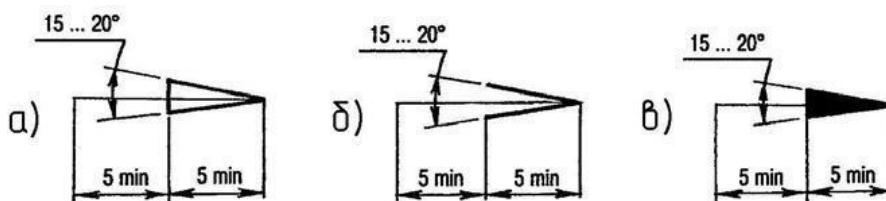


Рисунок 22.3 – Стрелки

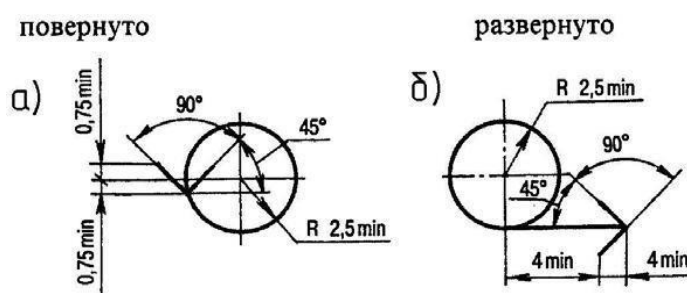


Рисунок 22.4 – Знаки

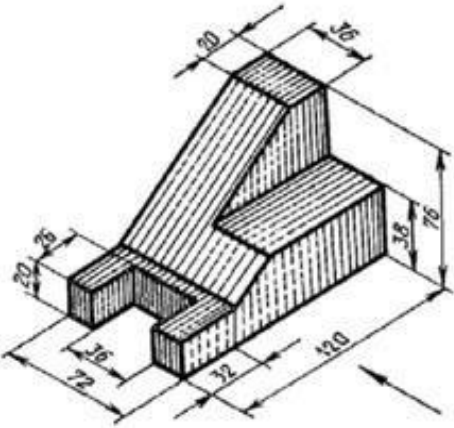
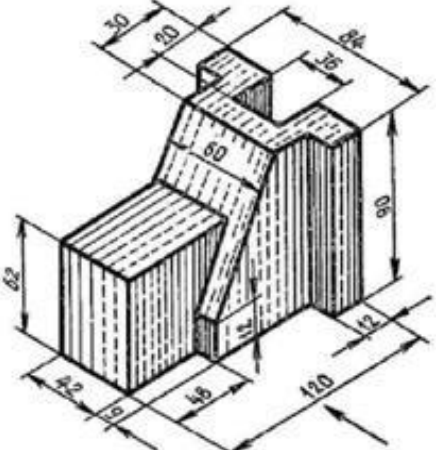
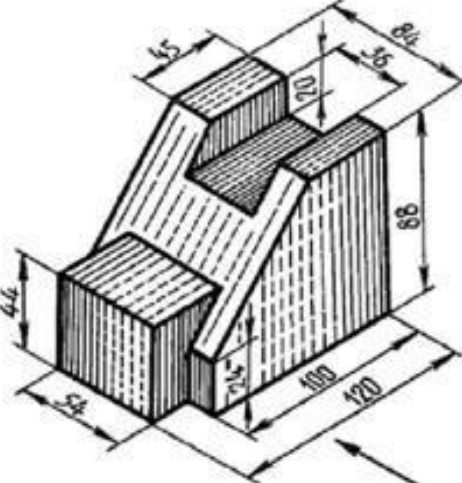
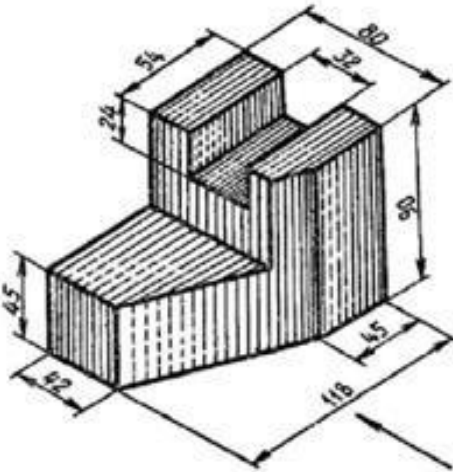
Местным видом называется изображение отдельного ограниченного участка поверхности изделия. Местный вид ограничивают линией обрыва и его обозначают на чертеже подобно дополнительным.

3. Ход работы

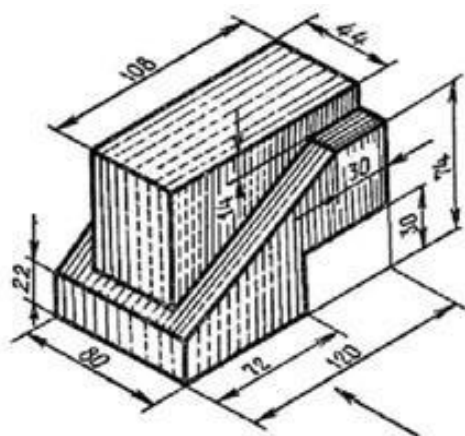
Задание 22.1. На формате A3 построить по модели три проекции детали (главный вид, вид сверху и вид слева). Данные своего варианта взять из таблицы 22.1. Невидимые линии обозначить пунктирной линией. Проставить все необходимые размеры. Заполнить основную надпись.

Образец выполнения задания приведен на рисунке 22.5.

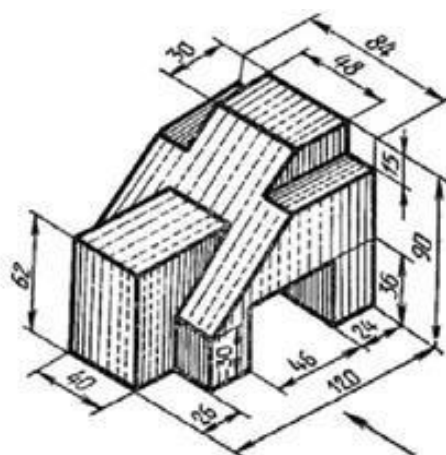
Таблица 22.1 - Данные к заданию 22.1

Вариант 1 	Вариант 2 
Вариант 3 	Вариант 4 

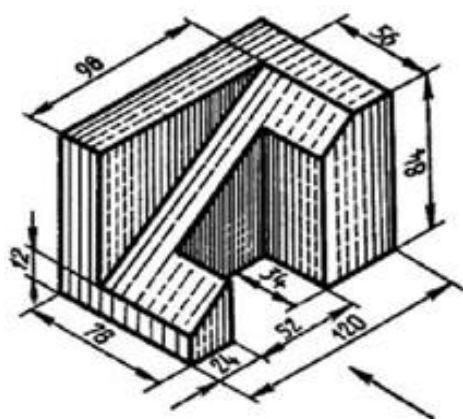
Вариант 5



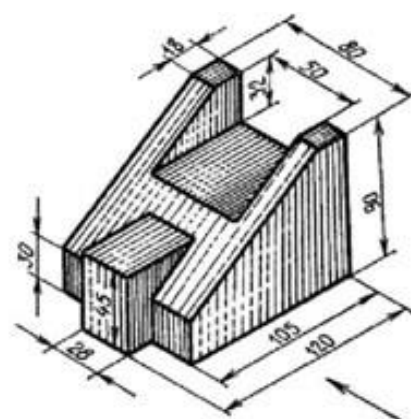
Вариант 6



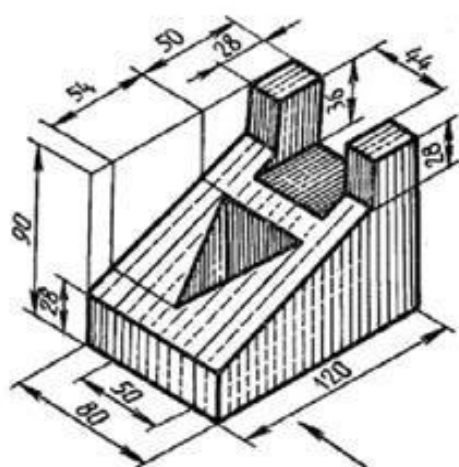
Вариант 7



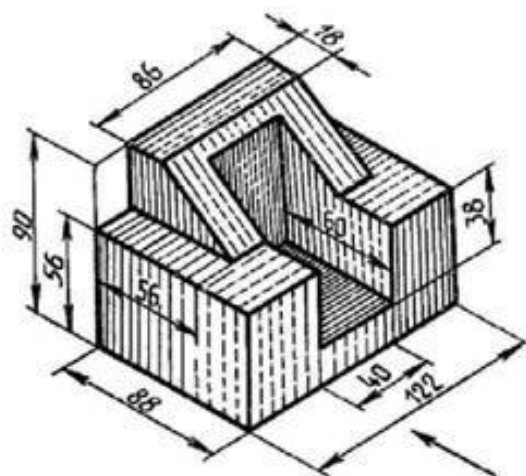
Вариант 8



Вариант 9



Вариант 10



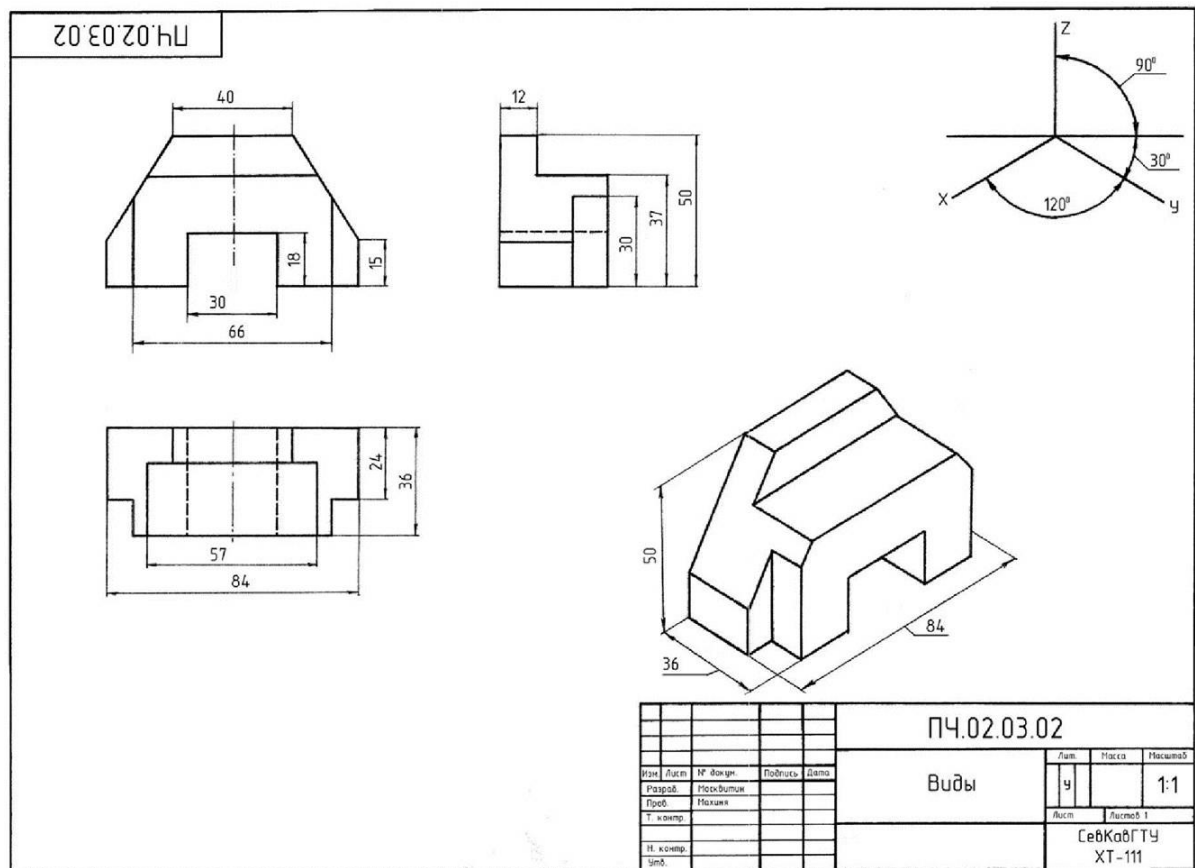
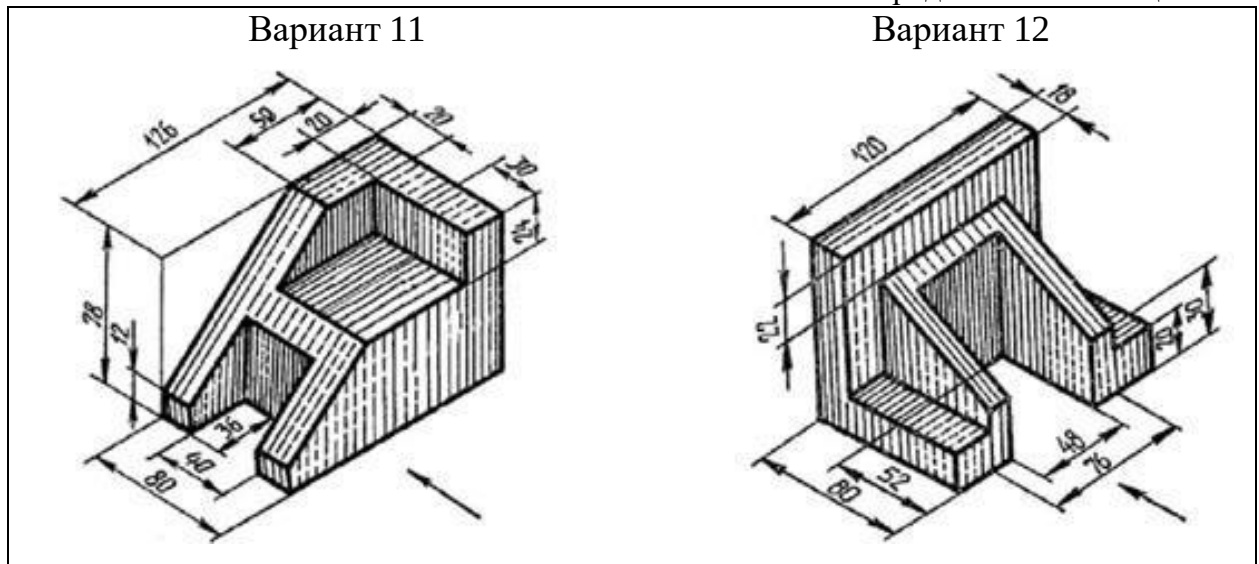


Рисунок 22.5 – Пример выполнения задания 22.1

4. Контрольные вопросы

1. Что называется видом?
2. Как называются основные виды?
3. Как правильно выбрать главный вид?
4. Что такое дополнительный вид?

5. Литература

1. Кондратьева, Т. М. Инженерная и компьютерная графика. Часть 1. Теория построения проекционного чертежа : учебное пособие / Т. М. Кондратьева, Т. В. Митина, М. В. Царева. — Москва : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 290 с. — ISBN 978-5-7264-1234-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/42898.html>

2. Уласевич, З. Н. Инженерная графика: практикум : учебное пособие / З. Н. Уласевич, В. П. Уласевич, Д. В. Омель. — 2-е изд. — Минск : Вышэйшая школа, 2020. — 208 с. — ISBN 978-985-06-3156-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/119982.html>

3. Макарова, М. Н. Техническая графика. Теория и практика : учебное пособие / М. Н. Макарова. — Москва : Академический проект, 2020. — 493 с. — ISBN 978-5-8291-3046-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110040.html>

4. Кокошко, А. Ф. Инженерная графика. Практикум : учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 88 с. — ISBN 978-985-503-946-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93424.html>.

5. Павлова, Л. В. Инженерная графика. В 2 ч. Ч. 2. Проекционное и геометрическое черчение. Варианты заданий, рекомендации и примеры выполнения : учебное пособие / Л. В. Павлова, И. А. Ширшова. — Саратов : Вузовское образование, 2018. — 66 с. — ISBN 978-5-4487-0254-9 (ч. 2), 978-5-4487-0252-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/75685.html>

6. Хныкина, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебное пособие / А. Г. Хныкина. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 99 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/69383.html>

7. Буткарев, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебно-методическое пособие / А. Г. Буткарев, Б. Б. Земсков. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий, 2015. — 111 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/66457.html>

8. Проекционное черчение в КОМПАС-3D : учебное пособие / А. А. Черепашков, О. М. Севостьянова, И. В. Емельянова, Н. В. Емельянов. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 115 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/105052.html>

9. Каталог стандартов ЕСКД - <https://c-kd.ru/eskd/>

10. Чертежная документация - <http://gk-drawing.ru>

11. Видеоуроки по черчению - <https://forkettle.ru/vidioteka/tekhnicheskie-nauki/cherchenie/240-inzhenernaya-grafika-ot-omgtu>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 23. Разрезы простые. Совмещение части вида и части разреза

1. Цель: получение навыков и умений при построении проекционных изображений деталей в масштабе

2. Теоретическое обоснование

Виды полностью выявляют внешние формы детали. Для выявления внутренних, невидимых наблюдателю, форм поверхностей (пустот) детали применяют **разрезы** (ГОСТ 2.305–68).

Для образования разреза (рисунок 23.1) деталь мысленно рассекают плоскостью **Р**, называемой *секущей*. Часть детали, расположенную между наблюдателем и секущей плоскостью **Р**, условно отбрасывают, а оставшуюся изображают на плоскости проекций **П₂**, параллельной секущей, получая разрез. На разрезе показывают то, что находится в секущей плоскости (штрихуется), и то, что расположено за ней (не штрихуется).

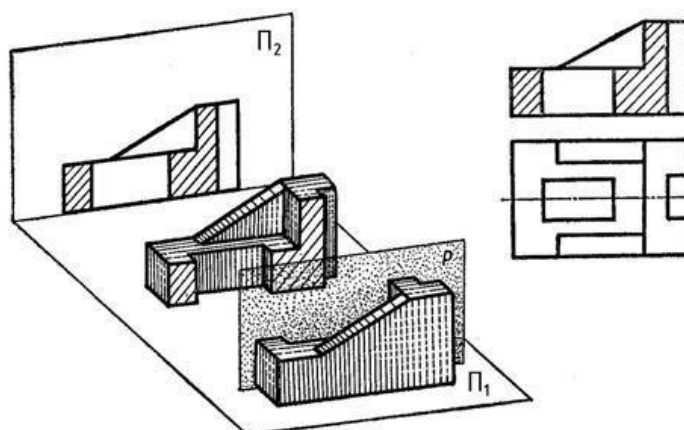


Рисунок 20.1 – Образование разреза

Простым называется разрез, получаемый при использовании одной секущей плоскости.

Если секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций Π_1 , то разрез называется **горизонтальным** (рисунок 23.2). Если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций Π_2 , то разрез называется **фронтальным** (рисунок 23.3). Если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций Π_3 , то разрез называется **профильным** (рисунок 23.4). Если секущая плоскость расположена под углом к горизонтальной плоскости проекций Π_1 , то разрез называется **наклонным** (рисунок 23.5).

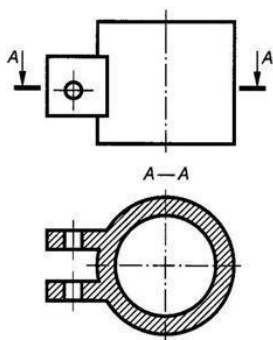


Рисунок 23.2 – Горизонтальный разрез

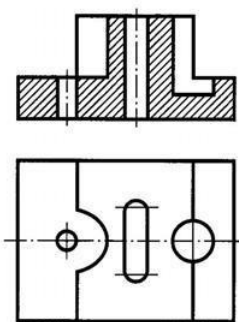


Рисунок 23.3 – Фронтальный разрез

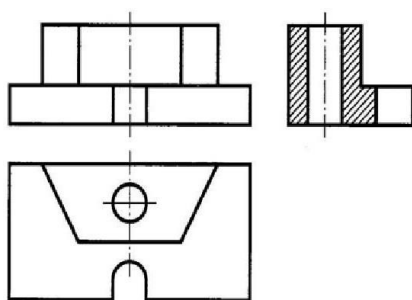


Рисунок 23.4 – Профильный разрез

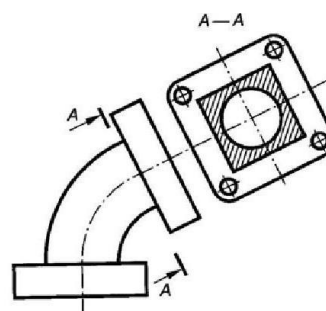


Рисунок 23.5 – Наклонный разрез

Положение секущей плоскости указывают на чертеже **линией сечения**, представляющей собой разомкнутую линию толщиной от S до $1,5S$ указанием направления взгляда стрелками (рисунок 23.2 и 23.5). Толщина штрихов должна получаться в **1,5 раза больше** толщины линий контура детали и штрихи не должны пересекать контур изображения. Стрелки наносят на расстоянии **2...3 мм** от внешнего края штриха. Линию сечения помечают одинаковыми буквами русского алфавита (например, **А**), которые наносят около стрелок с внешней стороны всегда параллельно основной надписи. Номер шрифта букв должен быть в **2 раза больше** номера шрифта цифр размерных чисел. Над разрезом делают надпись типа **А – А**, которую всегда располагают горизонтально.

Обозначения секущих плоскостей и размеры штрихов приведены на рисунке 23.6.

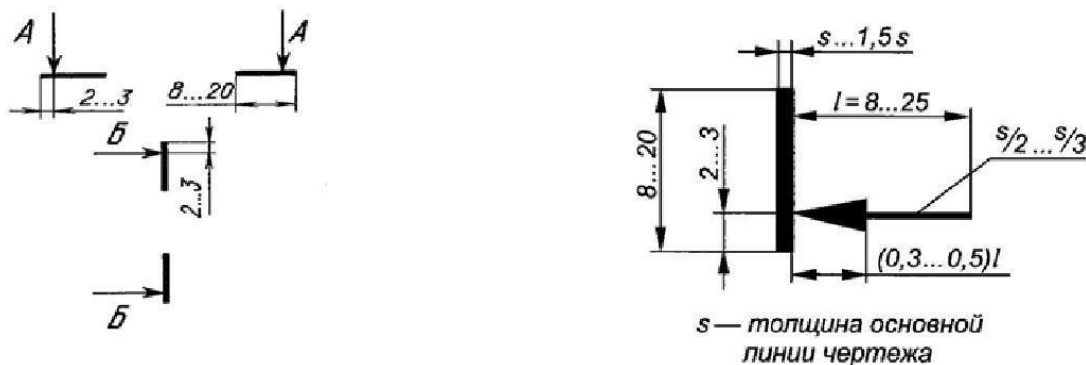


Рисунок 23.6 – Линия сечения

Если секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии детали и разрез выполняется в проекционной связи, то в этом случае положение секущей плоскости не обозначается и разрез не подписывается (рисунок 23.3 и 23.4).

Разрезы штрихуются под углом 45° . Однако, если секущая плоскость проходит вдоль спицы маховика (рисунок 23.7а) или вдоль тонкой стенки (толщиной до 12 мм) типа «ребра жесткости» (рисунок 23.7б), то в разрезе они не штрихуются. При этом сверление в ребре показывают **местным разрезом**.

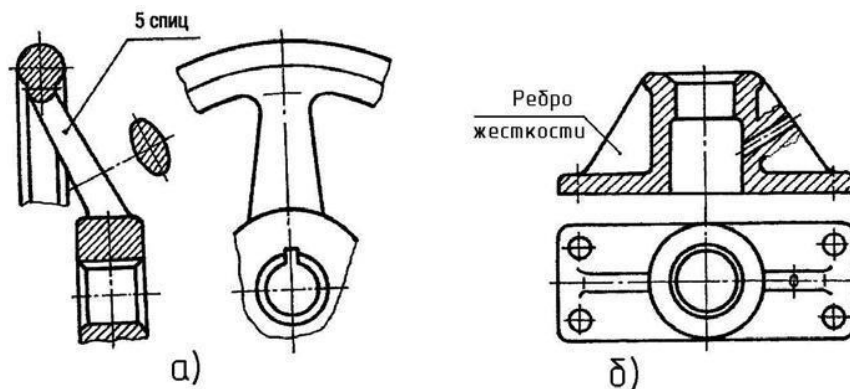


Рисунок 23.7 – Условности разрезов

Соединение части вида и части разреза. Для симметричных деталей рекомендуется выполнять совмещение половины вида с половиной разреза. Разделяющей линией в это случае служит ось симметрии детали (рисунок 23.8а). При этом, как правило, разрезы располагают справа от вертикальной или внизу от горизонтальной оси симметрии.

При наличии ребра на внешней или внутренней поверхности детали, совпадающего с осевой линией, следует соединять часть вида с частью разреза, разграничивая их сплошной волнистой линией. При этом линию надо проводить левее оси симметрии (рисунок 23.8б), чтобы в разрезе открыть внутреннее ребро, или правее (рисунок 23.8в), чтобы сохранить на виде наружное ребро. При наличии внутреннего и внешнего ребер разрез оформляется как на рисунке 23.8г.

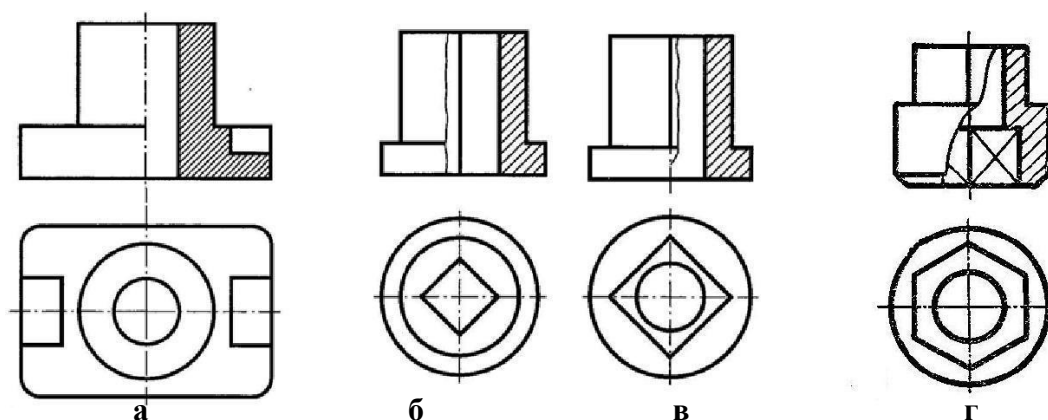


Рисунок 23.8 – Совмещение вида с разрезом

3. Ход работы

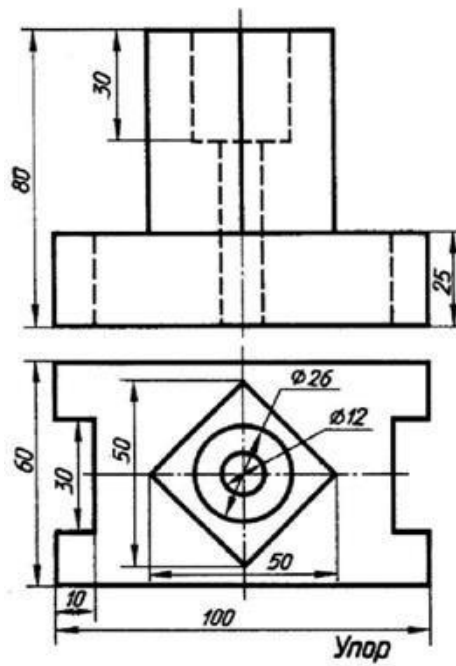
Задание 23.1. На формате А3 по заданным двум видам построить третий вид. Данные своего варианта взять из таблицы 23.1. Выполнить фронтальный и профильный разрезы. Проставить все необходимые размеры. Заполнить основную надпись.

Образец выполнения задания приведен на рисунке 23.9.

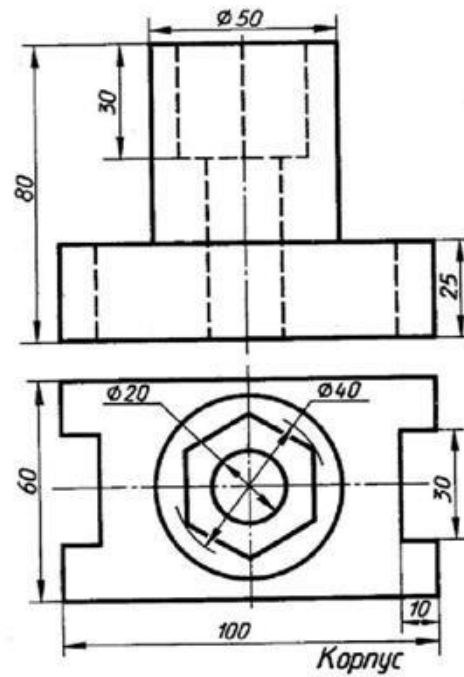
Таблица 23.1 - Данные к заданию 23.1

Вариант 1	Вариант 2

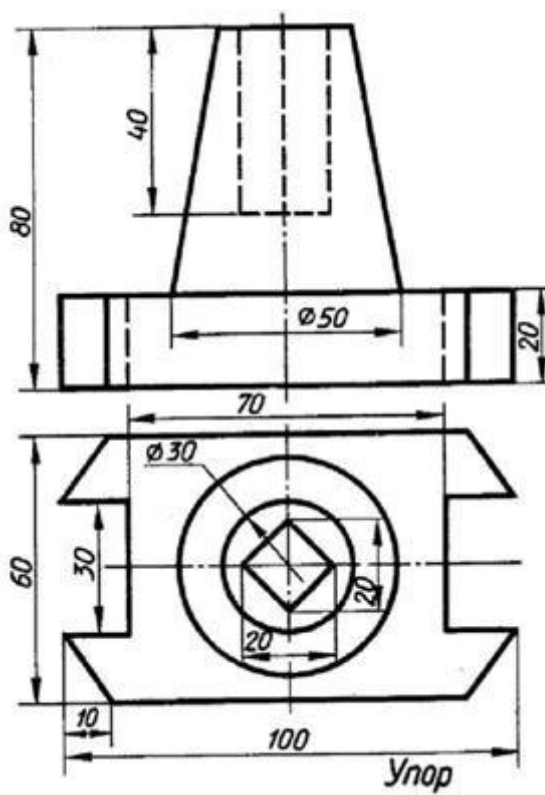
Вариант 3



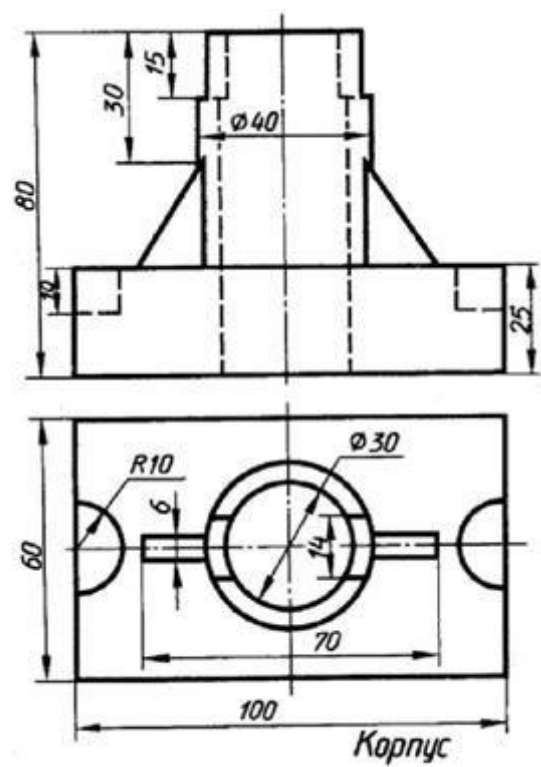
Вариант 4



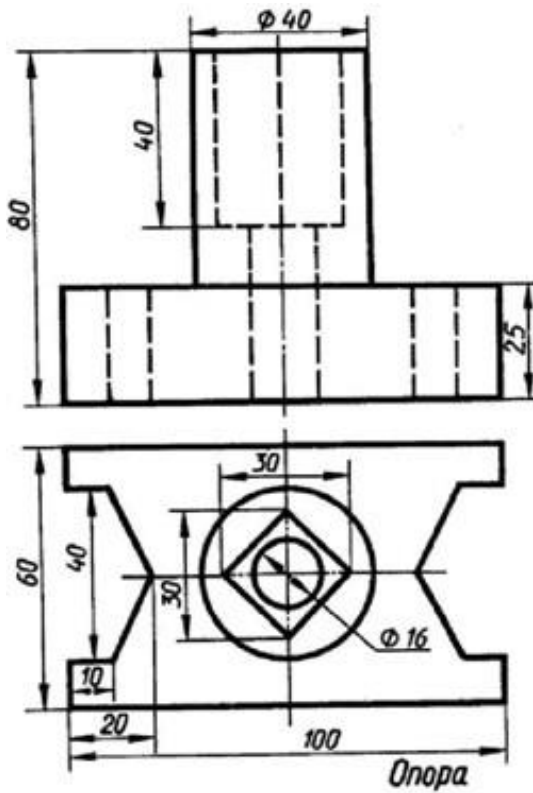
Вариант 5



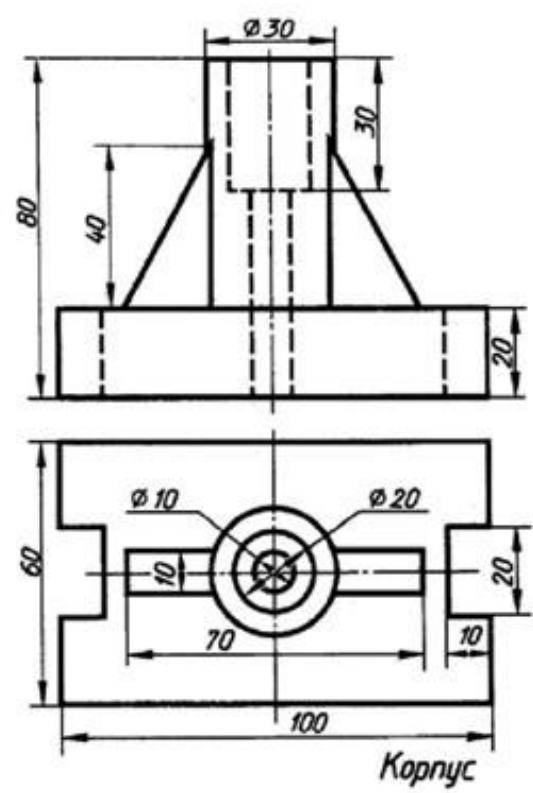
Вариант 6



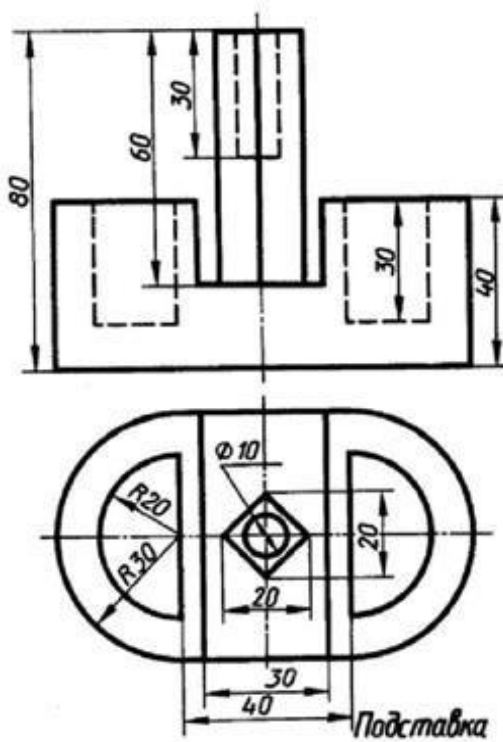
Вариант 7



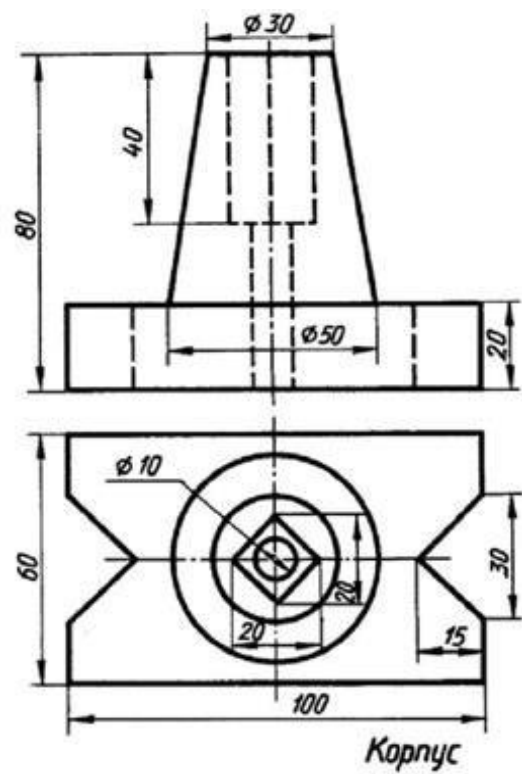
Вариант 8



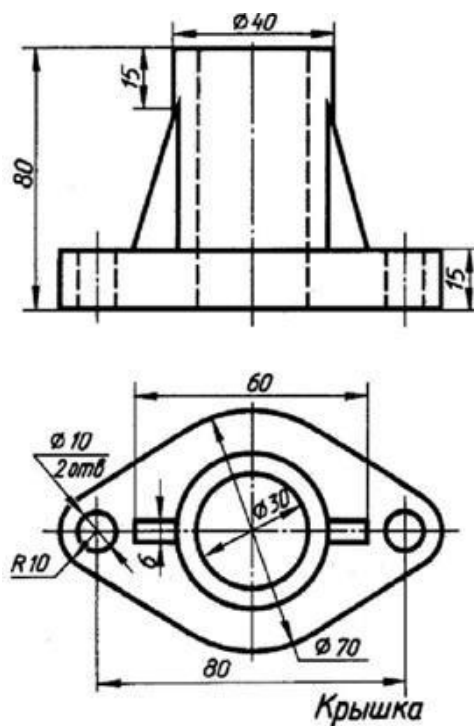
Вариант 9



Вариант 10



Вариант 11



Вариант 12

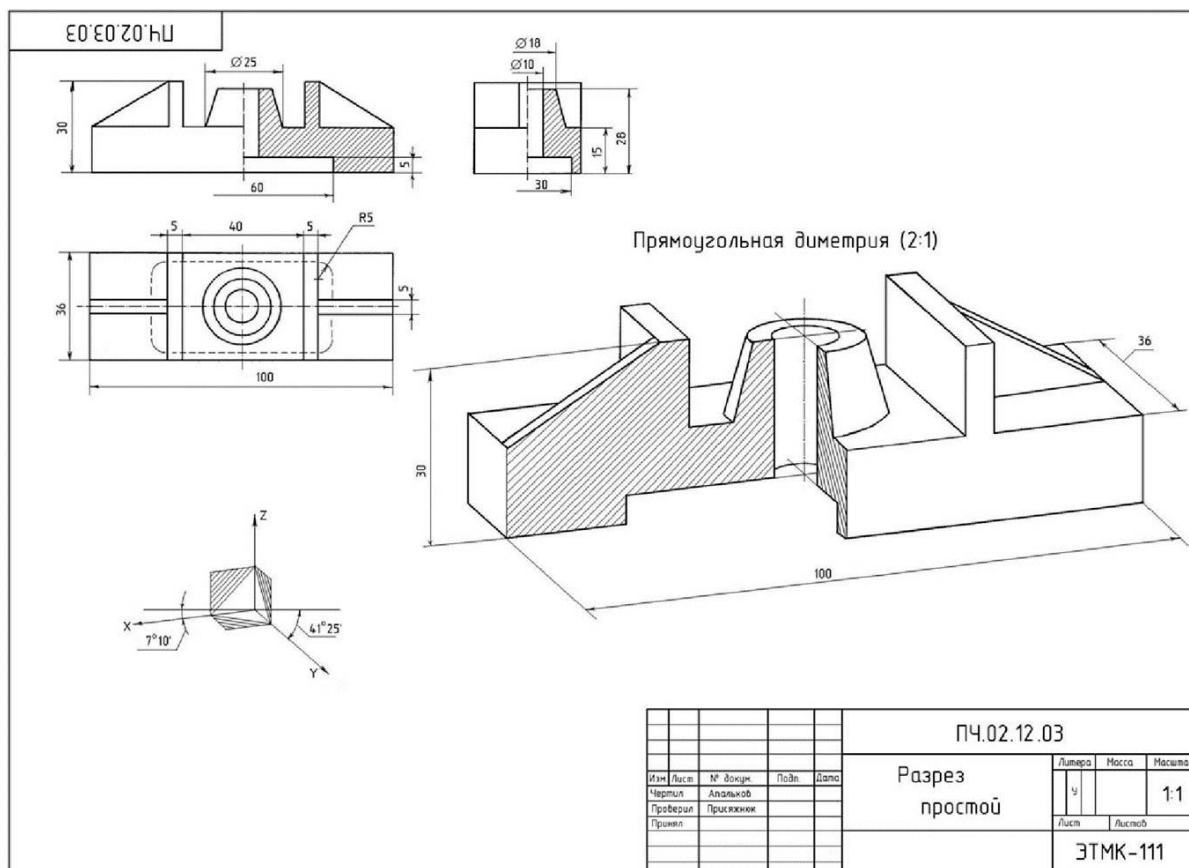
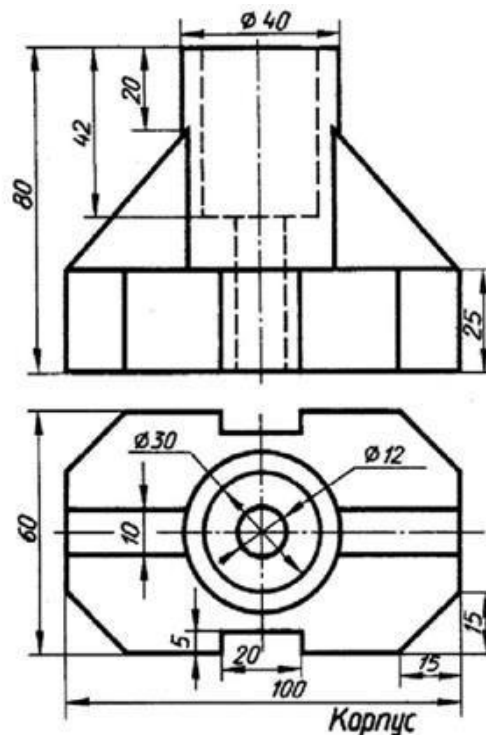


Рисунок 23.9 – Пример выполнения задания 23.1

4. Контрольные вопросы

1. Что называется простым разрезом?
2. Какие существуют виды простых разрезов?
3. В каких случаях обозначают секущую плоскость?
4. Как выполняют совмещение вида с разрезом?
5. С какого вида берут ширину детали при построении вида слева?
6. Как изображается внутреннее ребро детали на разрезе?

5. Литература

1. Кондратьева, Т. М. Инженерная и компьютерная графика. Часть 1. Теория построения проекционного чертежа : учебное пособие / Т. М. Кондратьева, Т. В. Митина, М. В. Царева. — Москва : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 290 с. — ISBN 978-5-7264-1234-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/42898.html>
2. Уласевич, З. Н. Инженерная графика: практикум : учебное пособие / З. Н. Уласевич, В. П. Уласевич, Д. В. Омесь. — 2-е изд. — Минск : Вышэйшая школа, 2020. — 208 с. — ISBN 978-985-06-3156-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/119982.html>
3. Макарова, М. Н. Техническая графика. Теория и практика : учебное пособие / М. Н. Макарова. — Москва : Академический проект, 2020. — 493 с. — ISBN 978-5-8291-3046-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110040.html>
4. Кокошко, А. Ф. Инженерная графика. Практикум : учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 88 с. — ISBN 978-985-503-946-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93424.html>
5. Павлова, Л. В. Инженерная графика. В 2 ч. Ч. 2. Проекционное и геометрическое черчение. Варианты заданий, рекомендации и примеры выполнения : учебное пособие / Л. В. Павлова, И. А. Ширшова. — Саратов : Вузовское образование, 2018. — 66 с. — ISBN 978-5-4487-0254-9 (ч. 2), 978-5-4487-0252-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/75685.html>
6. Хныкина, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебное пособие / А. Г. Хныкина. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 99 с.

— Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/69383.html>

7. 6. Буткарев, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебно-методическое пособие / А. Г. Буткарев, Б. Б. Земсков. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, Институт холо-да и биотехнологий, 2015. — 111 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/66457.html>

8. Проекционное черчение в КОМПАС-3D : учебное пособие / А. А. Черепашков, О. М. Севостьянова, И. В. Емельянова, Н. В. Емельянов. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 115 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/105052.html>

9. Каталог стандартов ЕСКД - <https://c-kd.ru/eskd/>

10. Чертежная документация - <http://gk-drawing.ru>

11. Видеоуроки по черчению - <https://forkettle.ru/vidioteka/tekhnicheskie-nauki/cherchenie/240-inzhenernaya-grafika-ot-omgtu>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 24. Разрезы сложные ступенчатые

1. Цель: получение навыков и умений при построении проекционных изображений деталей в масштабе

2. Теоретическое обоснование

Сложным называется разрез, получаемый при использовании нескольких секущих плоскостей. Выполнение сложных разрезов дает возможность уменьшить количество изображений, так как на одном виде можно выявить внутреннюю форму предмета в разных местах. В зависимости от расположения секущих плоскостей сложные разрезы делятся на **ступенчатые и ломаные**.

Ступенчатые разрезы образуются при рассечении предмета несколькими параллельными плоскостями. Они могут быть горизонтальными, фронтальными, профильными и наклонными. На рисунке 24.1 изображен фронтальный ступенчатый разрез детали, выполненный двумя фронтальными секущими плоскостями. Эти плоскости условно параллельно перемещают до их совмещения в одну плоскость. Переход от одной плоскости к другой на разрезе не изображается.

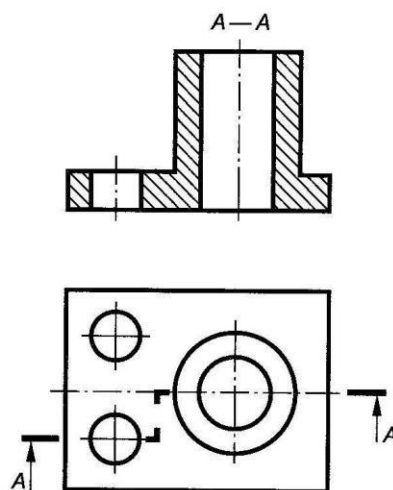


Рисунок 24.1 – Разрез ступенчатый

Обозначение разрезов. В сложных разрезах секущие плоскости обязательно показывают линией сечения **А – А**, т. е. штрихами разомкнутой линии. В ступенчатых разрезах штрихи линии сечения указывают также на перегибах под прямым углом (рисунок 24.1).

3. Ход работы

Задание 24.1. На формате А3 выполнить разрез ступенчатый. Данные для своего варианта взять из таблицы 24.1. Сначала перечертить задание в тонких линиях. Выполнить необходимый разрез на главном виде. Затем выполнить обводку чертежа. Проставить размеры. Заполнить основную надпись.

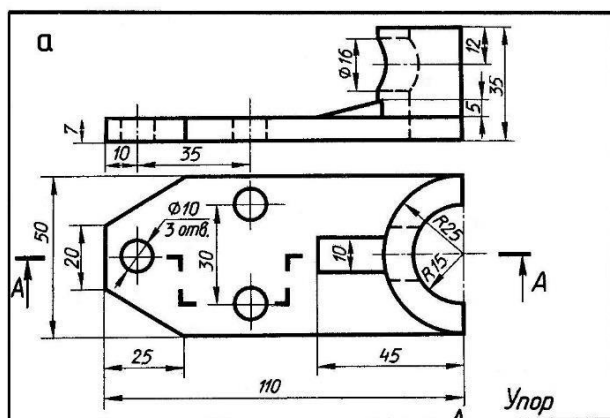
Образец выполнения задания приведен на рисунке 24.2.

Таблица 24.1 - Данные к заданию 24.1

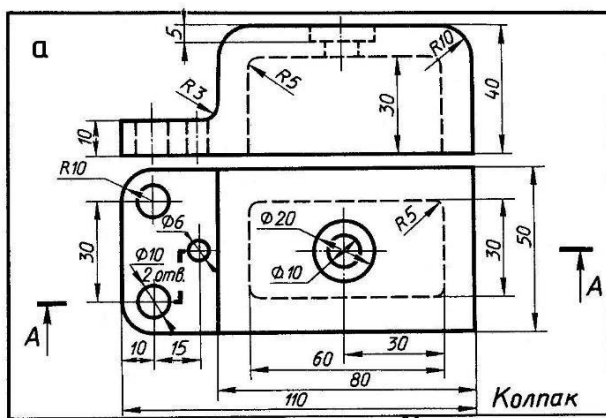
Вариант 1	Вариант 2

Заменить вид спереди разрезом А–А

Вариант 9

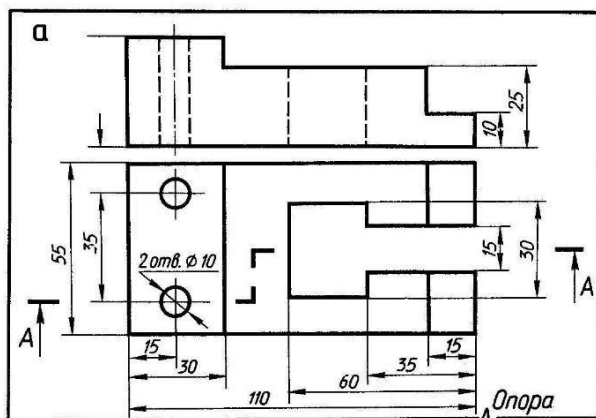


Вариант 10

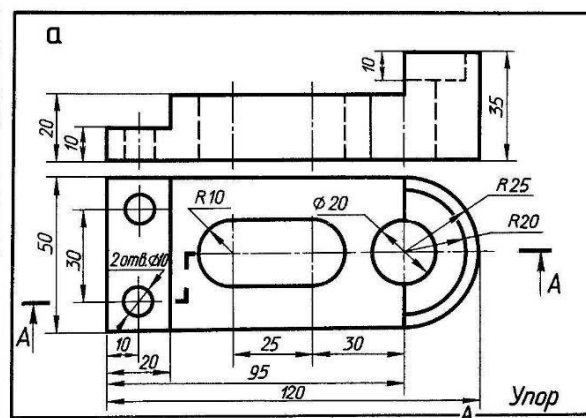


Заменить вид спереди разрезом А-А

Вариант 11



Вариант 12



Заменить вид спереди разрезом А-А

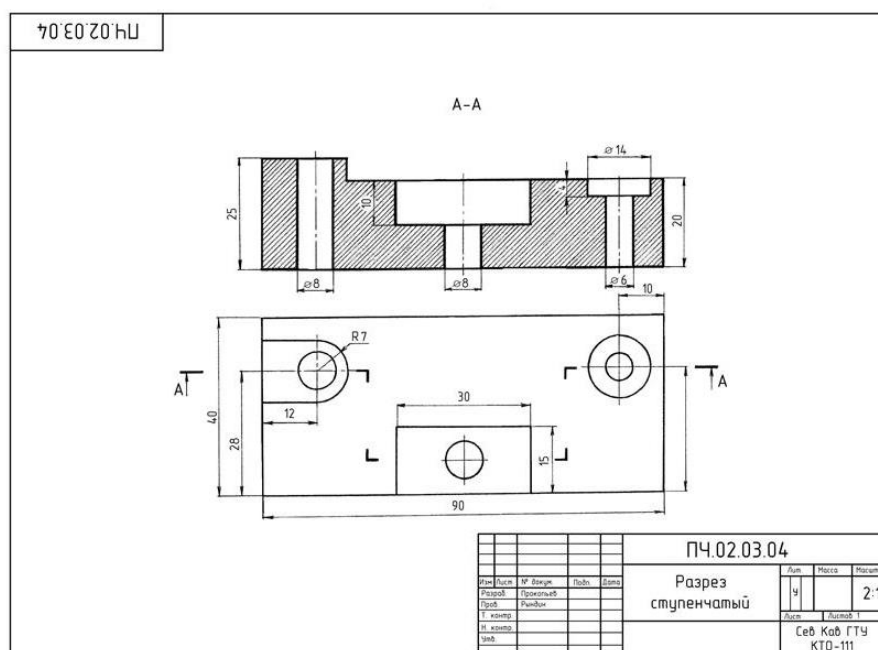


Рисунок 24.2 – Пример выполнения задания 24.1

4. Контрольные вопросы

1. Какие разрезы называются сложными?
2. Как образуются ступенчатые разрезы?
3. Как обозначаются сложные разрезы?

5. Литература

1. Кондратьева, Т. М. Инженерная и компьютерная графика. Часть 1. Теория построения проекционного чертежа : учебное пособие / Т. М. Кондратьева, Т. В. Митина, М. В. Царева. — Москва : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 290 с. — ISBN 978-5-7264-1234-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/42898.html>
2. Уласевич, З. Н. Инженерная графика: практикум : учебное пособие / З. Н. Уласевич, В. П. Уласевич, Д. В. Омель. — 2-е изд. — Минск : Вышэйшая школа, 2020. — 208 с. — ISBN 978-985-06-3156-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/119982.html>
3. Макарова, М. Н. Техническая графика. Теория и практика : учебное пособие / М. Н. Макарова. — Москва : Академический проект, 2020. — 493 с. — ISBN 978-5-8291-3046-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110040.html>
4. Кокошко, А. Ф. Инженерная графика. Практикум : учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 88 с. — ISBN 978-985-503-946-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93424.html>
5. Павлова, Л. В. Инженерная графика. В 2 ч. Ч. 2. Проекционное и геометрическое черчение. Варианты заданий, рекомендации и примеры выполнения : учебное пособие / Л. В. Павлова, И. А. Ширшова. — Саратов : Вузовское образование, 2018. — 66 с. — ISBN 978-5-4487-0254-9 (ч. 2), 978-5-4487-0252-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/75685.html>
6. Хныкина, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебное пособие / А. Г. Хныкина. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 99 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/69383.html>

7. Буткарев, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебно-методическое пособие / А. Г. Буткарев, Б. Б. Земсков. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий, 2015. — 111 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/66457.html>
8. Проекционное черчение в КОМПАС-3D : учебное пособие / А. А. Черепашков, О. М. Севостьянова, И. В. Емельянова, Н. В. Емельянов. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 115 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/105052.html>
9. Каталог стандартов ЕСКД - <https://c-kd.ru/eskd/>
10. Чертежная документация - <http://gk-drawing.ru>
11. Видеоуроки по черчению - <https://forkettle.ru/vidioteka/tekhnicheskie-nauki/cherchenie/240-inzhenernaya-grafika-ot-omgtu>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 25. Разрезы сложные ломаные

1. Цель: получение навыков и умений при построении проекционных изображений деталей в масштабе

2. Теоретическое обоснование

Сложным называется разрез, получаемый при использовании нескольких секущих плоскостей. Выполнение сложных разрезов дает возможность уменьшить количество изображений, так как на одном виде можно выявить внутреннюю форму предмета в разных местах. В зависимости от расположения секущих плоскостей сложные разрезы делятся на **ступенчатые и ломаные**.

Ломаные разрезы образуются при рассечении предмета двумя пересекающимися плоскостями. На рисунке 25.1 использованы две горизонтально проецирующие плоскости, одна из которых фронтальная. Для построения разреза левую секущую плоскость вместе с расположенным в ней сечением условно поворачивают до совмещения с фронтальной секущей плоскостью (положение части детали после поворота показано тонкими линиями). Линия изгиба плоскостей на разрезе не изображается.

Элементы предмета, находящиеся за секущей плоскостью, не поворачивают, т. е. они вычерчиваются так, как спроецировались на соответствующую плоскость до совмещения.

Обозначение разрезов. В сложных разрезах секущие плоскости обязательно показывают линией сечения **А – А**, т. е. штрихами разомкнутой линии. В ломанных разрезах

штрихи линии сечения указывают также в месте пересечения плоскостей по их направлению (рисунок 25.1). Размеры штрихов и правила простановки букв изображены на рисунке 23.6.

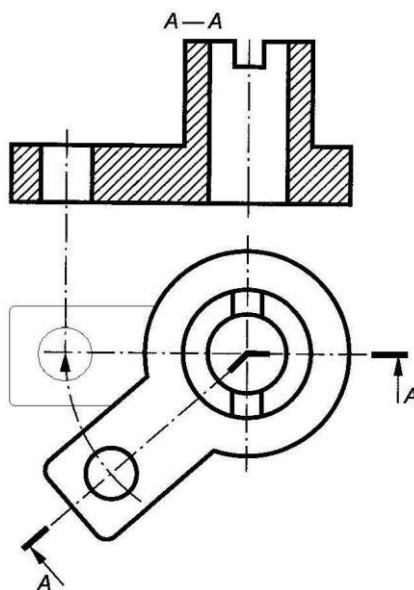


Рисунок 25.1 – Разрез ломаный

3. Ход работы

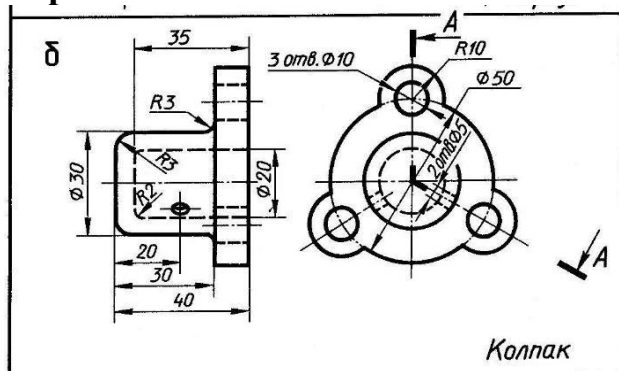
Задание 25.1. На формате А3 выполнить разрез ломаный. Данные для своего варианта взять из таблицы 25.1. Сначала перерисовать задание в тонких линиях. Выполнить необходимый разрез на главном виде. Затем выполнить обводку чертежа. Проставить размеры. Заполнить основную надпись.

Образец выполнения задания приведен на рисунке 25.2.

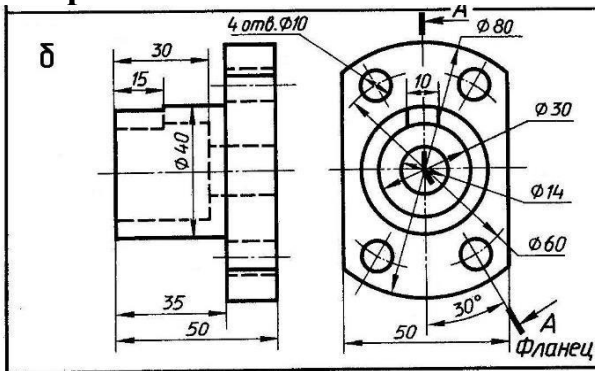
Таблица 25.1 - Данные к заданию 25.1

Вариант 1	Вариант 2
Заменить вид спереди разрезом А–А	

Вариант 3

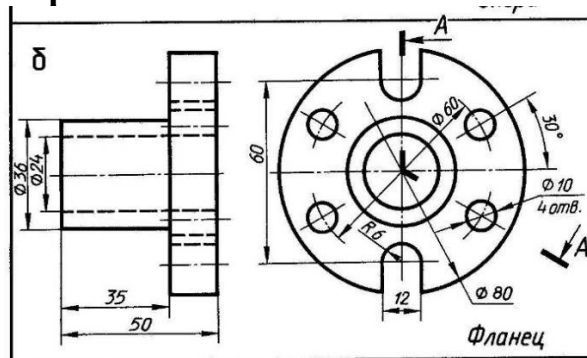


Вариант 4

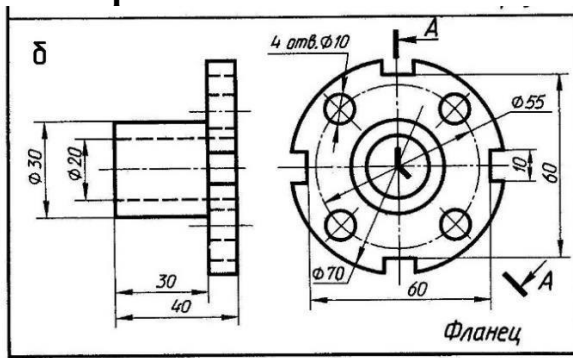


Заменить вид спереди разрезом А-А

Вариант 5

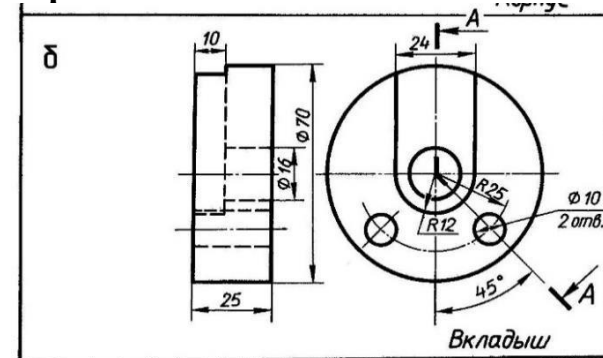


Вариант 6

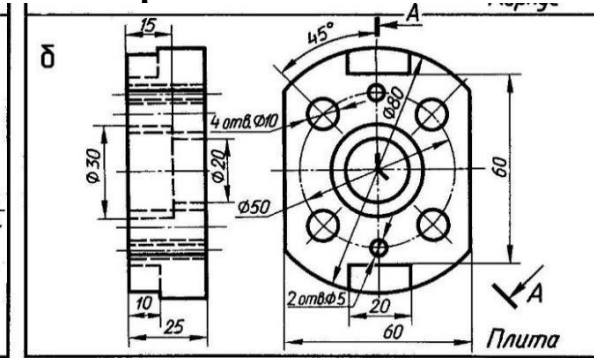


Заменить вид спереди разрезом А-А

Вариант 7

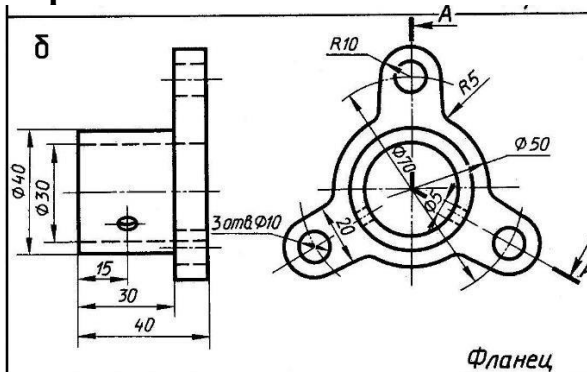


Вариант 8

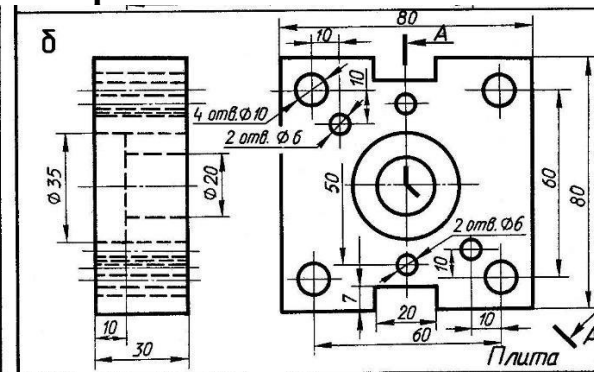


Заменить вид спереди разрезом А-А

Вариант 9

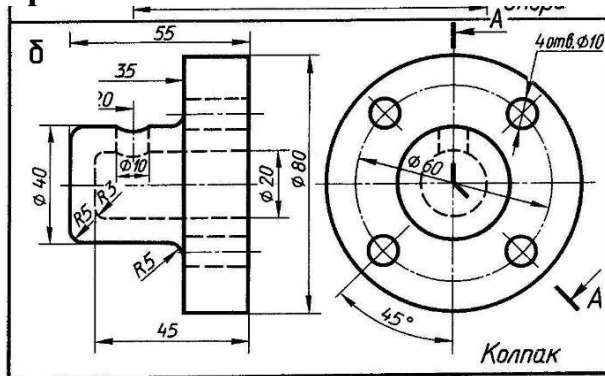


Вариант 10

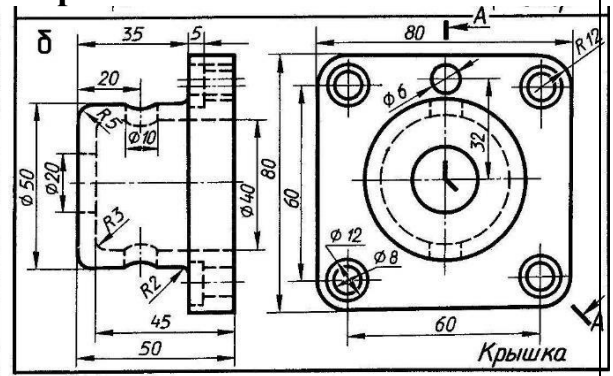


Заменить вид спереди разрезом А-А

Вариант 11



Вариант 12



Заменить вид спереди разрезом А–А

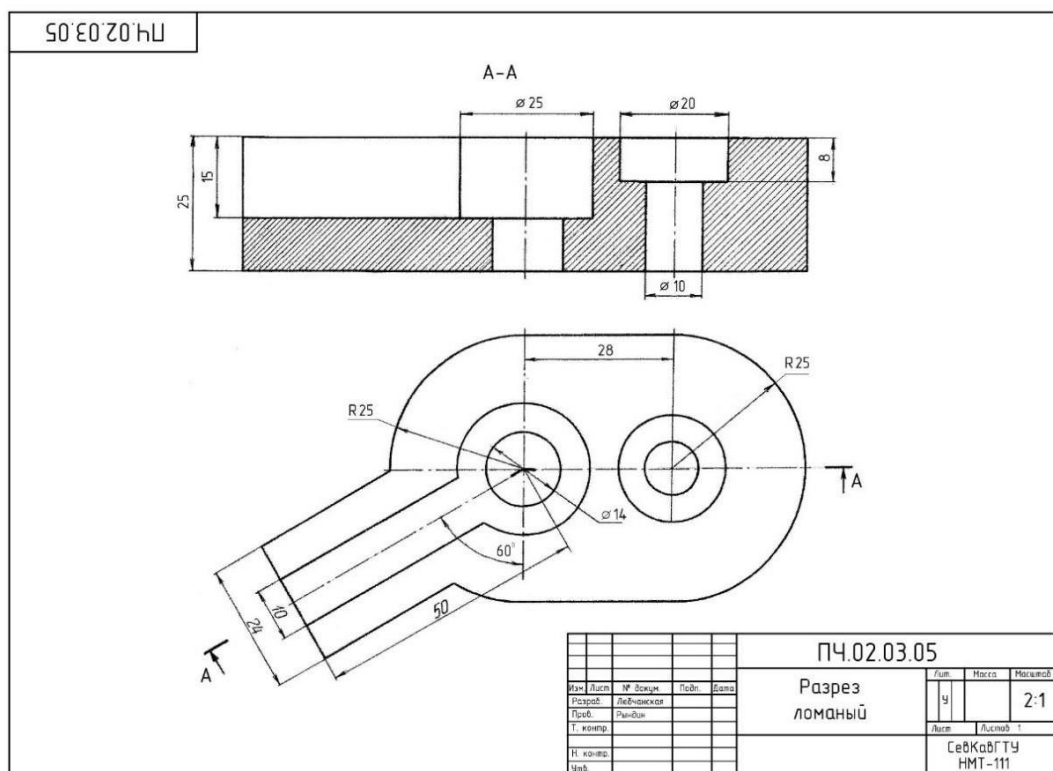


Рисунок 25.2 – Пример выполнения задания 25.1

4. Контрольные вопросы

1. Какие разрезы называются сложными?
2. Как образуются ломанные разрезы?
3. В чем отличие ступенчатого разреза от ломаного?
4. Как обозначаются сложные разрезы?

5. Литература

1. Кондратьева, Т. М. Инженерная и компьютерная графика. Часть 1. Теория построения проекционного чертежа : учебное пособие / Т. М. Кондратьева, Т. В. Митина, М.

В. Царева. — Москва : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 290 с. — ISBN 978-5-7264-1234-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/42898.html>

2. Уласевич, З. Н. Инженерная графика: практикум : учебное пособие / З. Н. Уласевич, В. П. Уласевич, Д. В. Омесь. — 2-е изд. — Минск : Вышэйшая школа, 2020. — 208 с. — ISBN 978-985-06-3156-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/119982.html>

3. Макарова, М. Н. Техническая графика. Теория и практика : учебное пособие / М. Н. Макарова. — Москва : Академический проект, 2020. — 493 с. — ISBN 978-5-8291-3046-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110040.html>

4. Кокошко, А. Ф. Инженерная графика. Практикум : учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 88 с. — ISBN 978-985-503-946-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93424.html>.

5. Павлова, Л. В. Инженерная графика. В 2 ч. Ч. 2. Проекционное и геометрическое черчение. Варианты заданий, рекомендации и примеры выполнения : учебное пособие / Л. В. Павлова, И. А. Ширшова. — Саратов : Вузовское образование, 2018. — 66 с. — ISBN 978-5-4487-0254-9 (ч. 2), 978-5-4487-0252-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/75685.html>

12. Хныкина, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебное пособие / А. Г. Хныкина. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 99 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/69383.html>

13. Буткарев, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебно-методическое пособие / А. Г. Буткарев, Б. Б. Земсков. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий, 2015. — 111 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/66457.html>

14. Проекционное черчение в КОМПАС-3D : учебное пособие / А. А. Черепашков, О. М. Севостьянова, И. В. Емельянова, Н. В. Емельянов. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 115 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/105052.html>

15. Каталог стандартов ЕСКД - <https://c-kd.ru/eskd/>
16. Чертежная документация - <http://gk-drawing.ru>
17. Видеоуроки по черчению - <https://forkettle.ru/vidioteka/tekhnicheskie-nauki/cherchenie/240-inzhenernaya-grafika-ot-omgtu>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 26. Сечения

1. Цель: получение навыков и умений при построении проекционных изображений деталей в масштабе

2. Теоретическое обоснование

Сечением называется изображение фигуры, получающееся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. В отличие от разреза на сечении показывается только то, что расположено непосредственно в секущей плоскости.

Сечения применяются для выявления формы отдельных элементов детали. Их целесообразно применять для таких деталей, как рычаги, стойки, профили проката, валы с отверстиями и шпоночными пазами, рукоятки, спицы, рамы.

Сечения в зависимости от их расположения на чертеже подразделяются на **вынесенные** и **наложенные** (рисунок 26.1). Вынесенные сечения предпочтительны.

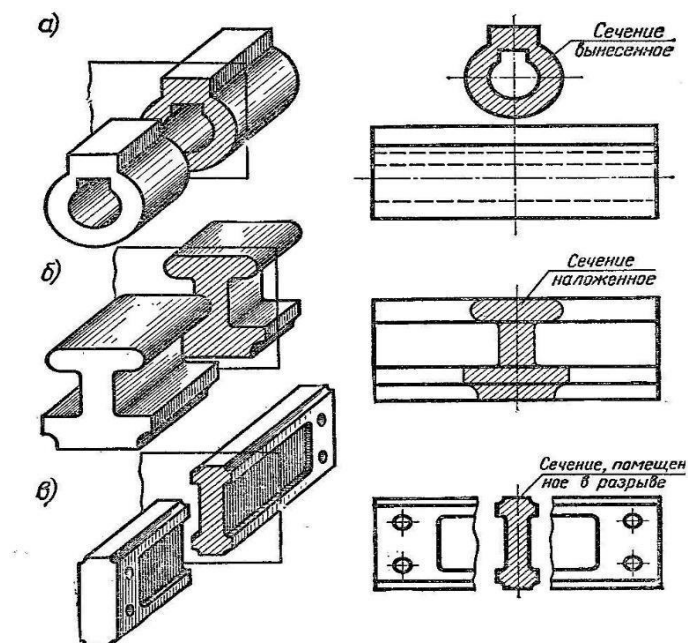


Рисунок 26.1 – Классификация сечений

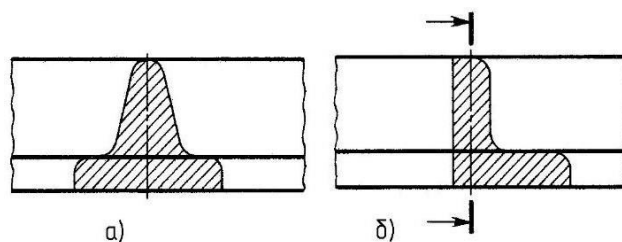


Рисунок 26.2 – Наложенные сечения

Наложенное сечение (рисунки 26.1б и 26.2) располагают непосредственно на виде детали. Контур такого сечения обводят сплошной тонкой линией. Если форма сечения симметричная (рисунок 26.2а), то след секущей плоскости не проводят и сечение не сопровождается надписью. Если форма сечения несимметричная (рисунок 26.2б), то проводят след секущей плоскости со стрелками, показывающими направление взгляда, но буквенное обозначение у стрелок и надпись над сечением не выполняют.

Вынесенное сечение располагают вне контура вида детали (рисунок 26.1а). Его допускается располагать в разрыве между частями вида (рисунок 26.1в). Контур такого сечения обводят сплошной основной линией.

Вынесенное сечение на чертеже может располагаться по-разному.

1. На продолжении следа секущей плоскости (рисунки 26.3а и б). Если при этом фигура сечения симметричная, то на месте условного сечения проводят штрихпунктирную линию и след секущей плоскости не обозначается (рисунок 26.3а). Если же фигура несимметричная, то след секущей плоскости изображают разомкнутыми штрихами со стрелками, показывающими направление взгляда. Буквенное обозначение не ставят.

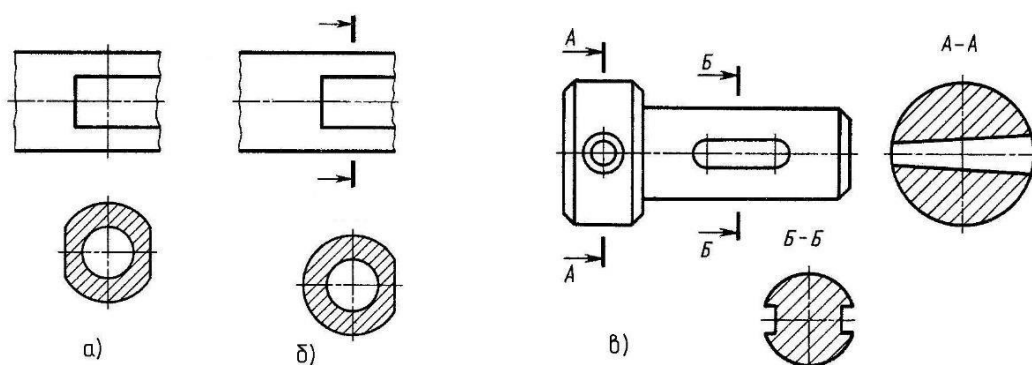


Рисунок 26.3 – Варианты расположения вынесенного сечения

2. В проекционной связи на месте одного из видов (рисунок 26.3в, сечение А–А). Такое сечение всегда обозначают разомкнутыми штрихами и буквами.

3. На свободном поле чертежа. Такое сечение всегда обозначают и показывают след секущей плоскости (рисунок 26.3в, сечение Б–Б).

Если секущая плоскость проходит через ось цилиндрической или конической поверхности, то в сечении контур отверстия показывают по типу разреза (рисунок 26.3, сечение А–А). Если же секущая плоскость проходит через шпоночный паз, то края отверстия не замыкаются (рисунок 26.3, сечение Б–Б).

Когда секущая плоскость проходит через некруглое отверстие и сечение получается состоящим из отдельных частей, то сечение заменяют разрезом (рис. 26.4, сечение В–В).

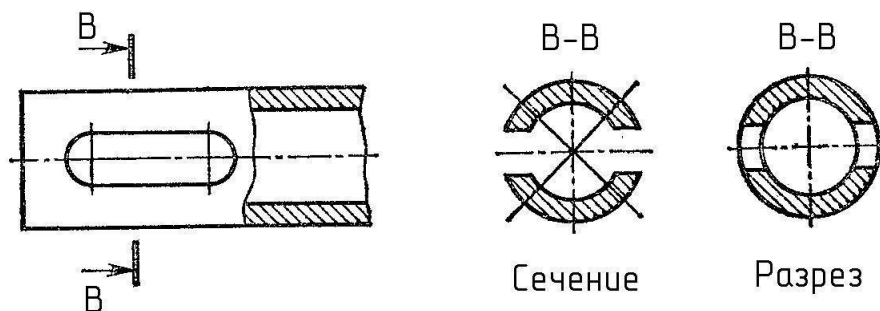


Рисунок 26.4 – Сечение не круглого отверстия

Следует обратить внимание на простановку размеров на сечении шпоночного паза (рисунок 26.5).

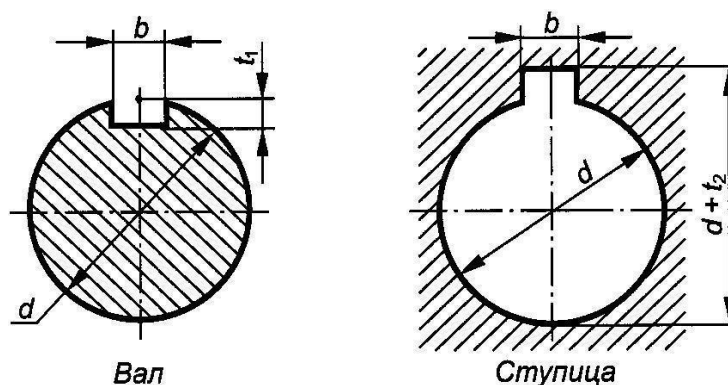


Рисунок 26.5–Размеры шпоночного паза

Для простановки глубины шпоночного паза на валу t_1 дуга окружности d продолжается тонкой линией до пересечения с вертикальной осью, где ставится жирная точка. От этой точки и проводится выносная линия. Размер $d+t_2$ на ступице всегда дробное число, например, 27,3.

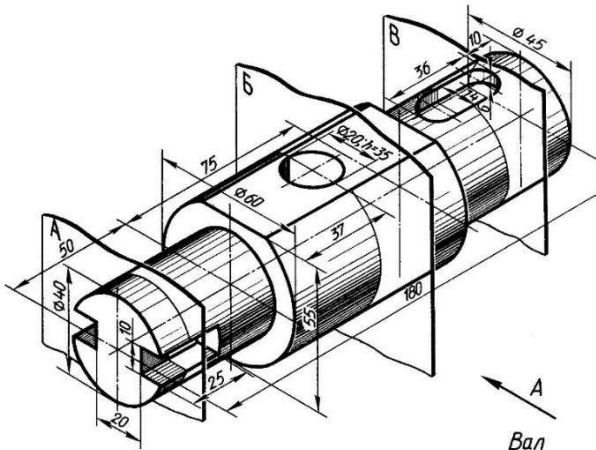
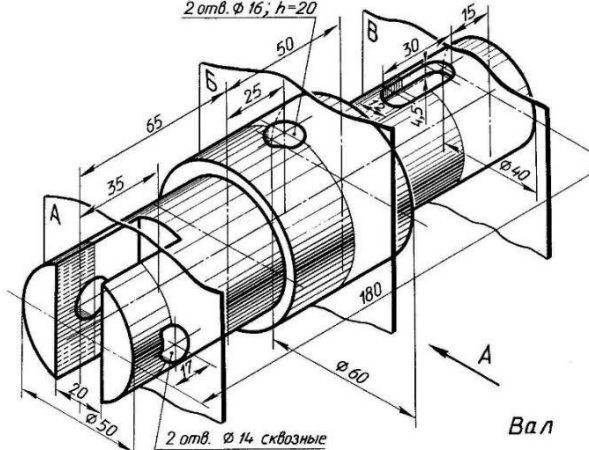
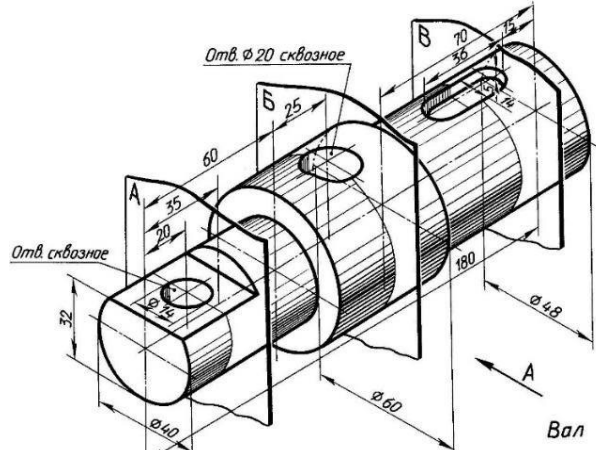
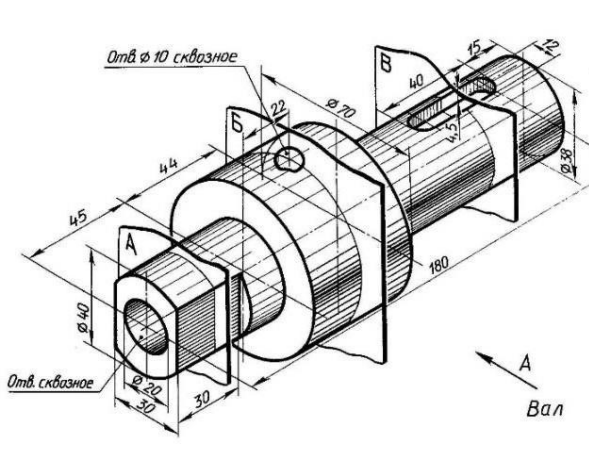
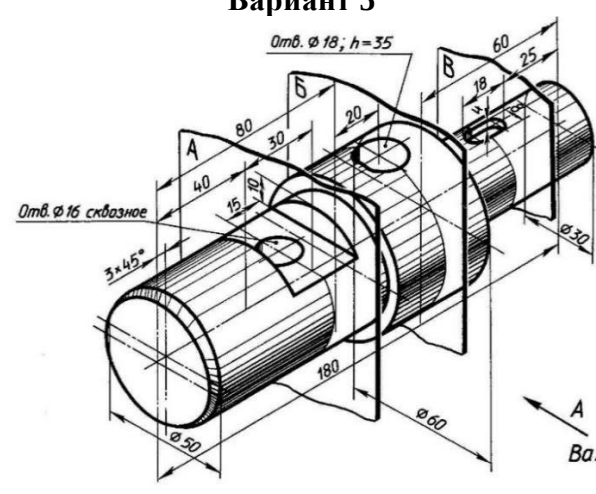
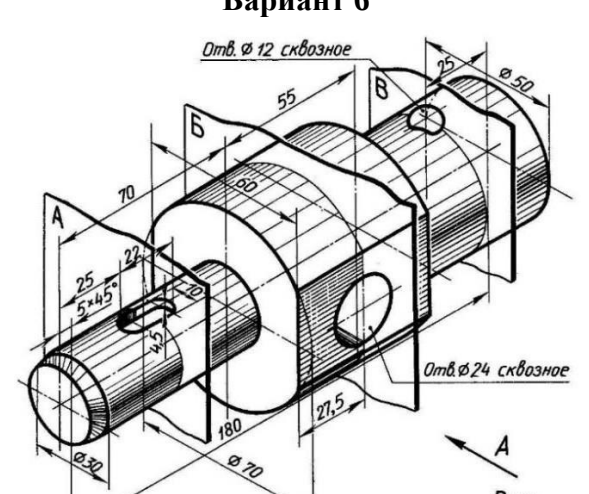
3. Ход работы

Задание 26.1. На формате А3 выполнить три сечения вала. Вариант своего задания взять из таблицы 26.1. Сначала построить в тонких линиях главный вид вала по направлению, заданному стрелкой А. Затем сечение по плоскости А–А выполнить на следе секущей плоскости (оно не обозначается). Сечение по плоскости В–В выполнить на свободном поле

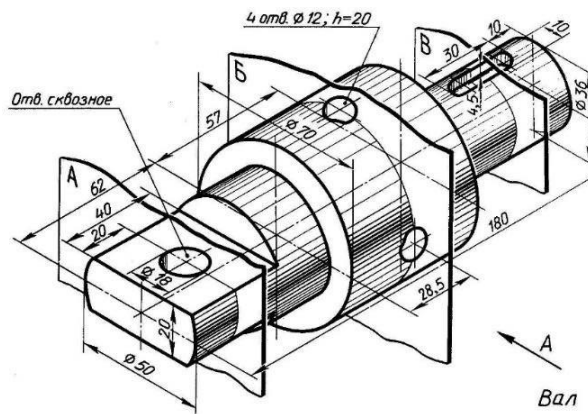
чертежа (оно получит обозначение **А–А**). Сечение по плоскости **В–В** выполнить в проекционной связи на виде слева (оно получит обозначение **Б–Б**). Заштриховать сечения. Затем выполнить обводку чертежа. Проставить размеры. Заполнить основную надпись.

Образец выполнения задания приведен на рисунке 26.6.

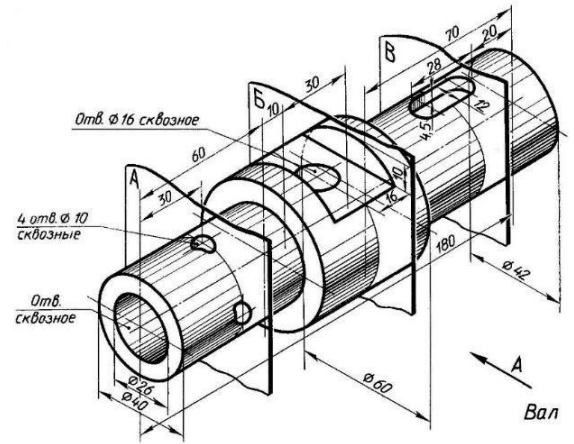
Таблица 26.1 - Данные к заданию 26.1

Вариант 1 	Вариант 2 
Вариант 3 	Вариант 4 
Вариант 5 	Вариант 6 

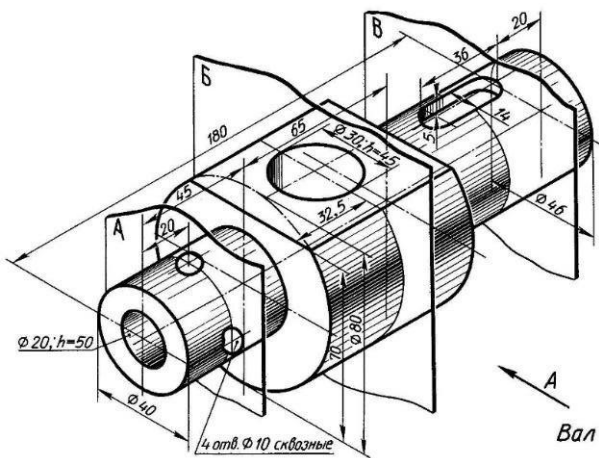
Вариант 7



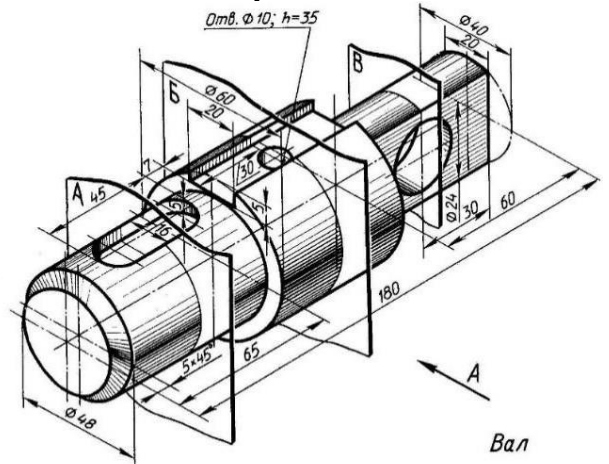
Вариант 8



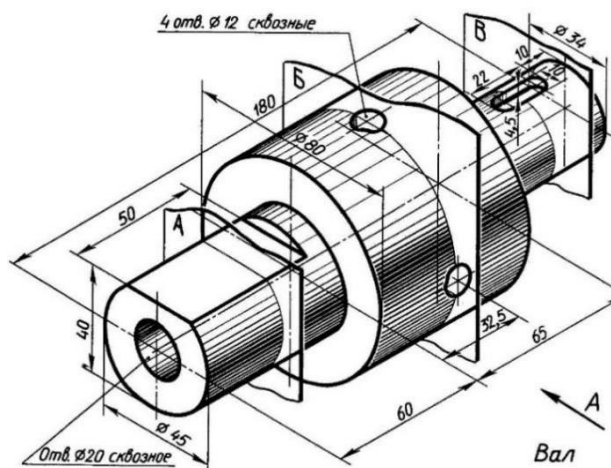
Вариант 9



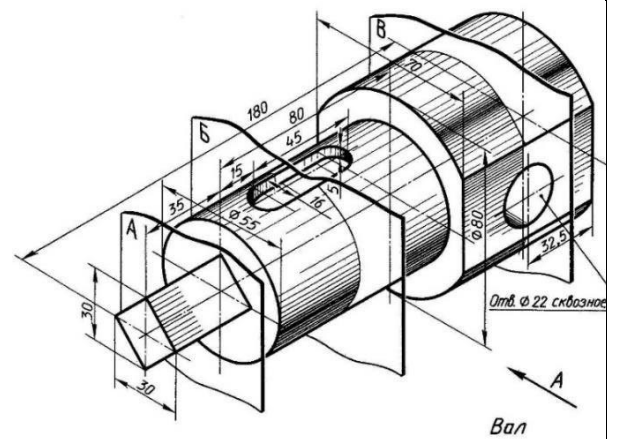
Вариант 10



Вариант 11



Вариант 12



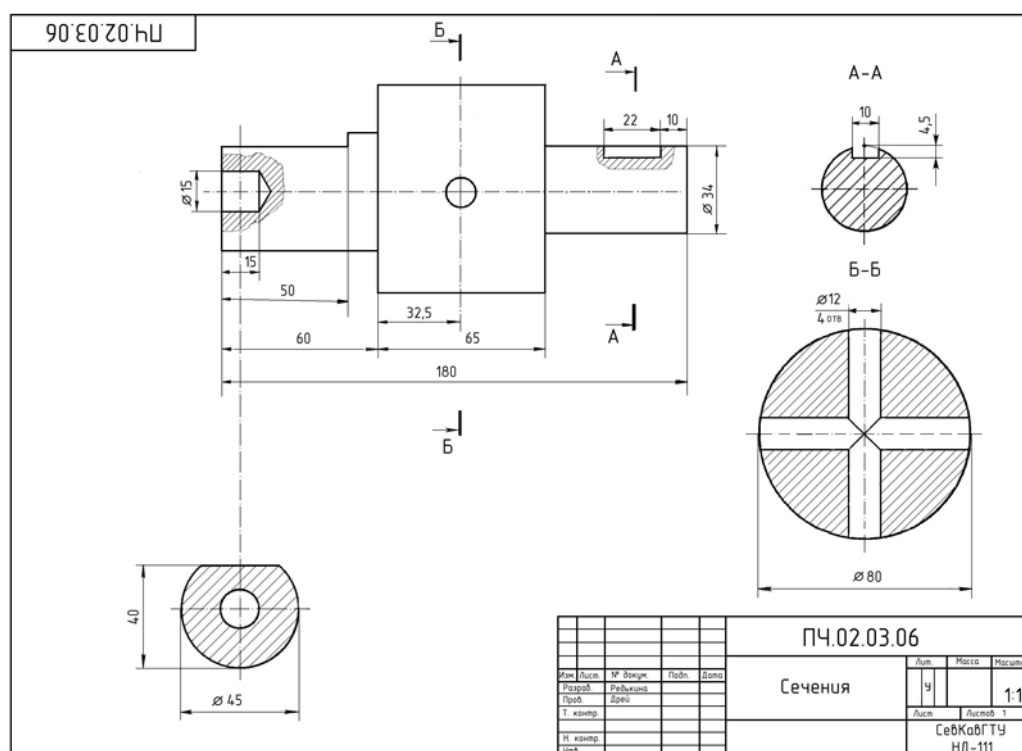


Рисунок 26.6 – Пример выполнения задания 26.1

4. Контрольные вопросы

1. Отличие сечения от разреза.
2. В каких случаях сечение не обозначается?
3. Где располагают вынесенное сечение?

5. Литература

1. Кондратьева, Т. М. Инженерная и компьютерная графика. Часть 1. Теория построения проекционного чертежа : учебное пособие / Т. М. Кондратьева, Т. В. Митина, М. В. Царе-ва. — Москва : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Ме-диа, ЭБС АСВ, 2016. — 290 с. — ISBN 978-5-7264-1234-4. — Текст : электронный // Циф-ровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/42898.html>

2. Уласевич, З. Н. Инженерная графика: практикум : учебное пособие / З. Н. Уласе-вич, В. П. Уласевич, Д. В. Омесь. — 2-е изд. — Минск : Вышэйшая школа, 2020. — 208 с. — ISBN 978-985-06-3156-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/119982.html>

3. Макарова, М. Н. Техническая графика. Теория и практика : учебное пособие / М. Н. Макарова. — Москва : Академический проект, 2020. — 493 с. — ISBN 978-5-8291-3046-

6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110040.html>

4. Кокошко, А. Ф. Инженерная графика. Практикум : учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 88 с. — ISBN 978-985-503-946-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93424.html>.

5. Павлова, Л. В. Инженерная графика. В 2 ч. Ч. 2. Проекционное и геометрическое черчение. Варианты заданий, рекомендации и примеры выполнения : учебное пособие / Л. В. Павлова, И. А. Ширшова. — Саратов : Вузовское образование, 2018. — 66 с. — ISBN 978-5-4487-0254-9 (ч. 2), 978-5-4487-0252-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/75685.html>

6. Хныкина, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебное пособие / А. Г. Хныкина. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 99 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/69383.html>

7. Буткарев, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебно-методическое пособие / А. Г. Буткарев, Б. Б. Земсков. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий, 2015. — 111 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/66457.html>

8. Проекционное черчение в КОМПАС-3D : учебное пособие / А. А. Черепашков, О. М. Севостьянова, И. В. Емельянова, Н. В. Емельянов. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 115 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/105052.html>

9. Чертежная документация - <http://gk-drawing.ru>

10. Видеоуроки по черчению - <https://forkettle.ru/vidioteka/tekhnicheskie-nauki/cherchenie/240-inzhenernaya-grafika-ot-omgtu>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 27. Аксонометрические проекции. Прямоугольная изометрия

1. Цель: выработка знаний и навыков, необходимых для чтения и выполнения конструкторско-технологической, проектной и рабочей технической документации в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД

2. Теоретическое обоснование

АксонOMETрической проекцией называется изображение предмета вместе с координатными осями X, Y, Z на аксонOMETрической плоскости, полученное параллельным проецированием, направление которого не совпадает с направлением координатных осей (рисунок 27.1).

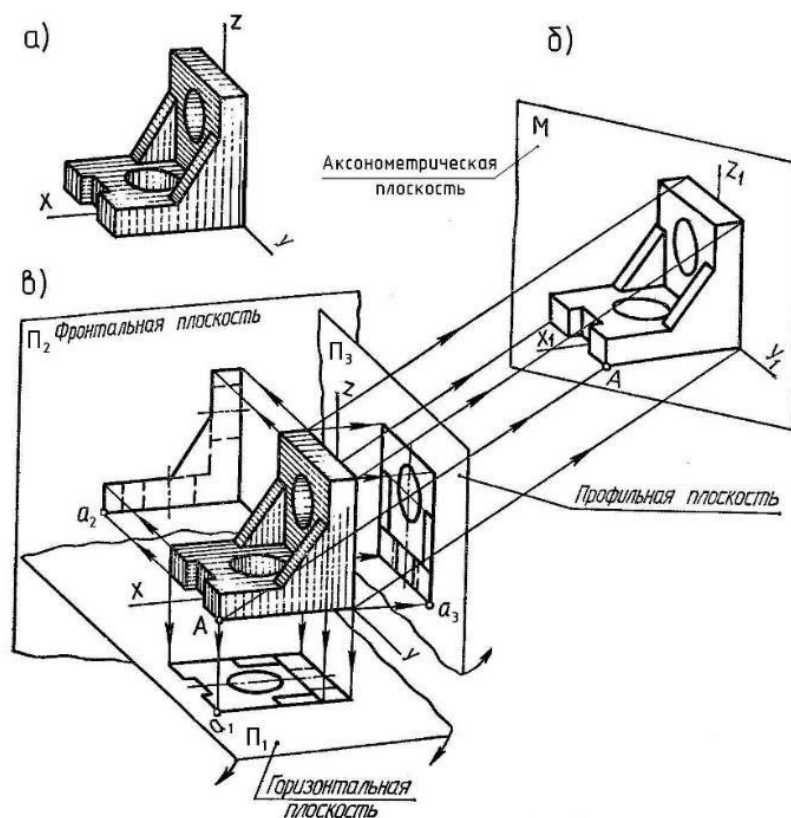


Рисунок 27.1 – Образование аксонOMETрии

На рисунке 27.1а изображена деталь, ориентированная относительно осей X, Y, Z . На рисунке 27.1б показано построение аксонOMETрического изображения этой детали на аксонOMETрической плоскости **М**. На рисунке 27.1в – получение ортогональных проекций на три плоскости Π_1, Π_2 и Π_3 (как образование видов). Оси X_1, Y_1 и Z_1 (рисунок 27.1б) называют аксонOMETрическими осями.

По ГОСТ 2.317-69 существует множество аксонOMETрических проекций, но каждая из них отличается расположением аксонOMETрических осей и коэффициентами искажения. Наиболее распространены прямоугольные изометрическая и диметрическая проекции.

Прямоугольная изометрия. В изометрии координатные оси наклонены под одинаковым углом к плоскости аксонOMETрических проекций и углы между аксонOMETрическими осями равны 120° (рисунок 27.2а).

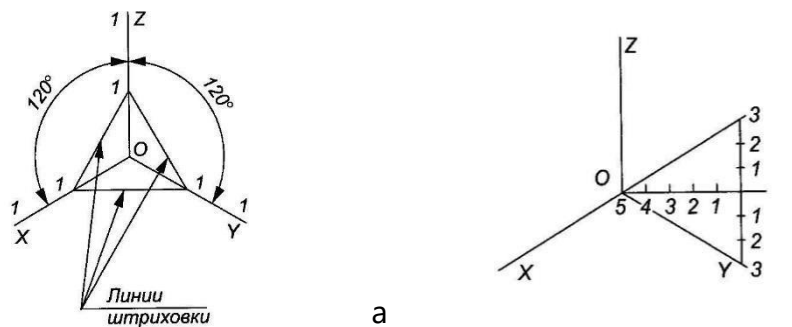


Рисунок 27.2 – Оси координат в изометрии

При таком проецировании коэффициент искажения по всем трем осям будет равен **0,82**. Однако изометрию для упрощения выполняют без искажения по осям, приняв коэффициент искажения равным **1**. Поэтому изометрическая проекция получается увеличенной в **1,22** раза по сравнению с исходным изделием. Линии штриховки в разрезах проводят параллельно линиям, соединяющим концы одинаковых отрезков, отложенных на аксонометрических осях.

Оси можно построить с помощью линейки и треугольника с углами **30°** и **60°**. Другой вариант показан на рисунке 27.26. На горизонтальной прямой вправо (или влево) от точки **O** откладывают пять одинаковых отрезков, а вниз и вверх по вертикали – по три таких же отрезка. Ось **X** проводят через точку **O** и точку **3**, расположенную выше горизонтальной прямой, а ось **Y** – через точку **O** и точку **3**, расположенную ниже горизонтальной прямой.

При построении аксонометрических проекций отрезки прямых линий тела или плоской фигуры, параллельные осям координат на комплексном чертеже, должны быть параллельны соответствующим аксонометрическим осям. На изометрии проставляются только габаритные размеры, выносные линии проводят параллельно аксонометрическим осям X, Y, Z, а размерные линии – параллельно измеряемому отрезку. Пример прямоугольной изометрии приведен на рисунке 27.3.

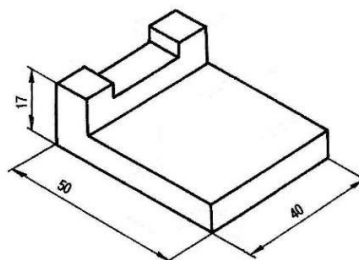


Рисунок 27.3 – Изометрия детали с габаритными размерами

Построение овала в изометрии в плоскости XOY и детали с четвертью выреза показано на рисунке 27.4. Для любой плоскости проекций большая ось овала всегда перпен-

дикулярна оси, которой нет в этой плоскости, а малая ось совпадает с направлением отсутствующей оси.

В изометрии по осям X и Y размеры не изменяются. Поэтому на них откладываем отрезки AB и CD равные диаметру заданной окружности. Затем из точки B проводим перпендикуляр к оси Y до пересечения с осью Z в точке O_1 . В пересечении с горизонтальной прямой (большой осью овала) получаем точку O_2 . Точки O_1 и O_2 являются соответственно центрами дуг $3/4$ радиусов R и r , которыми соединяются точки C и B , B и D , а также A и C .

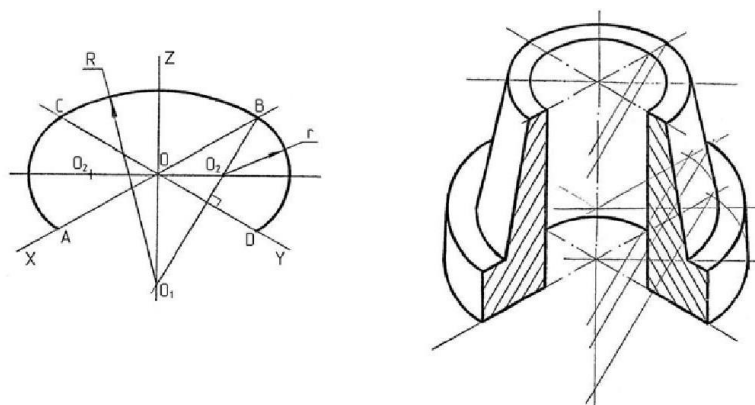


Рисунок 27.4 – Овал в изометрии и деталь с четвертью выреза

3. Ход работы

Задание 27.1 Выполнить изометрическую проекцию детали из задания 22.1. Данные своего варианта взять из таблицы 22.1. Заполнить основную надпись. Образец выполнения работы представлен на рисунке 22.5.

4. Контрольные вопросы

1. Какие виды аксонометрических проекций вы знаете?
2. Под каким углом расположены оси в изометрии?
3. Какую фигуру представляет изометрическая проекция окружности?
4. Основные правила нанесения штриховки в аксонометрических проекциях.
5. Как получается аксонометрический чертёж?
6. Каков масштаб изображения в стандартной прямоугольной изометрии? Почему?
7. Как в изометрии расположена большая ось эллипса для окружности, принадлежащей профильной плоскости проекций?

5. Литература

1. Кондратьева, Т. М. Инженерная и компьютерная графика. Часть 1. Теория построения проекционного чертёжа : учебное пособие / Т. М. Кондратьева, Т. В. Митина, М. В. Царева. — Москва : Московский государственный строительный университет, Ай

Пи Эр Ме-диа, ЭБС АСВ, 2016. — 290 с. — ISBN 978-5-7264-1234-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/42898.html>

2. Уласевич, З. Н. Инженерная графика: практикум : учебное пособие / З. Н. Уласевич, В. П. Уласевич, Д. В. Омель. — 2-е изд. — Минск : Вышэйшая школа, 2020. — 208 с. — ISBN 978-985-06-3156-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/119982.html>

3. Макарова, М. Н. Техническая графика. Теория и практика : учебное пособие / М. Н. Макарова. — Москва : Академический проект, 2020. — 493 с. — ISBN 978-5-8291-3046-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110040.html>

4. Кокошко, А. Ф. Инженерная графика. Практикум : учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 88 с. — ISBN 978-985-503-946-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93424.html>.

5. Павлова, Л. В. Инженерная графика. В 2 ч. Ч. 2. Проекционное и геометрическое черчение. Варианты заданий, рекомендации и примеры выполнения : учебное пособие / Л. В. Павлова, И. А. Ширшова. — Саратов : Вузовское образование, 2018. — 66 с. — ISBN 978-5-4487-0254-9 (ч. 2), 978-5-4487-0252-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/75685.html>

6. Хныкина, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебное пособие / А. Г. Хныкина. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 99 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/69383.html>

7. Буткарев, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебно-методическое пособие / А. Г. Буткарев, Б. Б. Земсков. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий, 2015. — 111 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/66457.html>

8. Проекционное черчение в КОМПАС-3D : учебное пособие / А. А. Черепашков, О. М. Севостьянова, И. В. Емельянова, Н. В. Емельянов. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 115 с. — Текст : электронный

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 28. Аксонометрические проекции. Прямоугольная диметрия

1. Цель: выработка знаний и навыков, необходимых для чтения и выполнения конструкторско-технологической, проектной и рабочей технической документации в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД

2. Теоретическое обоснование

По ГОСТ 2.317-69 существует множество аксонометрических проекций, но каждая из них отличается расположением аксонометрических осей и коэффициентами искажения. Наиболее распространены прямоугольные изометрическая и диметрическая проекции.

Прямоугольная диметрия. В диметрии две координатные оси одинаково наклонены к плоскости аксонометрических проекций, а третья – под другим углом. В этом случае угол между осями X и Y и горизонтальной линией равен соответственно $70^{\circ}10'$ и $41^{\circ}25'$ (рис. 28.1а).

При таком проецировании коэффициент искажения по оси Y равен **0,47**, а по осям X и Z – **0,94**. Однако для упрощения диметрию выполняют с коэффициентами **0,5** и **1**. Поэтому диметрическая проекция получается увеличенной в **1,06** раза по сравнению с исходным изделием. Линии штриховки в разрезах проводят параллельно линиям, соединяющим концы одинаковых отрезков на осях X и Z и половины такого отрезка на оси Y (рисунок 28.1а).

Построение осей прямоугольной диметрии без применения транспортира с соотношением 8: 7: 1 показано на рисунке 28.1б.

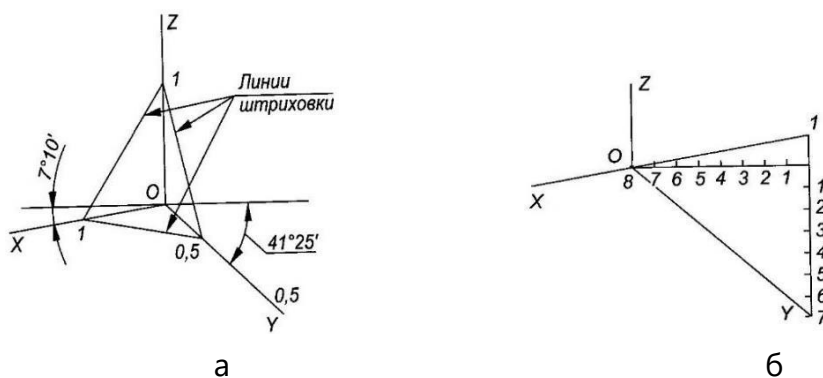


Рисунок 28.1 – Оси координат в диметрии

В практическом занятии необходимо будет выполнить аксонометрию детали с четвертью выреза, имеющую цилиндрические отверстия. В аксонометрии окружность проецируется в эллипс. Но для упрощения построений эллипс заменяют овалом.

Построение овала в диметрии в плоскости XOY и детали с четвертью выреза показано на рисунке 28.2.

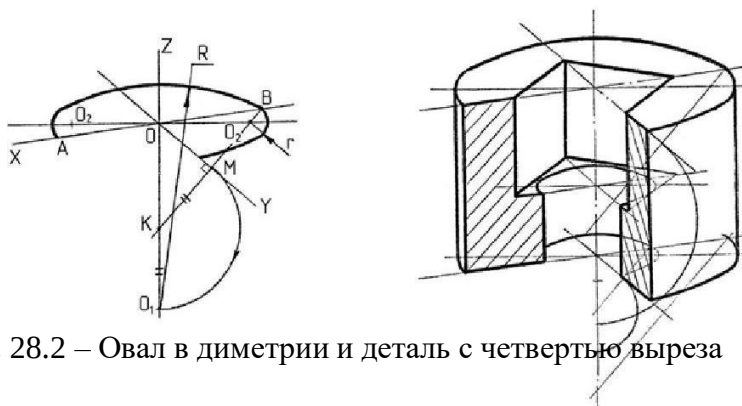


Рисунок 28.2 – Овал в диметрии и деталь с четвертью выреза

В диметрии размер не изменяется по оси X . Поэтому на ней откладываем отрезок AB равный диаметру заданной окружности. Затем из точки B проводим перпендикуляр к оси Y до пересечения с осью Z в точке K . Затем радиусом KM проводим дугу до пересечения с осью Z в точке O_1 . При пересечении прямой BK с горизонтальной прямой (большой осью овала) получаем точку O_2 . Точки O_1 и O_2 являются центрами дуг радиусов R и r , которыми проводятся дуги между точками B и A .

3. Ход работы

Задание 28.1. Выполнить диметрическую проекцию детали из задания 23.1 с четвертью выреза. Данные своего варианта взять из таблицы 23.1. Заполнить основную надпись. Образец выполнения работы представлен на рисунке 23.9.

4. Контрольные вопросы

1. Какие виды аксонометрических проекций вы знаете?
2. Какие приняты коэффициенты искажения по осям X , Y , Z для построения диметрической проекции?
3. Под какими углами расположены оси в диметрии?
4. Основные правила нанесения штриховки в аксонометрических проекциях.
5. Как получается аксонометрический чертеж?
6. Какой фигурой будет являться диметрическая проекция квадрата?
7. Как построить диметрическую проекцию окружности, расположенной во фронтальной плоскости проекций?

5. Литература

1. Кондратьева, Т. М. Инженерная и компьютерная графика. Часть 1. Теория построения проекционного чертежа : учебное пособие / Т. М. Кондратьева, Т. В. Митина, М. В. Царева. — Москва : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 290 с. — ISBN 978-5-7264-1234-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/42898.html>
2. Уласевич, З. Н. Инженерная графика: практикум : учебное пособие / З. Н. Уласевич, В. П. Уласевич, Д. В. Омесь. — 2-е изд. — Минск : Вышэйшая школа, 2020. — 208 с. — ISBN 978-985-06-3156-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/119982.html>
3. Макарова, М. Н. Техническая графика. Теория и практика : учебное пособие / М. Н. Макарова. — Москва : Академический проект, 2020. — 493 с. — ISBN 978-5-8291-3046-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110040.html>
4. Кокошко, А. Ф. Инженерная графика. Практикум : учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 88 с. — ISBN 978-985-503-946-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93424.html>
5. Павлова, Л. В. Инженерная графика. В 2 ч. Ч. 2. Проекционное и геометрическое черчение. Варианты заданий, рекомендации и примеры выполнения : учебное пособие / Л. В. Павлова, И. А. Ширшова. — Саратов : Вузовское образование, 2018. — 66 с. — ISBN 978-5-4487-0254-9 (ч. 2), 978-5-4487-0252-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/75685.html>
6. Хныкина, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебное пособие / А. Г. Хныкина. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 99 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/69383.html>
7. Буткарев, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебно-методическое пособие / А. Г. Буткарев, Б. Б. Земсков. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий, 2015. — 111 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/66457.html>

8. Проекционное черчение в КОМПАС-3D : учебное пособие / А. А. Черепашков, О. М. Севостьянова, И. В. Емельянова, Н. В. Емельянов. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 115 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/105052.html>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 29. Резьбовые соединения. Их условное изображение и обозначение

1. Цель: Получение навыков и умений построения резьбовых соединений

2. Теоретическое обоснование

Резьбой называют поверхность, образованную при винтовом движении плоской фигуры по цилиндрической или конической поверхности и задающей профиль резьбы. Все резьба стандартизованы (кроме прямоугольной).

Шаг резьбы P – это расстояние между соседними витками, измеренное параллельно оси резьбы между ее одноименными элементами (рисунок 29.1). Стандарты устанавливают для одного и того же номинального диаметра один крупный шаг резьбы и до пяти размеров мелких шагов.

Ход резьбы P_h – это величина осевого перемещения винта за один оборот на угол 360° (рисунок 29.1). В однозаходной резьбе ход равен шагу, а в многозаходной – произведению шага P на число заходов n , т. е. $P_h = nP$. На разрезе **A–A** видны концы двух винтовых ниток в виде полукругов. Многозаходную резьбу применяют там, где при малых углах поворота нужно получить большое перемещение.

Профиль резьбы – это контур сечения резьбы в плоскости, проходящей через ее ось. В зависимости от профиля резьба называется: треугольная, трапецеидальная, круглая и прямоугольная (рисунок 29.2). Резьба может быть – **наружная** (на валу) и **внутренняя** (в отверстии). Направление резьбы может быть **левым** и **правым**.

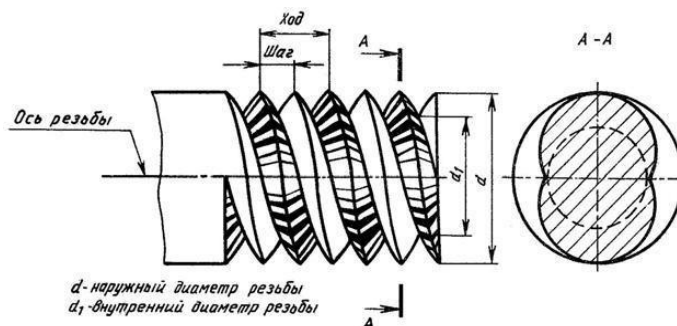


Рисунок 29.1 – Резьба цилиндрическая двухзаходная

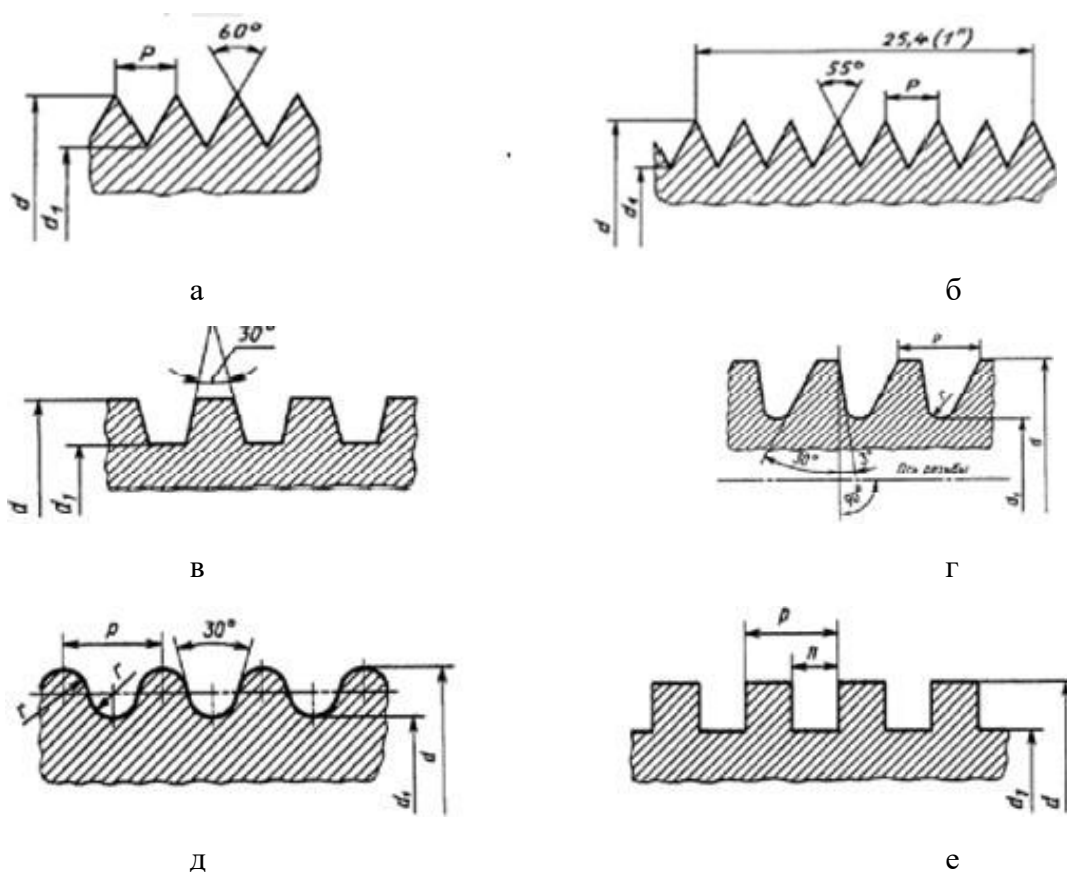


Рисунок 29.2 – Типы резьб

Рисунок 29.2а – **метрическая резьба** является основной крепежной резьбой. Она измеряется в миллиметрах. На чертеже обозначается буквой **М**.

Рисунок 29.2б – **трубная резьба** применяется для соединения трубопроводов. Она измеряется в дюймах (1"=25,4 мм). На чертеже обозначается буквой **G**.

Рисунок 29.2в – **трапецеидальная резьба** (или ходовая) применяется на ходовых винтах станков. На чертеже обозначается буквой **Tr**.

Рисунок 29.2г – **упорная резьба** (или силовая) применяется для восприятия больших осевых усилий в винтовых прессах, домкратах, тисках. На чертеже обозначается буквой **S**.

Рисунок 29.2д – **круглая резьба** применяется в пожарной арматуре, сантехнике, электрических лампочках. На чертеже обозначается буквой **Kp**.

Рисунок 29.2е – **прямоугольная резьба** относится к нестандартным. Все размеры проставляются конструктором на чертеже.

Изображение резьбы на чертеже. Вычерчивание резьбы в виде винтовой поверхности – трудоемкая работа, поэтому на чертежах ее изображают условно по ГОСТ 2.311–68 независимо от формы профиля и назначения (рисунок 29.3). На торце стержня и отверстия всегда делают фаски под углом 45° .

Наружная резьба (на стержне на рисунке 29.3а) изображается сплошными толстыми основными линиями по наружному диаметру **d** и сплошными тонкими линиями по

внутреннему диаметру d_1 , (примерно на расстоянии 1 мм) пересекая фаску. Линию, определяющую границу резьбы, обозначают в конце ее полного профиля сплошной толстой линией.

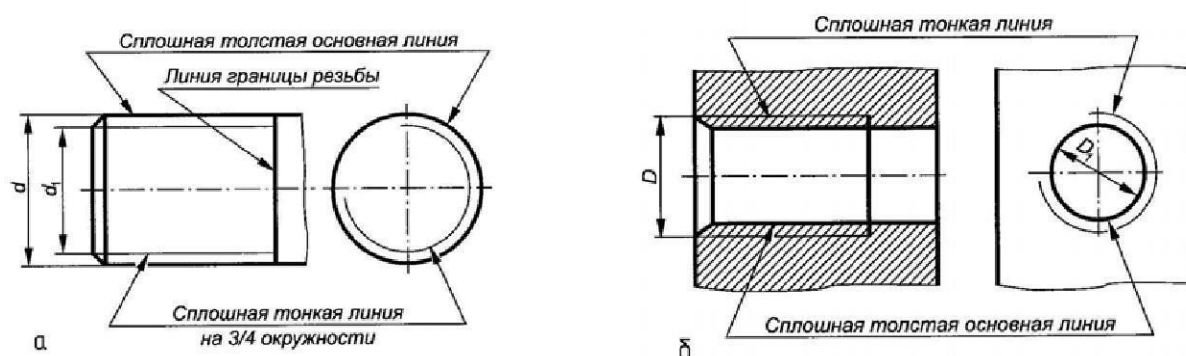


Рисунок 29.3 – Изображение резьбы

Внутренняя резьба (в отверстии на рисунке 29.3б) изображается сплошными толстыми основными линиями по внутреннему диаметру D_1 и сплошными тонкими линиями по наружному диаметру D (по штриховке).

На виде слева проводят сплошную тонкую линию в виде дуги $3/4$ окружности, разомкнутой в любом месте. Один конец дуги должен пересекать осевую линии, а другой конец – не доходить до нее. На этом изображении фаску не проводят.

При соединении двух деталей на резьбе (рисунке 29.4) их наружные и внутренние диаметры совпадают, так как имеют одинаковые номинальные размеры $D=d$. В месте соединения изображение резьбы выполняют по стержню, так как в разрезе стержень расположен ближе к наблюдателю и закрывает отверстие.

Обозначение резьбы на чертеже. В условное обозначение резьбы входят: буква для каждого типа (см. рисунок 29.2), номинальный диаметр (наружный) и размер шага. Если резьба левая, то добавляются буквы **ЛН**.

Пример обозначения метрической резьбы приведен на рисунке 29.5.

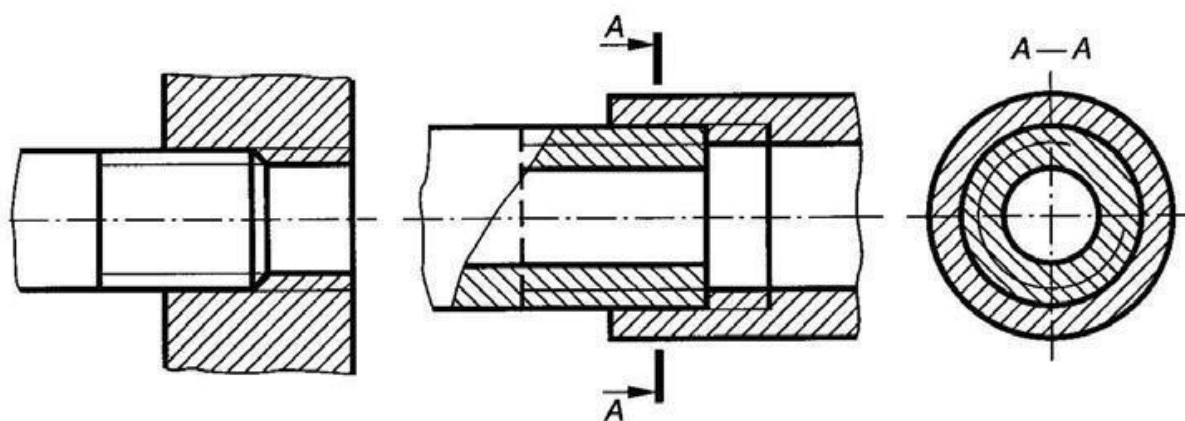


Рисунок 29.4 – Соединение резьбовое

Technical drawing showing the dimensions of a bolt (a) and a nut (b). The bolt (a) has a diameter of $M12$ and a thread length of 1.5 . The nut (b) has a diameter of $M12$.

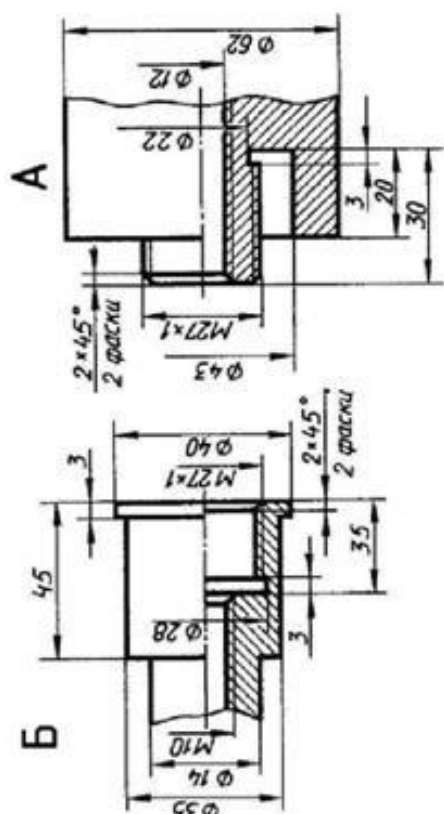
3. Ход работы

Образец выполнения задания приведен на рисунке 29.6.

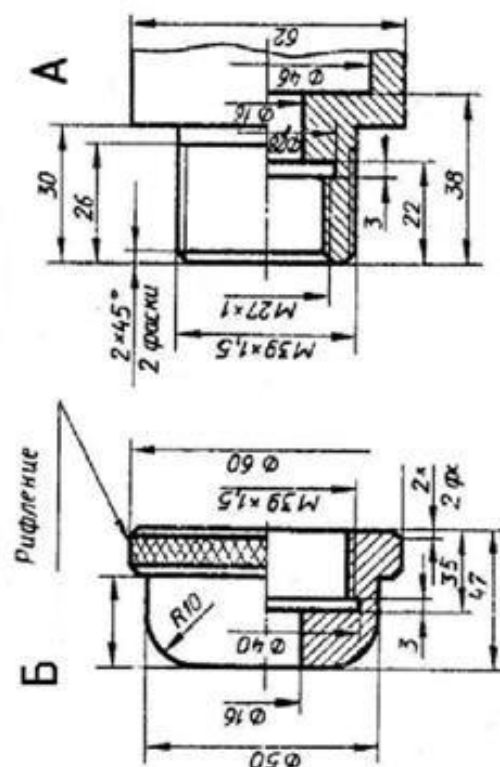
Вариант 1

Вариант 2

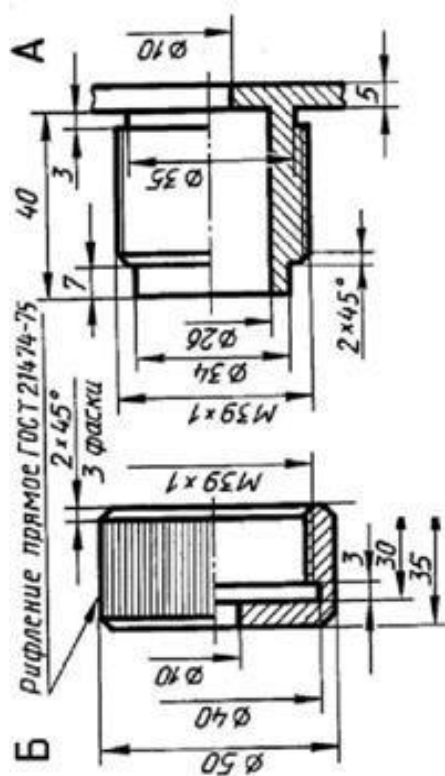
Вариант 3



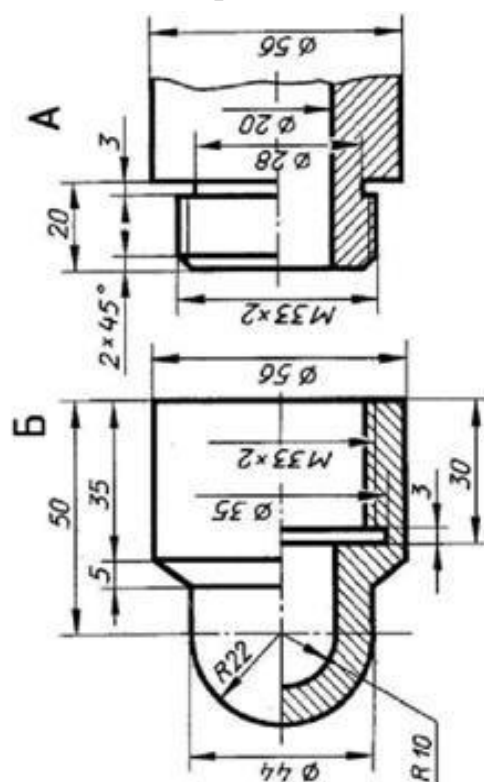
Вариант 4



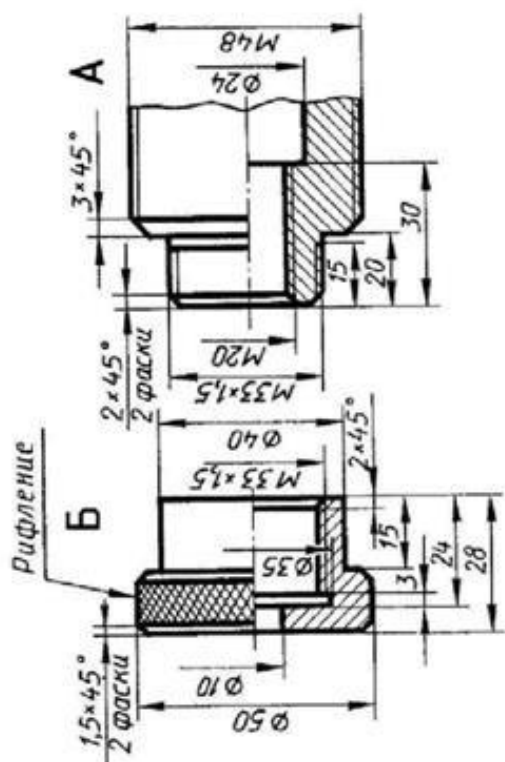
Вариант 5



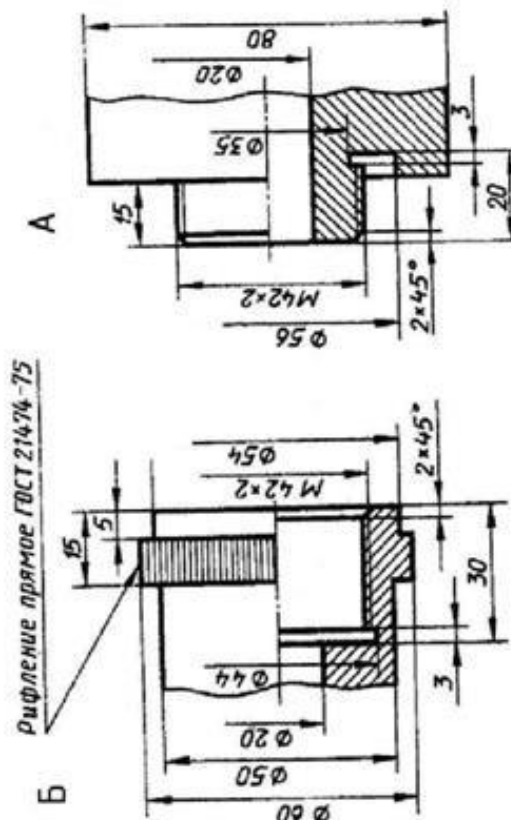
Вариант 6



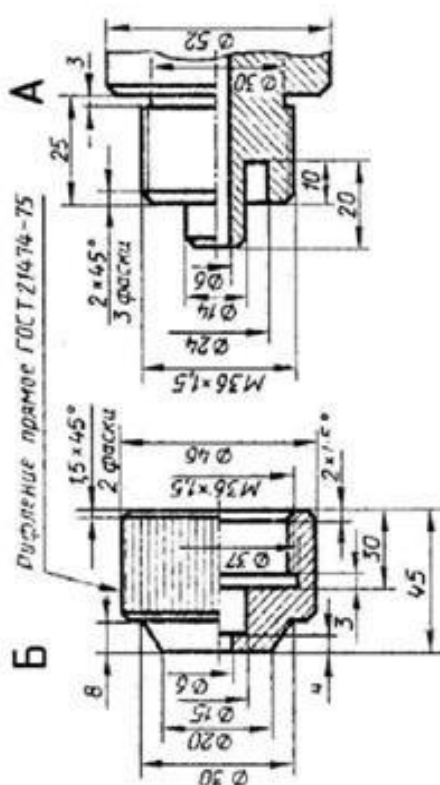
Вариант 7



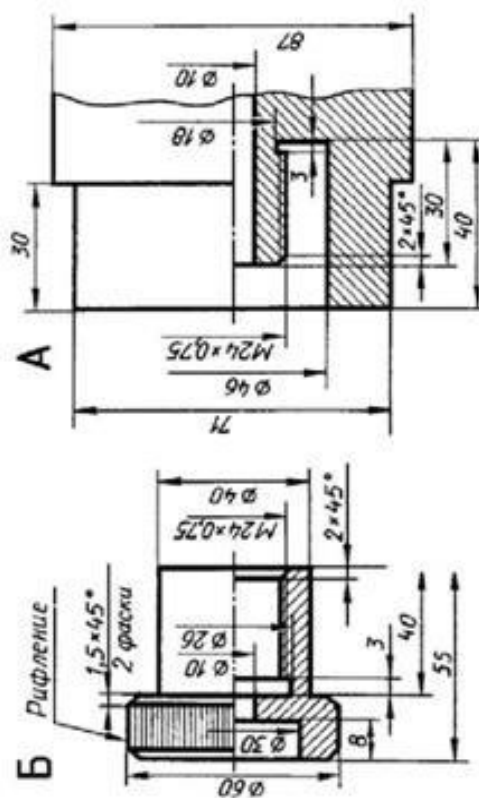
Вариант 8



Вариант 9



Вариант 10



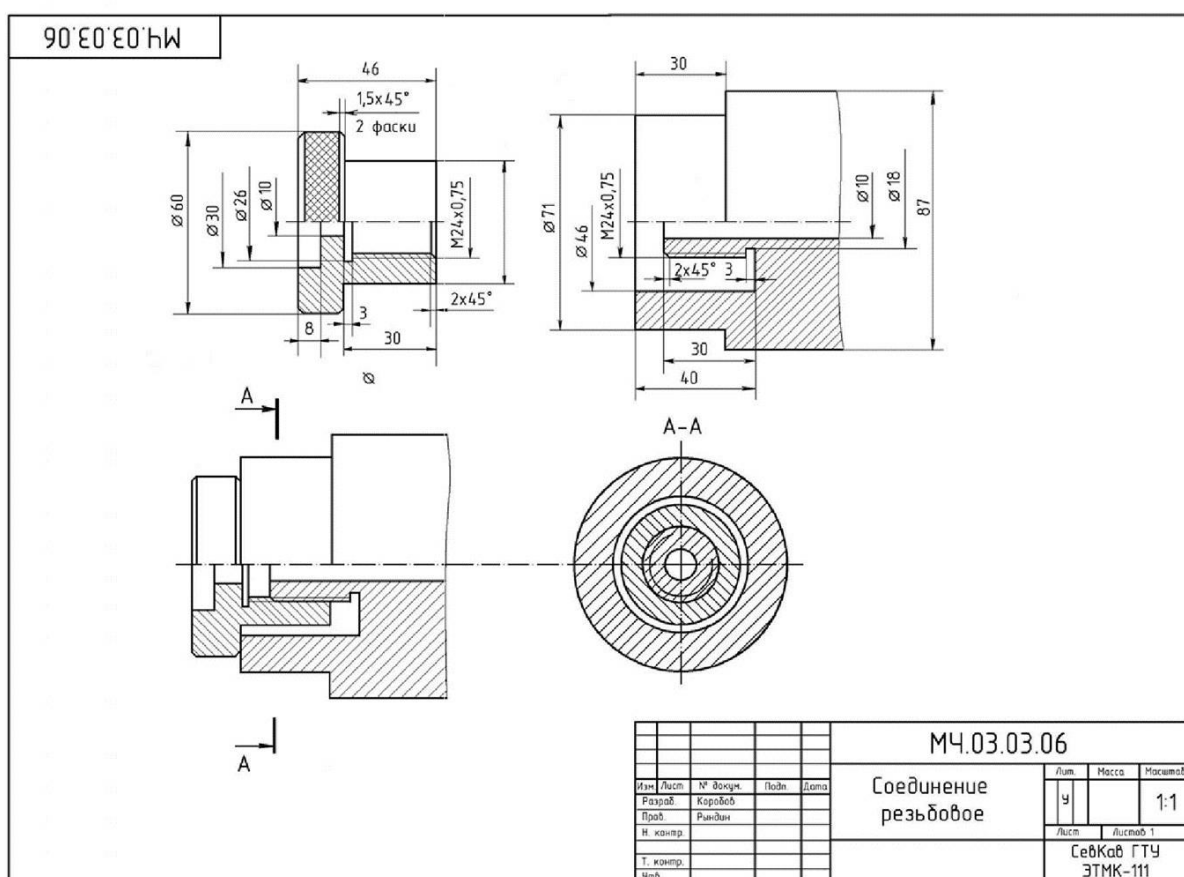
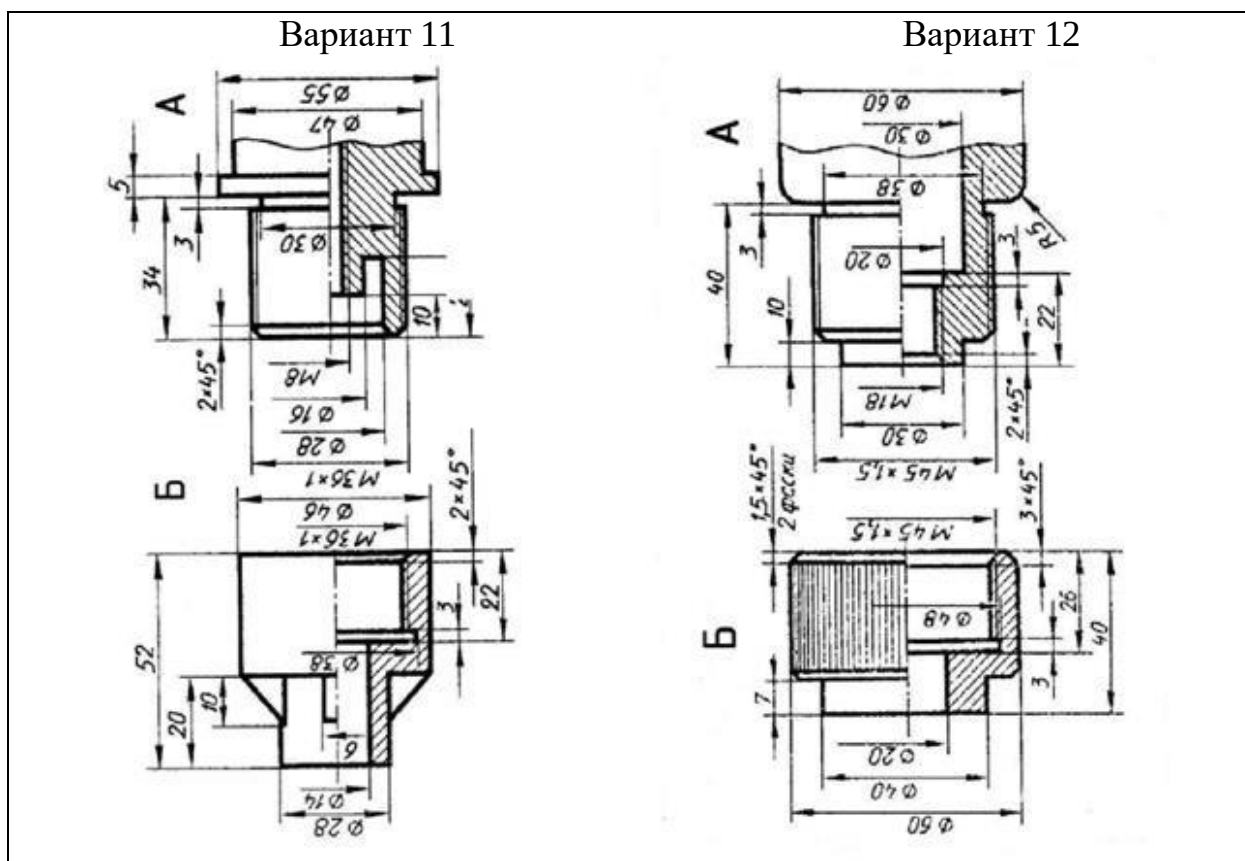


Рисунок 29.6 – Пример выполнения задания 29.1

4. Контрольные вопросы

1. Как классифицируются резьбы по профилю?
2. В чем состоит разница между шагом и ходом резьбы?
3. В каком случае шаг метрической резьбы не указывается?
4. Как изображается резьба на стержне?
5. Как выполняется штриховка в разрезах резьбовых изделий?

5. Литература

1. Уласевич, З. Н. Инженерная графика: практикум : учебное пособие / З. Н. Уласевич, В. П. Уласевич, Д. В. Омесь. — 2-е изд. — Минск : Вышэйшая школа, 2020. — 208 с. — ISBN 978-985-06-3156-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/119982.html>

2. Макарова, М. Н. Техническая графика. Теория и практика : учебное пособие / М. Н. Макарова. — Москва : Академический проект, 2020. — 493 с. — ISBN 978-5-8291-3046-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110040.html>

3. Кокошко, А. Ф. Инженерная графика. Практикум : учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. — Минск : РИПО, 2019. — 88 с. — ISBN 978-985-503-946-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93424.html>.

4. Хныкина, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебное пособие / А. Г. Хныкина. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 99 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/69383.html>

5. Буткарев, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебно-методическое пособие / А. Г. Буткарев, Б. Б. Земсков. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий, 2015. — 111 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/66457.html>

6. Проекционное черчение в КОМПАС-3D : учебное пособие / А. А. Черепашков, О. М. Севостьянова, И. В. Емельянова, Н. В. Емельянов. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 115 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/105052.html>

7. Каталог стандартов ЕСКД - <https://c-kd.ru/eskd/>
8. Чертежная документация - <http://gk-drawing.ru>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 30. Шпоночные и шлицевые соединения

1. **Цель:** получение навыков и умений построения разъемных соединений

2. Теоретическое обоснование

Соединение шпонками. Шпонка – это деталь, устанавливаемая в пазах двух соединяемых деталей для передачи крутящего момента. Рабочие (боковые) грани шпонки передают вращение от вала к ступице и обратно (рисунок 30.1а).

Шпоночные соединения могут быть неподвижными и подвижными. Форма и размеры шпонок стандартизированы и зависят от диаметра вала. По форме шпонки делятся на призматические ГОСТ 23360–78 (рисунок 30.1б), сегментные ГОСТ 24071–97 (рисунок 30.1в) и клиновые ГОСТ 24068–80 (рисунок 30.1г). Наибольшее распространение имеют призматические шпонки. Они характеризуются тремя размерами $b \times h \times l$ (ширина, высота и длина).

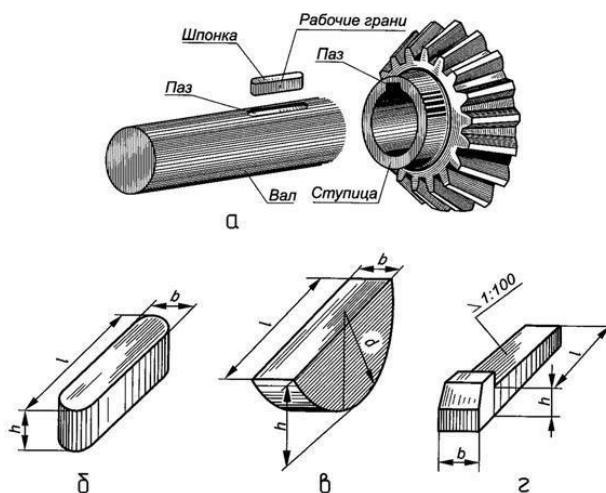


Рисунок 30.1 – Виды шпонок

Шпоночное соединение на чертеже изображается в продольном и поперечном разрезе (рисунок 30.2). В продольном разрезе шпонки изображаются не рассеченными, а шпоночный паз на валу выявляют местным разрезом. В поперечном сечении А–А штрихуются все три детали – вал, шпонка и ступица в разных направлениях.

Между пазом ступицы и верхней гранью шпонки существует **зазор**, который равен **0,3–0,4 мм**. На чертеже этот зазор показывают равным **1 мм**. Размеры шпонок **b** и **h**, глубина пазов на валу **t₁** и в ступице **t₂** (рисунок 30.2) определяются стандартом и зависят от диаметра вала **d**. В таблице 30.1 приведены некоторые выдержки из ГОСТа. Длину шпонки принимают на **5...6 мм** короче ступицы.

Условное обозначение шпоночного соединения на чертеже записывается на полке-выноске, заканчивающейся точкой на шпонке. Например: **Шпонка 8 х 7 х 40 ГОСТ 23360–78**.

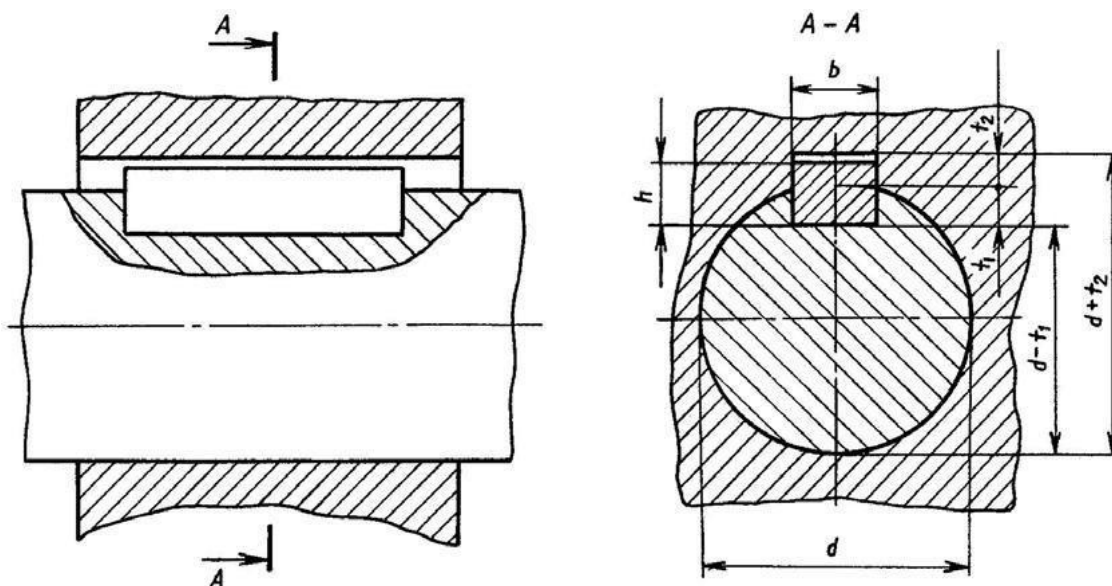


Рисунок 30.2 – Соединение шпоночное

Таблица 30.1 – Размеры призматических шпонок по ГОСТ 23360–78

Диаметр вала d	Размеры сечений шпонок		Глубина паза	
	b	h	вала t_1	втулки t_2
Св. 17 до 22	6	6	3,5	2,8
Св. 22 до 30	8	7	4	3,3
Св. 30 до 38	10	8	5	3,3
Св. 38 до 44	12	8	5	3,3
Св. 44 до 50	14	9	5,5	3,8
Св. 50 до 58	16	10	6	4,3

Шлицевые (зубчатые) соединения. Шлицевое соединение двух деталей осуществляется выступам, выполненными на валу, и соответствующими впадинами, выполненными в ступице (втулке), (рисунок 30.3).

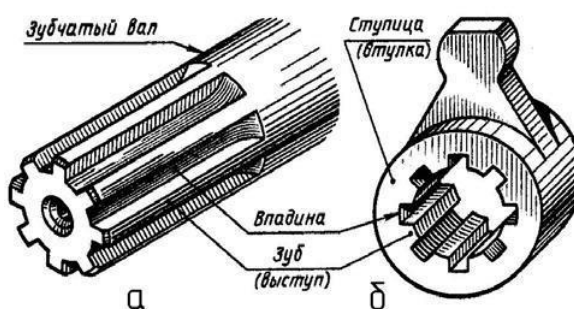


Рисунок 30.3 – Детали со шлицами

Это соединение можно рассматривать как **многошпоночное** соединение, в котором шпонки и пазы выполнены заодно с валом и ступицей.

Оно способно передавать значительно большие крутящие моменты, чем шпоночное, лучше осуществлять центрирование ступицы и вала и обеспечивать легкость осевого перемещения. Шлицевые соединения широко применяются во всех отраслях машиностроения.

Стандартные шлицевые соединения могут иметь прямобоочный, эвольвентный и треугольный профили шлица (зуба).

Прямобоочный профиль, выполняемый по ГОСТ 1139–80, получил наибольшее распространение. Прямобоочное соединение характеризуется диаметром **d**, наружным диаметром **D** и числом шлицов **z**, внутренней шириной шлица **b**.

Центрирование ступицы на валу может осуществляться следующими способами:

по боковым сторонам шлицев **b** (рисунок 30.4а). В этом случае диаметры выступов и впадин образуют зазор. Такое центрирование используется в механизмах с вращением в обе стороны (реверс);

по наружному диаметру шлицев **D** (рисунок 30.4б). В этом случае образуется зазор по внутреннему диаметру **d**. Такое центрирование является наиболее технологичным и наименее затратным способом;

по внутреннему диаметру шлицев **d** (рисунок 30.4в). В этом случае образуется зазор по наружному диаметру **D**. Такое центрирование обычно применяется для подвижных соединений.

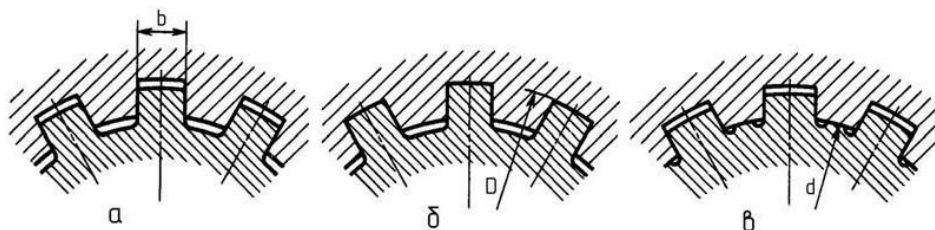


Рисунок 30.4 – Способы центрирования ступицы и вала

На чертеже сечения шлицевого соединения **зазор изображается до 1 мм**.

Способ центрирования указывается перед характеристикой шлицевого соединения:
D (d или b) – **z** x **d** x **D** x **b**.

Изображение шлицев. Вычерчивание всех линий шлицевого вала или ступицы на чертеже довольно трудоемкая работа. Поэтому по ГОСТ 2.409–74 шлицевые соединения и их элементы показывают на чертежах **условно**.

На главном виде **вала** (рисунок 30.5) фаску на его торце и образующие поверхности вершин зубьев (диаметр **D**) показывают сплошными основными линиями. Образующие же поверхности впадин зубьев (диаметр **d**) показывают сплошными тонкими линиями, которые пересекают границу фаски.

Границу шлицев, границу между шлицами полного профиля и сбегом, а также сам сбеги радиуса **R** показывают тоже сплошными тонкими линиями. В зоне местного разреза образующие вершин и впадин показывают сплошными основными линиями, но не штрихуют.

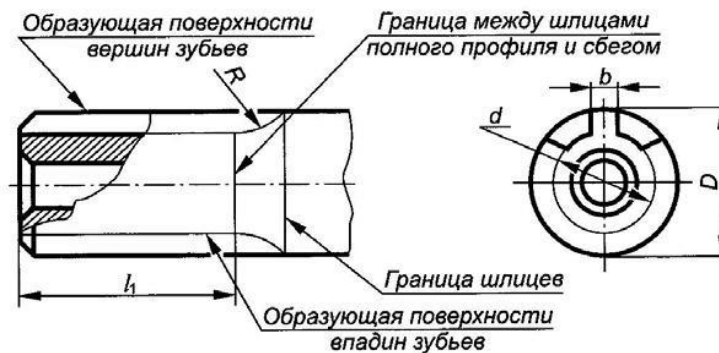


Рисунок 30.5 – Шлицевой вал

На виде слева (или на сечении) показывают **профиль одного зуба и двух впадин**. Окружность выступов (**D**) проводят сплошной основной линией, а окружность впадин (**d**) проводят сплошной тонкой линией. Для вала зуб (**b**) должен располагаться вертикально. Фаски не показываются.

На главном виде **штулки** (рисунок 30.6), которая всегда изображается в разрезе, образующие выступов и впадин проводят сплошными основными линиями.

На виде слева (или на сечении) показывают профиль **одного зуба и двух впадин**. Окружность выступов (**d**) проводят сплошной основной линией, а окружность впадин (**D**) проводят сплошной тонкой линией. Для ступицы впадина (**b**) должна располагаться **вертикально**. Фаски не показываются.

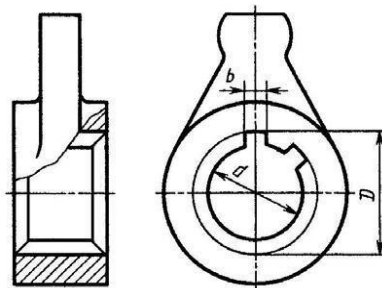


Рисунок 30.6 – Шлицевая ступица

На изображении шлицевого соединения **в сборе радиальный зазор между выступами и впадинами не показывают** (рисунок 30.7).

На том участке, где шлицевой вал вошел в ступицу, он закрывает полностью поверхности выступов ступицы (т. е. толщина линий на валу остается неизменной, как на рисунке 30.5).

Условное обозначение шлицевого соединения с прямоблочным профилем на чертеже включает в себя способ центрирования (**d, D, b**), число шлицев **z**, внутренний диаметр **d**, наружный диаметр **D**, ширину шлица **b** и ГОСТ. Например, **D – 6 x 18 x 22 x 5 ГОСТ 1139–80**. Это обозначение выносится на полку-выноску со стрелкой, упирающейся в наружный контур вала (рисунок 30.7).

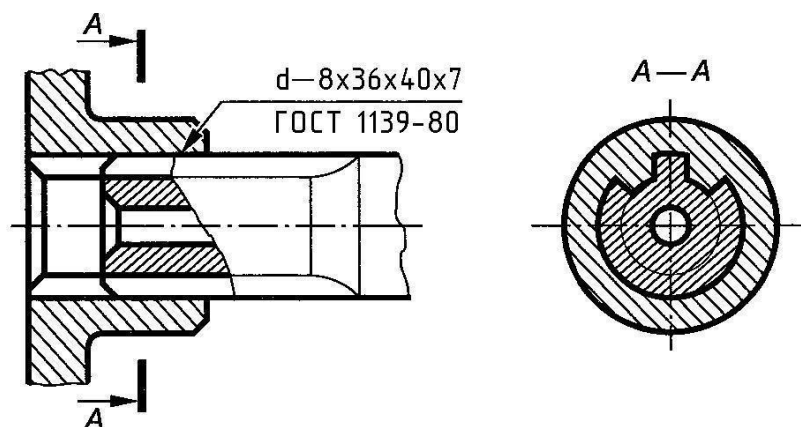


Рисунок 30.7 – Соединение шлицевое

3. Ход работы

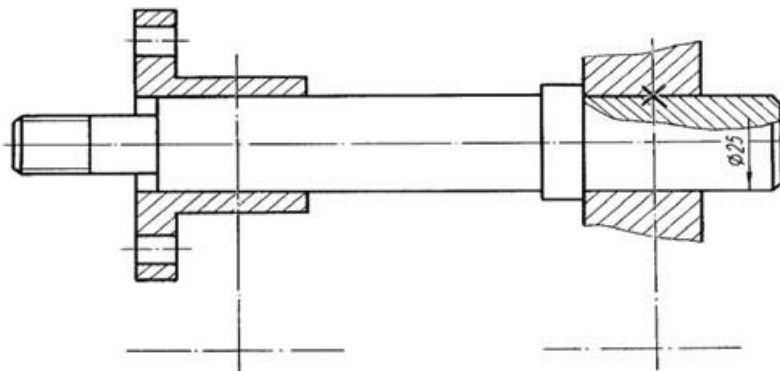
Задание 30.1. На формате А3 выполнить шпоночное и шлицевое соединение деталей. Вариант своего задания взять из таблицы 30.1. Сначала в тонких линиях перерисовать задание в масштабе 1:1 без штриховки. Там, где стоит крестик, необходимо выполнить шпоночное соединение на указанном в задании диаметре. Наружный диаметр вала (D) для шлицевого соединения взять из заданных параметров шлицев с рисунка. Остальные размеры диаметров вала и ступиц и их длин выбрать самостоятельно. Там, где нет крестика выполнить шлицевое соединение. Затем выполнить сечения на следе секущей плоскости для шпонки и для шлицев (без буквенного обозначения). Произвести штриховку деталей с учетом, что вал на главном виде и на сечениях должен быть заштрихован в одну и ту же сторону, а ступицы в противоположную. Выполнить обводку чертежа. Проставить на чертеже условное обозначение шпоночного и шлицевого соединений. Заполнить основную надпись.

Образец выполнения задания приведен на рисунке 30.8.

Таблица 30.1 - Данные для выполнения задания 30.1

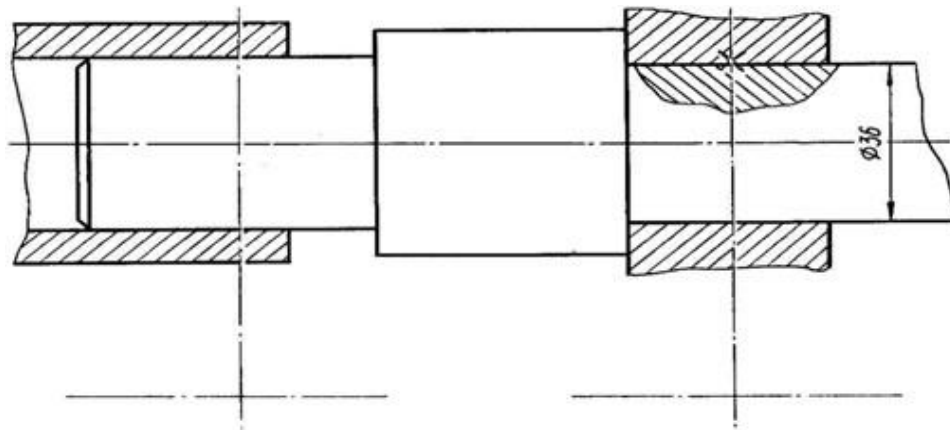
Вариант 1
1. Выполнить шлицевое соединение $D-8 \times 46 \times 54$ ГОСТ 1139–80* 2. Выполнить соединение шпонкой $16 \times 10 \times 35$ ГОСТ 23360–78*

Вариант 2



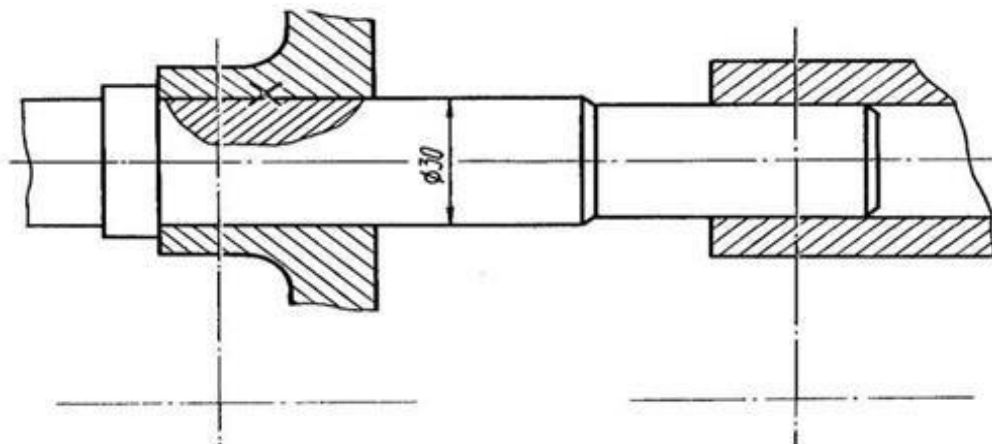
1. Выполнить шлицевое соединение b–6 x 21 x 25 ГОСТ 1139–80*
2. Выполнить соединение шпонкой 8 x 7 x 36 ГОСТ 23360–78*

Вариант 3



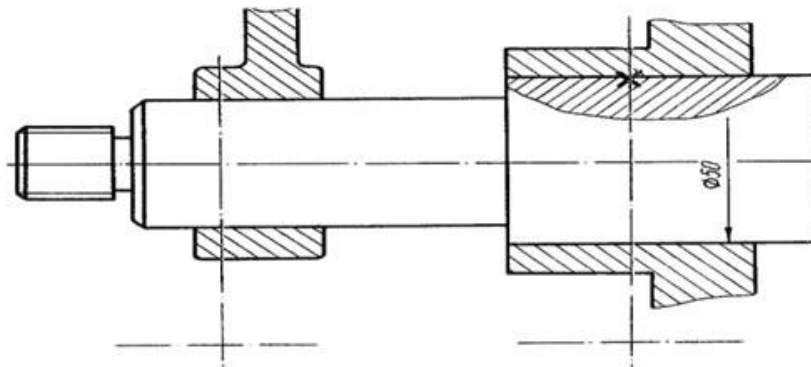
1. Выполнить шлицевое соединение D–8 x 32 x 38 ГОСТ 1139–80*
2. Выполнить соединение шпонкой 10 x 8 x 25 ГОСТ 23360–78*

Вариант 4



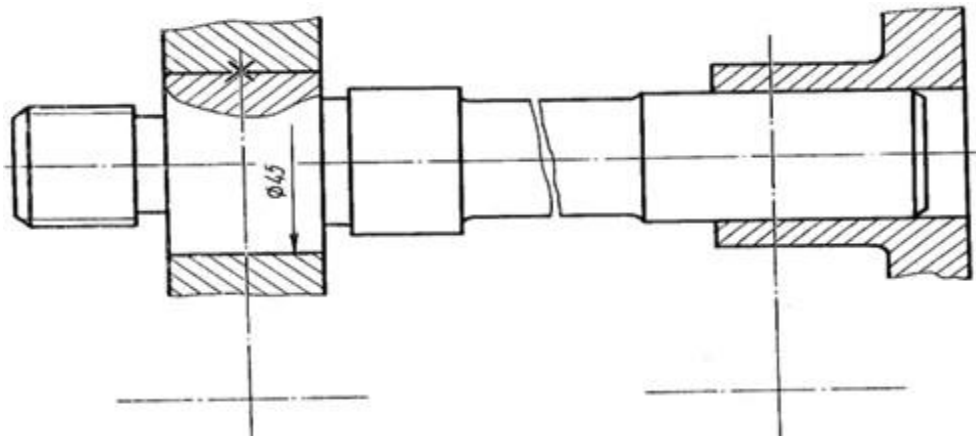
1. Выполнить соединение шпонкой 10 x 8 x 30 ГОСТ 23360–78*
2. Выполнить шлицевое соединение b–6 x 23 x 28 ГОСТ 1139–80*

Вариант 5



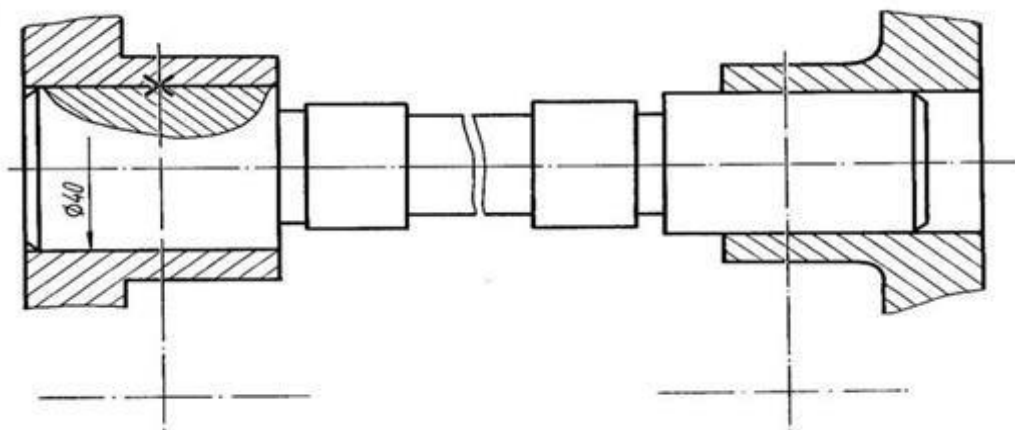
1. Выполнить шлицевое соединение $d-8 \times 32 \times 38$ ГОСТ 1139-80*
2. Выполнить соединение шпонкой $14 \times 9 \times 40$ ГОСТ 23360-78*

Вариант 6



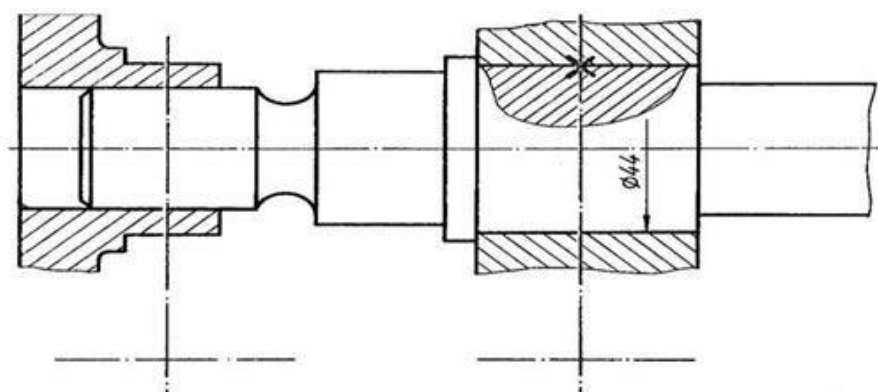
1. Выполнить соединение шпонкой $14 \times 9 \times 20$ ГОСТ 23360-78*
2. Выполнить шлицевое соединение $D-6 \times 26 \times 32$ ГОСТ 1139-80*

Вариант 7



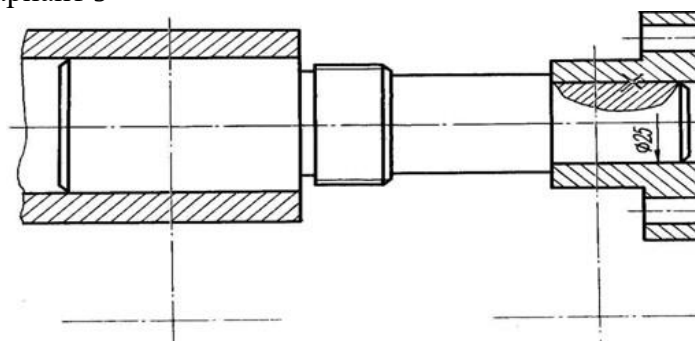
1. Выполнить соединение шпонкой $12 \times 8 \times 36$ ГОСТ 23360-78*
2. Выполнить шлицевое соединение $d-6 \times 28 \times 36$ ГОСТ 1139-80*

Вариант 8



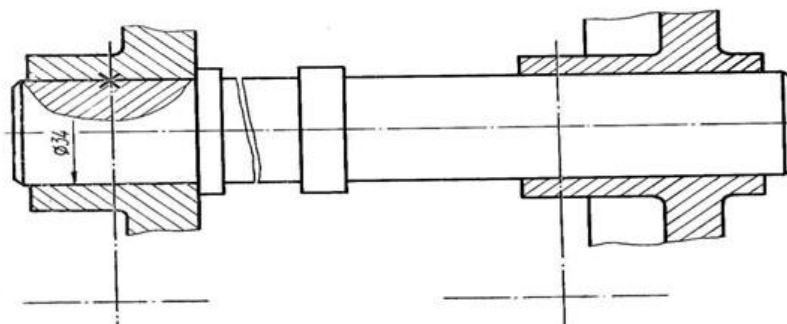
1. Выполнить шлицевое соединение D–6 x 26 x 32 ГОСТ 1139–80*
2. Выполнить соединение шпонкой 12 x 8 x 32 ГОСТ 23360–78*

Вариант 9



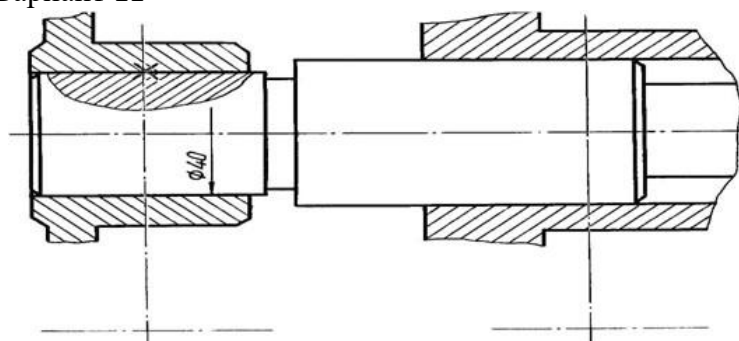
1. Выполнить шлицевое соединение d–8 x 36 x 42 ГОСТ 1139–80*
2. Выполнить соединение шпонкой 8 x 7 x 20 ГОСТ 23360–78*

Вариант 10



1. Выполнить соединение шпонкой 10 x 8 x 30 ГОСТ 23360–78*
2. Выполнить шлицевое соединение d–6 x 28 x 34 ГОСТ 1139–80*

Вариант 11



1. Выполнить соединение шпонкой 12 x 8 x 35 ГОСТ 23360–78*
2. Выполнить шлицевое соединение d–8 x 42 x 48 ГОСТ 1139–80*

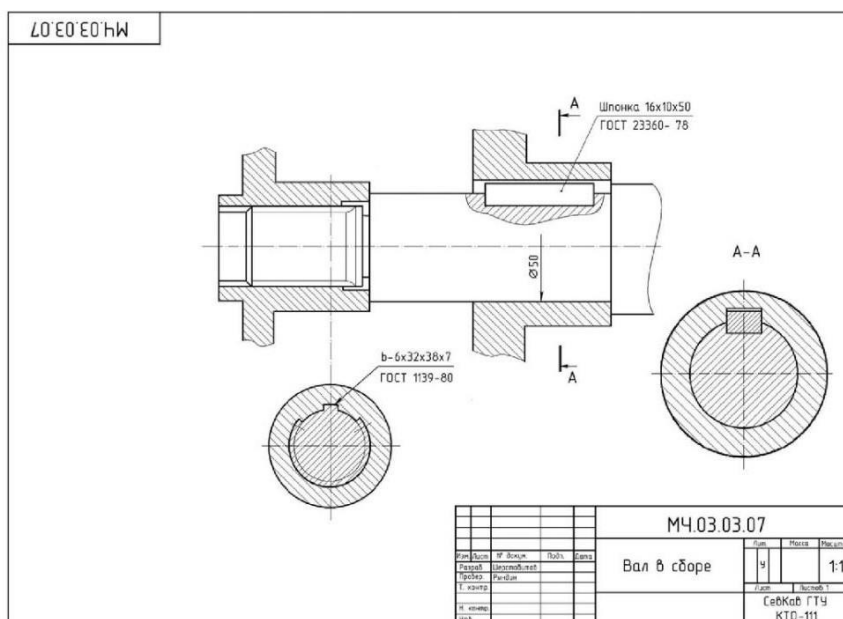
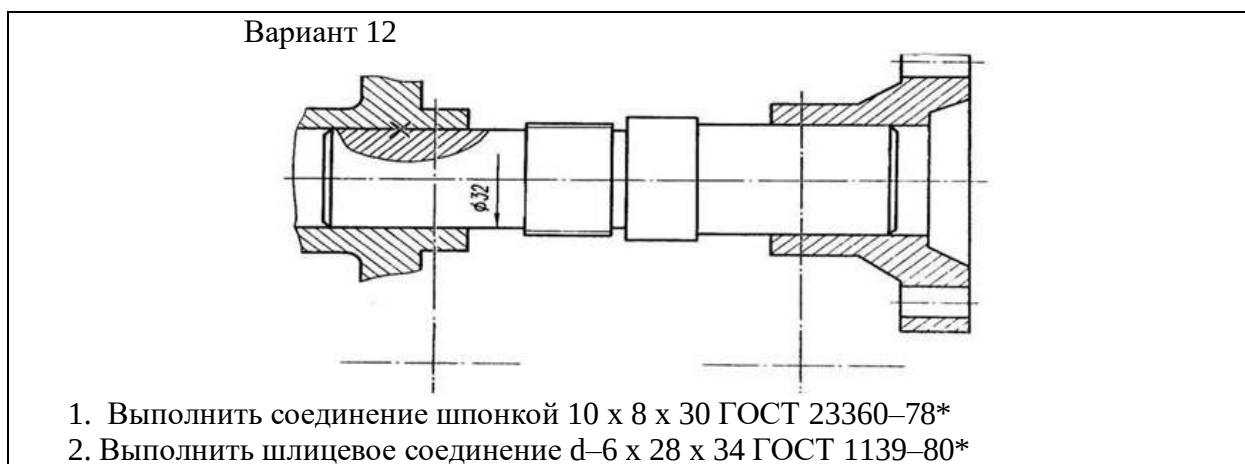


Рисунок 30.8 – Пример выполнения задания 30.1

4. Контрольные вопросы

1. Какие существуют виды шпонок?
2. Как обозначается шпоночное соединение?
3. Каковы виды шлицевых соединений?
4. Какой линией изображается граница шлицевой поверхности?
5. Что понимается под словом «центрирование»?

5. Литература

1. Уласевич, З. Н. Инженерная графика: практикум : учебное пособие / З. Н. Уласевич, В. П. Уласевич, Д. В. Омесь. — 2-е изд. — Минск : Вышэйшая школа, 2020. — 208 с. — ISBN 978-985-06-3156-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/119982.html>

2. Макарова, М. Н. Техническая графика. Теория и практика : учебное пособие / М. Н. Макарова. — Москва : Академический проект, 2020. — 493 с. — ISBN 978-5-8291-3046-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110040.html>
3. Кокошко, А. Ф. Инженерная графика. Практикум : учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. — Минск : РИПО, 2019. — 88 с. — ISBN 978-985-503-946-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93424.html>.
4. Хныкина, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебное пособие / А. Г. Хныкина. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 99 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/69383.html>
5. Буткарев, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебно-методическое пособие / А. Г. Буткарев, Б. Б. Земсков. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий, 2015. — 111 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/66457.html>
6. Проекционное черчение в КОМПАС-3D : учебное пособие / А. А. Черепашков, О. М. Севостьянова, И. В. Емельянова, Н. В. Емельянов. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 115 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/105052.html>
7. Каталог стандартов ЕСКД - - <https://c-kd.ru/eskd/>
8. Чертежная документация - <http://gk-drawing.ru>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 31. Соединения сварные

1. Цель: получение навыков и умений построения неразъемных соединений

2. Теоретическое обоснование

Сваркой называется процесс создания неразъемного соединения деталей путем местного нагрева их до расплавленного или пластичного состояния.

В зависимости от процессов, происходящих при сварке, различают ***сварку плавлением и сварку давлением***. По способу нагрева сварку плавлением разделяют на газовую, электродуговую и химическую. В производстве наиболее широко используется ручная электродуговая сварка по ГОСТ 5264–80.

Классификация швов. В зависимости от взаимного положения свариваемых деталей различают следующие виды сварных соединений: стыковое – **С**; угловое – **У**; тавровое – **Т**; нахлесточное – **Н**; торцовое – **Тр**. К буквенному обозначению добавляют цифровое (С15, У5, Т3, Н2), характеризующее вид подготовки кромок. Стыковые соединения имеют обозначения С1...С25, угловые – У1...У10, тавровые – Т1...Т11, нахлесточные – Н1...Н3.

По характеру выполнения сварные швы подразделяются на **односторонние и двусторонние**. Основные типы швов представлены в таблице 31.1.

Таблица 31.1 – Образцы сварных швов

Некоторые типы сварных швов ручной электродуговой сварки (по ГОСТ 5264-80)					
Вид соединения	Форма подготовленных кромки	Характер выполненного шва	Форма поперечного сечения		Условно- обозначение шва
			подготовленных кромки	выполненного шва	
Стыковое	Без скоса кромки	Односторонний			С2
		Двусторонний			С4
	Со скосом одной кромки	Односторонний			С5
	Со скосом двух кромок	Односторонний			С15
Угловое	Без скоса кромки	Односторонний впристык			У2
		Двусторонний впристык			У3
		Односторонний			У4
		Двусторонний			У5
Тавровое	Без скоса кромки	Односторонний			Т1
		Двусторонний			Т3
Внахлестку	Без скоса кромки	Односторонний			Н1
		Двусторонний			Н2

По протяженности сварные швы подразделяются на **непрерывные и прерывистые**, которые могут быть с **цепным** (рисунок 31.1а) или **шахматным** (рисунок 31.1б) расположением проваренных участков, с указанием их длины l и шага t .

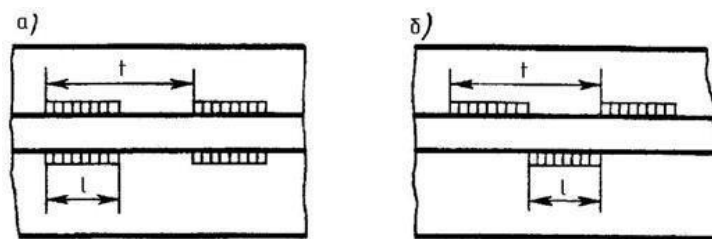


Рисунок 31.1– Типы сварных швов

Изображение и обозначение сварных соединений. На чертеже швы сварных соединений, независимо от их вида и способа сварки, **условно изображают** по ГОСТ 2.312 – 72: а) **сплошной основной линией** – видимый шов; б) **штриховой линией** – невидимый шов. Наличие сварного шва на изображении указывают **односторонней** стрелкой, линия выноски которой заканчивается полкой (рисунок 31.2).

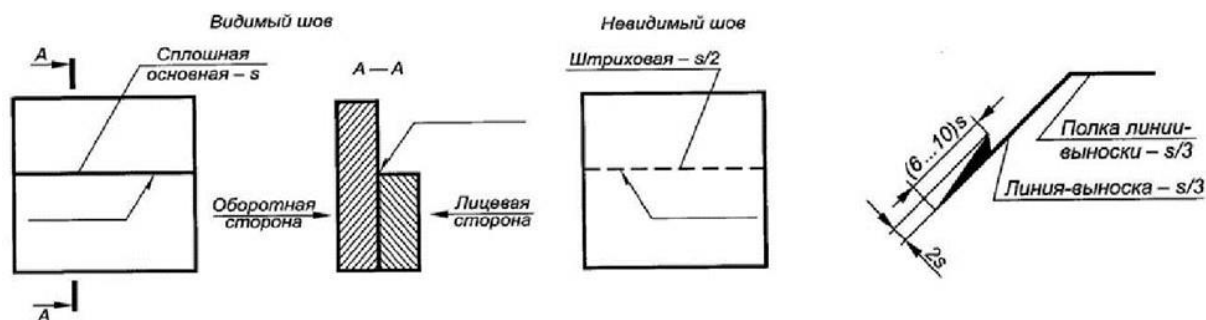


Рисунок 31.2 – Изображение швов

На полке линии-выноски записывают **условное обозначение** сварного шва: для видимого шва – над полкой, для невидимого – под полкой (рисунок 31.3, левый). При наличии одинаковых швов обозначение наносят у одного шва с указанием количества одинаковых швов на наклонной части, а у остальных швов проводят линии-выноски с полками для указания номера шва (рисунок 31.3, правый).

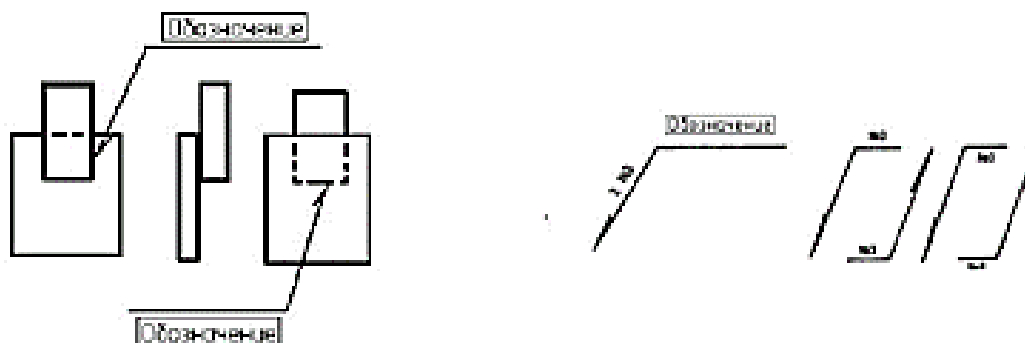


Рисунок 31.3 – Обозначение швов

Структура условного обозначения стандартного сварного шва приведена на рисунке 31.4.

Позиции 1, 5, 6, 7, 8, 9, 11 – это **вспомогательные знаки**, которые могут изменяться в зависимости от типа шва. Область их применения приведена в таблице 31.2.

Если все сварные швы, хотя и разных типов, выполнены одним стандартом, то его обозначение на полке-выноске не указывают, а делают ссылку в технических требованиях, например, «Швы сварных соединений по ГОСТ 5264 – 80».

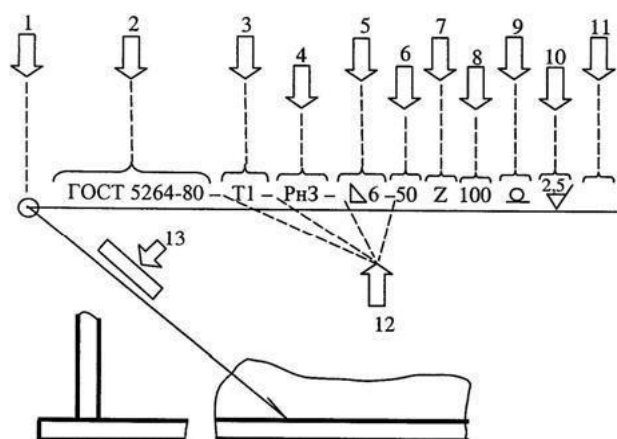


Рисунок 31.4 – Структура обозначения шва: 1 – шов по замкнутому контуру; 2 – номер стандарта; 3 – буквенно-цифровое обозначение шва: Т1 – тавровый, односторонний; 4 – способ сварки: РнЗ – ручная электродуговая неплавящимся электродом в защитных газах; 5 – катет шва и его размер: К=6 мм; 6...8 – шов прерывистый шахматный длиной 50 мм и шагом 100 мм; 9 – усиление шва снять; 10 – шероховатость поверхности; 11 – место для знака, что шов выполнен по незамкнутой линии; 12 – дефис; 13 – указание о контроле шва

Таблица 31.2 – Знаки сварных швов

Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов			
№ по пор.	Вспомогательный знак	Значение вспомогательного знака	Изображение на чертеже
1	┐	Шов выполняется при монтаже изделия	
2	○	Шов по замкнутой линии. Диаметр знака 3...5 мм	
3	/	Шов прерывистый или точечный с цепным расположением. Угол наклона линии ≈ 60°	
4	Z	Шов прерывистый или точечный с шахматным расположением	
5	Ω	Усиление шва снять (снять выпуклость сварного шва)	
6	⌒	Наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу	
7	▭	Шов по незамкнутой линии. Знак применяют, когда расположение шва ясно из чертежа	
8	Δ	Знак катета шва для соединений условных, тавровых и внахлестку	

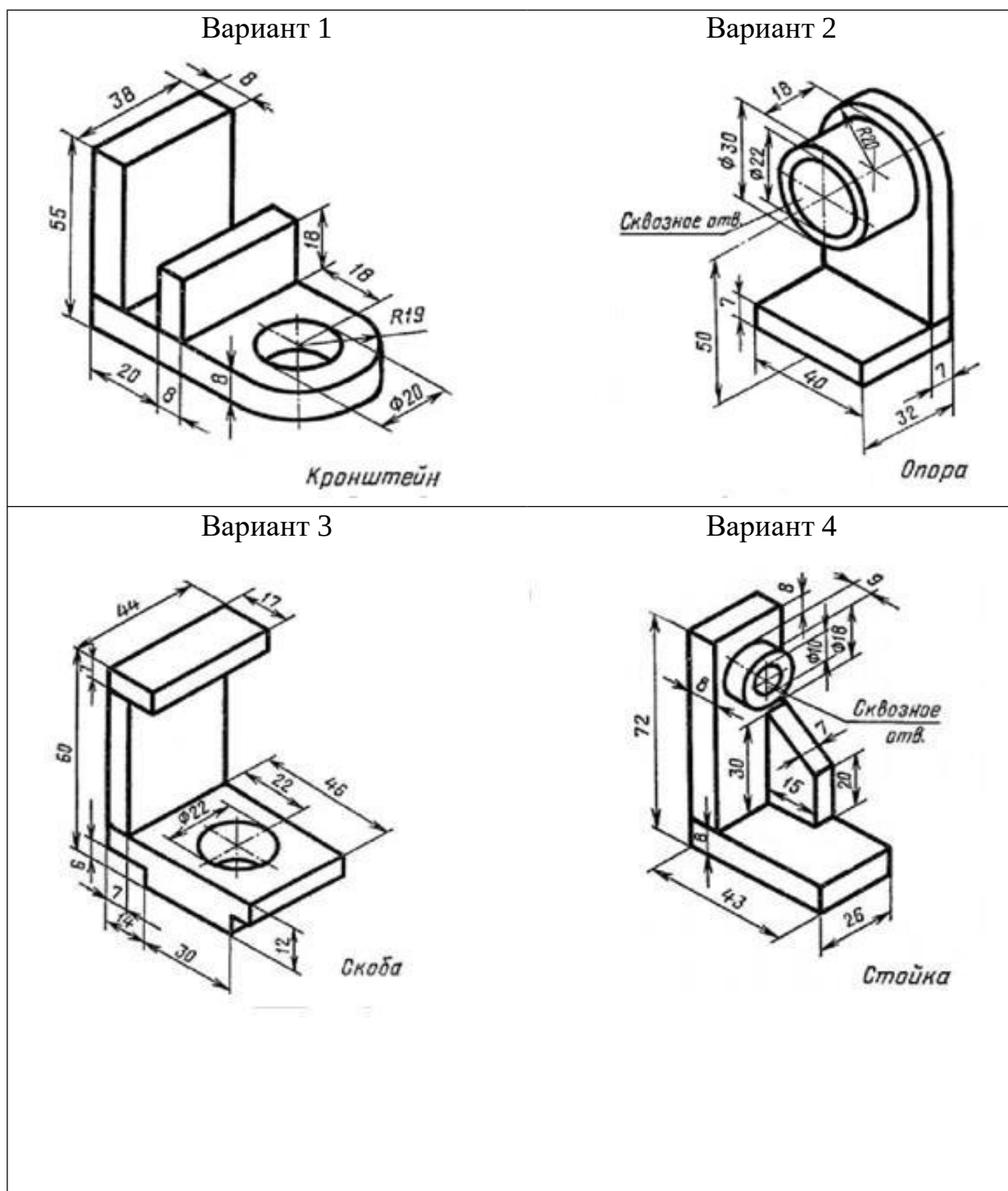
Примечания: 1. Все вспомогательные знаки выполняют тонкими сплошными линиями.
2. Высота знаков должна быть одинакова с высотой цифр, входящих в условное обозначение шва.

3. Ход работы

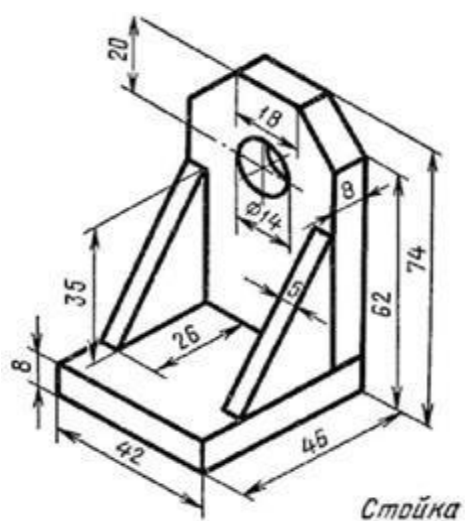
Задание 31.1. На формате А4 выполнить сварное соединение деталей. Вариант своего задания взять из таблицы 31.3. По наглядному изображению изделия выполнить два вида. Поставить условное обозначение сварных швов; указать позиции деталей; над основной надписью выполнить спецификацию для этого сборочного чертежа.

Образец выполнения задания приведен на рисунке 31.5.

Таблица 31.3 - Данные для выполнения задания 31.1

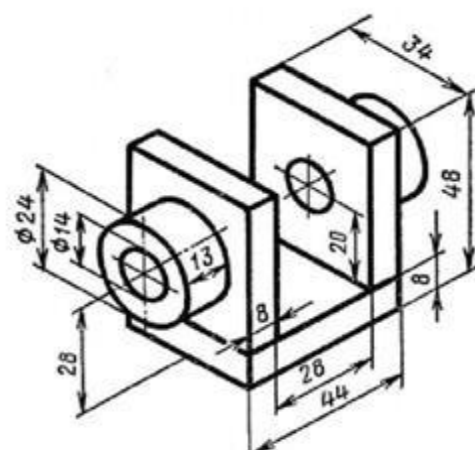


Вариант 5



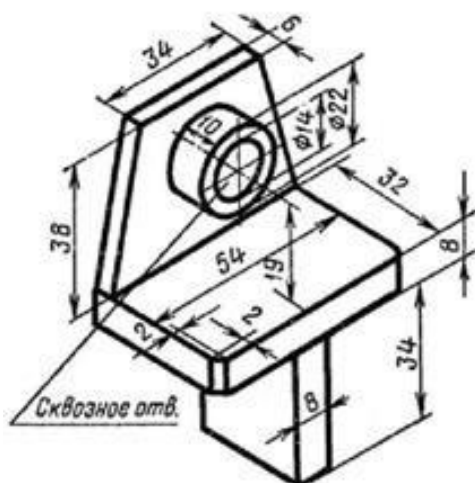
Стройка

Вариант 6



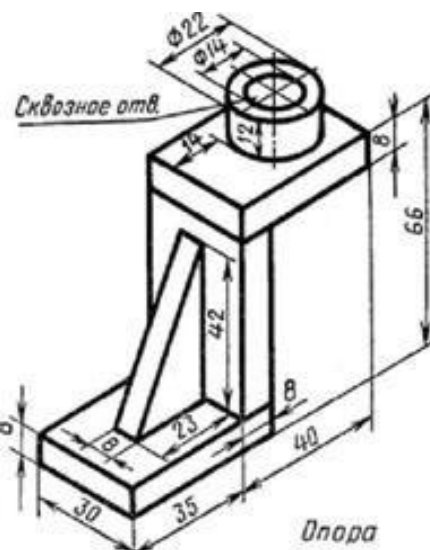
Подшипник

Вариант 7



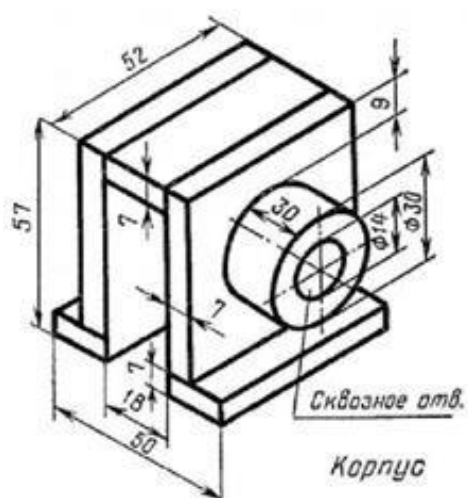
Кронштейн

Вариант 8



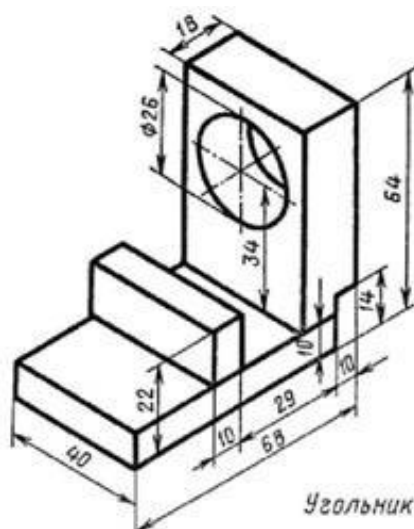
Опора

Вариант 9

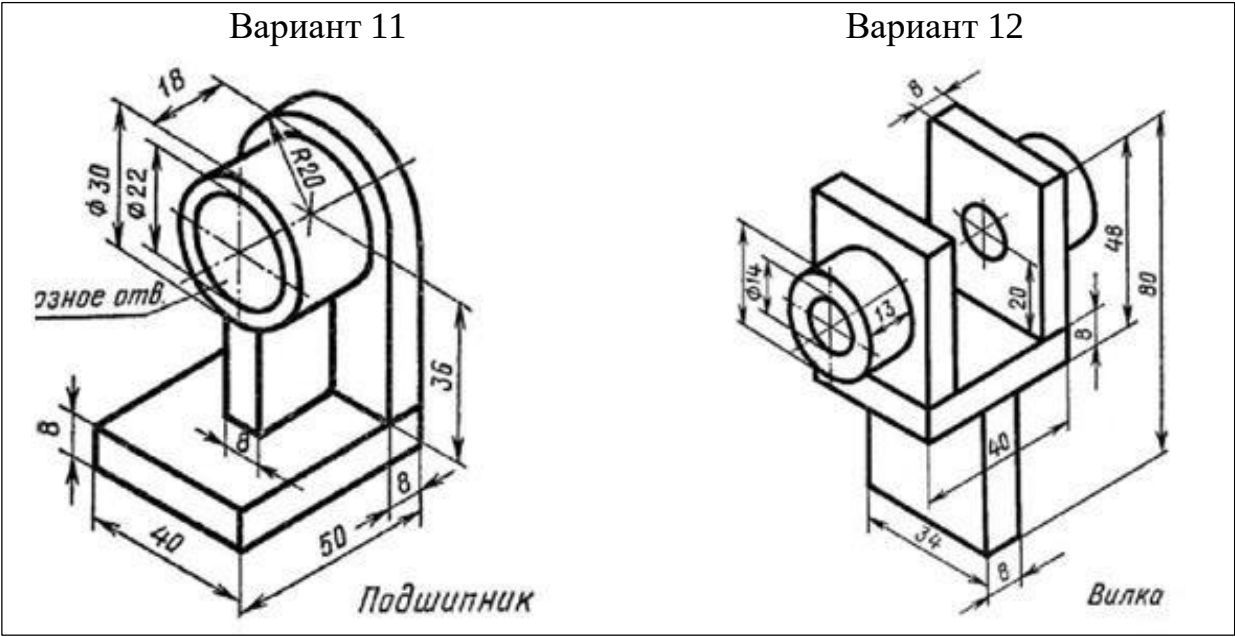


Корпус

Вариант 10



Угольник



МЧ. 03.03.11.00

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Детали</u>		
БЧ			МЧ. 03.03.11.01	Фланец	1	
БЧ			МЧ. 03.03.11.02	Стойка	1	
БЧ			МЧ. 03.03.11.03	Плита	1	

						МЧ. 03.03.11.00
Изм.	Лист	№ документа	Подп.	Дата		Опора
Разраб.	Акинин					
Провер.	Рындун					
Т.контр.						
Н.контр.	Рындун					
Утв.						

Рисунок 31.5 – Пример выполнения задания 31.1

4. Контрольные вопросы

1. По каким признакам классифицируются сварные швы?
2. Каково условное изображение сварных швов?
3. Какие данные указываются в условном обозначении швов?
4. Какой вид имеют стрелки линий-выносок при обозначении швов?

5. Литература

1. Уласевич, З. Н. Инженерная графика: практикум : учебное пособие / З. Н. Уласевич, В. П. Уласевич, Д. В. Омесь. — 2-е изд. — Минск : Вышэйшая школа, 2020. — 208 с. — ISBN 978-985-06-3156-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/119982.html>
2. Макарова, М. Н. Техническая графика. Теория и практика : учебное пособие / М. Н. Макарова. — Москва : Академический проект, 2020. — 493 с. — ISBN 978-5-8291-3046-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110040.html>
3. Кокошко, А. Ф. Инженерная графика. Практикум : учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 88 с. — ISBN 978-985-503-946-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93424.html>.
4. Хныкина, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебное пособие / А. Г. Хныкина. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 99 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/69383.html>
5. Буткарев, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебно-методическое пособие / А. Г. Буткарев, Б. Б. Земсков. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий, 2015. — 111 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/66457.html>
6. Проекционное черчение в КОМПАС-3D : учебное пособие / А. А. Черепашков, О. М. Севостьянова, И. В. Емельянова, Н. В. Емельянов. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 115 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/105052.html>
7. Каталог стандартов ЕСКД - - <https://c-kd.ru/eskd/>
8. Чертежная документация - <http://gk-drawing.ru>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 32. Сборочный чертеж изделия

1. Цель: получение навыков и умений выполнения сборочного чертежа

2. Теоретическое обоснование

В соответствии с ГОСТ 2.109–73* **сборочный чертеж** должен содержать:

а) изображение сборочной единицы, дающее полное представление о расположении и взаимосвязи составных частей, входящих в сборку, и обеспечивающее возможность осуществления ее сборки и контроля;

б) размеры и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены и проконтролированы по данному чертежу;

в) указания о характере сопряжения разъемных частей изделия и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается не заданными предельными отклонениями размеров, а подбором, пригонкой и т. п. во время сборки;

г) указания о способе соединения деталей в неразъемных соединениях (сварных, паяных и др.);

д) номера позиций составных частей, входящих в изделие; е) размеры габаритные, установочные, присоединительные, а также необходимые справочные размеры; Сборочный чертеж выполняется **с упрощениями**, установленными ЕСКД. Допускается не показывать на чертеже мелкие элементы: фаски, проточки, скругления, зазоры между сопрягающимися деталями, головка болта и гайка изображаются прямоугольными.

Последовательность выполнения учебного сборочного чертежа:

1-й этап. Установить назначение и принцип работы изделия.

2-й этап. Разборка изделия на составные части.

3-й этап. Уточнение способов соединения отдельных сопряженных деталей (резьба, сварка, развальцовка).

4-й этап. Выполнение эскизов нестандартных деталей изделия. Начинать надо с корпусной детали.

5-й этап. Составление спецификации.

6-й этап. Выполнение сборочного чертежа в тонких линиях. Начинают с выбора главного вида. Затем размещают другие изображения. Чертеж должен содержать минимально необходимое количество видов.

7-й этап. Нанесение на сборке габаритных, осевых, межцентровых и присоединительных размеров. Нанесение номеров позиций в соответствии со спецификацией. Заполнение основной надписи. Обводка чертежа.

Нанесение номеров позиций. На сборочном чертеже все составные части сборочной единицы нумеруют в соответствии с **номером позиций**, указанным в спецификации этой сборочной единицы (т. е. **после заполнения спецификации**). Номера позиций указывают на горизонтальных полках линий-выносок, проводимых от изображений составных частей на основных видах или разрезах. Полки располагают параллельно основной надписи вне контура изображения и **группируют в колонки и строчки**.

Одним концом линия-выноска должна заходить на изображение детали и заканчиваться точкой, а другим – соединяться с горизонтальной полкой.

Если деталь узкая или зачернена в разрезе, то точка заменяется стрелкой.

Линии-выноски проводят так, чтобы они не пересекались между собой, не были параллельны линиям штриховки и не пересекали размерных линий чертежа.

Размер шрифта номеров позиций должен быть **на один – два размера больше**, чем у чисел на том же чертеже.

Допускается проводить одну общую линию-выноску с вертикальным расположением номеров позиций для: группы крепежных деталей, относящихся к одному месту крепления (рисунок 32.1).

Номер позиции наносят на чертеже один раз. Порядок нумерации составных частей изделия следующий: вначале обозначают сборочные единицы изделия, затем его детали, далее стандартные изделия и в последнюю очередь материалы.

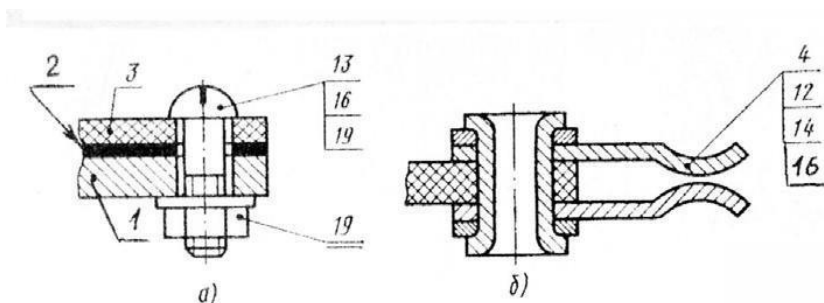


Рисунок 32.1 – Крепежная группа

3. Ход работы

Задание 32.1. На формате А3 выполнить сборочный чертеж изделия и спецификацию к нему (спецификация будет выполнена на следующем практическом занятии). Для этого формат А3 разделить на два формата А4. В правой части листа подготовить основную надпись по форме 1 (для чертежей), а в левой – по форме 2 (для текстовых документов).

Вариант задания выдает преподаватель. На формате А4 правой части, используя коэффициент пропорциональности масштаба, изобразить сборочный чертеж с разрезом. Проставить необходимые размеры.

Образец выполнения практического занятия приведен на рисунке 32.2.

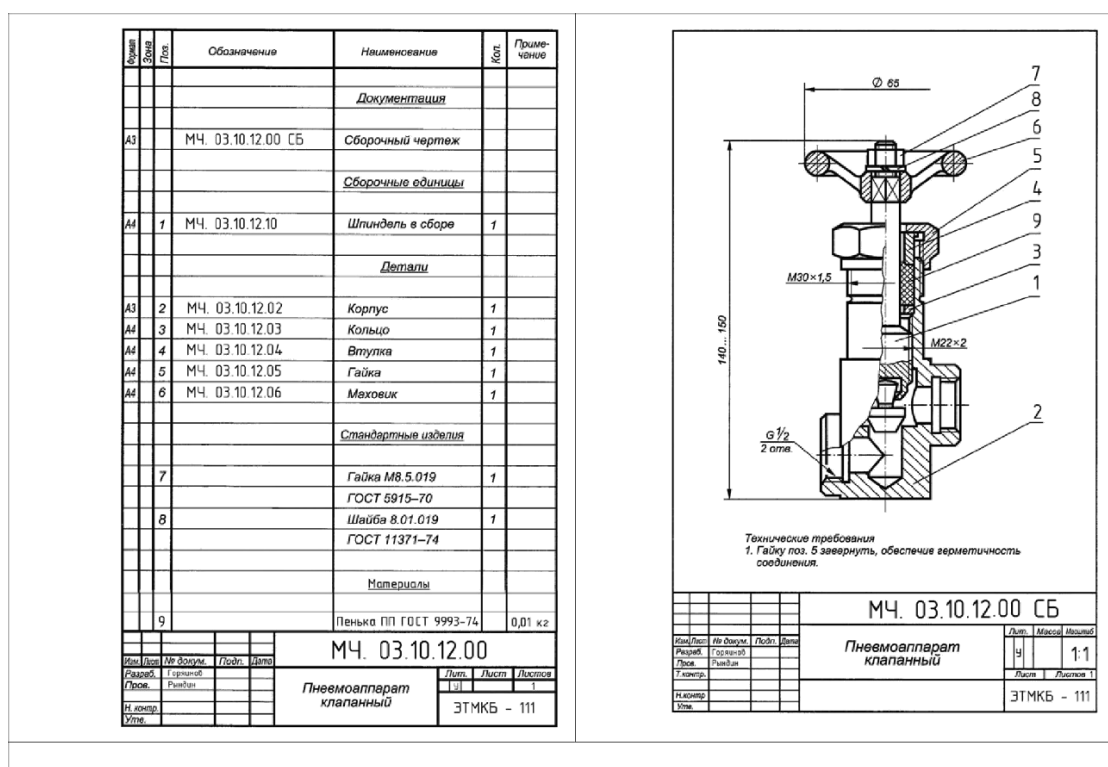


Рисунок 32.2 – Пример выполнения задания 32.1

4. Контрольные вопросы

1. Что является основным конструкторским документом для сборочного чертежа?
2. Какие условности и упрощения допустимы при выполнении сборочного чертежа?
3. Какова последовательность чтения сборочного чертежа?
4. Какие размеры указывают на сборочном чертеже?
5. Каково назначение сборочных чертежей на производстве?

5. Литература

1. Уласевич, З. Н. Инженерная графика: практикум : учебное пособие / З. Н. Уласевич, В. П. Уласевич, Д. В. Омесь. — 2-е изд. — Минск : Вышэйшая школа, 2020. — 208 с. — ISBN 978-985-06-3156-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/119982.html>
2. Макарова, М. Н. Техническая графика. Теория и практика : учебное пособие / М. Н. Макарова. — Москва : Академический проект, 2020. — 493 с. — ISBN 978-5-8291-3046-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110040.html>
3. Кокошко, А. Ф. Инженерная графика. Практикум : учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 88 с. — ISBN 978-985-503-946-5. — Текст : электронный // Цифровой

образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL:
<https://www.iprbookshop.ru/93424.html>.

4. Хныкина, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебное пособие / А. Г. Хныкина. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 99 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/69383.html>

5. Буткарев, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебно-методическое пособие / А. Г. Буткарев, Б. Б. Земсков. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий, 2015. — 111 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/66457.html>

6. Проекционное черчение в КОМПАС-3D : учебное пособие / А. А. Черепашков, О. М. Севостьянова, И. В. Емельянова, Н. В. Емельянов. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 115 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/105052.html>

7. Каталог стандартов ЕСКД - - <https://c-kd.ru/eskd/>

8. Чертежная документация - <http://gk-drawing.ru>

9. Видеоуроки по черчению - <https://forkettle.ru/vidioteka/tekhnicheskie-nauki/cherchenie/240-inzhenernaya-grafika-ot-omgtu>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 33. Сборочный чертеж. Спецификация

1. Цель: получение навыков составления спецификации к сборочному чертежу

2. Теоретическое обоснование

Каждый сборочный чертеж сопровождается **спецификацией**, которая согласно ГОСТ 2.102–68 **является основным конструкторским документом**, определяющим состав сборочной единицы.

Спецификация необходима для изготовления, комплектования конструкторских документов и планирования запуска в производство данного изделия (ГОСТ 2.108–68).

Спецификацию составляют на отдельных листах формата А4 по форме 1 как на рисунке 33.1. При этом основную надпись для заглавного листа выполняют по форме 2 (рисунок 33.2а), а для последующих листов по форме 2а (рисунок 33.2б).

6		6		8		70		63		10		22	
Формат	Зона	Поз	Обозначение				Наименование				Кол.	Примечание	
Документация													
А3			ПК 04.08.00.00.СБ				Сборочный чертеж						
							Сборочные единицы						
А3	1		ПК 04.08.01.00				Ролик				1		
							Детали						
A4	2		ПК 04.08.00.01				Скоба				1		
A4	3		ПК 04.08.00.02				Кольцо				2		
A4	4		ПК 04.08.00.03				Ось				1		
A4	5		ПК 04.08.00.04				Кольцо				1		
A4	6		ПК 04.08.00.05				Вилка				1		
Стандартные изделия													
7 Винт М12×20.36 ГОСТ 8878-64													
8 Гайка М20.4 ГОСТ 5915-70													
9 Шайба 20 ГОСТ 11371-68													
ПК 04.08.00.00.													
Обойма													
Лит. 5 5 5 1 2													
5 5 5 КМТ													
15 15 20													
185													

Рисунок 33.1 – Спецификация

а)

7		10		23		15		10		185	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Обозначение				Наименование изделия		
Разр.									Лит. 5 5 5 15 20		
Пров.											
И. контр.											
Утв.											

б)

7		10		23		15		10		185	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Обозначение				Лит.		
									7		

Рисунок 33.2 – Формы основной надписи для спецификации

Если же чертеж сборочной единицы выполнен на листе формата А4, то там же может быть помещена ее спецификация. При этом шифр СБ в обозначении сборочного чертежа не проставляется.

На сборочном чертеже составные части изделия обозначаются номерами позиций из спецификации, т. е. спецификация должна быть выполнена до простановки позиций на сборочном чертеже.

Спецификацию заполняют сверху вниз. В общем случае она состоит из **восьми** разделов, которые располагают в такой последовательности:

- документация; комплексы; сборочные единицы;
- детали; стандартные изделия;
- прочие изделия; материалы; комплекты.

Названия разделов указывают в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивают тонкой линией (рисунок 33.1). После каждого заголовка оставляют свободную строку. Допускается резервировать и номера позиций, проставляя их у резервных строк.

Графы спецификации заполняют следующим образом (рисунок 33.1):

а) в графе «Формат» указывают форматы документов (например, А2, А3 или А4). Для деталей, на которые не выпущены чертежи, в графе пишут «БЧ». В разделах «Стандартные изделия», «Прочие изделия» и «Материалы» эту графу не заполняют;

б) графа «Зона» на учебных чертежах не заполняется;

в) в графе «Поз.» указывают порядковые номера составных частей. Эта графа для раздела «Документация» не заполняется;

г) в графе «Обозначение» записывается обозначение документа на изделие (сборочную единицу, деталь) в соответствии с ГОСТ 2.201 – 80. Но для учебных чертежей обозначение составных частей изделия записывается упрощенно. Например, запись **МЧ.03.03.11.01** означает: МЧ – машиностроительное черчение; 03 – третий раздел; 03 – вариант; 11 – порядковый номер учебного чертежа; 01 – номер детали.

Эту графу для раздела стандартные изделия не заполняют (рисунок 33.1);

д) в графе «Наименование»:

– для раздела «Документация» указывают только наименование документа, например, «Сборочный чертеж»;

– для разделов «Сборочные единицы» и «Детали» указывают наименования деталей в соответствии с основными надписями на их чертежах. Для деталей, на которые не выполняются чертежи (код – БЧ), в этой графе указывают размеры и материалы для ее изготовления. Если деталь изготавливается из сортового материала (уголок, швеллер, двутавр), то в этой графе для неё указывают наименование проката, его номер, ГОСТ, материал и все необходимые размеры, например:

$$\text{Полка. Уголок} \frac{15 \times 15 \times 2 \text{ ГОСТ } 8509 - 72}{\text{Ст3 ГОСТ } 535 - 88}; \quad L = 30.$$

– для раздела «Стандартные изделия» указывают наименование и обозначение изделий в соответствии со стандартом на это изделие, например: «Гайка М6 ГОСТ 5915–70». Запись выполняют по группам деталей, объединенных по функциональному назначению (крепежные изделия, подшипники, кольца уплотнительные). В пределах каждой группы запись наименования делают в алфавитном порядке (болт, винт, гайка, шайба, шпилька, штифт и т. д.), а в пределах одного наименования в порядке возрастания номера ГОСТ, а в пределах одного ГОСТа – в порядке возрастания размеров изделия (М8, М12 и т. д.);

– в разделе «Материалы» указывается количество материала, требуемого для изделия, с указанием единицы измерения.

В основной надписи спецификации буквы **СБ** в конце обозначения не пишут.

3. Ход работы

Задание 33.1. По перечню деталей, приведенному в вариантах задания 32.1, составить спецификацию. Образец выполнения практического занятия приведен на рисунке 32.2.

4. Контрольные вопросы

1. Каково назначение спецификации?
2. На каком формате выполняется спецификация?
3. Какие графы и разделы содержит спецификация?
4. Какие изделия и в каком порядке указывают в разделе «Стандартные изделия»?

5. Литература

1. Уласевич, З. Н. Инженерная графика: практикум : учебное пособие / З. Н. Уласевич, В. П. Уласевич, Д. В. Омесь. — 2-е изд. — Минск : Вышэйшая школа, 2020. — 208 с. — ISBN 978-985-06-3156-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/119982.html>
2. Макарова, М. Н. Техническая графика. Теория и практика : учебное пособие / М. Н. Макарова. — Москва : Академический проект, 2020. — 493 с. — ISBN 978-5-8291-3046-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110040.html>
3. Кокошко, А. Ф. Инженерная графика. Практикум : учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 88 с. — ISBN 978-985-503-946-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93424.html>.

4. Хныкина, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебное пособие / А. Г. Хныкина. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 99 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/69383.html>
5. Буткарев, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебно-методическое пособие / А. Г. Буткарев, Б. Б. Земсков. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий, 2015. — 111 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/66457.html>
6. Проекционное черчение в КОМПАС-3D : учебное пособие / А. А. Черепашков, О. М. Севостьянова, И. В. Емельянова, Н. В. Емельянов. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 115 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/105052.html>
7. Каталог стандартов ЕСКД - - <https://c-kd.ru/eskd/>
8. Чертежная документация - <http://gk-drawing.ru>
9. Видеоуроки по черчению - <https://forkettle.ru/vidioteka/tekhnicheskienauki/cherchenie/240-inzhenernaya-grafika-ot-omgtu>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 34. Схемы

1. Цель: Получение навыков и умений выполнения схем

2. Теоретическое обоснование

Схемой называется конструкторский документ (чертеж), содержащий условные графические обозначения составных частей изделия, их взаимное расположение и связи между ними.

ГОСТ 2.701–84 устанавливает виды и типы схем. В зависимости от характера элементов и связей, входящих в состав изделия, схемы подразделяются на **виды**, каждый из которых обозначается буквой: кинематические (**К**), гидравлические (**Г**), пневматические (**П**), электрические (**Э**), оптические (**О**).

В зависимости от основного назначения, схемы делятся на **типы**, каждый из которых обозначается цифрой: структурные (1), функциональные (2), принципиальные (3), монтажные (4), подключения (5) и др.

Код схемы, состоящий из буквы и цифры, записывается меньшим шрифтом в основную надпись чертежа, например: схема электрическая принципиальная – Э3.

Элементы на схеме изображают в виде условных графических обозначений (УГО). Для некоторых типов схем, например, электрические и кинематические, начертание УГО установлено ГОСТ, для других типов схем применяются общепринятые УГО. Графические обозначения и линии связи выполняются линиями толщиной **0,3 – 0,4 мм**.

Каждый элемент схемы должен иметь цифровое позиционное обозначение, которое проставляется на полке-выноске по общим правилам проставления позиций (смотри практическое занятие 32).

Полные сведения об элементах записывают в их перечень, который выполняют в форме таблицы (рисунок 34.1). Перечень элементов можно помещать на первом листе схемы или оформлять как самостоятельный документ на формате А4 с основной надписью по форме 2 (как для спецификации).

Поз. обозна- чение	Наименование	Кол.	Примечание	15
	Выключатели ВМТ ТУ 16 - 674.047- 85			
Q1, Q2	ВМТ- 220Б- 40 / 1600Т1	2		
Q3	ВМТ-110Б-25 / 1250	1		
QS1...QS8	Разъединитель РНД-35/1000У1	8		
	ТУ16-520.102-79			
20	110	10		8
185				

Рисунок 34.1 – Перечень элементов

Элементы вносят в перечень группами и по возрастанию порядковых номеров. Между группами элементов рекомендуется оставлять незаполненные строки для внесения изменений.

Для сокращения перечня элементы одного вида с одинаковыми параметрами допускается записывать одной строкой с указанием их количества. При записи одинаковых по наименованию элементов рекомендуется объединять их в группы с общим заголовком (запись «Выключатели ВМТ ТУ...»).

Перечню элементов, как самостоятельному документу, присваивается код, который должен состоять из буквы «П» и кода схемы. В основной надписи перечня под наименованием изделия делают запись «Перечень элементов».

3. Ход работы

Задание 34.1. На формате А3 выполнить технологическую схему производства продукта по варианту, предложенному преподавателем. Сначала выполнить схему в тонких линиях. Указать технологические потоки, проставить номера позиций элементов, входящих в схему. На отдельном листе формата А4 составить таблицу перечня элементов. При наличии свободного места, допускается размещать таблицу перечня элементов непосредственно на чертеже над основной надписью. Выполнить обводку чертежа. Заполнить основную надпись. Образец выполнения практического занятия приведен на рисунке 34.2.

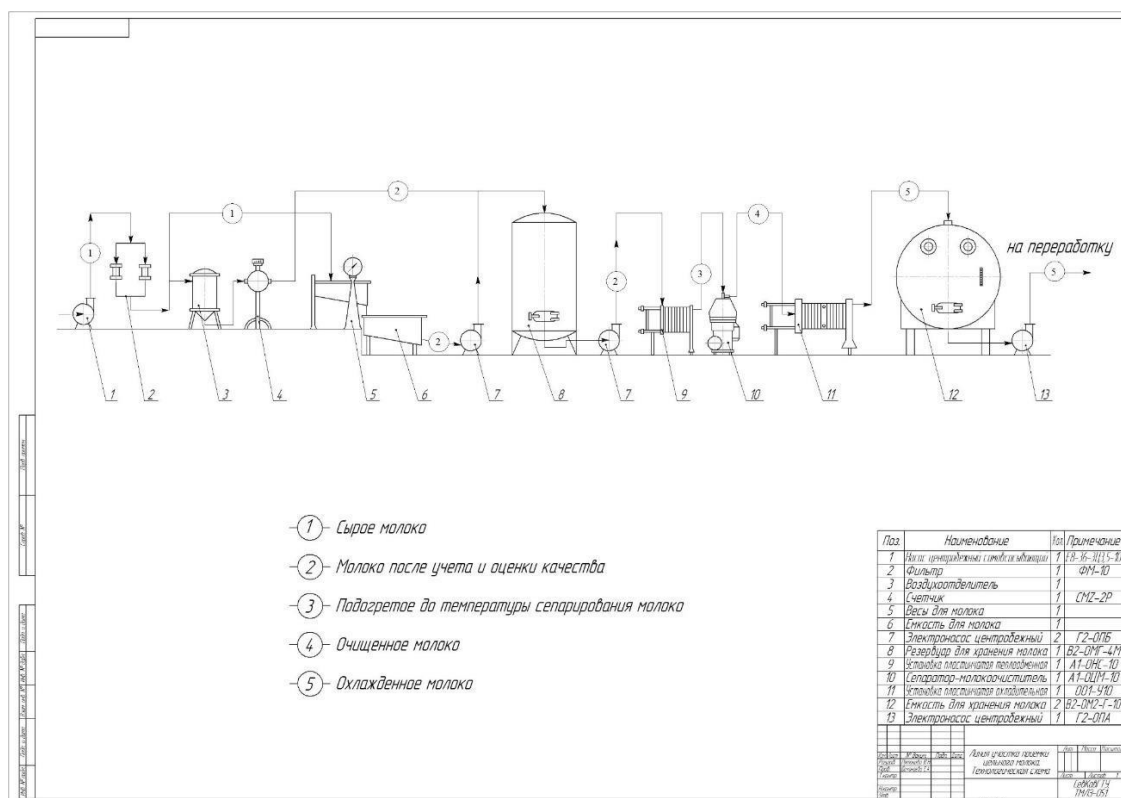


Рисунок 34.2 – Пример выполнения задания 34.1

4. Контрольные вопросы

1. Какие конструкторские документы называются схемами?
2. На какие виды и типы подразделяются схемы?
3. Что изображается на принципиальной схеме?
4. Что должна содержать схема? Как заполняется поле листа технологической схемы?
5. Что такое условное графическое обозначение элемента схемы?
6. В каких размерах вычерчивают на схемах стандартные условные обозначения элементов?
7. Стандарты какой группы ЕСКД устанавливают условные графические обозначения в схемах?

5. Литература

1. Хныкина, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебное пособие / А. Г. Хныкина. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 99 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/69383.html>
2. Буткарев, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебно-методическое пособие / А. Г. Буткарев, Б. Б. Земсков. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий, 2015. — 111 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/66457.html>
3. Каталог стандартов ЕСКД - - <https://c-kd.ru/eskd/>
4. Чертежная документация - <http://gk-drawing.ru>
5. Видеоуроки по черчению - <https://forkettle.ru/vidioteka/tekhnicheskie-nauki/cherchenie/240-inzhenernaya-grafika-ot-omgtu>

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по организации самостоятельной работы студентов
по дисциплине «Инженерная и компьютерная графика»

Направление подготовки
Направленность (профиль)
Форма обучения
Год начала обучения
Изучается в 1, 2 семестрах

19.03.01 Биотехнология
Промышленная биотехнология
очная
2026

Ставрополь, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ 157
2. ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
СТУДЕНТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ 158
3. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ 158
4. ТРЕБОВАНИЯ К ПРЕДСТАВЛЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ЧЕРТЕЖЕЙ 160
5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ЛИТЕРАТУРЫ
162
6. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСОВ 163

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа – важный и существенный этап в обучении студентов. Целью самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» является повышение уровня теоретического и практического усвоения студентами содержания дисциплины для более полного формирования компетенций.

Самостоятельная работа – это планируемая работа студентов, которую они выполняют по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его прямого участия.

Задачи самостоятельной работы студента при изучении дисциплины:

- формирование навыка самостоятельной деятельности, развитие ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем в учебной и профессиональной сферах;
- развитие пространственного представления и воображения, а также конструктивно-геометрического мышления;
- выработка знаний и навыков, необходимых для чтения, выполнения и экспертизы конструкторско-технологической, проектной и рабочей технической документации в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД;
- выработка знаний и навыков применения стандартных пакетов автома-тизированного проектирования для разработки технологической, конструкторской и иной технической документации.

При изучении курса предусмотрены следующие виды самостоятельной работы:

1. подготовка к практическим занятиям и их защите;
2. самостоятельное изучение теоретического материала;

Подготовка к практическим занятиям проводится с целью формирования умений систематизации теоретических знаний для применения их в практической деятельности.

Самостоятельное изучение теоретического материала сочетает устную

и письменную работу студента и организуется с целью формирования у студентов навыков поиска информации по определенной тематике, работы с текстовой информацией, выделения главного смыслового содержания текста и умения представить его краткое изложение в письменном виде, а также сформулировать теоретический ответ по рассматриваемому вопросу.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в устной форме в виде индивидуального собеседования. Вопросы для подготовки к собеседованию по каждому практическому занятию представлены в методических указаниях по выполнению практических работ по дисциплине «Инженерная и компьютерная графика».

2. ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Код реализуемой компетенции	Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки	Объем часов, акад		
				СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
1 семестр						
ОПК-4	Подготовка к практическим занятиям и их защите	Альбом чертежей	собеседование	5	4	9
ОПК-4	Самостоятельное изучение литературы по темам	конспект	собеседование	7	2	9
Итого за 1 семестр				12	6	18
2 семестр						
ОПК-4	Подготовка к практическим занятиям и их защите	Альбом чертежей	собеседование	16	5,5	21,5
ОПК-4	Самостоятельное изучение литературы по темам	конспект	собеседование	20,5	2	22,5
Итого за 2 семестр				36,5	7,5	44
Итого				48,5	13,5	62

3. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ

Текущий контроль

Контроль качества и сроков изучения тем лекций выполняется в соответствии с учебным графиком. Оформляется в виде конспекта лекций.

Контроль качества и сроков выполнения практических занятий осуществляется в соответствии с учебным графиком. Оформляется в виде альбома чертежей.

Промежуточная аттестация.

Промежуточная аттестация в 1 семестре – зачет.

Процедура зачета как отдельное контрольное мероприятие не проводится. Оценивание знаний обучающегося происходит по результатам текущего контроля.

Оценка **«зачтено»** выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопросы, правильно применяет теоретические положения при решении практических задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения. Чертежи в рамках практических занятий выполнены верно, аккуратно, с соблюдением норм ЕСКД.

Оценка **«незачтено»** выставляется студенту, не знающему значительной части программного материала. Задания практических занятий не выполнены или выполнены с грубыми ошибками, оформлены без соблюдения норм ЕСКД.

Промежуточная аттестация во 2 семестре – зачет с оценкой.

Процедура зачета как отдельное контрольное мероприятие не проводится. Оценивание знаний обучающегося происходит по результатам текущего контроля.

Оценка **«отлично»** выставляется студенту, если он исчерпывающе, четко и логически связано отвечает на вопросы, демонстрирует знание теоретических основ технического черчения, норм ЕСКД, методов и средств компьютерной графики, а также умеет интегрировать теоретические знания и применять их для решения нестандартных вопросов, проводить сравнительный анализ для раскрытия вопроса или обоснования принятого

решения. Отвечая на вопрос, пользуется знаниями, полученными, в том числе при самостоятельном изучении литературы. Чертежи в рамках практических занятий выполнены верно, аккуратно, с соблюдением норм ЕСКД.

Оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если он уверенно отвечает на вопросы, твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на поставленный вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов, владеет необходимыми знаниями и навыками в области технического черчения, норм ЕСКД, компьютерной графики. При ответе на вопрос использует в основном лекционный материал. Чертежи в рамках практических занятий выполнены с незначительными погрешностями, аккуратно и технически грамотно.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если он неуверенно отвечает на вопросы, т.е. демонстрирует знания теоретических основ инженерной и компьютерной графики, однако испытывает затруднения при анализе и применении их в модельных практических ситуациях. Допускает нарушение норм ЕСКД. Чертежи, выполненные в рамках практических занятий выполнены с ошибками и нарушениями норм ЕСКД, неаккуратно, возвращались студенту на доработку.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, если он допускает существенные ошибки в ответе на вопросы, не владеет навыками применения теоретических положений к решению практических задач в области создания чертежей в соответствии с правилами и нормами ЕСКД. Не знает средства и методы компьютерной графики. Задания практических занятий не выполнены или выполнены с грубыми ошибками, оформлены без соблюдения норм ЕСКД.

4. ТРЕБОВАНИЯ К ПРЕДСТАВЛЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ЧЕРТЕЖЕЙ

Чертежи на практических занятиях выполняются как в карандаше (1 семестр), так и с использованием системы Компас-3D (2 семестр). При подготовке к практическому занятию там, где это необходимо, студент должен оформить лист ватмана формата А3 согласно требованиям стандартов ЕСКД, то есть выполнить в тонких линиях ограничительную рамку и основную надпись по форме 1 (ГОСТ 2.104-68), а также повторить лекционный материал по данной теме.

Для подготовки к защите практического занятия необходимо доделать и оформить согласно требованиям ЕСКД чертежи с выполненными заданиями по соответствующей теме, изучить литературные источники, а также сведения, находящиеся в свободном доступе в глобальной сети Интернет.

При окончательном оформлении чертежей следует помнить, что площадь, занятая построениями, должна составлять около 75%. Все построения проводятся с возможно большей точностью и аккуратностью. Все надписи должны выполняться стандартным шрифтом размером 3,5; 5 и 7 в соответствии с ГОСТ 2.304-81.

Процедура защиты практического занятия включает в себя: предоставление студентом чертежей с выполненными заданиями по индивидуальному варианту; устное индивидуальное собеседование с преподавателем по теме практического занятия; выставление оценки. Вопросы для подготовки к собеседованию по каждому практическому занятию представлены в методических указаниях по выполнению практических работ по дисциплине «Инженерная и компьютерная графика».

Максимальную оценку студент получает, если задания выполнены верно, в полном объеме и оформление чертежей соответствует установленным требованиям, а ответы полностью раскрывают суть вопроса.

При защите практического занятия оцениваются:

- правильность выполнения задания;
- полнота раскрытия вопроса;
- логичность и последовательность ответа;

- степень обоснованности выбранного решения;
- степень использования графических иллюстраций ответа.

Основанием для снижения оценки являются:

- отступления от установленных требований по оформлению чертежей;
- неточности при выполнении задания;
- неполнота ответа.

Чертеж может быть отправлен на доработку в следующих случаях:

- неверно выполнено задание;
- отсутствует оформление чертежа по установленным требованиям.

5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ЛИТЕРАТУРЫ

Самостоятельная работа с учебными пособиями, научной, справочной, нормативной литературой является наиболее эффективным методом получения знаний по изучаемому предмету, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует собственное отношение к конкретному вопросу или проблеме.

Самостоятельная работа с литературой – это важнейшее условие формирования научного способа познания. Данная работа способствует уяснению конкретных терминов и понятий, введенных в курс учебной дисциплины, пониманию и закреплению пройденного лекционного материала, подготовке к практическим занятиям.

Алгоритм самостоятельного изучения рекомендованной литературы:

- 1) Составьте перечень источников, с которыми Вам следует познакомиться.
Правильный подбор литературы рекомендуется преподавателем, читающим лекционный курс. Необходимая литература также указана в методических рекомендациях к практическим занятиям.
- 2) Определите для себя, какие источники (отдельные главы, разделы, статьи) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть.

- 3) Если в тексте встретилось незнакомое слово, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно узнайте его значение.
- 4) Сделайте необходимые записи по прочитанному материалу с учетом рекомендаций преподавателя по оформлению работы.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

- *Аннотирование* – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;
- *Планирование* – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;
- *Тезирование* – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;
- *Цитирование* – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;
- *Конспектирование* – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

6. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСОВ

1. 1. Колесниченко, Н. М. Инженерная и компьютерная графика : учебное пособие / Н. М. Колесниченко, Н. Н. Черняева. — 2-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. — 236 с. — ISBN 978-5-9729-0670-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/115228.html>

2. Уласевич, З. Н. Инженерная графика: практикум : учебное пособие / З. Н. Уласевич, В. П. Уласевич, Д. В. Омесь. — 2-е изд. — Минск : Вышэйшая школа, 2020. — 208 с. — ISBN 978-985-06-3156-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/119982.html>

3. Макарова, М. Н. Техническая графика. Теория и практика : учебное пособие / М. Н. Макарова. — Москва : Академический проект, 2020. — 493 с.

— ISBN 978-5-8291-3046-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110040.html>

4. Штейнбах, О. Л. Инженерная и компьютерная графика в приложении Компас : учебное пособие / О. Л. Штейнбах. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2021. — 161 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/138758.html>.

5. Несмелова, С. В. Инженерная графика : учебное пособие / С. В. Несмелова, И. А. Тимошенкова, Е. В. Трухина. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2024. — 108 с. — ISBN 978-5-7422-8610-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/147716.html>

6. Павлова, Л. В. Инженерная графика. В 2 ч. Ч. 1. Основы начертательной геометрии. Варианты заданий, рекомендации и примеры выполнения : учебное пособие / Л. В. Павлова. — Саратов : Вузовское образование, 2018. — 85 с. — ISBN 978-5-4487-0253-2 (ч. 1), 978-5-4487-0252-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/75684.html>

7. Павлова, Л. В. Инженерная графика. В 2 ч. Ч. 2. Проекционное и геометрическое черчение. Варианты заданий, рекомендации и примеры выполнения : учебное пособие / Л. В. Павлова, И. А. Ширшова. — Саратов : Вузовское образование, 2018. — 66 с. — ISBN 978-5-4487-0254-9 (ч. 2), 978-5-4487-0252-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/75685.html>

8. Хныкина, А. Г. Инженерная и компьютерная графика : учебное пособие / А. Г. Хныкина. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 99 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/69383.html>

9. Уцын, Г. Е. Инженерная и компьютерная графика. Основы

построения чертежей в Компас 3D : учебно-методическое пособие для практических и самостоятельных работ для студентов технических направлений подготовки и специальностей всех форм обучения / Г. Е. Уцын. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2023. — 72 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/152791.html>

10. Леонова, О. Н. Инженерная графика. Проекционное черчение : учебное пособие / О. Н. Леонова, Л. Н. Королева. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 74 с. — ISBN 978-5-9227-0758-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/74366.html>

11. Арзамасцев, С. В. Инженерная и компьютерная графика в КОМПАС-3D : учебно-методическое пособие / С. В. Арзамасцев, Л. В. Соловьева-Гоголева ; под редакцией А. А. Осипова. — Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2024. — 180 с. — ISBN 978-5-7996-3907-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/157372.html>

12. Мефодьева, Л. Я. КОМПАС-3D V18 на примерах : учебное пособие / Л. Я. Мефодьева. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2020. — 174 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/117099.html>

13. Проекционное черчение в КОМПАС-3D : учебное пособие / А. А. Черепашков, О. М. Севостьянова, И. В. Емельянова, Н. В. Емельянов. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 115 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/105052.html>

14. Начертательная геометрия. Электронный учебно-методический комплекс: лекции, контрольные работы, рабочая тетрадь, презентации, опорный конспект, видеоматериалы решения типовых задач контрольных заданий. - <https://cadinstructor.org/ng/>

15. Открытое образование. Онлайн-курс «Начертательная геометрия и инженерная графика». - <https://openedu.ru/course/urfu/GEOM/>
16. Образовательная платформа Stepik. Онлайн-курс «Инженерная графика. Азбука инженера» - <https://stepik.org/52643>
17. Каталог стандартов ЕСКД - <https://c-kd.ru/eskd/>
18. Чертежная документация - <http://gk-drawing.ru>
19. Официальный сайт компании АСКОН, разработчика системы КОМПАС, статьи, книги, бесплатное лицензионное ПО - <http://ascon.ru/>
20. Видеоуроки, книги по Компас-3D - <https://kompas.ru/publications/video/>