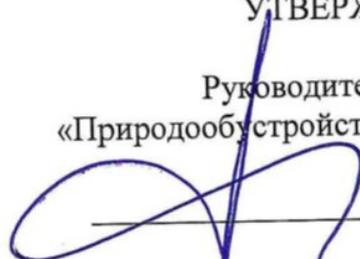


ДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

Факультет мореходный

Кафедра «Технологические машины и оборудование»

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель НОЦ
«Природообустройство и рыболовство»
 /Л.М.Хорошман/

29-января-2025

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА»

Направление-подготовки
35.03.10-«Ландшафтная-архитектура»
(уровень-бакалавриата)

профиль:
«Благоустройство-и-озеленение-территорий-и-объектов»

Петропавловск-Камчатский
2025

Рабочая-программа-составлена-на-основании-ФГОС-ВО-

Составитель рабочей программы:

доцент кафедры ТМО

доц. Е.А. Степанова

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Технологические машины и оборудование» « 20 » января 2025 г. протокол № 1 .

Заведующий кафедрой «Технологические машины и оборудование»
к.т.н., доцент

А. В. Костенко

«20 » января _____ 20 25 г



1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Компьютерная графика» является изучение возможностей системы автоматизированного проектирования NanoCAD по автоматизации и компьютерному моделированию при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению.

Основные задачи курса:

☐ дать необходимые знания по двумерному и трехмерному моделированию в системе автоматизированного проектирования NanoCAD;

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций:
общепрофессиональные компетенции:

ПК-4 – использовать средства автоматизации и компьютерного моделирования при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению;

Планируемые результаты обучения при изучении дисциплины, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представлены в таблице.

Таблица – Планируемые результаты обучения при изучении дисциплины, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Код компетенции	Планируемые результаты освоения образовательной программы	Код и наименование индикатора достижения ОПК	Планируемый результат обучения по дисциплине	Код показателя освоения
ПК-4	Использовать средства автоматизации и компьютерного моделирования при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению	ИД-1 _{ПК-4} : Знает средства автоматизации и компьютерного моделирования при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению.	Знать: – возможности современной системы автоматизированного проектирования NanoCAD при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению;	З(ПК-4)
		ИД-2 _{ПК-4} : Умеет использовать средства автоматизации и компьютерного моделирования при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению.	Уметь: – использовать систему автоматизированного проектирования NanoCAD при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению;	У(ПК-4)
		ИД-3 _{ПК-4} : Владеет навыками использования средств автоматизации и компьютерного моделирования при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению.	Владеть: – навыками создания, редактирования двумерных объектов в системе автоматизированного проектирования NanoCAD при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению; – навыками моделировать трехмерные объекты в системе автоматизированного проектирования NanoCAD при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению;	В(ПК-4)

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Компьютерная графика» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений в структуре основной профессиональной образовательной программы, ее изучение предполагает знание общенаучных и общетехнических дисциплин, а также базируется на дисциплине «Начертательная геометрия».

Знания, умения и навыки, полученные студентами в ходе изучения дисциплины «Компьютерная графика», необходимы для более глубокого и всестороннего изучения и понимания последующих дисциплин, а также для выполнения выпускной квалификационной работы.

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Тематический план дисциплины

Заочная форма обучения

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Итоговый контроль знаний по дисциплине
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы			
Раздел 1. Система автоматизированного проектирования NanoCAD. Тема1.1. Понятие о компьютерной графике. Устройства ввода и вывода графических данных. Системы автоматизированного проектирования.	14	6	2	4		30	Практическая работа, тестирование	
Раздел 2. Компьютерная технология выполнения чертежа.	12	4		4		30	Практическая работа, тестирование	
Раздел 3. Автоматизированная разработка конструкторской документации: выполнение чертежей сборочной единицы.	22	4		6		30	Практическая работа, тестирование	
Раздел 4. Трехмерное моделирование	20	4		4		30	Практическая работа, тестирование	
Зачет с оценкой	4							
Всего	144	20	2	18		120		4

4.2. Описание содержания дисциплины

Раздел 1. Система автоматизированного проектирования NanoCAD

Лекция.

Тема1.1. Понятие о компьютерной графике. Устройства ввода и вывода графических данных. Системы автоматизированного проектирования.

Основные понятия темы: виды компьютерной графики, устройства ввода и вывода графических данных, системы автоматизированного проектирования.

Вопросы для самоконтроля:

1. Перечислите виды компьютерной графики.
2. Что понимают под графической информацией?
3. Какие задачи рассматриваются в компьютерной графике?
4. Что является базовым элементом векторной графики?
5. Назовите устройства для вывода графической информации.

Практическая работа. Введение в графическую систему NanoCAD. Пользовательский интерфейс. Команды программы NanoCAD. Режимы рисования. Объектная привязка. Создание графических примитивов.

Практическая работа. Команды оформления чертежей.

Практическая работа. Команды редактирования чертежей.

Содержание и порядок выполнения практических работ представлен в практикуме по дисциплине «Компьютерная графика» лабораторный практикум для студентов направления подготовки 35.03.10 «Ландшафтная архитектура» очной и заочной формы обучения /Степанова Е.А. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ.

Раздел 2. Компьютерная технология выполнения чертежа

Практическая работа. Организация информации с помощью слоев. Создание размерных стилей.

Практическая работа. Компьютерная технология выполнения чертежа.

Содержание и порядок выполнения практических работ представлен в практикуме по дисциплине «Компьютерная графика» лабораторный практикум для студентов направления подготовки 35.03.10 «Ландшафтная архитектура» очной и заочной формы обучения /Степанова Е.А. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ.

Раздел 3. Автоматизированная разработка чертежей

Практическая работа. Автоматизированная разработка чертежей при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению.

Содержание и порядок выполнения практических работ представлен в практикуме по дисциплине «Компьютерная графика» лабораторный практикум для студентов направления подготовки 35.03.10 «Ландшафтная архитектура» очной и заочной формы обучения /Степанова Е.А. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ.

Раздел 4. Трехмерное моделирование

Практическая работа. Базовые команды 3D-моделирования.

Практическая работа. Создание твердотельных моделей.

Содержание и порядок выполнения практических работ представлен в практикуме по дисциплине «Компьютерная графика» лабораторный практикум для студентов направления подготовки 35.03.10 «Ландшафтная архитектура» очной и заочной формы обучения /Степанова Е.А. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

В целом внеаудиторная самостоятельная работа обучающегося при изучении курса включает в себя следующие виды работ:

- ☑ чтение и проработка рекомендованной основной и дополнительной литературы;
- ☑ подготовка к практическим занятиям;
- ☑ поиск и проработка материалов из Интернет-ресурсов, периодической печати;
- ☑ подготовка к текущему контролю знаний по дисциплине.

Основная доля самостоятельной работы обучающихся приходится на подготовку к практическим занятиям, тематика которых полностью охватывает содержание курса. Самостоятельная работа по подготовке к практическим занятиям предполагает умение работать с первичной информацией.

Для проведения практических работ, для самостоятельной работы используются методические пособия:

1. Степанова Е.А. Компьютерная графика: Практикум для студентов направления подготовки 35.03.10 «Ландшафтная архитектура» очной и заочной формы обучения /Степанова Е.А. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации представлен в приложении к рабочей программе дисциплины и включает в себя:

☑ перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;

☑ описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;

☑ типовые контрольные задания или материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций;

☑ методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

7. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

7.1. Основная литература:

1. Кудрявцев, Е.М. Основы автоматизированного проектирования: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Е.М. Кудрявцев. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 304 с.

7.2. Дополнительная литература:

2. Компьютерная графика: Учебник/ М.Н. Петров, В.П. Молочков:/ Петров М.Н.- 2-е изд.- СПб.: Питер, 2004.-811с.

3. Новичихина Л.И. Справочник по техническому черчению. -3-е изд., стереотип.¾ Мн.: Книжный Дом, 2008.¾ 320 с.

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»

1. Российское образование. Федеральный портал: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.edu.ru>
2. Электронно-библиотечная система «eLibrary»: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.elibrary.ru>
3. Электронно-библиотечная система «Буквоед»: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://91.189.237.198:8778/poisk2.aspx>

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Методика преподавания данной дисциплины предполагает проведение практических занятий. Предусмотрена самостоятельная работа студентов.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

10.1 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса

- ☑ электронные образовательные ресурсы, представленные выше;
- ☑ электронная тренинг-система;

10.2 Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса

При освоении дисциплины используется лицензионное программное обеспечение:

- ☑ операционные системы Astra Linux (или иная операционная система, включенная в реестр отечественного программного обеспечения);
- ☑ комплект офисных программ Р-7 Офис (в составе текстового процессора, программы работы с электронными таблицами, программные средства редактирования и демонстрации презентаций);
- ☑ программа проверки текстов на предмет заимствования «Антиплагиат».

☒ программа NanoCAD.

10.3 Перечень информационно-справочных систем

☒ справочно-правовая система Консультант-плюс <http://www.consultant.ru/online>

☒ справочно-правовая система Гарант <http://www.garant.ru/online>

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

☒ для проведения практических занятий, текущего контроля и аттестации используется аудитория 3-313 с комплектом учебной мебели на 30 посадочных мест, 12 компьютерными столами, 8 персональными компьютерами и 4 ноутбука с установленной программой NanoCAD;

☒ для самостоятельной работы обучающихся – кабинетом для самостоятельной работы № 3-302, оборудованный рабочей станцией с доступом к сети «Интернет» и в электронную информационно-образовательную среду организации, и комплектом учебной мебели на 6 посадочных мест и 5 персональными компьютерами;

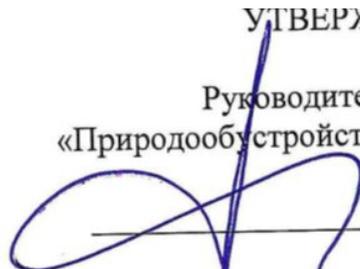
☒ доска аудиторная;

☒ мультимедийное оборудование (ноутбук, интерактивная доска);

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

Факультет мореходный

Кафедра «Технологические машины и оборудование»

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель НОЦ
«Природообустройство и рыболовство»
 /Л.М.Хорошман/

29-января-2025

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ДИСЦИПЛИНЫ
«КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА»**

Направление-подготовки-35.03.10-«Ландшафтная-архитектура»
(уровень-бакалавриата)

профиль:
«Благоустройство-и-озеленение-территорий-и-объектов»

Петропавловск-Камчатский,
2025

Составитель фонда оценочных средств

Доцент кафедры ТМО _____ доц. Е.А. Степанова

Фонд оценочных средств рассмотрен на заседании кафедры «Технологические машины и оборудование» «20» января 2025 г. протокол № 1.

Заведующий кафедрой «Технологические машины и оборудование», к.т.н., доцент

«20» января 2025 г.

_____ 

А. В. Костенко

АКТУАЛЬНО НА

20__ / 20__ учебный год

(подпись)

ФИО зав. кафедрой

20__ / 20__ учебный год

(подпись)

ФИО зав. кафедрой

1. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ С УКАЗАНИЕМ ЭТАПОВ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ПК-4 – использовать средства автоматизации и компьютерного моделирования при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению					
Б1.В.01	Компьютерная графика в ландшафтном проектировании			3аО	
Б1.В.02	Автоматизированное проектирование				Эк
Б2.В.01	Производственная практика				3аО
Б2.В.01.01(П)	Технологическая (проектно-технологическая) практика				3аО
Б3.В.01(Д)	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы				ВКР

Таблица 1 - Паспорт ФОС

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции или ее части	Наименование оценочного средства
Раздел 1. Система автоматизированного проектирования NanoCAD. Тема 1.1. Понятие о компьютерной графике. Устройства ввода и вывода графических данных. Системы автоматизированного проектирования.	ПК-4	Опрос: 3(ПК-4) Практические работы: У(ПК-4) В(ПК-4)
Раздел 2. Компьютерная технология выполнения чертежа.	ПК-4	Опрос: 3(ПК-4) Практические работы: У(ПК-4) В(ПК-4)
Раздел 3. Автоматизированная разработка конструкторской документации: выполнение чертежей сборочной единицы.	ПК-4	Опрос: 3(ПК-4) Практические работы: У(ПК-4) В(ПК-4)
Раздел 4. Трехмерное моделирование	ПК-4	Опрос: 3(ПК-4) Практические работы: У(ПК-4) В(ПК-4)

2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ

2.1 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Код компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения*			
		2	3	4	5
ПК-4	Знать: ☐ возможности современной системы автоматизированного проектирования NanoCAD при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению.	☐ не знает возможности современной системы автоматизированного проектирования NanoCAD при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению.	☐ знает возможности современной системы автоматизированного проектирования NanoCAD при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению с незначительными ошибками.	☐ знает возможности современной системы автоматизированного проектирования NanoCAD при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению.	☐ знает и понимает возможности современной системы автоматизированного проектирования NanoCAD при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению.
	Уметь: – использовать систему автоматизированного проектирования NanoCAD при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению.	☐ не умеет использовать систему автоматизированного проектирования NanoCAD при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению.	☐ умеет использовать систему автоматизированного проектирования NanoCAD при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению с ошибками.	☐ умеет использовать систему автоматизированного проектирования NanoCAD при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению с незначительными ошибками;	☐ умеет использовать систему автоматизированного проектирования NanoCAD при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению.
	Владеть: – навыками создания, редактирования двухмерных объектов в системе автоматизированного проектирования NanoCAD при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению; – навыками моделировать трехмерные объекты в системе автоматизированного проектирования NanoCAD при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению.	☐ не владеет навыками создания, редактирования двухмерных объектов в системе автоматизированного проектирования NanoCAD при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению; ☐ не владеет навыками моделировать трехмерные объекты в системе автоматизированного проектирования NanoCAD при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению.	☐ владеет навыками создания, редактирования двухмерных объектов в системе автоматизированного проектирования NanoCAD при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению с ошибками; ☐ владеет навыками моделировать трехмерные объекты в системе автоматизированного проектирования NanoCAD при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению с ошибками.	☐ владеет навыками создания, редактирования двухмерных объектов в системе автоматизированного проектирования NanoCAD при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению с незначительными ошибками; ☐ владеет навыками моделировать трехмерные объекты в системе автоматизированного проектирования NanoCAD при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению с незначительными ошибками;	☐ владеет навыками создания, редактирования двухмерных объектов в системе автоматизированного проектирования NanoCAD при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению; ☐ владеет навыками моделировать трехмерные объекты в системе автоматизированного проектирования NanoCAD при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению. ☐

*2 - Неудовлетворительная оценка результатов обучения. Фрагментарные знания, умения, навыки. Отсутствие знаний, умений, навыков. Дан

ный результат указывает на несформированность порогового уровня знаний, умений, навыков.

3 - Удовлетворительная оценка результатов обучения. Несистематическое использование знаний, умений, навыков.

4 - Удовлетворительная оценка результатов обучения. Определенные пробелы. В целом, успешное использование знаний, умений, навыков.

5 - Удовлетворительная оценка результатов обучения. Успешное и систематическое применение знаний, умений, навыков

2.2 Описание шкал оценивания

Формы контроля	Шкала оценивания
<p>собеседование</p>	<p>Оценка «отлично»: ответы на поставленные вопросы излагаются четко, логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений, делаются обоснованные выводы, демонстрируются глубокие знания базовых нормативных и правовых актов, соблюдаются нормы литературной речи.</p> <p>Оценка «хорошо»: ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно, материал излагается уверенно, демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер, соблюдаются нормы литературной речи, обучающийся демонстрирует хороший уровень освоения материала.</p> <p>Оценка «удовлетворительно»: допускаются нарушения в последовательности изложения ответов на поставленные вопросы, демонстрируются поверхностные знания вопроса, имеются затруднения с выводами, допускаются нарушения норм литературной речи.</p> <p>Оценка «неудовлетворительно»: материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний по дисциплине, имеются заметные нарушения норм литературной речи, обучающийся допускает существенные ошибки в ответах на вопросы, не ориентируется в понятийном аппарате.</p>
<p>выполнение лабораторных и практических работ</p>	<p>Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, чей результат оказался правильным, чье решение или расчет оказался наиболее продуманным, логичным.</p> <p>Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, использовавшему методику расчета с незначительными нарушениями, чей расчет имеет незначительные погрешности, не всегда обоснованные решения</p> <p>Оценка «удовлетворительно» выставляется каждому обучающемуся, чей расчет имеет нарушения, но в целом задание выполнено, анализ проведен поверхностно, в том числе с нарушением методики его проведения, большинство решений необосновано.</p> <p>Оценка «неудовлетворительно» выставляется каждому обучающемуся, если расчет проведен в нарушение методики, результаты не обоснованы, не сделаны выводы, расчет произведен с грубыми нарушениями и не соответствует поставленной задаче.</p>
<p>Зачет с оценкой</p>	<p>Оценка «отлично» выставляется, если обучающийся показывает всесторонние и глубокие знания программного материала, знание основной и дополнительной литературы; последовательно и четко отвечает на вопросы билета и дополнительные вопросы; уверенно ориентируется в теории; демонстрирует способность применять теоретические знания для практических задач, делать правильные выводы, подтверждает полное освоение компетенций, предусмотренных программой.</p>

Оценка «хорошо» выставляется, если обучающийся показывает полное знание программного материала, основной и дополнительной литературы; дает полные ответы на теоретические вопросы, допуская некоторые неточности; правильно применяет теоретические положения к практическим задачам; демонстрирует хороший уровень освоения материала и в целом подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если обучающийся показывает знание основного материала в объеме, необходимом для предстоящей профессиональной деятельности; при ответе на вопросы не допускает грубых ошибок, но испытывает затруднения в последовательности их изложения; не в полной мере демонстрирует способность применять теоретические знания для практических задач, подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой на минимально допустимом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если обучающийся имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала по разделу; не способен аргументировано и последовательно его излагать, допускает грубые ошибки в ответах, неправильно отвечает на задаваемые преподавателем вопросы или затрудняется с ответом; не подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой.

Итоговое оценивание обучающегося

Для оценки качества подготовки обучающегося по дисциплине в целом составляется рейтинг – интегральная оценка результатов всех видов деятельности, осуществляемых в процессе ее изучения.

В соответствии с учебным планом изучение дисциплины «Компьютерная графика» завершается сдачей зачета с оценкой в четвертом семестре.

Преподаватель знакомит обучающихся группы с программой учебной дисциплины, порядком определения количества ЗЕ, графиком, формами и процедурой прохождения текущего контроля, а также примерными вопросами для подготовки к промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация – это форма контроля теоретических знаний, полученных студентом в процессе изучения всей учебной дисциплины или ее части, и умения их применять в практической деятельности. Он должен учитывать выполнение всех видов работ, предусмотренных программой дисциплины, выполнение лабораторных занятий.

Показатели, критерии оценки сформированности компетенции, шкала оценивания результатов освоения компетенций по уровням освоения представлены в таблице.

Уровень освоения	Критерии освоения	Показатели и критерии оценки сформированности компетенции	Шкала оценивания (традиционная оценка)
Продвинутый	<i>Компетенции сформированы.</i> Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка	Теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено на «отлично». Обучаемый демонстрирует способность к полной самостоятельности (допускаются консультации с преподавателем по сопутствующим вопросам) в выборе способа решения неизвестных или нестандартных заданий в рамках учебной дисциплины с использованием знаний, умений и навыков , полученных как в ходе освоения данной учебной дисциплины, так и смежных дисциплин.	«отлично»
Базовый	<i>Компетенции сформированы.</i> Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка	Теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальной оценкой, некоторые виды заданий выполнены с несущественными ошибками. Качество выполнения заданий оценено преимущественно на «хорошо». Способность обучающегося продемонстрировать самостоятельное применение знаний, умений и навыков при решении заданий, аналогичных тем, которые представлял преподаватель при потенциальном формировании компетенции, подтверждает наличие сформированной компетенции, причем на более высоком уровне	«хорошо»
Пороговый	<i>Компетенции сформированы.</i> Демонстрируется недостаточный уровень самостоятельности практического навыка	Теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки. Качество выполнения заданий оценено преимущественно на «удовлетворительно». Если обучаемый демонстрирует самостоятельность в применении знаний, умений и навыков к решению учебных заданий в полном соответствии с образцом, данным преподавателем, по заданиям, решение которых было показано преподавателем, следует считать, что компетенция сформирована, но ее уровень недостаточно высок.	«удовлетворительно»
Низкий	<i>Компетенции не сформированы</i> Демонстрируется отсутствие или фрагментарное наличие самостоятельности и практического навыка	Теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки. Неспособность обучающегося самостоятельно продемонстрировать наличие знаний при решении заданий, которые были представлены преподавателем вместе с образцом их решения, отсутствие самостоятельности в применении умения к использованию методов освоения учебной дисциплины и неспособность самостоятельно проявить навык повторения решения поставленной задачи по стандарт-	«неудовлетворительно»

		ному образцу свидетельствуют об отсутствии сформированной компетенции.	
--	--	--	--

3. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

3.1. Вопросы к промежуточной аттестации (зачет с оценкой)

1. Базовые подходы к автоматизированному проектированию.
2. Использование систем автоматизированного проектирования на всех этапах проектирования.
3. Система NanoCAD. Возможности системы, интерфейс.
4. Ввод команд и данных, управление экраном в NanoCAD
5. Методы точных построений.
6. Настройка режимов работы пользователя.
7. Плоские графические примитивы в NanoCAD
8. Блоки.
9. Команды оформления чертежа. Штриховка, протановка размеров.
10. Свойства примитивов.
11. Редактирование чертежей в NanoCAD.
12. Слои.
13. Текстовые стили. Однострочный текст. Многострочный текст.
14. Видовые экраны.
15. На чем основано прямое моделирование.
16. Какой режим используется для создания модели на основе прямого моделирования.
17. Какие типы проекций используются для анализа трехмерной модели в процессе ее построения.
18. Как называется выбор типа проекции для модели в папоCAD.
19. Если локатор включен, то как он отображается на рабочем пространстве.
20. Какое представление дает неактивный локатор.
21. С чего начинается построение твердотельной модели.
22. Команды прямого твердотельного моделирования в папоCAD.
23. Перечислите булевы операции над более простыми твердотельными моделями.
24. Какие твердотельные примитивы могут быть построены в папоCAD.
25. Какие возможности редактирования твердотельных моделей, созданных в режиме «Прямое» есть папоCAD.

3.2. Практикум

3.2.1. Практические работы

Практическая работа. Введение в графическую систему NanoCAD. Пользовательский интерфейс. Команды программы NanoCAD. Режимы рисования. Объектная привязка. Создание графических примитивов.

Вопросы для собеседования

1. Ввод команд. Структура команд.
2. Методы точных построений.
3. Плоские графические примитивы.

Практическая работа. Команды оформления чертежей.

Вопросы для собеседования

1. Команды оформления чертежа.
2. Выполнение штриховки.
3. Простановка размеров.

Практическая работа. Редактирование чертежей.
Вопросы для собеседования

1. Команда: копирование в массиве.
2. Команда: удлинение, обрезка.
3. Команда: фаска, сопряжение.

Практическая работа. Организация информации с помощью слоев. Создание размерных стилей.

Вопросы для собеседования

1. Организация информации с помощью слоёв.
2. Создание размерного стиля.
3. Настройка рабочей среды и создание шаблона.

Практическая работа. Компьютерная технология выполнения чертежа.
Вопросы для собеседования

1. Вывод графической информации на печать.
2. Количество изображений на чертеже.
3. Требования к рабочему чертежу детали.

Практическая работа. Автоматизированная разработка чертежей при производстве комплекса работ по благоустройству и озеленению.

Вопросы для собеседования

1. Вывод графической информации на печать.
2. Количество изображений на чертеже.
3. Требования к рабочему чертежу.

Практическая работа. Базовые команды 3D-моделирования.
Вопросы для собеседования

1. Какой режим используется для создания модели на основе прямого моделирования.
2. Перечислите булевы операции над более простыми твердотельными моделями
3. Какие твердотельные примитивы могут быть построены в папоCAD?

Практическая работа. Создание твердотельных моделей.
Вопросы для собеседования

1. Какие визуальные стили используются в папоCAD.
2. С чего начинается построение твердотельной модели.
3. Команды прямого твердотельного моделирования в папоCAD.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

По дисциплине предусмотрены следующие формы контроля качества подготовки:

☒ текущий (осуществление контроля за всеми видами аудиторной и внеаудиторной деятельности обучающегося с целью получения первичной информации о ходе усвоения отдельных элементов содержания дисциплины);

☒ промежуточный (оценивается уровень и качество подготовки по конкретным разделам дисциплины).

Результаты текущего и промежуточного контроля качества выполнения студентом запланированных видов деятельности по усвоению учебной дисциплины являются показателем качества работы обучающегося за время изучения дисциплины.

Текущий контроль успеваемости предусматривает оценивание хода освоения дисциплины, промежуточная аттестация обучающихся – оценивание результатов обучения по дисциплине, в том числе посредством испытания в форме зачета с оценкой.

Оценивание знаний, умений и навыков по учебной дисциплине осуществляется посредством использования следующих видов оценочных средств:

- ☒ устные опросы;
- ☒ выполнение лабораторных работ, проведение собеседования;
- ☒ зачет с оценкой.

Опросы и собеседования

Устные опросы и собеседования проводятся вовремя лабораторных занятий и при проведении промежуточного контроля знаний по разделам (модулям) дисциплины.

Вопросы опроса, проводимого вовремя лабораторных занятий, не должны выходить за рамки объявленной для данного занятия темы. Устные опросы необходимо строить так, чтобы вовлечь в тему обсуждения максимальное количество обучающихся в группе, проводить параллели с уже пройденным учебным материалом данной дисциплины и смежными курсами, находить удачные примеры из современной действительности, что увеличивает эффективность усвоения материала на ассоциациях. Основные вопросы для устного опроса доводятся до сведения студентов на предыдущем лабораторном занятии.

При оценке опросов анализу подлежит точность формулировок, связность изложения материала, обоснованность суждений, опора на методические материалы.

Выполнение практических заданий

Выполнение практических заданий осуществляется на практических занятиях по предложенным преподавателям условиям. Задания выполняются индивидуально, при этом не запрещается обсуждение хода выполнения задания и результатов обучающимися. Результат докладывается одним из обучающихся, остальные обучающиеся могут предлагать иной вариант решения вопроса или анализа ситуации, при этом аргументируя свою точку зрения.

Зачет с оценкой

Промежуточная аттестация завершает изучение курса и проходит в виде зачета с оценкой. Зачет проводится согласно расписанию зачетно-экзаменационной сессии. К зачету не допускаются студенты, не сдавшие хотя бы одну из двух текущих аттестаций (индивидуальный устный блиц-опрос по разделу дисциплины). Зачет может быть выставлен автоматически по результатам текущего и промежуточного контроля знаний и достижений, продемонстрированных студентом на практических занятиях. Фамилии студентов, получивших зачет автоматически, объявляются в день проведения зачета до начала промежуточной аттестации.

В случае неудовлетворительного результата испытания назначается день и время повторного (по графику ликвидации задолженностей). Присутствие посторонних лиц в ходе проведения аттестационных испытаний без разрешения ректора или проректора не допускается (за исключением работников университета, выполняющих контролирующие функции в соответствии со своими должностными обязанностями). В случае отсутствия ведущего преподавателя аттестационные испытания проводятся преподавателем, назначенным письменным распоряжением декана факультета.

Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, допускаются на аттестационные испытания в сопровождении ассистентов-сопровождающих.

КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Технологические машины и оборудование»

Е.А. Степанова

ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

*Конспект лекций
для студентов всех специальностей
и направлений подготовки
очной и заочной форм обучения*

Петропавловск-Камчатский
2019

Рецензент:
Малова Е.А.
Ст.преподаватель кафедры ИС
ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»

Степанова Елена Анатольевна

Инженерная и компьютерная графика: конспект лекций для студентов всех специальностей и направлений подготовки очной и заочной форм обучения / Е.А. Степанова. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2019. – 232 с.

Конспект лекций составлен в соответствии с требованиями к освоению основной образовательной программы подготовки специалистов и бакалавров федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

Рекомендовано к использованию в учебном процессе учебно-методическим советом ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» протокол № 6 от 03.04.2019г.

Содержание

Введение.....	5
1. Понятие о компьютерной графике.	6
2. Графическая система AutoCAD	15
3. Проецирование точки, прямой, плоскости.....	28
3.1. Предмет начертательной геометрии.....	28
3.2. Параллельное проецирование и его инвариантные свойства.....	28
3.3. Координатные плоскости проекций. Образование эпю- ра Монжа.....	31
3.4. Проецирование прямой.....	33
3.5. Проецирование плоскости.	40
4. Аксонометрическое проецирование.	49
4.1. Общие сведения	49
4.2. Стандартные аксонометрические проекции.....	50
5. Позиционные задачи	56
5.1. Взаимное положение точек, прямых.	56
5.2. Взаимное положение прямой и плоскости.....	59
5.3. Взаимное положение двух плоскостей.....	63
6. Метрические задачи. Способы преобразования ортого- нальных проекций.....	68
7. Поверхности.....	73
7.1. Поверхности: образование, классификация, задание на эпюре Монжа	73
7.2. Линейчатые поверхности.....	76
7.3. Пересечения поверхности плоскостью.....	85
7.4. Пересечения поверхности прямой линией.....	93
7.5. Взаимное пересечение поверхностей.....	96
8. Общие правила оформления чертежей.	103
8.1. Форматы.	103
8.2. Основные надписи.	104
8.3. Масштабы.....	107
8.4. Линии.....	108
8.5. Чертежные шрифты	109
8.6. Обозначение графических материалов.....	110
8.7. Нанесение размеров	112

9. Изображения – виды, разрезы, сечения, выносные элементы.	130
9.1. Основные положения	130
9.2. Виды	131
9.3. Сечения.....	137
9.4.Разрезы	143
9.5.Выносные элементы.....	150
9.6. Условности и упрощения.....	151
10. Основные положения Единой системы конструкторской документации	159
10.1. Виды изделий. ГОСТ 2.101-68.....	159
10.2. Виды и комплектность конструкторских документов. ГОСТ 2.102-68	160
10.3. Стадии разработки. ГОСТ 2.103-68.....	162
11. Чертежи и эскизы деталей.	164
12. Резьба.....	171
12.1. Соединение деталей	171
12.2. Изображение резьбы	172
12.3. Обозначение резьбы	182
13. Разработка рабочей документации	190
13.1. Сборочный чертеж. Спецификация.	190
13.2. Разработка чертежей деталей.....	202
14. Схемы	205
14.1. Основные определения.....	205
14.2. Общие правила выполнения электрических схем	207
14.2. Перечень элементов.....	209
15. Трехмерное моделирование в AutoCAD.....	211
15.1. Типы моделей трехмерных объектов	211
15.2. Просмотр трехмерных объектов. Типовые направления проецирования.....	211
15.3. Ввод трехмерных координат	214
15.4. Твердотельное моделирование.....	216
16. Устройства ввода и вывода графических данных.....	225
16.1. Устройства ввода информации.	225
16.2. Устройства вывода информации.....	228
Рекомендуемая литература	232

Введение

Дисциплина «Инженерная и компьютерная графика» состоит из трех структурно и методически согласованных разделов: «Начертательная геометрия», «Инженерная графика» и «Компьютерная графика». Данная дисциплина является фундаментальной в подготовке бакалавров и инженеров широкого профиля. Это одна из основных дисциплин общеинженерного цикла.

Дисциплина «Инженерная и компьютерная графика» является ступенью обучения, на которой изучаются начальные правила выполнения и оформления конструкторской документации. Здесь же происходит знакомство студентов с основными приёмами и методами работы с графическими редакторами, приобретаются навыки выполнения чертежей и создания графических моделей с применением средств компьютерной графики.

Задачами дисциплины являются: развитие пространственного представления и воображения, конструктивно-геометрического мышления на основе графических моделей пространственных форм; выработка знаний по применению метода ортогонального проецирования при решении конкретных задач; выработка знаний по правилам оформления конструкторской документации в соответствии с Единой системой конструкторской документации (ЕСКД); выработка навыков по выполнению и чтению чертежей отдельных деталей и сборочных единиц; обучение работе с современными системами компьютерного проектирования; выработка навыков по автоматизированной разработке и выполнению конструкторской документации.

1. ПОНЯТИЕ О КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

Под *компьютерной графикой* обычно понимают автоматизацию процессов подготовки, преобразования, хранения и воспроизведения графической информации с помощью компьютера. Под *графической информацией* понимаются модели объектов и их изображения.

В компьютерной графике рассматриваются следующие *задачи*: представление изображения в компьютерной графике; подготовка изображения к визуализации; создание изображения; осуществление действий с изображением.

Различают *три вида компьютерной графики*. Это *растровая графика, векторная графика и фрактальная графика*. Они отличаются принципами формирования изображения при отображении на экране монитора или при печати на бумаге.

Растровая графика – базовым элементом изображения является *точка*, при этом особую важность имеет понятие разрешения, выражающее количество точек, приходящихся на единицу длины. Разрешение измеряется в количестве точек на дюйм (dpi).

Растровая графика всегда оперирует двумерным массивом (матрицей) пикселей. Каждому пикселю сопоставляется значение — яркости, цвета, прозрачности — или комбинация этих значений. Растровый образ имеет некоторое число строк и столбцов. Без особых потерь растровые изображения можно только лишь уменьшать, хотя некоторые детали изображения тогда исчезнут навсегда, что иначе в векторном представлении. Увеличение же растровых изображений оборачивается «красивым» видом на увеличенные квадраты того или иного цвета, которые раньше были пикселями. В растровом виде представимо любое изображение, однако этот способ хранения имеет свои недостатки: большой объем памяти, необходимый для работы с изображениями, потери при редактировании.

Растровую графику применяют при разработке электронных (мультимедийных) и полиграфических изданий. Иллюстрации, выполненные средствами растровой графики, редко создают вручную с помощью компьютерных программ. Чаще

всего для этой цели используют отсканированные иллюстрации, подготовленные художниками, или фотографии. В последнее время для ввода растровых изображений в компьютер нашли широкое применение цифровые фото — и видеокамеры.

Большинство графических редакторов, предназначенных для работы с растровыми иллюстрациями, ориентированы не столько на создание изображений, сколько на их обработку.

Растровые редакторы применяются для обработки изображений, их ретуши, создания фотоэффектов и художественных композиций.

Векторная графика – базовым элементом при создании изображения является *линия*. Линия описывается математически как единый объект, и поэтому объем данных для отображения объекта средствами векторной графики, существенно меньше, чем в растровой графике.

Векторная графика представляет изображение как набор геометрических примитивов. Обычно в качестве них выбираются точки, прямые, окружности, прямоугольники, а также как общий случай, сплайны некоторого порядка. Объектам присваиваются некоторые атрибуты, например, толщина линий, цвет заполнения. Рисунок хранится как набор координат, векторов и других чисел, характеризующих набор примитивов. При воспроизведении перекрывающихся объектов имеет значение их порядок.

Программные средства для работы с векторной графикой предназначены в первую очередь для создания иллюстраций и в меньшей степени для их обработки. Такие средства широко используют в рекламных агентствах, дизайнерских бюро, редакциях и издательствах, для чертежно-графических работ.

Фрактальная графика – базовым элементом является сама математическая *формула*, то есть, никаких объектов в памяти компьютера не хранится, а изображение строится исключительно по уравнениям. Таким способом строятся простейшие регулярные структуры, так и сложные изображения, имитирующие природные ландшафты и трехмерные объекты.

Фрактал — объект, отдельные элементы которого наследуют свойства родительских структур. Поскольку более детальное описание элементов меньшего масштаба происходит по простому алгоритму, описать такой объект можно всего лишь несколькими математическими уравнениями.

Особое место занимает *трехмерная (3D) графика*, изучающая приемы и методы построения объемных моделей объектов в виртуальном пространстве.

Как правило, в ней сочетается фрактальный, векторный и растровый способы формирования изображений.

Компьютерная графика используется почти во всех научных и инженерных дисциплинах для наглядности и восприятия, передачи информации. Применяется в медицине, рекламном бизнесе, индустрии развлечений и т. д. Без компьютерной графики не обходится ни одна современная программа.

В строительстве и технике чертежи давно представляют собой основу проектирования новых сооружений или изделий. Построение предварительных макетов - достаточно долгое и дорогое дело. Сегодня существуют развитые программные средства автоматизации проектно-конструкторских работ (САПР), позволяющие быстро создавать чертежи объектов, выполнять прочностные расчеты и т.п. Они дают возможность не только изобразить проекции изделия, но и рассмотреть его в объемном виде с различных сторон. Такие средства также чрезвычайно полезны для дизайнеров интерьерера, ландшафта.

Компьютерная графика предоставила киноиндустрии возможности создания спецэффектов, которые в прежние годы были попросту невозможны. В последние годы широко распространилась еще одна сфера применения компьютерной графики - создание виртуальной реальности.

Перечислим основные сферы применения компьютерной графики: САПР (системы автоматизированного проектирования); деловая графика (графическое представление данных); визуализация процессов и явлений в научных исследованиях (компьютерное графическое моделирование);

медицина (компьютерная томография, УЗИ и т.д.); геодезия и картография (ГИС); полиграфия (схемы, плакаты, иллюстрации); сфера массовой информации (графика в Интернете, иллюстрации, фото); кинематография (специальные эффекты, компьютерная мультипликация); быт (компьютерные игры, графические редакторы, фотоальбомы).

Столь широкое распространение компьютерная графика получила с появлением систем интерактивной компьютерной графики.

В случае, если пользователь может управлять характеристиками объектов, то говорят об *интерактивной компьютерной графике*, т.е. способность компьютерной системы создавать графику и вести диалог с человеком. В настоящее время почти любую программу можно считать системой интерактивной компьютерной графики.

Исторически первыми интерактивными системами считаются *системы автоматизированного проектирования (САПР)*, которые появились в 60-х годах. Они представляют собой значительный этап в эволюции компьютеров и программного обеспечения. В системе интерактивной компьютерной графики пользователь воспринимает на дисплее изображение, представляющее некоторый сложный объект, и может вносить изменения в описание (модель) объекта. Такими изменениями могут быть как ввод и редактирование отдельных элементов, так и задание числовых значений для любых параметров, а также иные операции по вводу информации на основе восприятия изображений.

Системы типа САПР активно используются во многих областях, например в машиностроении и электронике. Такие системы на первых порах функционировали на достаточно больших компьютерах. С ростом мощностей персональных компьютеров все чаще САПР использовали на дешевых массовых компьютерах, которые сейчас имеют достаточные быстродействие и объемы памяти для решения многих задач. Это привело к широкому распространению систем САПР.

Функции *конструкторских САПР* (САД-систем) в машиностроении подразделяют на две большие группы:

– двумерное (2D) проектирование; к этим функциям относятся черчение и оформление конструкторской документации;

– трёхмерное (3D) проектирование; сюда относятся получение трёхмерных моделей объектов и их реалистичная визуализация, взаимное преобразование двумерных и трёхмерных моделей, расчёты параметров трёхмерных моделей.

Также САД-системы условно подразделяют на две группы по фактору стоимости:

– для массового пользователя (относительно дешёвые).

– для специалистов и промышленного применения (дорогие).

Первая группа ориентирована преимущественно на двумерную графику и менее требовательна в отношении вычислительных ресурсов. Вторая группа ориентирована в основном на геометрическое (трёхмерное) моделирование, получение и оформление конструкторской документации обычно осуществляется с помощью предварительной разработки 3D моделей.

В настоящее время наиболее широко используются следующие САД-системы, предназначенные для машиностроения:

– в первой группе: AutoCAD (Autodesk); АДЕМ; bCAD (ПроПроГруппа, Новосибирск); Caddy (ZieglerInformatics); Компас (Аскон, С-Петербург); Спрут (SprutTechnology, Набережные Челны); Кредо (АСК, Москва).

– во второй группе: Pro/Engineer (PTC – Parametric Technology Corp.), Unigraphics (EDS Unigraphics); SolidEdge (Intergraph); CATIA (DassaultSystemes), EUCLID (MatraDatavision), CADD5.5 (Computervision, ныне входит в PTC) и др.

– системы, занимающие промежуточное положение: Cimatron, Microstation (Bentley), Euclid Prelude (MatraDatavision), T-FlexCAD (ТопСистемы, Москва) и др.

Однако необходимо отметить, приведенная градация весьма условна, поскольку последние версии таких систем как AutoCAD и КОМПАС позволяют выполнять не только графические построения, но и формировать трехмерные мо-

дели, выполнять в автоматическом режиме расчеты и моделирование некоторых узлов и даже сборочных единиц.

Системы двумерного моделирования распознают геометрические формы, определяемые точками, прямыми или кривыми только на плоскости. Любая из проекций ортогонального чертежа (двухмерная модель) распознается системой как плоский элемент, ограниченный некоторым количеством точек с определенными координатами X и Y . Чертеж модели, распознается двумерной системой как три полностью независимых рисунка.

Каждый вид некоторого объекта (главный вид, вид сверху и т.д.) может быть выполнен в системе двумерного моделирования лишь как отдельная фигура, которая рассматривается системой вне связи с любыми другими видами.

Все команды любой двумерной системы (или графического редактора) можно разделить на три вида: команды черчения; команды редактирования; команды нанесения размеров, условных обозначений и текста (оформления чертежа).

С помощью двумерных систем создается большинство конструкторских документов.

Трехмерная модель описывается точками с третьей координатой по оси Z . Трехмерная система распознает три проекции одного и того же объекта. И даже если были представлены только два вида, например XY и XZ , то виды YZ и XYZ могут быть автоматически восстановлены.

Трехмерное моделирование делится на три вида: *каркасное; поверхностное; твердотельное (сплошное)*.

Каркасная модель полностью описывается в терминах точек и линий. Каркасное моделирование представляет собой моделирование самого низкого уровня и имеет ряд серьезных ограничений, большинство из которых возникает из-за недостатка информации о гранях, заключенных между ребрами, и невозможности выделить внешнюю и внутреннюю области изображения твердотельного объема.

Главным фактором в ограничении применения каркасных поверхностей является неоднозначность распознавания ориентации и видимости граней каркасного изображения.

Этот эффект, обусловленный природой каркасной модели, может привести к непредсказуемым результатам. В отличие от твердотельной модели, в каркасной модели нельзя отличить видимые грани геометрической формы от невидимых (скрытых). Операцию по удалению скрытых линий можно выполнить только вручную с применением команд редактирования к каждой отдельной линии.

Поверхностная модель определяется с помощью точек, линий и поверхностей. Таким образом, ее можно рассматривать как модель более высокого уровня, чем каркасная модель, и, следовательно, как более гибкую и многофункциональную. Метод поверхностного моделирования наиболее эффективен при проектировании сложных криволинейных поверхностей, изготавливаемых из листового материала, например, элементов кузова автомобиля.

Поверхности образуются различными способами и могут быть разделены для целей компьютерной графики по способу их получения: элементарные геометрические поверхности, поверхности вращения, аналитические поверхности и поверхности произвольных форм (известные также как «скульптурные» поверхности или поверхности «свободных форм»).

К элементарным геометрическим поверхностям относятся поверхности, которые образуются параллельным переносом линии вдоль перпендикулярной к ней оси.

В свою очередь, поверхности могут быть преобразованы операциями параллельного переноса в трехмерные объекты. Следует отметить, что системы поверхностного моделирования не распознают такие формы, как твердые объемные тела. Они представляют их просто как поверхности, соединенные в пространстве друг с другом некоторым образом и ограничивающие «пустой» объем.

Несмотря на целый ряд достоинств метода поверхностного моделирования, его применение ограничено из-за ряда недостатков и, прежде всего, из-за сложности процедуры удаления невидимых линий и отображения внутренних областей.

Твердотельная модель описывается в терминах того трехмерного объема, который занимает определяемое ею те-

ло. Таким образом, твердотельное моделирование является единственным средством, которое обеспечивает полное и однозначное описание трехмерной геометрической формы. Этот способ моделирования представляет собой самый современный и наиболее мощный из трех указанных методов.

Неоспоримыми преимуществами твердотельной модели являются: полное определение объема и формы; обеспечение автоматического удаления невидимых (скрытых) линий; автоматизированное построение трехмерных разрезов проектируемого изделия, что особенно важно при анализе сложных сборочных единиц; автоматическое получение точных значений массы, площади поверхности, центра тяжести, момента инерции для любой детали или изделия в целом.

Наконец, наличие разнообразной палитры цветов, управление цветовой гаммой, получение тоновых эффектов – всего того, что способствует получению качественного изображения формы.

Один из методов твердотельного конструирования основан на построении модели из набора базовых твердотельных примитивов, находящихся в библиотеках системы. Каждый примитив определен некоторой формой (шар, цилиндр переменного сечения, параллелепипед и т.п.), точкой привязки, исходной ориентацией и изменяемыми размерами.

Процесс создания конструкции основан на использовании булевых операций. Операция объединения определяет пространство внутри внешней границы составной фигуры, полученной из двух тел. Таким образом, операция объединения определяет результирующую составную фигуру как один элемент.

Операция разности определяет пространство, оставшееся от одной фигуры после вычета общей области двух фигур.

Операция пересечения определяет пространство внутри границ общей области фигур (то есть множество точек, принадлежащих обеим фигурам).

Например, для того чтобы показать внутренние поверхности проектируемой детали, достаточно вычесть параллеле-

пипед из полученного изображения детали (по аналогии с вырезом в аксонометрических проекциях).

После создания полной трехмерной модели можно выполнить чертеж данного изделия в ортогональных проекциях. Сделать это позволяют программные средства автоматического получения требуемых проекций с автоматическим же нанесением размеров на соответствующие виды.

Наша основная задача заключается в том, чтобы научиться выполнять конструкторские документы, используя компьютерные системы. Наиболее популярными в настоящее время для машиностроительного черчения и конструирования являются системы AutoCAD и КОМПАС-ГРАФИК.

2. ГРАФИЧЕСКАЯ СИСТЕМА AUTOCAD

AutoCAD — двух- и трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения, разработанная компанией Autodesk. Первая версия системы была выпущена в 1982 году.

AutoCAD — самая популярная в мире система автоматизированного проектирования и выпуска рабочей конструкторской и проектной документации. С его помощью создаются двумерные и трехмерные проекты различной степени сложности в области архитектуры и строительства, машиностроения, генплана, геодезии и т.д. Формат хранения данных AutoCAD и передачи проектной документации признан международным стандартом хранения.

Ранние версии AutoCAD оперировали небольшим числом элементарных объектов, такими как круги, линии, дуги и текст, из которых составлялись более сложные. В этом качестве AutoCAD заслужил репутацию «электронного кульмана», которая остаётся за ним и поныне. Однако на современном этапе возможности AutoCAD весьма широки и намного превосходят возможности «электронного кульмана».

В области двумерного проектирования AutoCAD по-прежнему позволяет использовать элементарные графические примитивы для получения более сложных объектов. Кроме того, программа предоставляет весьма обширные возможности работы со слоями и аннотативными объектами (размерами, текстом, обозначениями). Использование механизма внешних ссылок позволяет разбивать чертёж на составные файлы, за которые ответственны различные разработчики, а динамические блоки расширяют возможности автоматизации 2D-проектирования обычным пользователем без использования программирования. Начиная с версии 2010 в AutoCAD реализована поддержка двумерного параметрического черчения.

В состав AutoCAD 2012 включена программа Inventor Fusion, реализующая технологию прямого моделирования.

Версия программы AutoCAD 2014 включает в себя полный набор инструментов для комплексного трёхмерного моделирования. AutoCAD позволяет получить высококачественную визуализацию моделей. Тем не менее, отсутствие трёхмерной параметризации не позволяет AutoCAD напрямую конкурировать с машиностроительными САПР среднего класса, такими как Inventor, SolidWorks и другими.

Широкое распространение AutoCAD в мире обусловлено не в последнюю очередь развитыми средствами разработки и адаптации, которые позволяют настроить систему под нужды конкретных пользователей и значительно расширить функциональность базовой системы. Большой набор инструментальных средств для разработки приложений делает базовую версию AutoCAD универсальной платформой для разработки приложений. На базе AutoCAD самой компанией Autodesk и сторонними производителями создано большое количество специализированных прикладных приложений, таких как AutoCADMechanical, AutoCAD Electrical, AutoCAD Architecture, AutoPLANT, САПР ЛЭП и других.

Основным форматом файла AutoCAD является DWG— закрытый формат, изначально разрабатываемый Autodesk. Для обмена данными с пользователями других САПР предлагается использовать открытый формат DXF. Следует отметить, что файлы с расширениями DWG и DXF может читать большинство современных САПР, поскольку данные форматы являются стандартом де-факто в области двумерного проектирования. Для публикации чертежей и 3D-моделей (без возможности редактирования) используется формат DWF и DWFx, также созданные компанией Autodesk.

По умолчанию в AutoCAD после установки программы заранее создаются рабочие пространства, настроенные под конкретную задачу.

Рабочее пространство это совокупность меню, панелей инструментов, инструментальных палитр и панелей управления ленты, определяющих конфигурацию интерфейса, настроенную для создания текущего рисунка.

В рабочем пространстве отображаются только те меню, панели инструментов и палитры, которые необходимы для выполнения конкретной задачи. Элементы интерфейса, не используемые при создании текущих чертежей, скрываются, максимально освобождая область экрана, доступную для проектирования.

Шаблон содержит размерный и текстовый стили в соответствии с ЕСКД, слои, необходимые блоки, основную надпись и т.п.

Слой можно сравнить с листами прозрачной кальки. На первом листе дано графическое изображение детали, на втором – ее размеры, на третьем – штриховка, на четвертом – осевые линии и т.д. Управление слоями и свойствами слоев осуществляется в диалоговом окне «Свойства слоя» (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Диалоговое окно управления слоями «Свойства слоя»

Каждый слой имеет имя. Слой, на который помещаются создаваемые объекты, называется текущим. Имя текущего слоя указано сверху диалогового окна.

Слой может быть включен или выключен, разморожен или заморожен, разблокирован или заблокирован. Слой имеет цвет, тип линии, толщину линии.

Чтобы объекты слоя были не видны на экране и исключены из работы, слой надо заморозить. Если отключить видимость слоя, то объекты слоя будут не видны, но останутся в работе. Если слой заблокировать, то в этом случае объекты слоя будут защищены от нежелательного редактирования.

Следует свойства объектов (цвет, тип и толщину линий) задать по слою.

Для создания нового слоя надо нажать кнопку «Создать слой», после чего будет добавлена строка нового слоя с условным именем «Слой 1» (рис.2.2). Имена слоев отражают назначение размещенных на этих слоях объектов. Не допус-

каются в именах запятые, точки, звездочки и др.

Если в диалоговом окне «Свойства слоя» щелкнуть по наименованию типа линий, то раскроется диалоговое окно «Выбор типа линий», в котором необходимо выбрать нужный тип линий. Если такого типа линий в окне нет, то его можно загрузить с помощью кнопки «Загрузить».

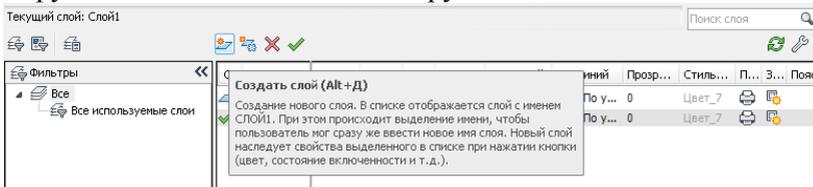


Рис. 2.2. Создание нового слоя в диалоговом окне «Свойства слоя»

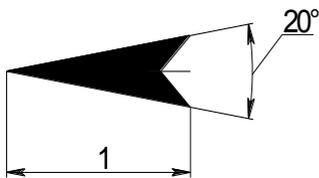


Рис. 2.3. Размерная стрелка

Прежде чем приступить к созданию нового размерного стиля, необходимо создать блок пользовательской стрелки. Чтобы создать блок стрелки, сначала надо вычертить на свободном месте поля чертежа, на слое «Размеры» соответствующую стрелку единичного размера (1 мм) (рис. 2.3). Можно направлять стрелку как влево, так и вправо, но обязательно с «хвостиком».

Для создания размерного стиля необходимо вызвать диалоговое окно «Диспетчер размерных стилей» (рис. 2.4).

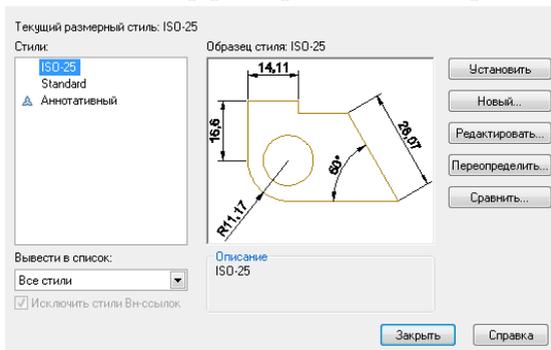


Рис. 2.4. Диалоговое окно «Диспетчер размерных стилей»

В открывшемся диалоговом окне, как правило, содержится один стиль ISO-25, который не соответствует требованиям ГОСТ 2.307–68.

Для создания нового размерного стиля необходимо щелкнуть по кнопке «Новый» в диалоговом окне «Диспетчер размерных стилей» (рис.2.4). В диалоговом окне «Создание нового размерного стиля» в поле «Имя нового стиля» надо задать имя нового стиля, например «ГОСТ», и щелкнуть по кнопке «Далее» (рис. 2.5).

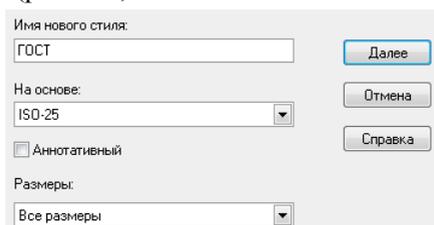


Рис. 2.5. Диалоговое окно «Создание нового размерного стиля»

В верхней части диалогового окна «Диспетчер размерных стилей» находятся закладки «Линии», «Символы и стрелки», «Текст», «Размещение», «Основные единицы», «Альтернативные единицы», «Допуски», переходя в которые можно настроить требуемые параметры (рис. 2.6).

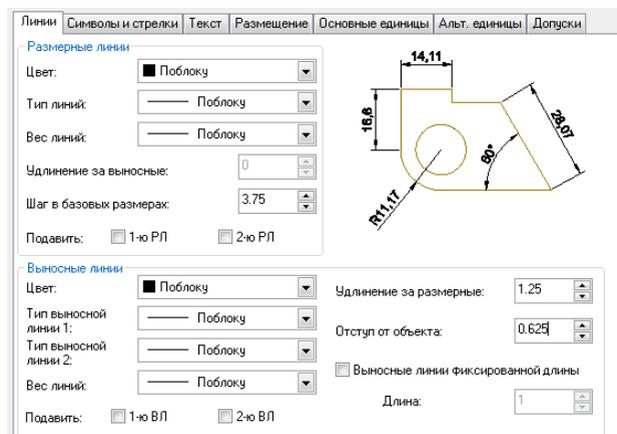


Рис. 2.6. Диалоговое окно «Диспетчер размерных стилей»

В новом стиле «ГОСТ» во вкладке «Линии» в поле «Выносные линии» значение параметра «Выступ линии за размерную линию» необходимо задать в интервале от 2 до 4, а значение параметра «Отступ выносной линии от контура» – равным 0. В поле «Размерные линии» надо задать значение параметра «Шаг в базовых размерах» равным 10.

Во вкладке «Символы и стрелки» в поле «Параметры стрелок» надо задать значение «Размер стрелки» в интервале от 5 до 7, а в раскрывающихся списках задать форму стрелки, соответствующую ГОСТ 2.307–68. Например, указать в списке пункт «Созданная пользователем стрелка», чтобы выбрать предварительно созданный блок стрелки в диалоговом окне «Выбор блоков пользовательской стрелки». Если блок пользовательской стрелки не создан, можно выбрать пункт «Открытая».

Во вкладке «Текст» в области «Свойства текста» надо задать имя нового стиля «Стиль текста» «ГОСТ» и установить «Высоту шрифта» 5. Для вызова диалогового окна «Стиль текста» надо нажать кнопку  (многоточие), а в диалоговом окне «Стиль текста» следует нажать кнопку «Новый» и дать имя новому стилю, например «ГОСТ», указав в нем тип шрифта ISOCPEUR.

Вкладка «Размещение» в области «Опции размещения» содержит текст «Если текст и стрелки одновременно не могут быть размещены между выносными линиями, то сначала вынести за выносные линии» и соответствующие переключатели: Либо текст, либо стрелки (оптимально); Стрелки; Текст; Текст и стрелки; Текст всегда между выносными линиями.

Область «Выравнивание текста» содержит текст «При отводе текста с позиции по умолчанию» и варианты выбора с помощью трех переключателей: Перемещать размерную линию; Строить выноску; Не строить выноску.

Область «Масштаб размерных элементов» содержит два переключателя: «Глобальный масштаб», влияющий на все элементы оформления размеров, и соответствующий счетчик, с помощью которого задается этот масштаб, а в качестве альтернативы – переключатель «Масштаб размеров по листу»,

который масштабирует размеры относительно пространства листа.

Область «Подгонка элементов» содержит два флажка: «Размещение размерного текста вручную» и «Размерная линия между выносными линиями».

Во вкладке «Основные единицы» в области «Линейные размеры» следует задать «Точность» равной 0,0 или 0,а «Округление» равным 0.

При простановке размеров AutoCAD определяет и предлагает размерное число. Его значение равно расстоянию между размерными точками на экране, умноженному на коэффициент, называемый линейным масштабом. По умолчанию он равен 1, что при выполнении чертежа в истинных размерах соответствует масштабу изображения 1:1. Если изображение выполнено в масштабе увеличения или уменьшения, то линейный масштаб необходимо задать как величину, обратную масштабу, чтобы на чертеже детали были проставлены истинные размеры детали. Например, на чертеже изображения выполнены в масштабе 1:2. При простановке размеров на этих изображениях линейный масштаб надо задать равным 2.

Для изображения, имеющего масштаб 2:1, значение линейного масштаба должно быть равно 0,5.

В дальнейшем подобным образом создаются все необходимые размерные стили. Но теперь за основу берется стиль «ГОСТ».

Необходимость нанесения размеров с обрывом размерной линии возникает, если вид или разрез симметричного предмета или симметрично расположенных элементов изображают только до оси симметрии или с обрывом.

Можно предусмотреть простановку знака диаметра при нанесении линейных размеров командой «Линейный размер». В диалоговом окне «Настройка размерного стиля» во вкладке «Основные единицы» в области «Линейные размеры» в окне «Префикс» надо ввести %%C (это кодировка знака диаметра, буква C должна быть латинской).

При необходимости нанесения размера на полке в диалоговом окне «Настройка размерного стиля» во вкладке «Текст»

в области «Ориентация текста» надо задать «Согласно ISO»

AutoCAD имеет два пространства: *пространство модели* и *пространство листа*. Пространство модели предназначено для размещения изображений детали, а пространство листа – для организации вывода чертежа на печать. Пространство листа – это плоскость, соответствующая листу бумаги для получения твердой копии чертежа. Связь между пространствами осуществляется через видовые окна, создаваемые на листе. В пространстве листа внутри рамки поля чертежа создают одно или набор видовых окон, через которые отображаются изображения из пространства модели в необходимом масштабе. Набор видовых окон размещают с учетом проекционной связи и другими требованиями к компоновке чертежа.

В каждый момент времени может быть активно только одно из пространств: пространство модели или листа. Если в статусной строке утоплена кнопка «Лист», то активно пространство листа. Если надпись на той же кнопке имеет вид «Модель», то активно пространство модели. Переключать пространства можно и двойным щелчком левой кнопки мыши. Если дважды щелкнуть по области видового экрана, то произойдет переход в пространство модели через этот экран. Если дважды щелкнуть по зоне вне экрана, произойдет переход в пространство листа.

Размеры чертежа в пространстве модели и размеры чертежа на листе в общем случае различны. Отношение размеров изображения, измеренных на листе, к соответствующим размерам изображения, измеренным в пространстве модели, называется *масштабом отображения видового экрана*. Масштаб отображения можно редактировать в диалоговом окне «Свойства» (рис. 2.7).

После задания масштаба отображения и настройки изображения в видовом экране, следует заблокировать видовые экраны в диалоговом окне «Свойства». Чтобы заблокировать видовой экран, надо указать его рамку (щелкнуть по рамке видового экрана левой кнопкой мыши). И затем в диалоговом окне «Свойства» на строке «Заблокировать» задать в раскрывающемся списке «Да» (рис. 2.7).

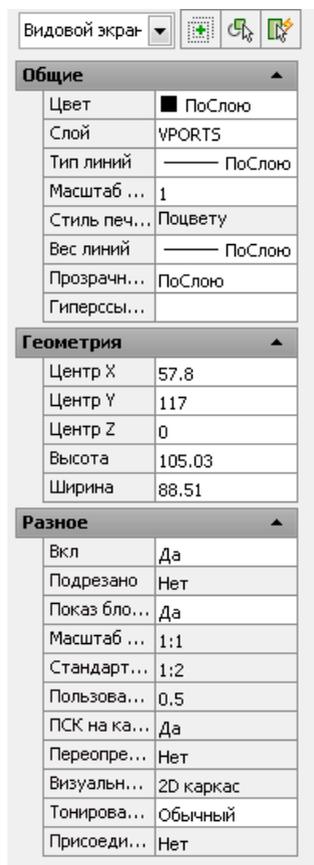


Рис. 2.7. Диалоговое окно «Свойства»

Компоновка предусматривает выбор формата и размещение изображений внутри рамки поля чертежа в необходимом масштабе. Форматы листов чертежей устанавливает ГОСТ 2.301–68. Формат выбирают, учитывая сложность изображений, необходимость их увеличения или уменьшения, при этом оценивая количество необходимых размеров на чертеже.

Выбрав формат чертежа, например, на формат А3, нужно выполнить рамку формата и основную надпись. Форматы листов определяются размерами внешней рамки чертежа, вы-

полняемой тонкой линией (рис. 2.8). Ширина поля для подшивки – 20 мм, остальных полей – 5 мм. Форма, размеры и порядок заполнения основной надписи установлены ГОСТ 2.104–2006. Каждый конструкторский документ должен иметь основную надпись, размеры и содержание которой зависят от категории документа. Для чертежей и схем необходимо применять основную надпись по форме 1.

Возможны два варианта компоновки, соответствующие двум вариантам выполнения двухмерного чертежа детали.

Первый вариант компоновки предполагает, что рамка формата и основная надпись вставляется в пространство листа. Чертеж необходимо выполнять в пространстве модели. В пространстве листа чертеж виден через видовой экран. Размеры видowego экрана необходимо задать равными формату чертежа. Вывод чертежа на печать следует выполнять из пространства листа.



Рис. 2.8. Оформление поля чертежа

Во втором варианте, выполненные в истинных размерах изображения, приводят к нужному масштабу в пространстве модели. Значения масштаба должны соответствовать ГОСТ 2.302–68. В пространстве модели вычерчивают рамку поля чертежа необходимого формата, основную надпись, размещают изображения внутри рамки и наносят размеры на чертеж детали.

Далее выводят чертеж на печать из пространства модели.

Диалоговое окно «Печать» предназначено для полного

определения вывода: конфигурации устройства печати (плоттера, принтера), листа бумаги и чертежа, который нужно вывести (рис.2.9).

Окно разделено на две части по вертикали, причем правая часть по умолчанию не показывается. Для того чтобы ее увидеть, следует щелкнуть на кнопку со стрелкой в правом нижнем углу диалогового окна.

В поле «Принтер / Плоттер» следует задать принтер, на котором будет выполняться печать. «Принтер» можно найти в окне раскрывающегося списка поля «Название». Если печать предполагается осуществить на другом компьютере, то следует установить флажок «Печать в файл». При этом путь к папке файлов печати будет взят из настроек, сделанных в диалоговом окне «Настройка».

В поле «Формат» следует установить формат А4. Установив курсор на окно предварительного просмотра, следует прочесть размер области печати. Область печати всегда меньше, чем размер листа. Следовательно, потребуется некоторое уменьшение чертежа.

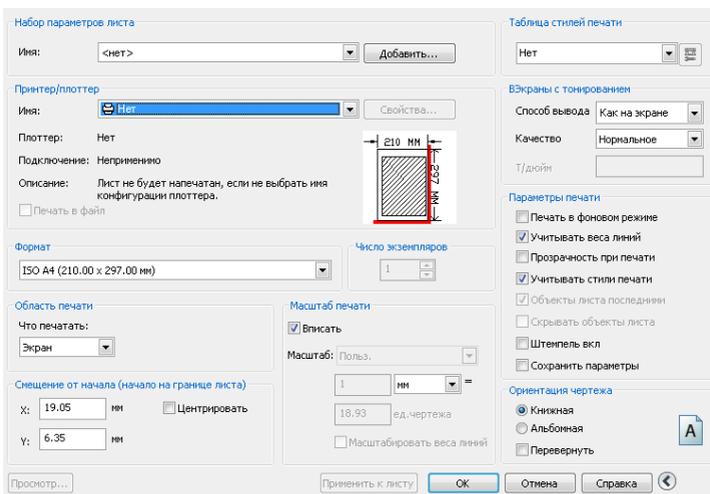


Рис. 2.9. Диалоговое окно «Печать»

В поле «Область печати» задайте область, подлежащую

выводу на печать. Для этого в списке «Что печатать» укажите «Окно». Если этот выбор был ранее сделан, то укажите расположенную рядом кнопку «Окно» и на экране охватите внутреннюю рамку формата чертежа.

В области «Масштаб печати» задайте масштаб печати. Для этого в поле «Масштаб» установите первоначально масштаб 1:1. В этом случае в окне предварительного просмотра будет показана красная полоса, сигнализирующая о том, что выводимый чертеж не размещается в области печати принтера. В поле «Единицы» введите значение 1.03–1.05, добиваясь исчезновения указанной красной полосы в окне предварительного просмотра. Чем меньше введенное значение «Единицы», тем ближе масштаб напечатанного чертежа к масштабу 1:1. При значении, равном 1,05, масштаб чертежа после вывода на печать составит (1:1,05) 0,95. Если уменьшение масштаба при выводе на печать нежелательно, то нужно оставить масштаб 1:1. В этом случае распечатывать придется на два листа с последующей их склейкой. Область печати на втором листе должна быть задана со смещением по оси Y (приблизительно в интервале от -10 до -20).

Если в области «Масштаб печати» установить флажок «Вписать», то другие настройки этой области будут отключены, и масштаб печати будет рассчитан программой, исходя из размеров выводимой зоны чертежа и размеров доступной области листа бумаги.

В области «Отступ печати» при сброшенном флажке «Центрировать» следует задать отступ чертежа от левого нижнего угла доступной области печати на листе значения сдвига в миллиметрах нужно записать в поля X и Y . Если флажок «Центрировать» установлен, то система AutoCAD сама расположит чертеж точно по центру листа бумаги. При положительных значениях в полях X и Y сдвиг осуществляется к центру листа бумаги (отрицательные значения также допускаются). После завершения настроек следует указать кнопку «Предварительный просмотр». В окне предварительного просмотра необходимо убедиться, что внутренняя рамка формата А4 полностью отображена на листе, при этом левое

поле чертежа составляет приблизительно 20 мм, а правое – 5 мм. Если просмотр выявил недостатки настройки печати, следует устранить их и повторить просмотр. Для сохранения настроек и привязки их к текущей закладке листа следует указать кнопку «Применить».

После указания кнопки ОК чертеж будет отправлен на печать или сохранен в файл.

Область «Набор параметров листа» предоставляет возможность сохранять с именем набор параметров листа и вызывать их затем по имени. Расположенная здесь кнопка «Добавить» открывает диалоговое окно «Добавление набора параметров листа». В этом окне можно дать имя новому набору параметров, введя его в поле «Имя набора параметров листа».

3. ПРОЕКЦИРОВАНИЕ ТОЧКИ, ПРЯМОЙ, ПЛОСКОСТИ

3.1. Предмет начертательной геометрии

В курсе начертательной геометрии изучают теоретические основы построения плоских изображений пространственных фигур и способы графического решения пространственных задач при помощи этих изображений.

Предмет начертательной геометрии – все многообразие геометрических фигур трехмерного пространства.

3.2. Параллельное проектирование и его инвариантные свойства

Основным методом начертательной геометрии является *метод проектирования*.

Различают два *метода проектирования*: *центральное и параллельное*.

Если все лучи, называемые проецирующими прямыми, проводятся из одной точки S (*центра проектирования*), то полученное на плоскости проекций Π_1 изображение предмета называется его *центральной проекцией* (рис. 3.1).

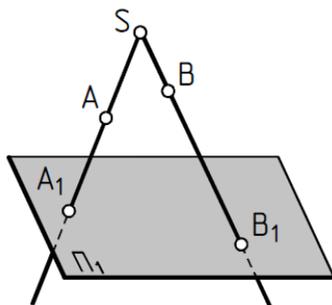


Рис. 3.1. Центральное проектирование

При *параллельном проектировании* все проецирующие прямые параллельны друг другу и направлению проектирования s (рис. 3.2).

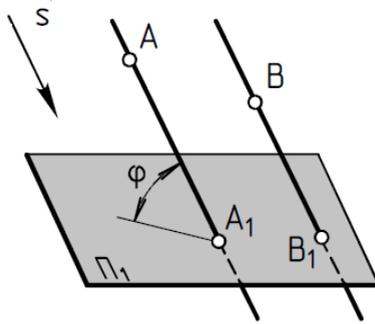


Рис. 3.2. Параллельное проецирование

Проецирующие лучи, параллельные некоторому направлению проецирования s , могут образовывать с плоскостью проекций Π_1 некоторый угол φ не равный 90° . В этом случае получаем *косоугольные проекции* (рис. 3.2). В частном случае, когда проецирующие лучи перпендикулярны плоскости проекций, получаем *прямоугольные или ортогональные проекции* (рис. 3.3).

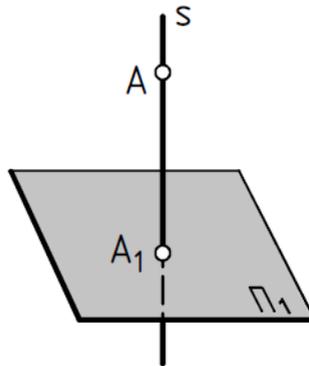


Рис. 3.3. Ортогональное проецирование

В машиностроительных чертежах наиболее распространены прямоугольные (ортогональные) проекции, которые являются частным случаем параллельного проецирования.

Свойства параллельного проецирования:

1. Проекция точки есть точка.

2. Проекция прямой – в общем случае прямая. Но если прямая параллельна направлению проецирования, то проекция прямой вырождается в точку.

3. Если точка принадлежит прямой линии, то проекция точки принадлежит проекции прямой линии.

4. Если плоская геометрическая фигура параллельна плоскости проекций, то проекция фигуры конгруэнтна самой фигуре (конгруэнтными называют фигуры, совпадающие при наложении).

5. Проекции параллельных прямых параллельны.

6. Точка пересечения линий проецируется в точку пересечения их проекций.

7. Проекция предмета не меняется при параллельном переносе плоскости проекций.

8. Если точка делит отрезок прямой в каком-то отношении, то проекция точки делит проекцию отрезка в таком же отношении (теорема Фаллеса).

9. Плоский многоугольник, в общем случае проецируется в многоугольник с тем же числом вершин.

Теорему о проецировании прямого угла на плоскости проекции: если одна сторона прямого угла параллельна плоскости проекции, а вторая ей перпендикулярна, то прямой угол проецируется на эту плоскость без искажения (рис. 3.4).

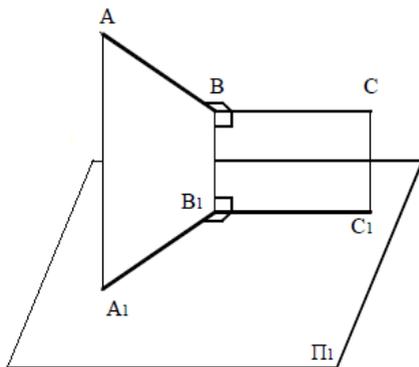


Рис. 3.4. Теорема о проецировании прямого угла.

3.3. Координатные плоскости проекций. Образование этюра Монжа

Ортогональные проекции представляют собой систему прямоугольных проекций на взаимно перпендикулярных плоскостях.

Ортогональная пространственная модель строится следующим образом: в пространстве выделяются две взаимно-перпендикулярные плоскости Π_1 (*горизонтальная плоскость проекций*) и Π_2 (*фронтальная плоскость проекций*), которые принимаются за основные плоскости проекций. Линию пересечения этих плоскостей проекций называют осью проекций и обозначают буквой x (рис. 3.5).

Построение в системе плоскостей Π_1 и Π_2 проекции точки A выполняем следующим образом: проведя из точки A перпендикуляры к Π_1 и Π_2 , получаем *проекции точки* – фронтальную A_2 и горизонтальную A_1 (рис. 3.5).

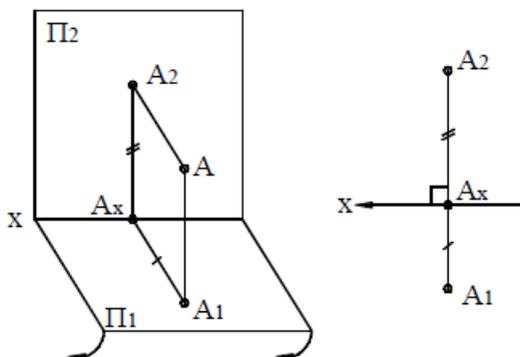


Рис. 3.5. Образование этюра Монжа

Совместим плоскость Π_1 с плоскостью Π_2 , вращая вокруг линии пересечения x . В результате получаем *этюр Монжа* точки A (рис. 3.5). Для упрощения комплексного чертежа границы плоскостей Π_1 и Π_2 не указывают.

Линии A_1A_x и A_2A_x – называются *линиями связи* проекции точки A .

При решении некоторых задач возникает необходимость введения третьей плоскости проекций, перпендикулярной к двум имеющимся. Эту новую плоскость проекций обозначают Π_3 и называют *профильной плоскостью проекций* (рис. 3.6). Три плоскости проекций делят пространство на восемь октантов, которые нумеруют в порядке, указанном на рисунке 3.6.

В курсе инженерной графики при выполнении изображений предмет располагают в I-м октанте (рис. 3.6).

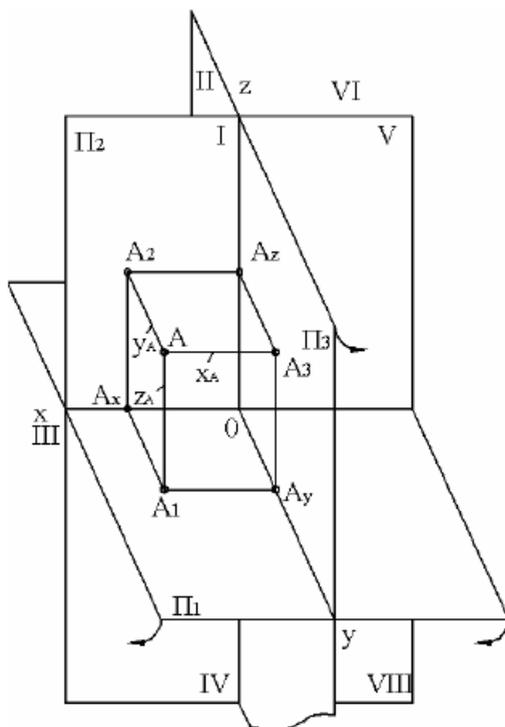


Рис. 3.6. Восемь октантов

Условия связи между проекциями:

1. Фронтальная A_2 и горизонтальная A_1 проекции точки соединены вертикальной линией связи.
2. Фронтальная A_2 и профильная A_3 проекции точки соединены горизонтальной линией связи.

3. Горизонтальная A_1 и профильная A_3 проекции точки соединены ломаной линией связи. Точка излома этой линии находится на прямой, которую называют *постоянной прямой чертежа*. Постоянная прямая проходит через начало координат и составляет 45° с осью x .

Для образования комплексного чертежа совмещают Π_1 и Π_3 с плоскостью Π_2 . В результате получается трёхпроекционный комплексный чертёж, например, точки A с осями, y и z (рис. 3.7).

Отрезки проецирующих линий от точки A до плоскостей проекций называются координатами точки и обозначаются: X_A – абсцисса; Y_A – ордината; Z_A – аппликата (рис. 3.7).

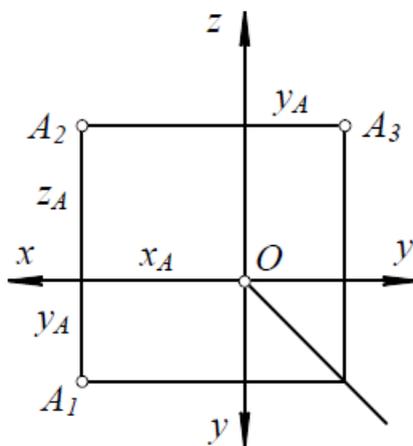


Рис. 3.7. Комплексный чертёж точки A .

3.4. Проецирование прямой

Линия – это множество всех последовательных положений движущейся точки.

Прямая – разновидность линии, движущаяся точка которой не изменяет направления своего движения.

Прямая линия задается двумя точками, ей принадлежащими; одной точкой и направлением линии.

Для построения проекции прямой на двухпроекционном комплексном чертеже (эпюре Монжа) рассмотрим пространственную модель (рис. 3.8).

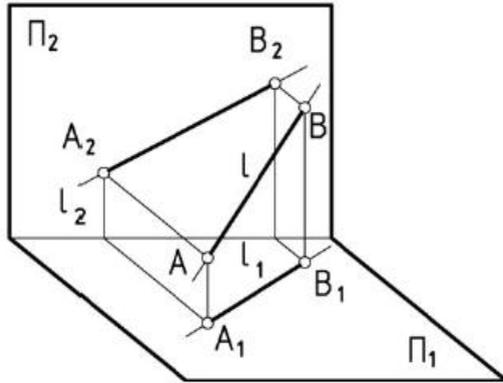


Рис. 3.8. Пространственную модель прямой

Прямоугольную проекцию отрезка АВ строим следующим образом: опускаем перпендикуляры из точек А и В на плоскости Π_1 и Π_2 , получаем соответственные горизонтальные проекции A_1 и B_1 и фронтальные проекции A_2 и B_2 этих точек.

Соединив проекции прямыми линиями, получим искомые горизонтальную и фронтальную проекции отрезка АВ. Комплексный чертёж прямой АВ представлен на рисунке 3.9.

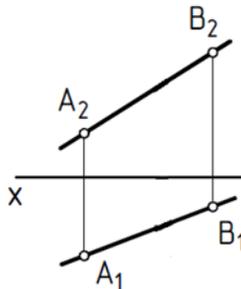


Рис. 3.9. Двухпроекционный комплексный чертёж (эпюр Монжа) прямой АВ

Если заданы горизонтальная и фронтальная проекции прямой, то чтобы построить профильную проекцию этой прямой, необходимо построить профильные проекции двух точек и соединить их (рис. 3.10).

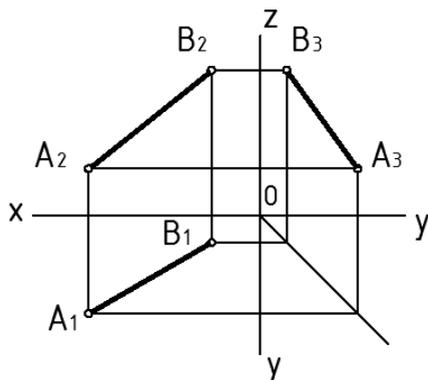


Рис. 3.10. Построение профильной проекции прямой AB

Кроме того, профильную проекцию прямой можно построить, используя разность расстояний двух ее точек от плоскостей проекций, т.е. разность координат (рис. 3.11).

В этом случае отпадает необходимость наносить оси проекций. Этот способ более точный и используется в практике выполнения технических чертежей.

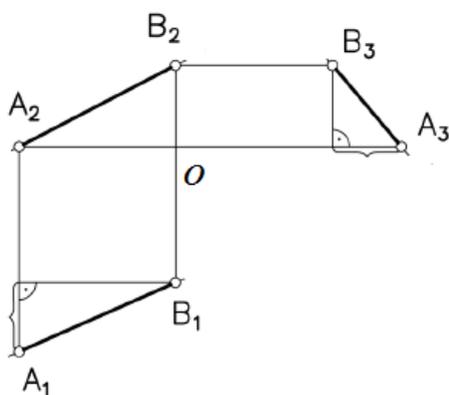


Рис. 3.11. Построение профильной проекции прямой AB на бесосном чертеже.

В зависимости от расположения прямых относительно плоскостей проекций *прямые могут быть общего и частного положения*.

Прямые общего положения – это прямые, расположенные под углом, отличным от 0° и 90° к плоскостям проекций (см. рис. 3.8, рис. 3.9, рис. 3.10, рис. 3.11).

На все плоскости проекций прямые общего положения проецируются с искажением.

Прямые частного положения – это прямые, перпендикулярные или параллельные какой-либо плоскости проекции.

Прямые, перпендикулярные какой-либо плоскости проекции, называются *проецирующими*.

В зависимости от того, какой плоскости проекции перпендикулярна прямая, различают *горизонтально-проецирующие прямые* (AB), *фронтально-проецирующие прямые* (CD) и *профильно-проецирующие прямые* (EF) (рис. 3.12, рис. 3.13).

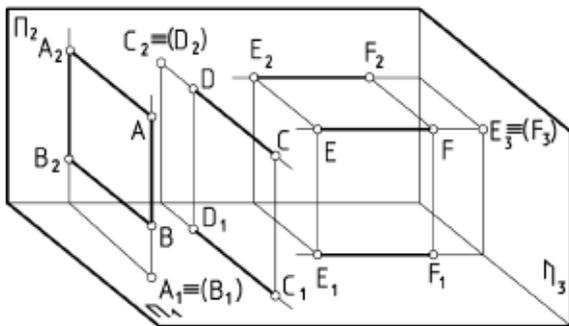


Рис. 3.12. Пространственная модель горизонтально-проецирующей прямой (AB), фронтально-проецирующей прямой (CD) и профильно-проецирующей прямой (EF)

У проецирующих прямых, одна проекция является точкой, а две другие проекции параллельны самой прямой.

Две точки, лежащие на одной проецирующей прямой, называются *конкурирующими*. Конкурирующие точки помогают определить видимость отдельных элементов предмета. Из двух *горизонтально - конкурирующих* точек А и В (рис. 3.13)

на плоскости Π_1 видима та, которая выше, то есть точка А. Из двух фронтально - конкурирующих точек С и D (рис. 3.13) на плоскости Π_2 видима та, которая ближе к наблюдателю, то есть точка С. Из двух профильно-конкурирующих точек Е и F (рис. 3.13) на плоскости Π_3 видима та, которая левее, то есть точка Е.

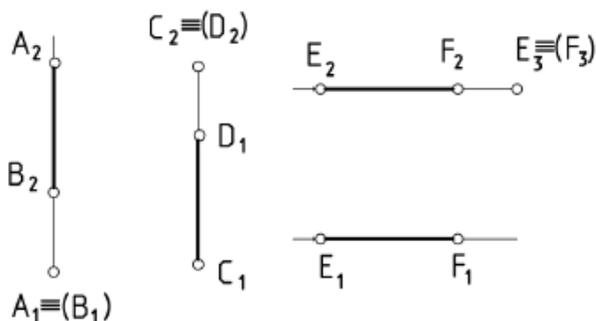


Рис. 3.13. Комплексные чертежи горизонтально-проецирующей прямой (AB), фронтально-проецирующей прямой (CD) и профильно-проецирующей прямой (EF)

Прямые, параллельные какой-либо плоскости проекций, называются *прямыми уровня*.

Прямую, параллельную горизонтальной плоскости проекций, называют *горизонталью* и обозначают h (рис. 3.14, рис. 3.15).

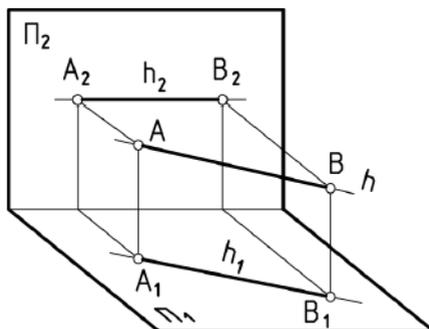


Рис. 3.14. Пространственная модель горизонталей (AB)

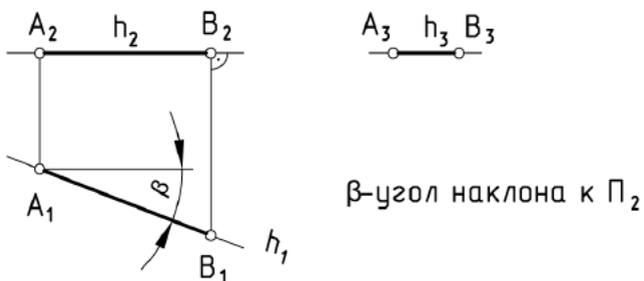


Рис. 3.15. Комплексный чертёж горизонталей (AB)

Прямую, параллельную фронтальной плоскости проекций, называют *фронталью* и обозначают f (рис. 3.16, рис. 3.17).

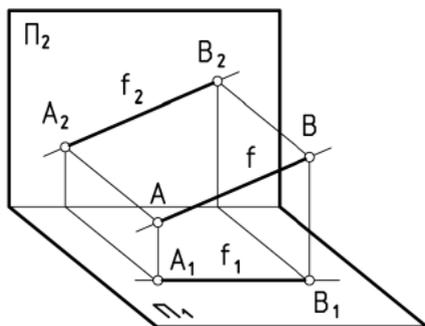


Рис. 3.16. Пространственная модель фронтали f (AB)

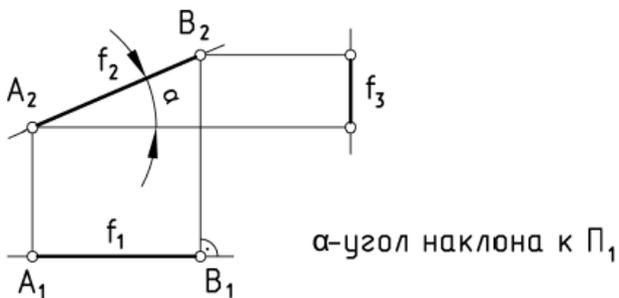


Рис. 3.17. Комплексный чертёж фронтали f (AB)

Прямую, параллельную профильной плоскости проекций, называют *профильной прямой* и обозначают p (рис. 3.18, рис. 3.19).

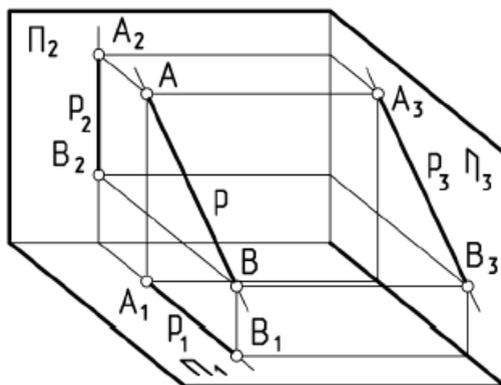


Рис. 3.18. Пространственная модель профильной прямой $p(AB)$

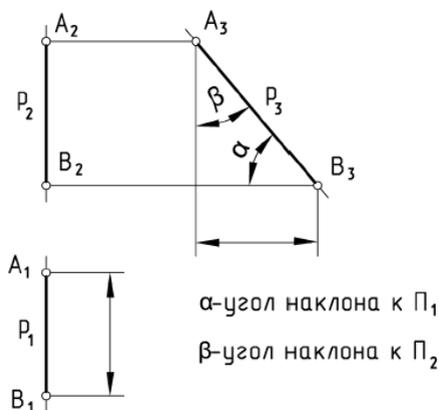


Рис. 3.19. Комплексный чертеж профильной прямой $p(AB)$

У прямого уровня одна проекция есть натуральная величина самой прямой. Эта проекция определяет угол наклона прямой к двум другим плоскостям проекций.

Прямые общего положения на все плоскости проекций проецируются с искажением.

Для определения натуральной величины и углов наклона прямой общего положения к плоскостям проекций сформулируем **правило прямоугольного треугольника (рис. 3.20)**: длина отрезка прямой общего положения равна длине гипотенузы прямоугольного треугольника, один из катетов которого есть проекция отрезка на плоскость проекций, а второй разность расстояний концов отрезка до этой плоскости проекций; угол между отрезком (прямой) измеряется углом между отрезком и его (прямой и её) проекцией на эту плоскость проекций

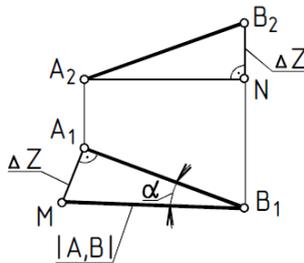


Рис. 3.20. Правило прямоугольного треугольника

3.5. Проецирование плоскости

Плоскость можно задать (рис. 3.21):

1. Проекциями трех ее точек, не лежащих на одной прямой
2. Прямой и точкой m , не лежащей на этой прямой;
3. Двумя параллельными прямыми a и b ;
4. Двумя пересекающимися прямыми a и b ;
5. Любой плоской фигурой;
6. Следом плоскости.

След плоскости – это линия пересечения заданной плоскости с одной из плоскостей проекций.

Соответственно различают *горизонтальный, фронтальный и профильный следы плоскости*.

Точки пересечения двух следов на оси проекций называются точками *схода следов*.

Классификация плоскостей относительно плоскостей проекций аналогична классификации прямых: плоскости относительно плоскостей проекций могут занимать *общее* или *частное положение*.

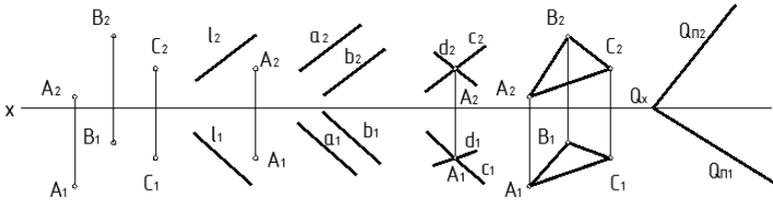


Рис. 3.21. Задание плоскости на комплексном чертеже

Плоскостью общего положения называется плоскость не параллельная и не перпендикулярная ни одной из плоскостей проекций (рис. 3.22).

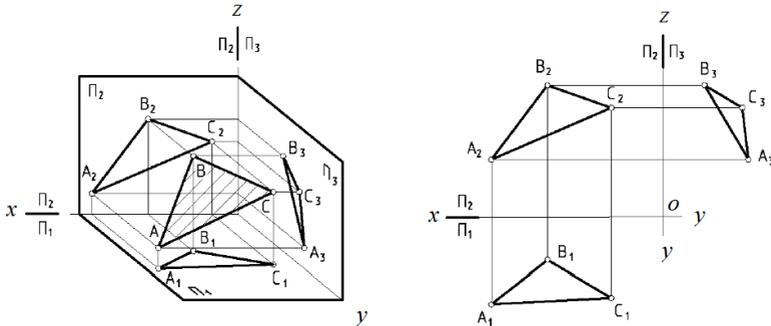


Рис. 3.22. Пространственные модели комплексный чертеж плоскости общего положения (ABC)

Признаки и свойства плоскости общего положения:

1) следы плоскости общего положения не параллельны и не перпендикулярны ни одной из осей проекций.

2) любой плоский геометрический объект (отрезок или фигура), лежащий в плоскости, проецируется на любую из плоскостей проекций с искажением.

Плоскостями частного положения относительно плоскостей проекций называются плоскости параллельные или перпендикулярные им.

Плоскость, перпендикулярная одной из плоскостей проекций, называется *проецирующей плоскостью*.

Существует три вида проецирующих плоскостей: *горизонтально-проецирующая* (рис. 3.23), *фронтально-проецирующая* (рис. 3.24) и *профильно-проецирующая* плоскости (рис. 3.25).

Такие плоскости вырождаются в прямую линию (след плоскости) на ту плоскость проекций, к которой они перпендикулярны.

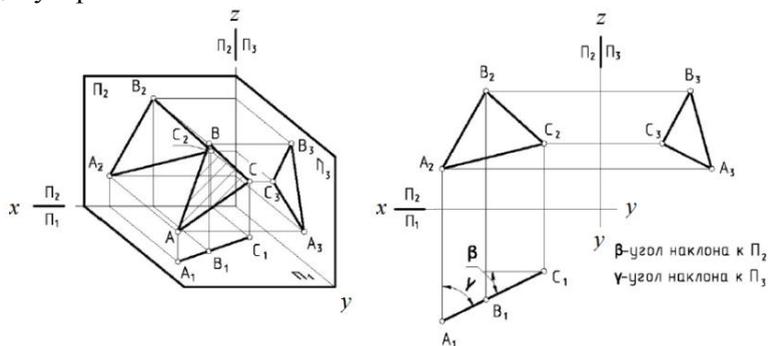


Рис. 3.23. Пространственная модель и комплексный чертеж горизонтально-проецирующей плоскости (ABC)

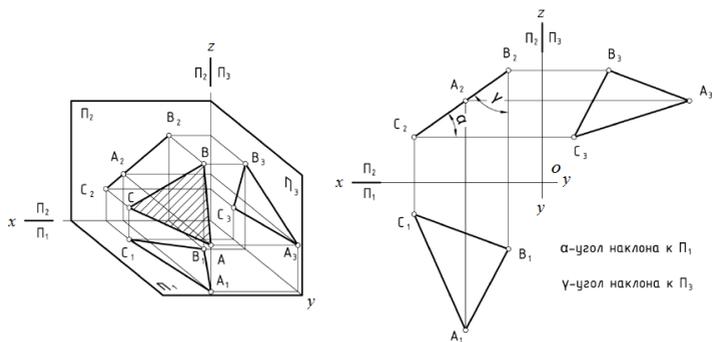


Рис. 3.24. Пространственная модель и комплексный чертеж фронтально-проецирующей плоскости (ABC)

Признаки и свойства горизонтально-проецирующей плоскости:

- 1) горизонтальный след плоскости располагается наклонно к осям проекций ox и oy и определяет углы наклона этой плоскости к фронтальной и профильной плоскостям проекций;
- 2) горизонтальные проекции всех точек, прямых и плоских фигур, лежащих в горизонтально-проецирующей плоскости, находятся на ее горизонтальном следе.

Признаки и свойства фронтально-проецирующей плоскости:

- 1) фронтальный след плоскости располагается наклонно к осям проекций ox и oz и определяет углы наклона этой плоскости к горизонтальной и профильной плоскостям проекций;
- 2) фронтальные проекции всех точек, прямых и плоских фигур, лежащих во фронтально-проецирующей плоскости, находятся на ее фронтальном следе.

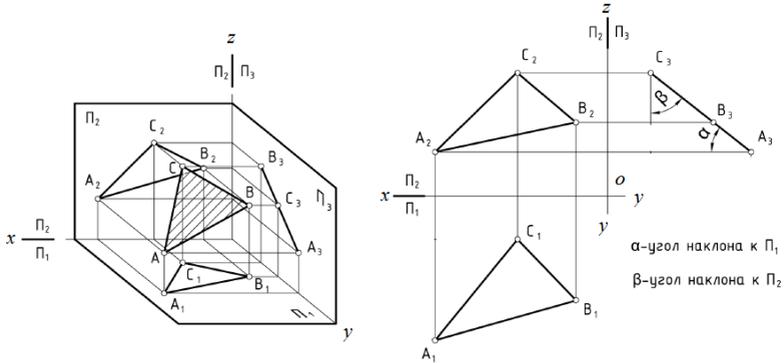


Рис. 3.25. Пространственная модель и комплексный чертёж профильно-проецирующей плоскости (ABC)

Признаки и свойства профильно-проецирующей плоскости:

- 1) горизонтальный и фронтальный следы плоскости располагаются параллельно оси проекций ox , а профильный след наклонен к осям oy и oz . Он определяет углы наклона этой плоскости к фронтальной и горизонтальной плоскостям проекций;

2) профильные проекции всех точек, прямых и плоских фигур, лежащих в профильно-проецирующей плоскости, находятся на ее профильном следе.

Плоскость, параллельная одной из плоскостей проекций, называется *плоскостью уровня*.

Все точки этой плоскости одинаково удалены от той плоскости проекций, к которой она параллельна. Любой отрезок или плоская фигура, лежащие в плоскости уровня, проецируются без искажения на параллельную ей плоскость проекций.

Существует три вида плоскостей уровня: *горизонтальная*, *фронтальная* и *профильная* плоскости уровня.

Плоскости уровня пересекают только две плоскости проекций, поэтому и имеют только два следа.

Плоскость, параллельная горизонтальной плоскости проекции, называется *горизонтальной плоскостью уровня Γ* (рис. 3.26).

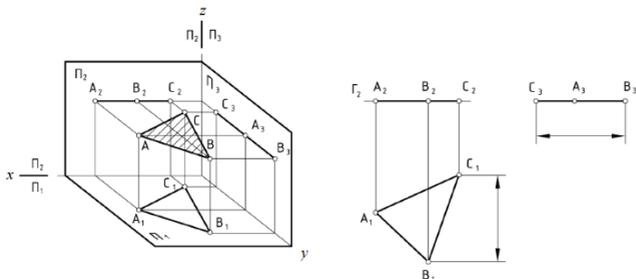


Рис. 3.26. Пространственная модель и комплексный чертеж горизонтальной плоскости уровня Γ

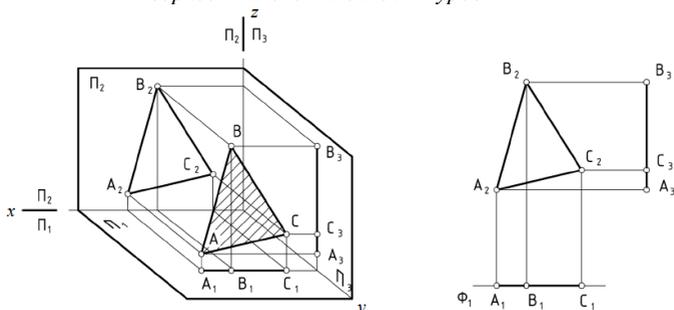


Рис. 3.27. Пространственная модель и комплексный чертеж фронтальной плоскости уровня Φ

Плоскость, параллельная фронтальной плоскости проекции, называется *фронтальной плоскостью уровня Φ* (рис. 3.27).

Плоскость, параллельная профильной плоскости проекции, называется *профильной плоскостью уровня Ψ* (рис. 3.28).

Признаки и свойства горизонтальной плоскости:

- 1) фронтальный и профильный следы плоскости располагаются параллельно осям проекций ox и oy соответственно;
- 2) фронтальные проекции всех точек, прямых и плоских фигур, лежащих в горизонтальной плоскости, находятся на ее фронтальном следе, профильные проекции – на профильном;
- 3) горизонтальные проекции плоских фигур, лежащих в плоскости, равны их натуральным величинам.

Признаки и свойства фронтальной плоскости:

- 1) горизонтальный и профильный следы плоскости располагаются параллельно осям проекций ox и oz соответственно;
- 2) горизонтальные проекции всех точек, прямых и плоских фигур, лежащих во фронтальной плоскости, находятся на ее горизонтальном следе, профильные проекции – на профильном;
- 3) фронтальные проекции плоских фигур, лежащих в плоскости, равны их натуральным величинам.

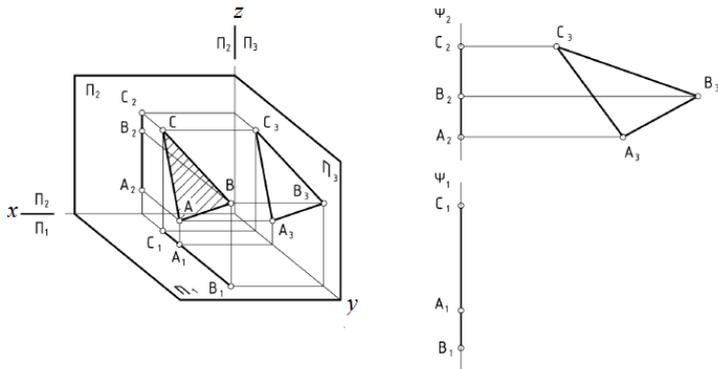


Рис. 3.28. Пространственная модель и комплексный чертеж профильной плоскости уровня Ψ

Признаки и свойства профильной плоскости:

1) фронтальный и горизонтальный следы плоскости располагаются параллельно осям проекций oz и ou соответственно;

2) фронтальные проекции всех точек, прямых и плоских фигур, лежащих в профильной плоскости, находятся на ее фронтальном следе, горизонтальные проекции – на горизонтальном;

3) профильные проекции плоских фигур, лежащих в плоскости, равны их натуральным величинам.

Главные линии плоскости

Прямых, принадлежащих плоскости, очень много. Среди них есть прямые, занимающие особое, частное положение в плоскости. Эти линии называются *главными линиями плоскости*.

К ним относятся:

1. *Линии уровня – горизонталь, фронталь и профильная прямая.*

2. *Линии наибольшего наклона к плоскостям проекций.*

Горизонталь – прямая, лежащая в плоскости и параллельная горизонтальной плоскости проекций. Фронтальная проекция горизонтали параллельна оси ox , профильная проекция горизонтали параллельна оси ou .

Фронталь – прямая, лежащая в плоскости и параллельная фронтальной плоскости проекций. Горизонтальная проекция фронтали параллельна оси ox , профильная проекция фронтали параллельна оси oz .

Профильная прямая – прямая, лежащая в плоскости и параллельная профильной плоскости проекций. Горизонтальная проекция профильной прямой параллельна оси ou , фронтальная проекция профильной прямой параллельна оси oz .

Из трех линий наибольшего наклона к плоскостям проекций чаще всего интерес представляет *линия наибольшего наклона к горизонтальной плоскости*. Эту линию называют линией ската. *Линия ската* – это прямая, лежащая в плоскости и

перпендикулярная к ее горизонтальному следу или к ее горизонтали.

Углы наклона плоскости общего положения к плоскостям проекции Π_1 и Π_2 определяются с помощью линий наибольшего наклона.

Чтобы построить линию наибольшего наклона к плоскости Π_1 (Π_2), следует в заданной плоскости построить горизонталь (фронталь), а затем через любую точку плоскости провести линию наибольшего наклона к Π_1 (Π_2). Линейный угол, между линией наибольшего наклона к плоскости Π_1 (Π_2) и её натуральной величиной равен углу наклона плоскости к плоскости проекций Π_1 (Π_2).

Для определения угла наклона плоскости общего положения, заданной треугольником ABC к плоскости проекций Π_2 необходимо выполнить следующие построения на чертеже (рис. 3.29):

1. В плоскости треугольника ABC построить горизонтальную и фронтальную проекции фронтали: $B_1 \in f_1 \parallel X_1$; $f_1 g C_1 A_1 = 1_1$; $f_2 \equiv B_2 1_2$.

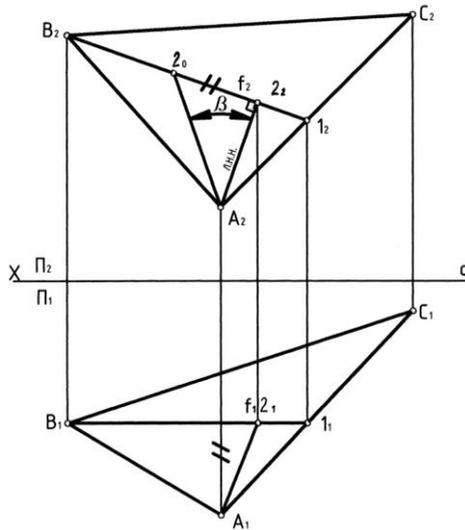


Рис. 3.29. Определение угла наклона плоскости общего положения к плоскости проекций Π_2 .

2. Через фронтальную проекцию точки A провести фронтальную проекцию линии наибольшего наклона к Π_2 перпендикулярно фронтальной проекции фронтали f : $A_2 z_2 \perp f_2$.
3. Построить прямоугольный треугольник, одним катетом которого является фронтальная проекция этой линии, а другим – разность расстояний концов линии наибольшего наклона до плоскости Π_2 , т.е. $|z_2 z_0| = |y_A - y_2|$; $|A_2 z_0| = |A_2|$.
4. Измерить величину линейного угла между фронтальной проекцией линии наибольшего наклона и её натуральной величиной. Это и будет искомый угол наклона плоскости треугольника к фронтальной плоскости проекции Π_2 .

Для определения угла наклона плоскости треугольника ABC к плоскости проекций Π_1 следует построить проекции линии наибольшего наклона к плоскости Π_1 , проведя её горизонтальную проекцию перпендикулярно горизонтальной проекции горизонтали h_1 (рис. 3.30).

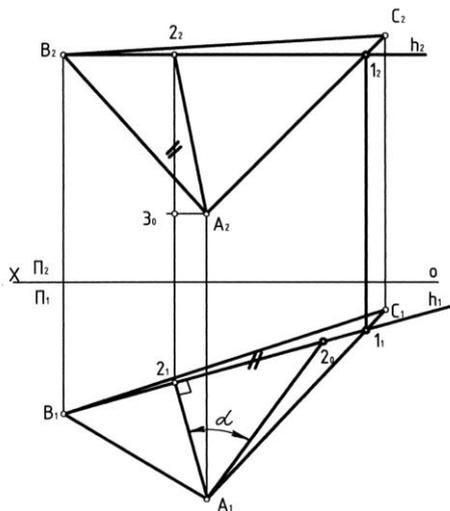


Рис. 3.30. Определение угла наклона плоскости общего положения к плоскости проекций Π_1

4. АКСОНОМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОЕКЦИРОВАНИЕ

4.1. Общие сведения

Комплексный чертёж является графически простым и удобно измеряемым. Но по нему не всегда легко представить предмет в пространстве. Чертёж, дающий наглядное представление, может быть получен *при проецировании предмета вместе с осями координат на одну плоскость*. В этом случае на одной проекции можно получить наглядное и метрически определенное изображение. Такие виды изображений называют *аксонометрическими проекциями*.

Слово «аксонометрия» (от гр. *axo* ось и *metreo* измеряю) переводится как «измерение по осям».

Способ аксонометрического проецирования состоит в том, что фигура вместе с осями прямоугольных координат (к которым она отнесена в пространстве) проецируется на некоторую плоскость (рис. 4.1). Эту плоскость называют плоскостью аксонометрических проекций, или картинной плоскостью.

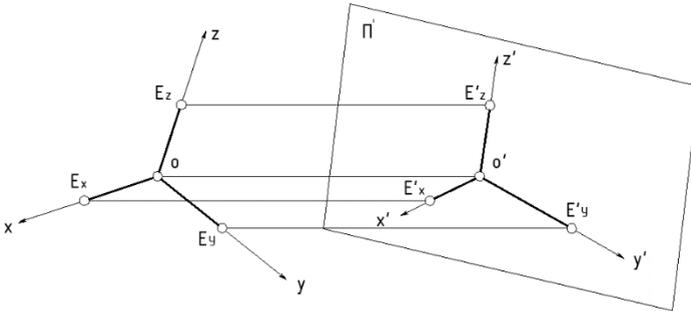


Рис.4.1.Способ аксонометрического проецирования

При проецировании фигуры проецирующие лучи могут выходить из одной точки – *центральная аксонометрия* или быть параллельными друг другу – *параллельная аксонометрия*. Будем рассматривать *только параллельную аксонометрию*.

Размеры предмета в аксонометрических проекциях по всем трем осям искажаются. Изменение линейных размеров

вдоль осей характеризуется коэффициентами искажения вдоль осей.

Коэффициентом искажения называется отношение длины отрезка на аксонометрической оси к длине такого же отрезка на соответствующей оси прямоугольной системы координат в пространстве. Показателем искажения вдоль оси x обозначим буквой k , по оси y – буквой m , по оси z – буквой n .

Величина показателей искажения и соотношение между ними зависят от расположения плоскости проекций и от направления проецирования.

В практике построения аксонометрических проекций обычно пользуются не самими коэффициентами искажения, а некоторыми величинами, пропорциональными величинам коэффициентов искажения: $K:M:N = k:m:n$. Эти величины называют *приведенными коэффициентами искажения*.

Все множество аксонометрических проекций подразделяется на две группы:

1. *Прямоугольные проекции* – получены при направлении проецирования, перпендикулярном аксонометрической плоскости.

2. *Косоугольные проекции* – получены при направлении проецирования, выбранном под острым углом к аксонометрической плоскости.

В зависимости от сравнительной величины коэффициентов искажения различаются три вида аксонометрических проекций:

1. *Изометрия* – коэффициенты искажения по всем трем осям одинаковы.

2. *Диметрия* – коэффициенты искажения по двум осям равны между собой, а третий не равен.

3. *Триметрия* – коэффициенты искажения по всем трем осям не равны между собой.

4.2. Стандартные аксонометрические проекции

ГОСТом 2.317-69 устанавливаются следующие пять стандартных аксонометрических проекций:

- 1) прямоугольная изометрическая;
- 2) прямоугольная диметрическая;
- 3) косоугольная горизонтальная изометрическая;
- 4) косоугольная фронтальная изометрическая;
- 5) косоугольная фронтальная диметрическая;

В этом стандарте указываются коэффициенты искажения и углы между аксонометрическими осями, что приводит к взаимопониманию при чтении стандартных аксонометрических изображений предметов.

Прямоугольная изометрическая проекция

В прямоугольной изометрии все коэффициенты равны междусобой. Коэффициент искажения равен $\sim 0,82$. Это означает, что в прямоугольной изометрии все размеры изображаемого предмета сокращаются в 0,82 раза. Для упрощения построений используют приведенные коэффициенты искажения $k=m=n=1$.

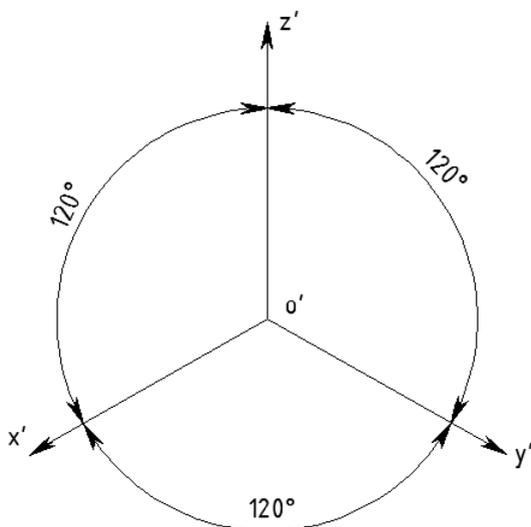


Рис. 4.2. Расположение осей прямоугольной изометрической проекции

Расположение осей прямоугольной изометрической проекции показано на рисунке 4.2.

Прямоугольная диметрическая проекция

В прямоугольной диметрии коэффициенты искажения по двум осям одинаковы, т. е. $k = n$. Третий коэффициент искажения выбираем вдвое меньше двух других: $k = n = 0,94$, $m = 0,47$.

В целях упрощения построений используем приведенные коэффициенты искажения: $k = n = 1$; $m = 0,5$.

Расположение осей прямоугольной диметрической проекции показано на рисунке 4.3.

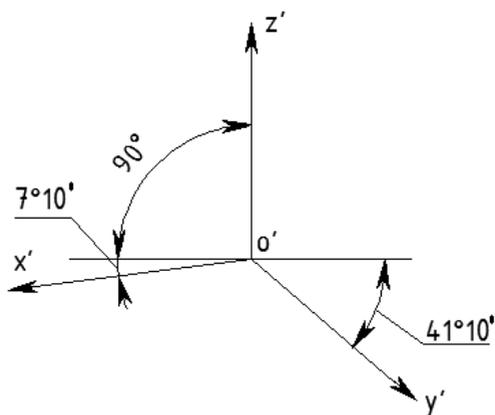


Рис. 4.3. Расположение осей прямоугольной диметрической проекции

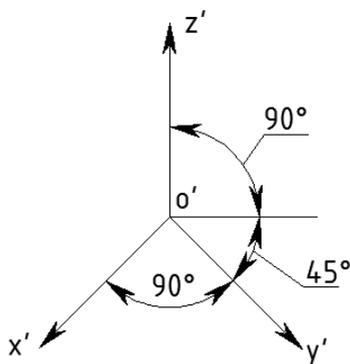


Рис. 4.4. Расположение осей косоугольной горизонтальной изометрической проекции

Косоугольная фронтальная диметрическая проекция

Положение осей такое же, как для косоугольной фронтальной изометрии (рис. 4.5). Также допускается применение фронтальной диметрии с углом наклона оси y 30° и 60° . Коэффициенты искажения равны: $k = n = 1$, $m = 0.5$.

Все три вида стандартных косоугольных проекций получены при расположении одной из координатных плоскостей (горизонтальной или фронтальной) параллельно плоскости аксонометрии. Поэтому все фигуры, расположенные в этих плоскостях или им параллельных, проецируются на плоскость чертежа без искажения.

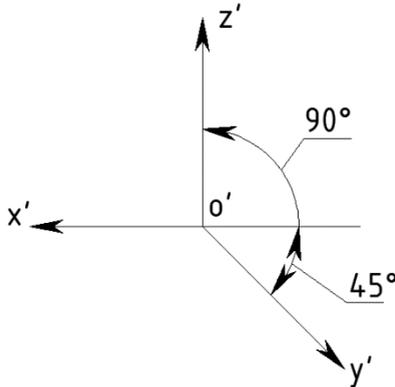


Рис. 4.5. Расположение осей косоугольной фронтальной изометрической проекции

Как в прямоугольных (ортогональных проекциях), так и в аксонометрических одна проекция точки не определяет ее положения в пространстве. Помимо аксонометрической проекции точки необходимо иметь еще одну проекцию, называемую вторичной.

Вторичная проекция точки – это аксонометрия одной из ее прямоугольных проекций (чаще горизонтальной).

Приемы построения аксонометрических изображений не зависят от вида аксонометрических проекций. Для всех проекций приемы построений одинаковы. Аксонометрическое

изображение обычно строят на основе прямоугольных проекций предмета.

Аксонометрия точки

Построение аксонометрии точки по заданным ее ортогональным проекциям (рис. 4.6) необходимо начинать с определения ее вторичной проекции. Для этого на аксонометрической оси x от начала координат откладываем величину координаты X точки A – X_A ; по оси y – отрезок Y_A (для диметрии $Y_A \times 0.5$, т.к. показатель искажения по этой оси $m = 0.5$).

В пересечении линий связи, проведенных параллельно осям из концов отмеренных отрезков, получаем точку A_1 – вторичную проекцию точки A . Аксонометрия точки A будет находиться на расстоянии Z_A от вторичной проекции точки A .

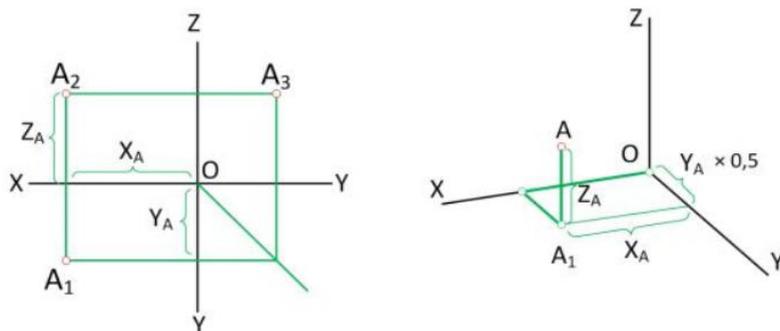


Рис. 4.5. Построение аксонометрии точки по заданным ее ортогональным проекциям

Аксонометрия отрезка

Построение аксонометрии отрезка по заданным его ортогональным проекциям (рис. 4.6) необходимо начинать с определения вторичных проекций точек A и B . Для этого откладываем вдоль осей x и y соответствующие координаты точек A и B . Затем отмечаем на прямых, проведенных из вторичных проекций параллельно оси z , координаты Z точек A и B (Z_A и

Z_B). Соединяем полученные точки – получаем аксонометрию отрезка.

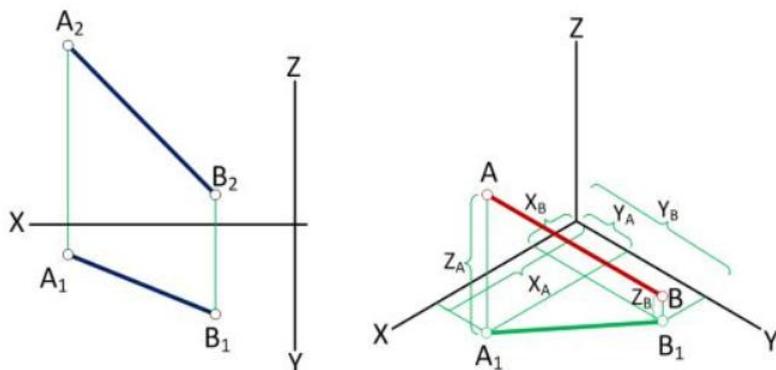


Рис. 4.6. Построение аксонометрии отрезка по заданным его ортогональным проекциям

Аксонометрия треугольника ABC

На рисунке 4.7 показано построение изометрической проекции треугольника ABC. Находим вторичные проекции точек A, B, C. Для этого откладываем вдоль осей x и y соответствующие координаты точек A, B и C. Затем отмечаем на прямых, проведенных из вторичных проекций параллельно оси z , координаты z точек A, B и C. Полученные точки соединяем линиями – получаем аксонометрию треугольника ABC.

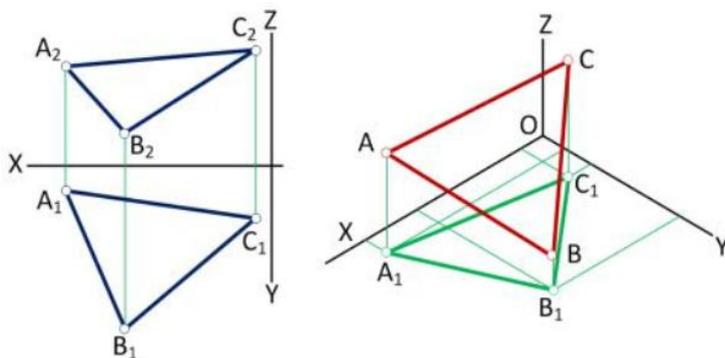


Рис. 4.7. Построение аксонометрии треугольника ABC по заданным его ортогональным проекциям

5. ПОЗИЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ

5.5. Взаимное положение точек, прямых

К *позиционным* относятся задачи на определение взаимного положения различных геометрических фигур и на определение их общих элементов.

Относительно друг друга точки могут быть *конкурирующими* и *не конкурирующими* (рис.5.1).

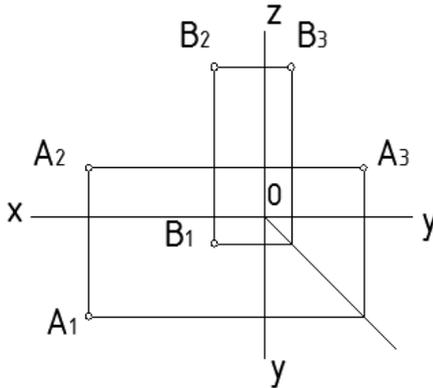


Рис. 5.1. Комплексный чертёж не конкурирующих точек *A* и *B*

Конкурирующими называются точки, расположенные на одной проецирующей прямой (рис. 5.2).

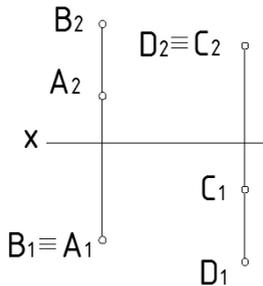


Рис. 5.2. Этор Монжа горизонтально-конкурирующих точек *A* и *B* и фронтально-конкурирующих точек *C* и *D*

Признак: проекции этих точек совпадают в одну точку на той плоскости, к которой их носитель (проецирующая прямая) перпендикулярна.

При определении видимости геометрических фигур используют критерий видимости конкурирующих точек: из двух горизонтально-конкурирующих точек видна та, которая выше, из двух фронтально-конкурирующих точек видна та, которая ближе, и из двух профильно-конкурирующих точек видна та точка, которая расположена левее.

Прямые могут *пересекаться, быть параллельными, скрещиваться*.

Если прямые *пересекаются*, то точки пересечения их одноименных проекций находятся на одной линии связи (рис.5.3).

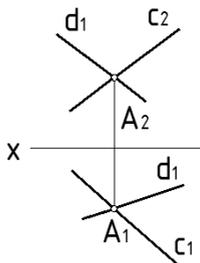


Рис. 5.3. Эпюр Монжа пересекающихся прямых *иd*

Прямые *параллельны*, если они не имеют общей точки (рис. 5.4). Признак: их проекции попарно параллельны.

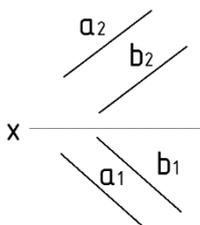


Рис. 5.4. Эпюр Монжа параллельных прямых *a иb*

Прямые *скрещиваются*, если они не параллельны и не пересекаются (рис. 5.5). На эпюре точки пересечения проек-

ций не лежат на одной линии связи. В частности, на одной плоскости проекций проекции скрещивающихся прямых могут быть параллельны.

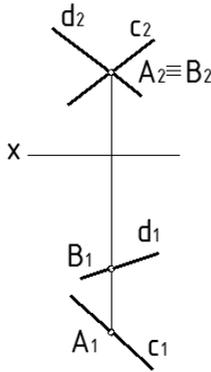


Рис. 5.5. Этор Монжа скрещивающихся прямых с *ud*

На рисунке 5.6 точка *A* на прямой *l* не лежит, а точка *B* лежит на прямой *l*, т.к. соблюдается свойство принадлежности, т.е. горизонтальная проекция точки *B*₁ принадлежит горизонтальной проекции прямой *l*₁ и фронтальная проекция точки *B*₂ принадлежит фронтальной проекции прямой *l*₂, обе проекции *B*₁ и *B*₂ находятся на одной линии связи.

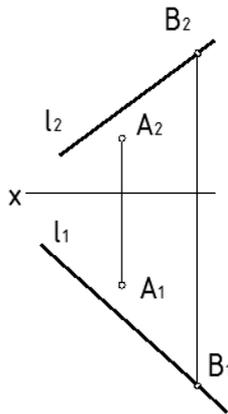


Рис. 5.6. Взаимное положение точек и прямой

5.2. Взаимное положение прямой и плоскости

Прямая и плоскость между собой могут быть параллельны, пересекаться и пересекаться под прямым углом.

Кроме указанных случаев, данная прямая может принадлежать плоскости.

Прямая принадлежит плоскости в двух случаях:

- 1) если она имеет с плоскостью две общие точки;
- 2) если она имеет с плоскостью одну общую точку и параллельна прямой, лежащей в плоскости.

Точка принадлежит плоскости, если точка принадлежит прямой принадлежащей плоскости.

Прямая параллельна плоскости, если она параллельна какой-нибудь прямой, лежащей в этой плоскости.

Чтобы построить такую прямую, надо в плоскости задать прямую и параллельно ей провести иную прямую (рис. 5.7).

Построить точку пересечения прямой с плоскостью – значит найти точку, принадлежащую одновременно заданной прямой и плоскости.

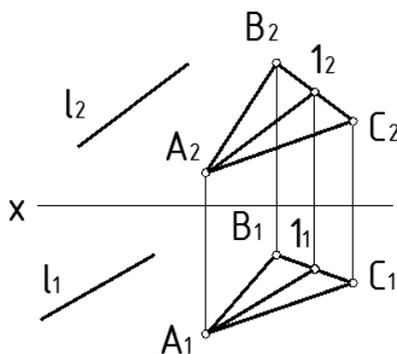


Рис. 5.7. Этор Монжа прямой l параллельной плоскости, заданной треугольником ABC

Если в пространстве не представляет труда определить точку пересечения прямой и плоскости, то для решения задачи на чертеже необходимо осуществить ряд вспомогательных операций, описываемых алгоритмом (рис. 5.8, рис 5.9).

Алгоритм построения точки пересечения прямой с плоскостью Δ :

1) заключить заданную прямую a в плоскость-посредник Σ ;

2) найти прямую пересечения MN плоскости Σ с данной плоскостью $\Delta(ABC)$;

3) на пересечении построенной прямой пересечения MN и данной прямой a найти искомую точку K .

При этом удобно заключить прямую a в проецирующую плоскость, так как сокращаются графические построения, а именно: как след плоскости Σ , так и одна из проекций вспомогательной прямой MN совпадает с одноименной проекцией данной прямой a благодаря инвариантному свойству соответствующей проекции проецирующей плоскости.

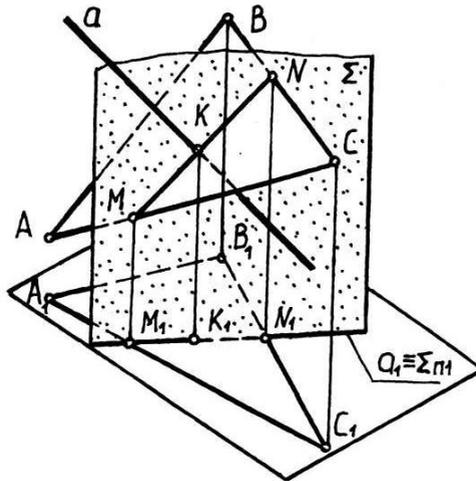


Рис. 5.8. Пространственная модель пересечения прямой общего положения и плоскости общего положения

При выполнении третьего пункта данного алгоритма может встретиться такой случай, при котором легко определяется проекция только одной из точек вспомогательной линии MN , а проекция второй точки выходит за пределы чертежа. В

этом случае на известной проекции вспомогательной прямой MN следует взять произвольную точку вместо той точки, вторую проекцию которой определить в пределах чертежа невозможно. Недостающую проекцию произвольной точки следует находить из условия принадлежности её плоскости, заданной горизонталью и фронталью.

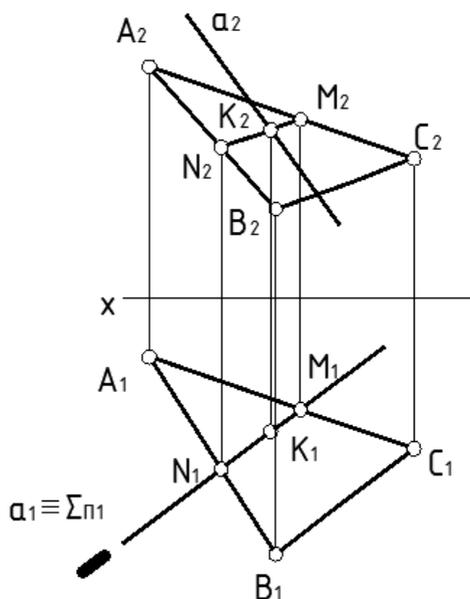


Рис. 5.9. Этор Монжа пересечения прямой общего положения и плоскости общего положения

Прямая перпендикулярна плоскости (всем прямым плоскости), если она перпендикулярна двум пересекающимся прямым этой плоскости.

Чтобы построить прямую l , перпендикулярную плоскости Δ , в плоскости Δ , строят горизонталь h и фронталь f (если они не заданы) и проводят горизонтальную проекцию прямой l перпендикулярно горизонтальной проекции горизонтали h , а фронтальную проекцию прямой l перпендикулярно фронтальной проекции фронтали f (рис. 5.10).

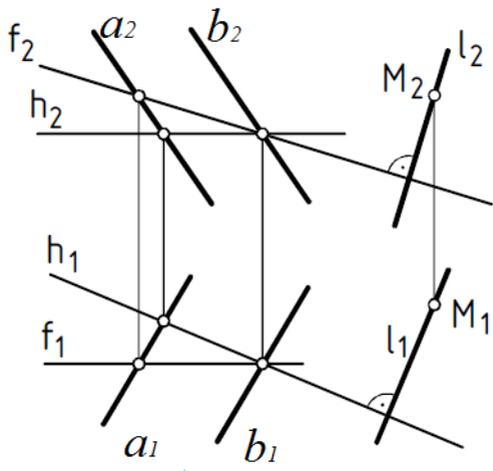


Рис. 5.10. Этор Монжа прямой l перпендикулярной плоскости Δ

Чтобы построить плоскость Δ , перпендикулярную прямой l , плоскость задают горизонталью h и фронталью f , проводя горизонтальную проекцию горизонтали h перпендикулярно горизонтальной проекции прямой l , а фронтальную проекцию фронтали f перпендикулярно фронтальной проекции прямой l (рис. 5.11).

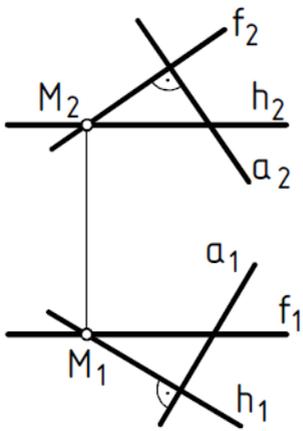


Рис. 5.11. Этор Монжа плоскости Δ перпендикулярной прямой l

5.3. Взаимное положение двух плоскостей

Плоскости будут параллельными:

- если две пересекающиеся прямые одной плоскости соответственно параллельны двум пересекающимся прямым другой плоскости (рис. 5.12);
- если плоскости параллельны, то параллельны их одноименные следы (рис. 5.13).

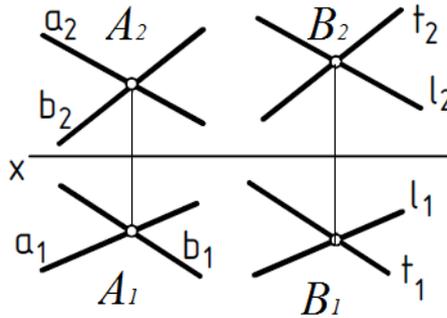


Рис. 5.12. Этор Монжа параллельных плоскостей, заданных пересекающимися прямыми

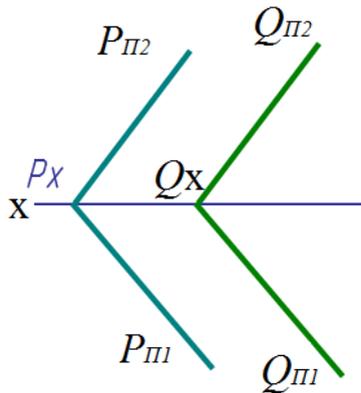


Рис. 5.13. Этор Монжа параллельных плоскостей, заданных следами

Плоскости пересекаются

Для построения линии пересечения двух плоскостей необходимо или найти две точки, каждая из которых принадле-

жит обеим плоскостям; или найти одну точку, принадлежащей двум плоскостям, и направление линии пересечения.

В обоих случаях задача заключается в нахождении точек, общих для двух плоскостей.

Плоскости в пространстве могут занимать различное положение. Рассмотрим три случая построения линии их пересечения.

1. Линия пересечения двух проецирующих плоскостей.

Если плоскости занимают частное положение, например, являются горизонтально-проецирующими, то проекцией линии пересечения на плоскость проекций, которой данные плоскости перпендикулярны (в данном случае горизонтальной), будет точка (рис. 5.14). Фронтальная проекция линии пересечения перпендикулярна оси проекций.

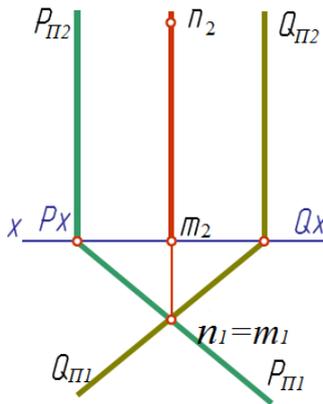


Рис. 5.14. Линия пересечения двух проецирующих плоскостей, заданных следами

2. Линия пересечения плоскости общего положения и проецирующей плоскости.

В этом случае одна проекция линии пересечения совпадает с проекцией проецирующей плоскости на той плоскости проекций, которой она перпендикулярна. Рассмотрим построение проекций линии пересечения горизонтально-проецирующей плоскости, заданной следами, с плоскостью

общего положения P (треугольник ABC). На горизонтальной проекции (рис. 5.15) в пересечении следа плоскости $P_{\Pi 2}$ и сторон AC и BC треугольника ABC находим горизонтальные проекции точек n и m линии пересечения. По линиям связи находим фронтальные проекции точек n и m линии пересечения. При взгляде по стрелке на плоскость Π_2 по горизонтальной проекции видно, что часть треугольника правее линии пересечения mn находится перед плоскостью $P(ABC)$, то есть будет видимой на фронтальной плоскости проекций. Остальная часть за плоскостью $P(ABC)$, то есть невидима.

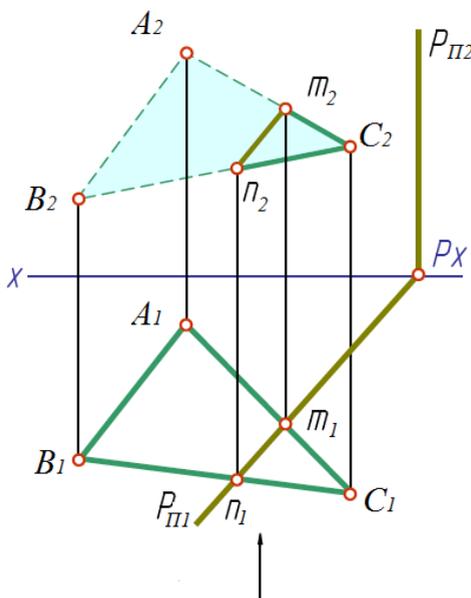


Рис. 5.15. Линия пересечения плоскости общего положения и проецирующей плоскости, заданной следами

3. Линия пересечения двух плоскостей общего положения.

Построение линии пересечения двух плоскостей общего положения осуществляется с помощью дополнительных плоскостей-посредников.

Общий прием построения линии пересечения таких плоскостей показан на рисунке 5.16. Вводим вспомогательную плоскость (посредник) и строим линии пересечения вспомогательной плоскости с двумя заданными. В пересечении построенных линий находим общую точку двух плоскостей. Чтобы найти вторую общую точку, повторяем построение с помощью еще одной вспомогательной плоскости. Соединяем полученные точки М и N и определяем взаимную видимость фигур. При решении подобных задач удобнее в качестве посредников применять проецирующие плоскости.

На рисунке 5.17 дано построение линии пересечения двух треугольников ABC и DEF. Задаем две вспомогательные горизонтально-проецирующие плоскости: плоскость P_{Π} через сторону AC и плоскость Q_{Π} через сторону BC треугольника ABC. Плоскость P_{Π} пересекает треугольник DEF по прямой 1-2. В пересечении фронтальных проекций прямой 1-2 и стороны AC находим фронтальную проекцию точки m линии пересечения треугольников.

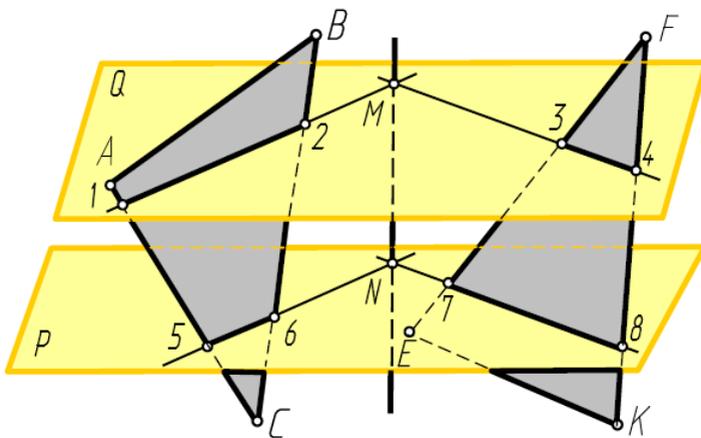


Рис.5.16.Линия пересечения плоскости общего положения и проецирующей плоскости, заданной следами

Плоскость Q_{Π} пересекает треугольник ABC по прямой 3-4. В пересечении фронтальных проекций прямой 3-4 и стороны BC находим фронтальную проекцию точки n линии пере-

сечения треугольников. Горизонтальные проекции этих точек, а, следовательно, и линии пересечения треугольников, находим, проводя линии связи.

Соединяем точки m и n . Взаимную видимость треугольников на плоскостях проекций определяем с помощью конкурирующих точек.

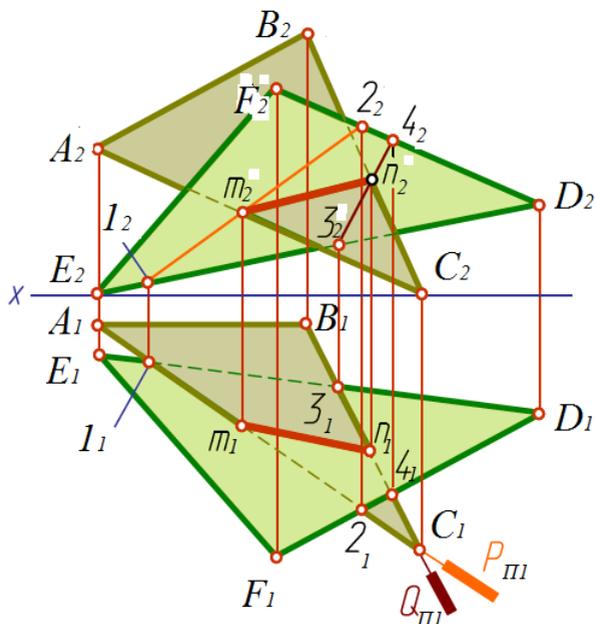


Рис. 5.17. Линия пересечения плоскости общего положения и проецирующей плоскости, заданной следами

6. МЕТРИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ. СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЙ

Задачи, связанные с нахождением истинной длины отрезка, величины угла, площади фигуры, объема тела, относятся к метрическим задачам. Решение метрических задач, как и решение некоторых позиционных задач, значительно упрощается, если геометрические элементы занимают частное положение. Путем несложных построений можно перейти от общих положений геометрических элементов к частным. Эти построения сводятся к замене плоскостей проекций и вращению вокруг осей.

Способ замены плоскостей проекций заключается в замене одной плоскости проекций новой плоскостью, перпендикулярной к заменяемой. Положение геометрических объектов в пространстве остается неизменным.

Рассмотрим замену плоскости Π_2 на новую плоскость проекций Π_4 (рис. 6.1). Новую плоскость проекций Π_4 располагают перпендикулярно горизонтальной плоскости проекций Π_1 . Для перехода от пространственного изображения к плоскому, плоскость Π_4 путем ее вращения вокруг новой оси совмещают с плоскостью проекций Π_1 . Тогда проекция A_4 располагается на новой линии связи A_1A_4 перпендикулярной новой оси проекций. Новая плоскость проекций Π_4 заменяет старую, фронтальную плоскость проекций Π_2 . Координата z точки A изображается одинаково в натуральную величину на плоскости Π_2 и Π_4 .

Замену плоскостей проекций можно производить несколько раз. Если плоская фигура занимает общее положение, то для нахождения ее натуральной величины перемену плоскостей проекций производят два раза. Первой переменной новую плоскость вводят перпендикулярно плоской фигуре, второй – параллельно.

Чтобы плоскость общего положения стала проецирующей, новую плоскость проекций задают перпендикулярно горизонтали плоскости h и плоскости проекций Π_1 (новая ось проекций перпендикулярна h_1) или перпендикулярно фронта-

ли плоскости f и плоскости проекций Π_2 (новая ось проекций перпендикулярна f_2) (рис. 6.2).

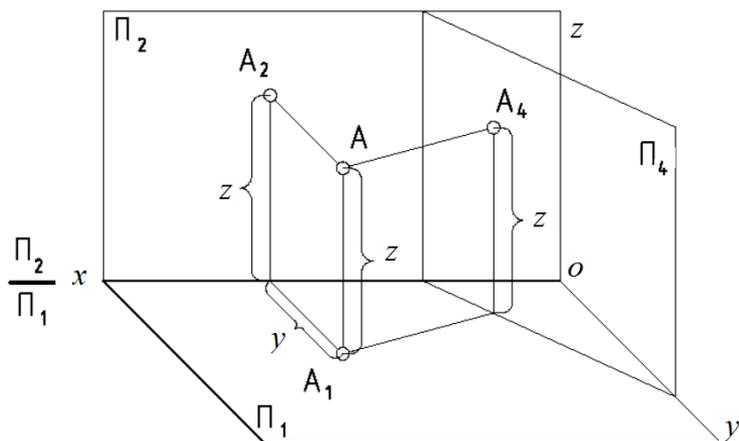


Рис. 6.1. Пространственная модель иллюстрирующая способ замены плоскостей проекций

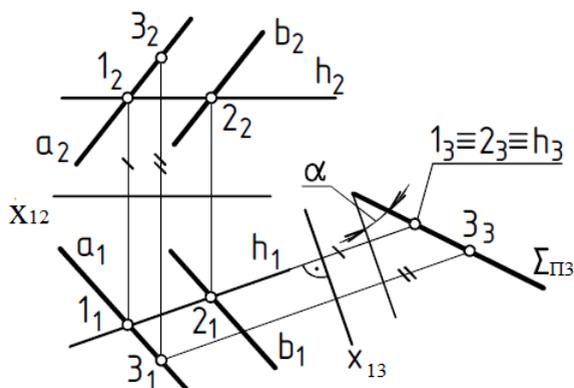


Рис.6.2. Способ замены плоскостей проекций

Рассмотрим нахождение натуральной величины плоской фигуры ΔABC , занимающей горизонтально проецирующее положение (рис. 6.3). Построение выполняют путем введения новой плоскостипроjections Π_4 , перпендикулярной плоскости

проекций Π_1 и параллельной плоскости треугольника ABC (рис. 6.3). Новую ось проекции проводят параллельно горизонтальной проекции треугольника $A_1C_1B_1$. Дальнейшие построения ясны из рисунка 6.3. Проекция $A_4 C_4 B_4$ является натуральной величиной плоской фигуры.

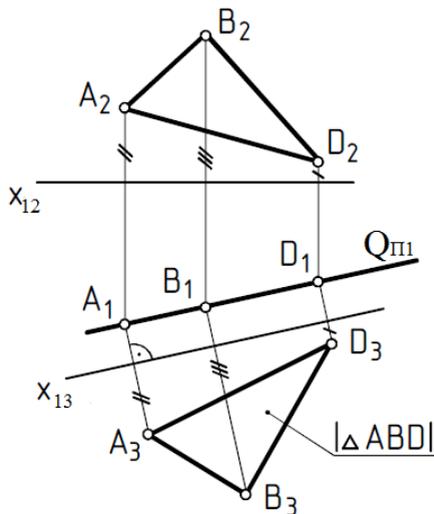


Рис. 6.3. Способ замены плоскостей проекций

Как уже известно, величина угла наклона плоскости к какой-либо плоскости проекций определяется величиной угла между линией наклона к этой плоскости и её натуральной величиной. Известно, однако, что если заданная плоскость перпендикулярна к какой-либо плоскости проекций, то угол между её следом на эту плоскость и осью X равен углу наклона заданной плоскости к другой плоскости проекций.

Определим угол наклона плоскости общего положения $\Delta (ABC)$ к плоскости проекций Π_1 способом вращения вокруг проецирующей прямой (рис. 6.4).

В условии поставленной задачи плоскость треугольника является плоскостью общего положения. Следует повернуть эту плоскость вокруг фронтально-проецирующей прямой до положения, перпендикулярного Π_1 .

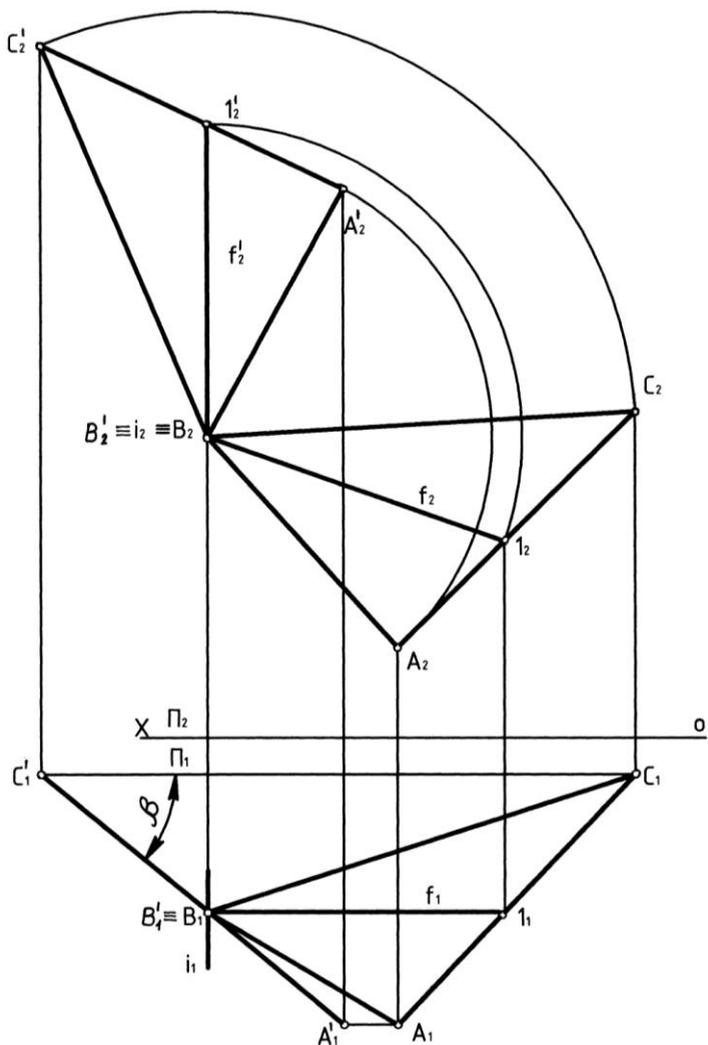


Рис. 6.4. Способ вращения вокруг проецирующей прямой

За траекторию перемещения каждой точки берётся дуга окружности, центр которой находится на оси вращения, а радиус равен расстоянию между точкой и осью вращения.

На чертеже фронтальная проекция точки будет перемещаться по дуге окружности, горизонтальная – по прямой, параллельной оси проекций X .

Выполним следующие построения на чертеже (рис. 6.4):

1. В плоскости треугольника проводим фронталь f : $V_1 \in f_1 \perp l_1 X$; $f_1 g A_1 C_1 = l_1$; $l_1 Y l_2 \in A_2 C_2$; $f_2 \equiv B_2 l_2$.

2. Проводим ось вращения i : $V_1 \in i_1$; $i_1 \perp \Pi_2 Y i_1 \perp X$.

3. Поворачиваем фронталь вокруг оси вращения i до горизонтально-проецирующего положения $f \perp \Pi_1$: $f'_2 \perp X$; $|B'_2 l'_2| = |B_2 l_2|$; $|A'_2 B'_2| = |A_2 B_2|$; $|B'_2 C'_2| = |B_2 C_2|$, $|A'_2 C'_2| = |A_2 C_2|$.

4. Горизонтальные проекции точек перемещаются по прямым, параллельным оси проекций X .

5. На пересечении этих прямых и перпендикуляров к оси X , проведённых из точек A'_2, B'_2, C'_2 , находим новые горизонтальные проекции вершин треугольника A'_1, B'_1, C'_1 .

6. Соединяем одноимённые новые проекции вершин треугольника и получим новые его проекции.

7. Так как новая горизонтальная проекция треугольника – прямая линия, то, следовательно, он занял горизонтально-проецирующее положение.

8. Угол между (A'_1, B'_1, C'_1) и осью X – искомый угол наклона плоскости $\Delta (ABC)$ к Π_1 .

7. ПОВЕРХНОСТИ

7.1. Поверхности: образование, классификация, задание на эюре Монжа

Поверхность – геометрическое понятие, которому в разных разделах геометрии дают разное определение. Например, в аналитической геометрии поверхностью называют множество точек, удовлетворяющих уравнению $F(x,y,z) = 0$.

Например, поверхность шара задана уравнением:

$$x^2 + y^2 + z^2 = r^2.$$

В начертательной геометрии *поверхности рассматриваются как множество последовательных положений движущейся линии*. Такой способ образования поверхности называется *кинематическим* (рис. 7.1).

Линия (кривая или прямая) движущаяся в пространстве и создающая поверхность называется образующей.

Линия, по которой движется образующая, называется направляющей.

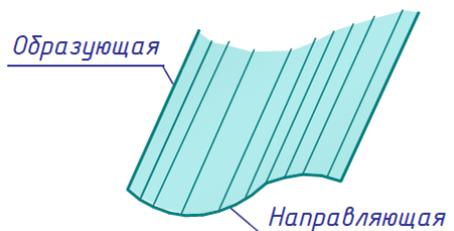


Рис. 7.1. Кинематический способ образования поверхности.

Классификация поверхностей

Поверхности можно разделить на несколько классов в зависимости от формы образующей, а также от формы, числа и расположения направляющих:

1. Поверхности закономерные и не закономерные.

Поверхность считается *закономерной* при выполнении следующих условий: образующая и направляющие линии геометрически определены и заданы, а образование поверхности подчинено определенному закону.

2. Линейчатые (образованные перемещением прямой линии) и нелинейчатые (криволинейные) поверхности.

3. Поверхности развертывающиеся (или торсы) и неразвертывающиеся.

Развертывающиеся поверхности – поверхности, которые после разреза их по образующей могут быть односторонне совмещены с плоскостью без наличия разрывов и складок.

Неразвертывающиеся поверхности – поверхности, которые не могут быть совмещены с плоскостью без наличия разрывов и складок.

4. Поверхности с образующей постоянной формы и поверхности с образующей переменной формы.

5. Поверхности с поступательным, вращательным или винтовым движением образующей.

Чтобы задать поверхность, надо указать закономерность движения образующей в пространстве. Закон перемещения образующей линии задается при помощи направляющих линий и алгоритма перемещения образующей по направляющим.

Совокупность условий, которые определяют поверхность в пространстве, называется *определителем поверхности*.

Определитель поверхности состоит из двух частей: *геометрической части*, включающей постоянные геометрические элементы (точки, линии), которые участвуют в образовании поверхности; *алгоритмической части*, задающей закон движения образующей, характер изменения ее формы.

Чтобы задать поверхность на комплексном чертеже, достаточно иметь на нем такие элементы поверхности, которые позволяют построить каждую ее точку.

Критерий полноты чертежа поверхности формулируют в виде следующего правила: *поверхность на чертеже считается заданной, если по одной проекции точки, принадлежащей поверхности, можно построить ее вторую проекцию.*

Условие принадлежности точки поверхности: *точка принадлежит поверхности, если она принадлежит одной из*

линий поверхности; сначала на поверхности строят линию, а затем на ней задают точку.

Задание поверхности каркасом

Этот способ используется при задании сложных поверхностей. Поверхность задается семейством линий, принадлежащих поверхности (*каркасом*). Каркасы могут быть сетчатые, линейчатые, точечные.

При задании поверхности каркасом необходимо иметь ряд ее параллельных сечений, которые можно рассматривать как положения образующей переменного вида. Такой способ применяется при изготовлении кузовов автомобилей, в самолетостроении и судостроении.

Способ задания поверхности каркасом с помощью линий пересечения поверхности плоскостями уровня применяется в топографии, горном и дорожном деле. Проекция линии уровня на плоскость проекций с соответствующими отметками представляют собой карту рельефа местности. Поверхность, отнесенная к земной поверхности, называется *топографической*.

Задание поверхности очерком

Когда какая-нибудь поверхность Φ проецируется с помощью параллельных лучей на плоскость проекций Π_n , то проецирующие прямые, касающиеся поверхности, образуют цилиндрическую поверхность (рис. 7.2). Эти проецирующиеся прямые касаются поверхности в точках, образующих некоторую линию g , которая называется *контурной линией*.

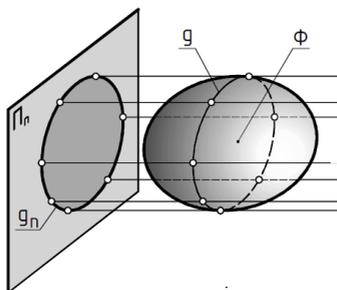


Рис. 7.2. Очерк цилиндрической поверхности.

Контурные линии принадлежат самой поверхности, а на чертеже даются их проекции.

Проекция контурной линии g на плоскость Π_{π} , называется *очерком поверхности* g_{π} (рис. 7.2). Очерк поверхности - замкнутая линия на чертеже.

Можно также сказать, что *очерк поверхности* - это линия пересечения проецирующей цилиндрической поверхности, касательной к заданной поверхности, с соответствующей плоскостью проекций.

Поверхность рассматривается как тончайшая непрозрачная оболочка.

Чтобы сделать чертеж более наглядным строят очерк поверхности, а также ее наиболее важные линии и точки.

7.2. Линейчатые поверхности

Гранные поверхности

Гранной поверхностью называется поверхность, образованная перемещением прямолинейной образующей по ломаной направляющей. Гранные поверхности можно разделить на два вида: *пирамидальные* (рис. 7.3) и *призматические* (рис. 7.4).

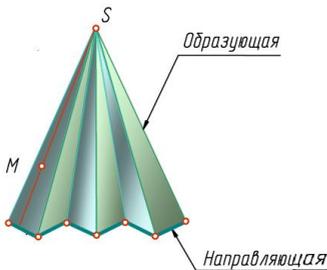


Рис. 7.3. Пирамидальная поверхность

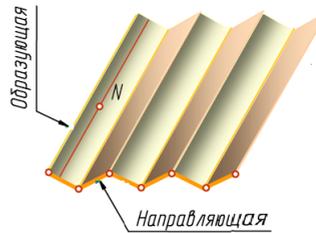


Рис. 7.4. Призматическая поверхность

Пирамидальной называется поверхность, образованная перемещением прямолинейной образующей по ломаной направляющей. При этом все образующие проходят через некоторую неподвижную точку S .

Призматической называется поверхность, образованная перемещением прямолинейной образующей по ломаной направляющей. При этом все образующие проходят параллельно некоторому заданному направлению.

Точки М и N принадлежат соответственно пирамидальной и призматической поверхностям, так как принадлежат прямым, расположенным на этих поверхностях.

Многогранные поверхности

Из числа гранных поверхностей выделяют группу *многогранников* – замкнутых поверхностей, образованных некоторым количеством граней.

В отличие от гранной поверхности, многогранник ограничен своими гранями, образуя замкнутый пространственный объем.

Многогранником называют пространственную геометрическую фигуру, со всех сторон ограниченную плоскими многоугольниками (гранями).

Элементы многогранника – *грани* (отсеки плоскостей), *ребра* (прямые линии, по которым пересекаются грани) и *вершины* (точки пересечения ребер).

Совокупность ребер и вершин называют сеткой многогранника. Построение проекций многогранника на чертеже сводится к построению проекций его сетки (ребер и вершин).

Рассмотрим два вида многогранников – *пирамиду и призму*.

Пирамида – многогранник, у которого одна грань, принимаемая за основание, является многоугольником, а остальные грани (боковые) – треугольники с общей точкой S называемой вершиной (рис. 7.5).

Перпендикуляр, опущенный из вершины на плоскость основания, называется высотой пирамиды. Если основанием пирамиды является правильный многоугольник и высота пирамиды проходит через его центр, *пирамида называется правильной*.

Призма – многогранник, у которого две грани, основания одинаковые и взаимно параллельные многоугольники, а остальные грани (боковые) – параллелограммы (рис. 7.5).

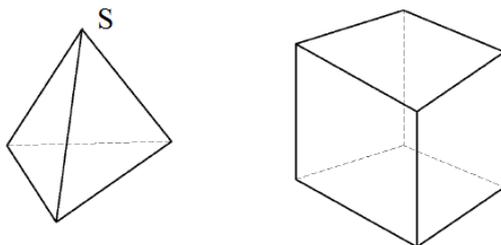


Рис. 7.5. Многогранники

Если ребра призмы перпендикулярны плоскости основания, такую призму называют *прямой*, в противном случае *наклонной*.

Если у призмы ребра перпендикулярны какой-либо плоскости проекций, то боковую поверхность называют *проецирующей*.

По форме основания призмы и пирамиды бывают *треугольными, четырехугольными и т.д.*

На комплексном чертеже многогранник задается проекциями его вершин и ребер с учетом их видимости. Видимость ребер определяется с помощью конкурирующих точек.

Невидимые ребра изображаются штриховыми линиями. Кроме того, рекомендуется обозначать проекции вершин многогранников.

Таким образом, построение чертежей призм и пирамид сводится по существу к построению проекций точек (вершин) и отрезков (ребер). На чертеже основания призмы и пирамиды удобно располагать параллельно плоскости проекций.

Построим три проекции треугольной пирамиды $SABC$, основание которой ABC параллельно Π_1 (рис. 7.6).

Сначала следует построить фронтальную проекцию пирамиды (рис. 7.7).

Для построения профильной проекции пирамиды надо построить оси проекций, а, затем, замерив координаты y то-

чек А, В, С, построить их профильные проекции. Далее соединить профильные проекции вершин пирамиды и определить видимость ребер (рис. 7.8).

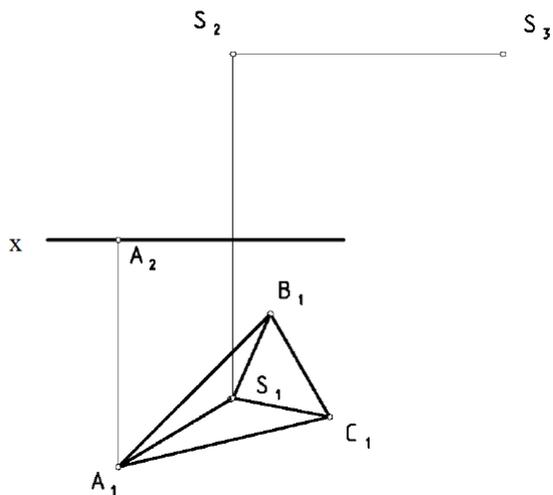


Рис. 7.6. Построение проекций пирамиды

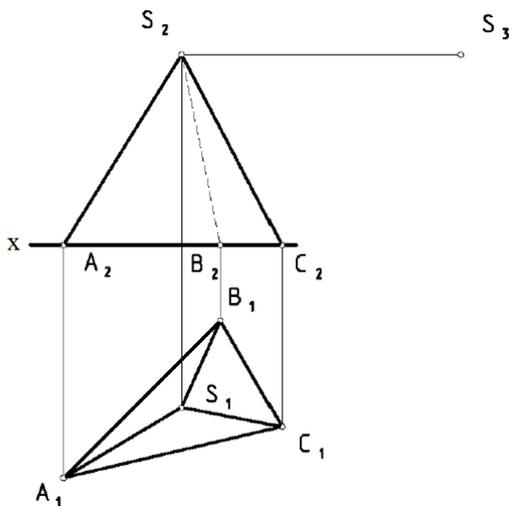


Рис. 7.7. Построение фронтальной проекции пирамиды

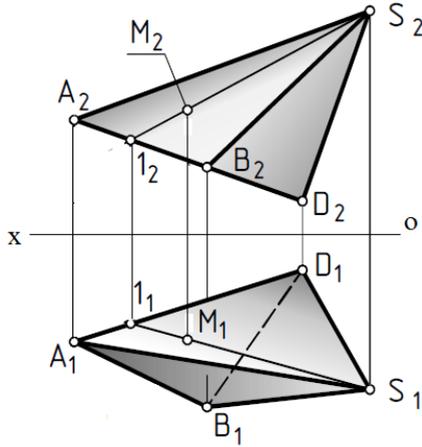


Рис. 7.9. Построение проекций точки M на поверхности пирамиды

При работе с комплексным чертежом многогранников приходится строить на его поверхности линии. А т.к. линия есть совокупность точек, то необходимо уметь строить точки на поверхности многогранников.

Чтобы построить проекции точки на поверхности пирамиды, нужно через эту точку провести вспомогательную прямую, принадлежащую поверхности пирамиды (рис. 7.9). Точка и прямая линия на поверхности многогранника строится так же, как и в плоскости.

Поверхности вращения

Поверхностью вращения называется поверхность, образованная вращением образующей вокруг неподвижной оси (рис. 7.10). Эта поверхность определяется на чертеже заданием образующей и оси вращения (рис. 7.11).

Каждая точка образующей l описывает при своем вращении окружность, лежащую в плоскости, перпендикулярной оси вращения, с центром на оси. Эти окружности называются *параллелями*. Наибольшая из этих параллелей называется *экватором*, наименьшая *горлом*.

Плоскость, проходящую через ось поверхности вращения, называют *меридианальной*. Линию ее пересечения с поверхностью – *меридианом*. Меридиан, параллельный фронтальной плоскости проекций, называется *главным меридианом*. Все меридианы равны между собой.

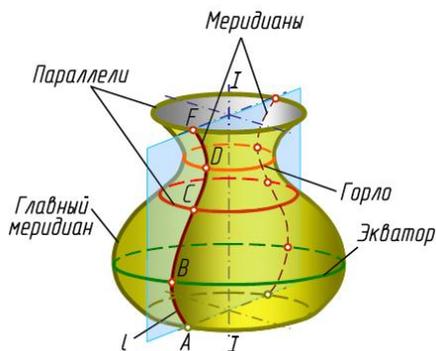


Рис. 7.10. Пространственная модель поверхности вращения

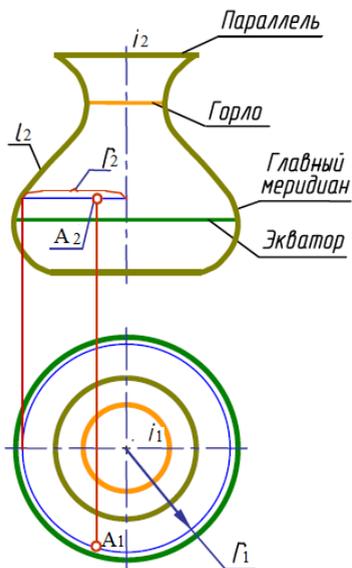


Рис. 7.11. Этор Монжа поверхности вращения

На эпюре Монжа ось вращения располагают перпендикулярно к одной из плоскостей проекций, например, горизонтальной. Тогда все параллели проецируются на эту плоскость в истинную величину. Фронтальным очерком такой поверхности будет фронтальная проекция главного меридиана, профильным очерком – профильная проекция профильного меридиана, горизонтальным очерком - горизонтальная проекция экватора и горла.

Точки на поверхностях вращения могут быть построены с помощью параллелей, то есть окружностей на поверхности.

Рассмотрим более подробно некоторые поверхности вращения, а именно: цилиндр, конус, сферу, тор.

Цилиндрическая поверхность вращения - поверхность, образованная вращением прямолинейной образующей l вокруг параллельной ей оси i (рис. 7.12). Горизонтальная проекция A_1 произвольной точки A , принадлежащей поверхности цилиндра, лежит на горизонтальном очерке цилиндра (рис. 7.12).

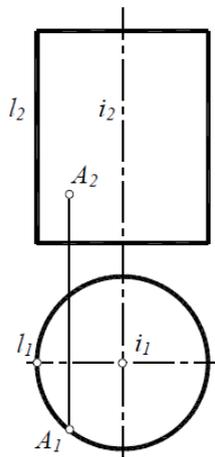


Рис. 7.12. Эпюр Монжа цилиндрической поверхности вращения

Коническая поверхность вращения – поверхность, образованная вращением прямолинейной образующей l вокруг пересекающейся с ней прямой - оси i (рис.7.13).

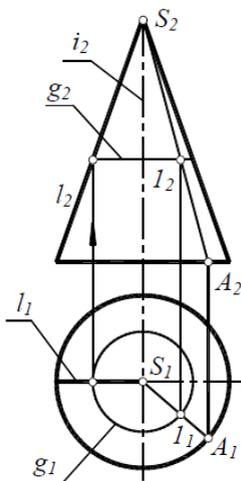


Рис. 7.13.Этор Монжа конической поверхности вращения

Чтобы найти недостающую проекцию точки на поверхности конуса, надо провести через эту точку параллель или прямолинейную образующую, принадлежащие поверхности конуса.

Чтобы определить фронтальную проекцию точки 1, проведем через горизонтальную проекцию точки 1_1 горизонтальную проекцию g_1 параллели g (рис. 7.13). С помощью линии связи найдем фронтальную проекцию g_2 этой параллели и отметим на ней фронтальную проекцию точки 1.

Эта же задача может быть решена с помощью образующей. Проведем через 1_1 проекцию S_1A_1 прямолинейной образующей SA . Найдем фронтальную проекцию S_2A_2 этой образующей. Фронтальная проекция 1_2 точки 1 находится на S_2A_2 Сфера – поверхность, образованная вращением окружности вокруг ее диаметра (рис. 7.14).

На рисунке 7.14 показано построение произвольной точки M , принадлежащей поверхности сферы, для чего использовались проекции произвольной окружности.

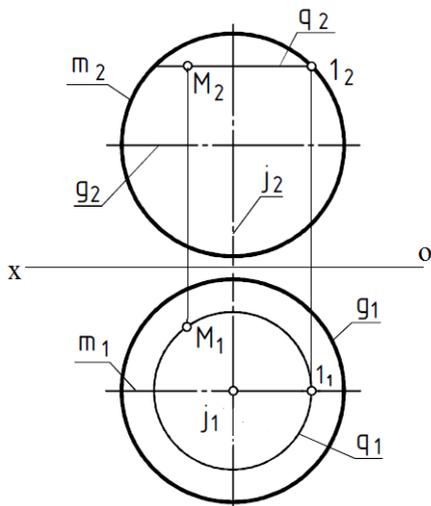


Рис. 7.14.Этор Монжа сферы

Тор - поверхность, образованная вращением окружности (или ее дуги) вокруг прямой - оси вращения, расположенной в плоскости окружности.

Если окружность и ось не имеют общих точек, то тор называют открытым или кольцом (рис. 7.15); если окружность и ось касаются, то образуется закрытый тор с одной конической точкой; если ось пересекает окружность, то образуется закрытый тор с двумя коническими точками, называемый также пересекающимся тором (рис. 7.16).

В пересечении гранных поверхностей плоскостями получаются многоугольники. Их вершины определяются как точки пересечения ребер гранных поверхностей с секущей плоскостью.

Многоугольник сечения может быть построен двумя способами:

1. Вершины многоугольника находятся как точки пересечения прямых (ребер) с секущей плоскостью;
2. Стороны многоугольника находятся как линии пересечения плоскостей (граней) многогранника с секущей плоскостью.

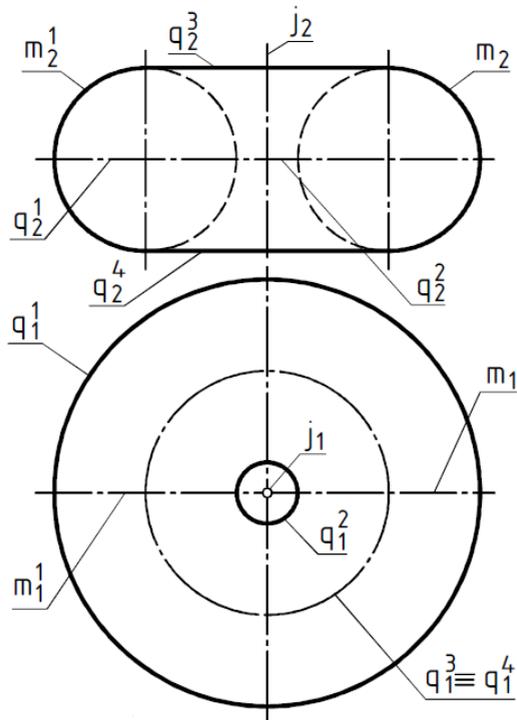


Рис. 7.15.Этор Монжа открытого тора или кольца

7.3. Пересечение поверхности плоскостью

Пересечение многогранника плоскостью

В качестве примера построим сечение призмы (рис. 7.17) и пирамиды (рис. 7.18) фронтально-проецирующими плоскостями.

Секущая плоскость является фронтально-проецирующей, следовательно, все линии, лежащие в этой плоскости (в том числе и фигура сечения на фронтальной проекции), совпадут с фронтальным следом $Q_{\Pi 2}$ плоскости Q . Таким образом, фронтальные проекции фигур сечения 1,2,3 определяются при пересечении фронтальных проекций ребер призмы и пирамиды со следом $Q_{\Pi 2}$.

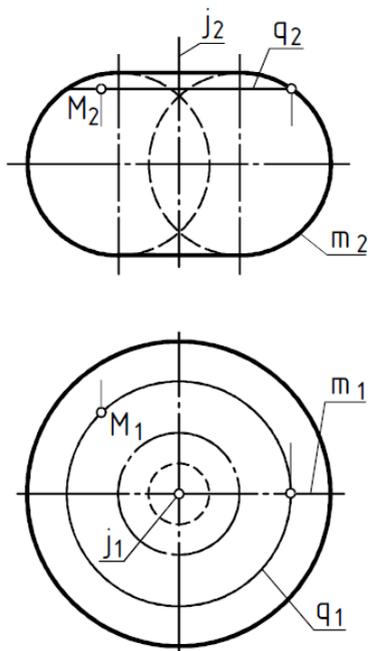


Рис. 7.16. Этор Монжа закрытого тора

Горизонтальные проекции точек 1, 2 и 3 находим при помощи линий связи на горизонтальных проекциях соответствующих ребер.

Грани прямой призмы на плоскость, которой они перпендикулярны, проецируются в линии, ребра – в точки. Поэтому все точки и линии, находящиеся на гранях и ребрах призмы, проецируются соответственно на эти линии и точки. Проекция фигуры сечения призмы совпадает с горизонтальной проекцией самой призмы (рис. 7.17).

Пересечение поверхности вращения плоскостью.

Сечение цилиндра плоскостью

При пересечении цилиндра вращения плоскостью, параллельной оси вращения, в сечении получают две прямые – образующие (рис. 7.19).

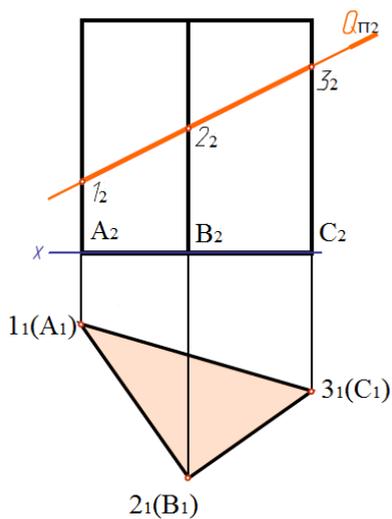


Рис. 7.17.Этор Монжа призмь

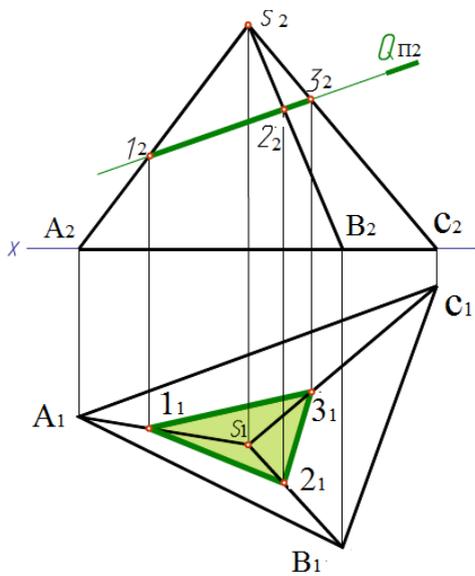


Рис. 7.18.Этор Монжа пирамидь

Если секущая плоскость перпендикулярна оси вращения, в результате сечения получится окружность (рис. 7.20).

В общем случае, когда секущая плоскость наклонена к оси вращения цилиндра, в сечении получается эллипс (рис. 7.21).

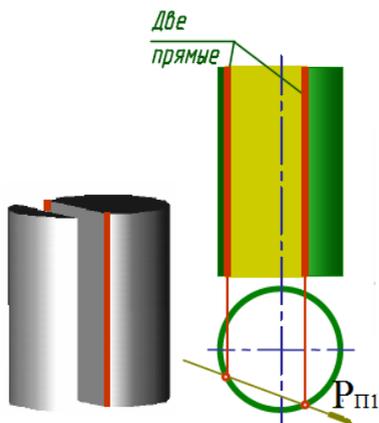


Рис. 7.19. Пересечение цилиндра вращения плоскостью параллельной оси вращения

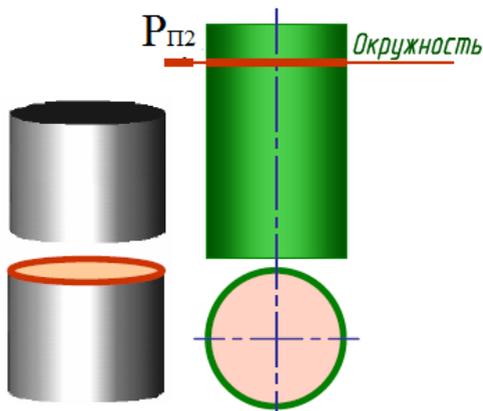


Рис. 7.20. Пересечение цилиндра вращения плоскостью перпендикулярной оси вращения

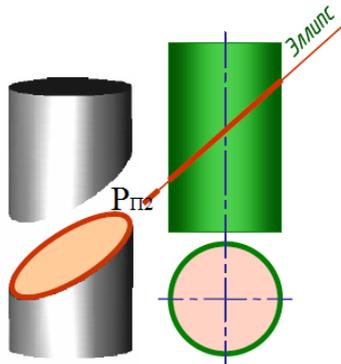


Рис. 7.21. Пересечение цилиндра вращения плоскостью наклоненной к оси вращения цилиндра

В общем случае построение линии сечения поверхности плоскостью заключается в нахождении общих точек, то есть точек, принадлежащих одновременно секущей плоскости и поверхности.

Нахождение точек линии сечения начинают с определения характерных (опорных) точек. К ним относятся верхние и нижние, левая и правая и точки границы видимости; точки, характеризующие данную линию сечения (для эллипса точки большой и малой осей).

Для более точного построения линии сечения необходимо построить еще и дополнительные (промежуточные) точки.

Сечение конуса плоскостью.

В зависимости от направления секущей плоскости в сечении конуса вращения могут получиться различные линии.

Если секущая плоскость проходит через вершину конуса, в его сечении получается две прямые образующие (треугольник) (рис. 7.22).

В результате пересечения конуса плоскостью, перпендикулярной оси конуса, получается окружность (рис. 7.23).

Если секущая плоскость наклонена к оси вращения конуса и не проходит через его вершину, в сечении конуса могут получиться эллипс, парабола или гипербола – в зависимости от величины угла наклона секущей плоскости.

Эллипс получается в том случае, когда угол β наклона секущей плоскости меньше угла α наклона образующих конуса к его основанию, т.е. когда плоскость пересекает все образующие данного конуса (рис. 7.24). Если углы α и β равны (то есть секущая плоскость параллельна одной из образующих конуса), в сечении получается парабола (рис. 7.25). Если секущая плоскость направлена под углом, который изменяется в пределах ($90^\circ \geq \beta \geq \alpha$), то в сечении получается гипербола. В этом случае секущая плоскость параллельна двум образующим конуса. Гипербола имеет две ветви, так как коническая поверхность двухполостная (рис. 7.26).

Построим линию сечения конической поверхности и плоскости (рис. 7.27).

Линия сечения является эллипсом, поскольку плоскость пересекает все образующие конической поверхности. Фронтальная проекция линии известна. Горизонтальную проекцию линии строим по принадлежности точек линии сечения поверхности конуса.

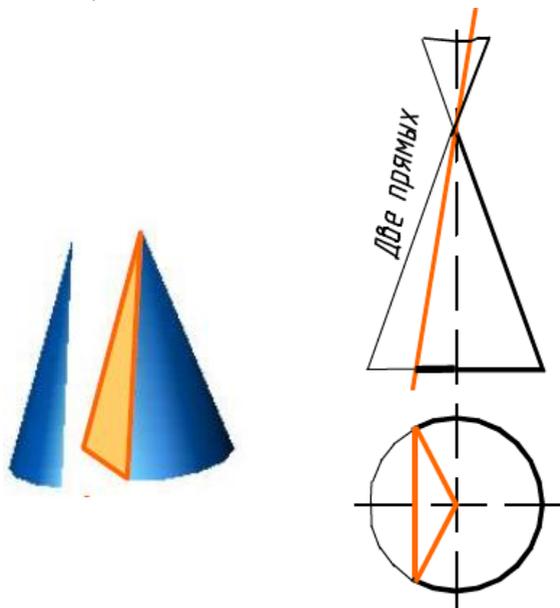


Рис. 7.22. Секущая плоскость проходит через вершину конуса

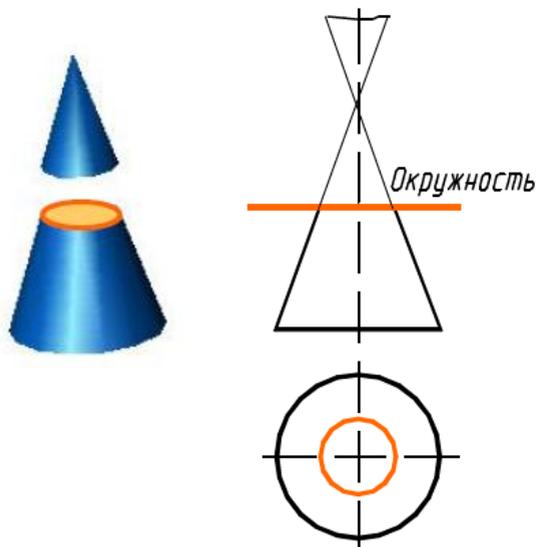


Рис. 7.23. Пересечения конуса плоскостью, перпендикулярной оси конуса.

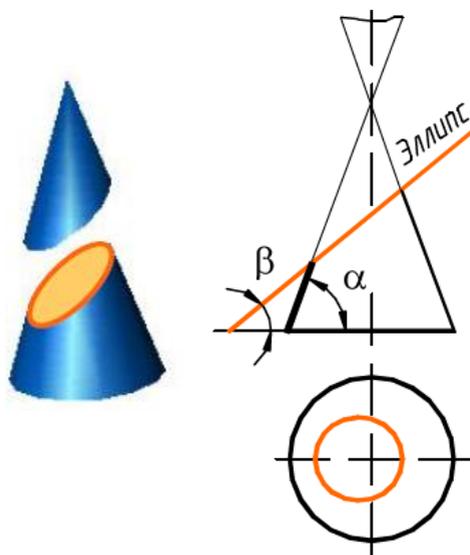


Рис. 7.24. Секущая плоскость наклонена к оси вращения конуса и пересекает все образующие данного конуса

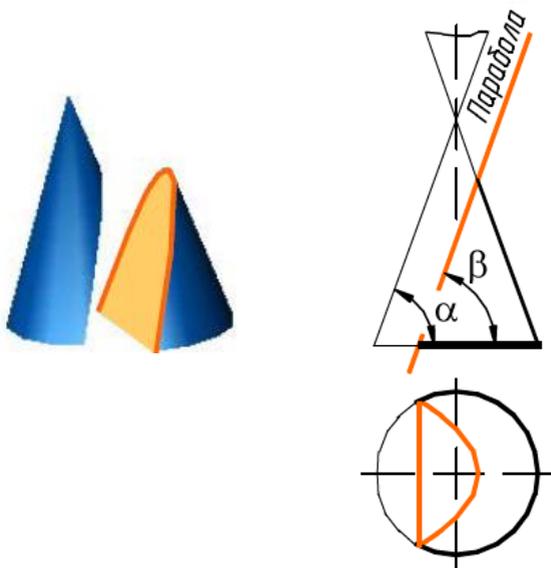


Рис. 7.25. Секущая плоскость параллельна одной из образующих конуса

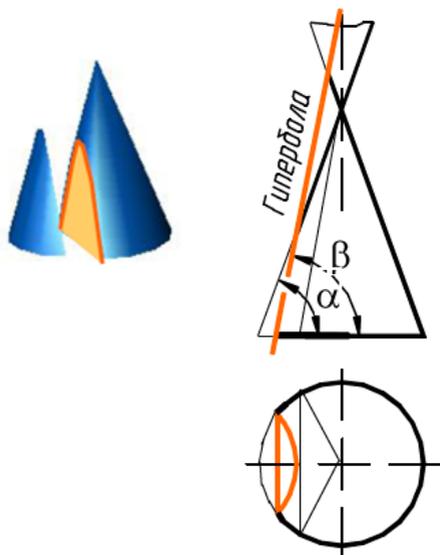


Рис. 7.26. Секущая плоскость параллельна двум образующим конуса

Характерными точками линии сечения являются точки 1,2,3,4 расположенные на очерковых образующих.

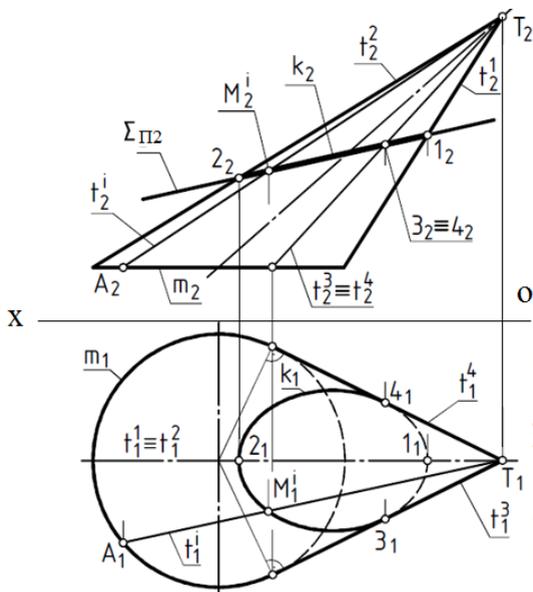


Рис. 7.27. Построение линии сечения конической поверхности

7.4. Пересечение поверхности прямой линией

Чтобы найти точки пересечения прямой с поверхностью, необходимо:

- 1) Заключить прямую в дополнительную (вспомогательную) плоскость.
- 2) Построить линию пересечения вспомогательной плоскости с поверхностью.
- 3) Определить точки пересечения полученного сечения с заданной прямой. Эти точки являются искомыми.

Выбор плоскости-посредника зависит от трёх условий: вида заданной поверхности, взаимного расположения прямой и поверхности, и их положения относительно плоскостей проекций.

Рекомендуется вводить вспомогательную плоскость так, чтобы линия пересечения её с данной поверхностью проецировалась в виде простейших линий – *прямых* и *окружностей*, а это требует, прежде всего, знания формообразования по-

верхностей, умения выделять на заданной поверхности такие линии. Так, например, для цилиндрической или конической поверхности одним из множеств простейших линий является семейство прямых – образующих.

Следовательно, можно ввести такую плоскость-посредник, которая пересечёт эти поверхности по образующим. Для этого она должна быть параллельна образующим цилиндрической или проходить через вершину конической поверхности.

Если невозможно подобрать плоскость, пересекающую поверхность по простейшим линиям, то прямую следует заключить в проецирующую плоскость.

Графическое удобство такого выбора в том, что сразу будет известна одна проекция линии сечения. Она принадлежит соответствующему следу проецирующей плоскости. Другую проекцию линии следует искать из условия принадлежности её точек заданной поверхности. Видимость прямой по отношению к поверхности устанавливают на основе рассмотрения конкурирующих точек пересекающихся фигур, т.е. точек, лежащих на одной проецирующей прямой.

Рассмотрим построение линии сечения прямой общего положения и поверхности тора (рис. 7.28). Заключим данную прямую в какую-либо проецирующую плоскость.

Выполним следующие построения на чертеже:

1. Заключаем прямую a в проецирующую плоскость Δ , проведя её след $\Delta_{\Pi_2} \equiv a_2$.

2. Находим проекции линии сечения b плоскости Δ с поверхностью тора. Так как $\Delta \perp \Pi_2$, то $b_2 \equiv \Delta_{\Pi_2}$. Горизонтальную проекцию b_1 строим из условия принадлежности линии сечения b поверхности тора.

3. На пересечении фронтальных проекций a_1 и b_1 находим проекции M_1 и N_1 , а затем M_2 и N_2 .

4. Для определения видимости прямой a относительно поверхности тора при проецировании на Π_1 воспользуемся конкурирующими точками, например, точкой 3 , принадлежащей прямой a , и точкой D , принадлежащей поверхности тора, для которых $D_1 \equiv 3_1$. Т.к. точка 3 расположена выше точки D ,

т.е. $z_3 > z_D$, то на горизонтальной плоскости проекций точка $З_1$ закроет точку D_1 . Следовательно, участок горизонтальной проекции прямой a до горизонтальной проекции точки пересечения прямой a с поверхностью тора (N_1) также будет видимый.

5. Для определения видимости фронтальной проекции прямой a воспользуемся конкурирующими точками, например, $1 \in a$ и 2 , принадлежащей поверхности тора, для которых $l_2 \equiv 2_2$. Так как точка 1 расположена ближе к наблюдателю, чем точка 2 ($y_1 > y_2$), то фронтальная проекция точки 1 (1_2) будет видимой, а фронтальная проекция точки 2 (2_2) – невидимой. Следовательно, фронтальная проекция прямой a (a_2) до точки M_2 – фронтальной проекции точки пересечения прямой a с поверхностью тора, также будет видимой.

6. Видимость остальных участков прямой a определяется аналогично.

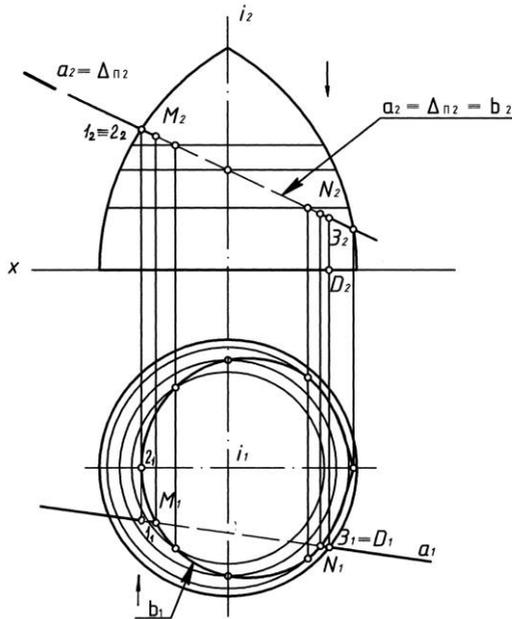


Рис. 7.28. Построение точек пересечения прямой с тором

7.5. Взаимное пересечение поверхностей

Линия пересечения двух поверхностей это геометрическое место точек, принадлежащих одновременно обеим поверхностям.

Для того чтобы построить линию пересечения двух поверхностей, нужно найти ряд точек, принадлежащих той и другой поверхности одновременно, а затем соединить эти точки в определенной последовательности с указанием видимости отдельных участков. При этом нужно иметь в виду, что проекции линии пересечения всегда располагаются в пределах *площади наложения* одноименных проекций пересекающихся поверхностей (рис. 7.29).

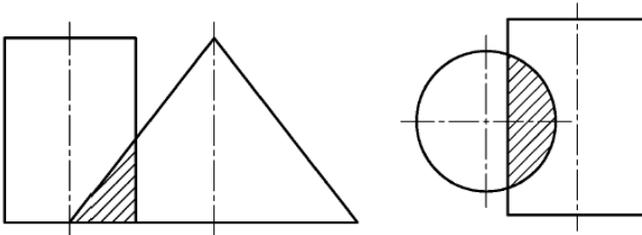


Рис. 7.29. Площади наложения одноименных проекций пересекающихся поверхностей

Сначала определяют опорные точки линии пересечения. К *опорным точкам* относятся *экстремальные точки* (самая высокая, самая низкая, самая передняя, самая дальняя и т.д.) и точки видимости (точки пересечения контурных линий каждой поверхности с другой поверхностью).

Опорные точки позволяют видеть, в каких пределах расположены проекции линии пересечения и где между ними имеет смысл определить *промежуточные (случайные)* точки.

Общим способом построения точек, принадлежащих кривой взаимного пересечения поверхностей, является способ вспомогательных поверхностей (плоскостей) посредников.

Секущие поверхности-посредники выбирают так, чтобы они пересекали данные поверхности по графическим простым линиям, например, по *прямым* или *окружностям*.

Принцип решения задачи:

Пусть даны некоторые взаимно пересекающиеся поверхности и (рис. 7.30). Введем плоскость – посредник Q которая пересечет поверхности по линиям M и N . Взаимное пересечение этих линий даст точки 1 и 2, принадлежащие линии пересечения. Проводя ряд посредников, получаем семейство точек линии пересечения.

Точки K_1 и K_2 находятся в точках пересечения очерков поверхностей и являются самой высокой и самой низкой точками линии пересечения.

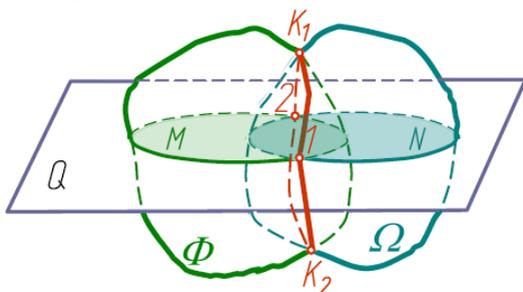


Рис. 7.30. Общий способ построения точек, принадлежащих кривой взаимного пересечения поверхностей

В зависимости от вида поверхностей посредников можно выделить следующие *способы построения линии пересечения двух поверхностей*:

- способ вспомогательных секущих плоскостей;*
- способ вспомогательных сфер.*

При построении линии взаимного пересечения поверхностей необходимо сначала определить опорные точки кривой. Эти точки дают пределы линии пересечения. Между ними и следует определять промежуточные (случайные) точки.

Способ вспомогательных секущих плоскостей

Рассмотрим применение вспомогательных секущих плоскостей на примере построения линии пересечения сферы с конусом вращения (рис. 7.31). При построении точек линии пересечения поверхности вначале находят те точки, которые называют характерными или опорными. Основания заданных

поверхностей, представленных окружностями, принадлежат горизонтальной плоскости проекций Π_1 . В пересечении окружностей получаем опорные точки 1_1 и $1'_1$.

Заданная фронтальная плоскость уровня Δ (Δ_{Π_1}), проходящая через ось конической поверхности и центр сферы, пересекает коническую поверхность по очерковым образующим SA и SB, а сферу по окружности, совпадающей с проекцией главного меридиана. В пересечении очерковой образующей SB и главного меридиана получим опорную точку 2 ($2_1, 2_2$), наивысшую точку линии пересечения.

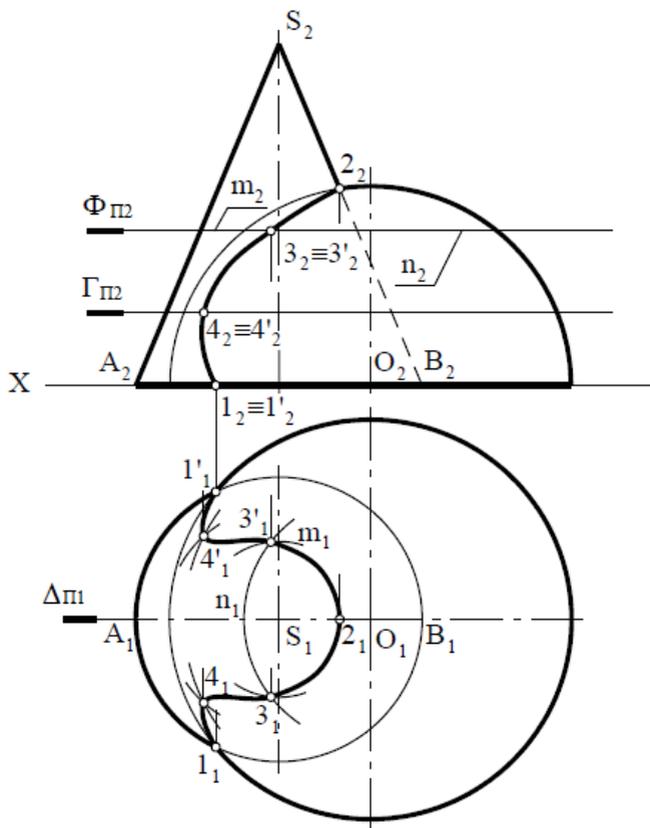


Рис. 7.31. Построения линии пересечения сферы с конусом вращения

Промежуточные точки найдем при помощи горизонтальных плоскостей уровня Φ и Γ , которые пересекают заданные поверхности по окружностям. При взаимном пересечении этих окружностей получают промежуточные точки искомой линии. Вначале находим горизонтальные проекции 3_1 и $3'_1$ точек 3 и $3'$ на пересечении окружностей m_1 и n_1 , получающихся от пересечения плоскостью Φ конуса и сферы. Затем, используя линии связи и принадлежность этих точек плоскости Φ , находим их фронтальные проекции 3_2 и $3'_2$.

Число вспомогательных секущих плоскостей, а, следовательно, и промежуточных точек линии пересечения зависит от требуемой точности решения.

Относительно горизонтальной плоскости проекций, видимой является заданная половинка сферы и коническая боковая поверхность. Следовательно, видима и вся горизонтальная проекция линии пересечения этих поверхностей.

Относительно фронтальной плоскости проекций, видимой является часть $1, 4, 3, 2$, фронтальная проекция линии пересечения, расположенная на видимых (передних) участках заданных поверхностей, а часть $1', 4', 3', 2'$ – невидима.

Заданные поверхности симметричны относительно фронтальной плоскости уровня Δ , проходящей через оси их вращения, следовательно, симметрична и линия их пересечения относительно этой же плоскости. Значит на фронтальной плоскости проекций Π_2 проекции видимой и невидимой частей линии пересечения совпадут и будут кривой второго порядка.

На чертеже одноименные проекции точек $1_1, 4_1, 3_1, 2_1, 3'_1, 4'_1, 1'_1$ и $1_2, 1'_2, 4_2, 4'_2, 3_2, 3'_2$ и 2_2 соединяем плавной сплошной основной линией и получаем искомые проекции линии пересечения.

Как отмечалось выше, для нахождения промежуточных точек, принадлежащих линии пересечения, были использованы горизонтальные плоскости уровня.

Фронтальные плоскости уровня, кроме проходящей через ось конической поверхности плоскости Δ (Δ_{Π}), пересекают эту плоскость по сложным кривым (гиперболам). Значит, их

не следует применять в качестве вспомогательных секущих поверхностей.

Проецирующие плоскости будут давать в пересечении сложные для построения на чертеже линии, поэтому их также нецелесообразно применять в качестве вспомогательных секущих плоскостей. Например, горизонтально-проецирующие плоскости, проходящие через ось заданной конической поверхности, будут пересекать ее по образующим, а сферу по окружностям. Но эти окружности будут проецироваться на плоскость Π_2 в эллипсы.

После сравнения всех возможных вариантов в качестве вспомогательных секущих плоскостей были выбраны горизонтальные плоскости уровня, т.к. их применение дает наиболее простые графические построения на чертеже.

Пересечение соосных поверхностей

Соосными поверхностями вращения – называются поверхности, у которых совпадают оси вращения.

Линии пересечения соосных поверхностей окружности, плоскости которых перпендикулярны оси поверхностей вращения. При этом если ось поверхностей вращения параллельна плоскости проекций, то линии пересечения на эту плоскость проецируются в отрезки прямых линий (рис. 7.32).

Это свойство используют для построения линии взаимного пересечения двух поверхностей вращения с помощью вспомогательных сфер.

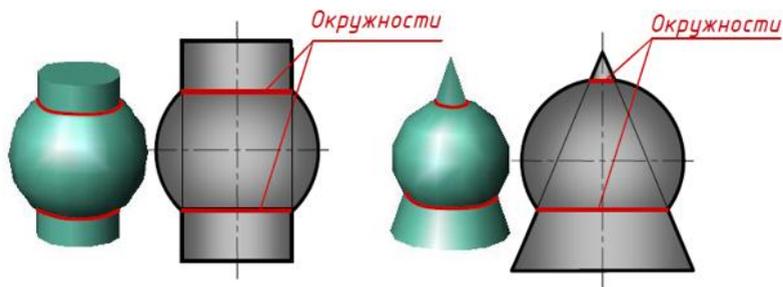


Рис. 7.32. Пересечение соосных поверхностей

Способ вспомогательных сфер следует применять при следующих условиях:

а) пересекающиеся поверхности должны быть поверхностями вращения;

б) оси этих поверхностей должны пересекаться, точку пересечения принимают за центр вспомогательных сфер;

в) плоскость, образованная осями поверхностей (плоскость симметрии), должна быть параллельна одной из плоскостей проекций.

Используя этот способ, можно построить линию пересечения поверхностей на одной проекции.

Рассмотрим пример построения линии пересечения двух конусов вращения, оси которых пересекаются, образуя общую фронтальную плоскость симметрии (рис. 7.33).

В данном случае применены вспомогательные сферы, проведенные из одного и того же центра – точки O (O_2) пересечения осей конусов. Диапазон радиусов сфер определяется минимальным и максимальным радиусами.

Минимальный радиус секущей сферы назначается из условия касания сферы одной и пересечения другой пересекающихся поверхностей.

Максимальным радиусом является отрезок прямой от центра сферы до наиболее удаленной точки пересечения, очерков пересекающихся поверхностей.

Окружности, по которым сферы пересекают одновременно две поверхности, проецируются на фронтальную плоскость проекций в виде прямолинейных отрезков.

Точки пересечения фронтальных проекций очерковых образующих $1_2, 2_2, 3_2, 4_2$ являются высшими и низшими точками линии пересечения. Точки $5_2, 6_2$ на фронтальной проекции, наиболее близко расположенные к оси вертикального конуса определены с помощью сферы радиуса R_{min} , вписанной в этот конус. Промежуточные точки $7_2, 8_2, 9_2$ получены при помощи сферы радиуса R , очерк которой на фронтальной проекции изобразится в виде окружности этого же радиуса. Сфера радиуса R пересечет горизонтальный конус по окружности диаметра AB и CD , а вертикально расположенный конус – по

окружности EF и MN. В пересечении полученных проекций окружностей – отрезков A_2B_2 и C_2D_2 с E_2F_2 и M_2N_2 – получаем искомые точки $7_2, 8_2, 9_2$ линии пересечения. Изменяя радиус R вспомогательной секущей сферы, можно получить последовательный ряд точек линии пересечения. Недостающие горизонтальные проекции точек линии пересечения определяют на соответствующих параллелях вертикального конуса. Точки 11_1 и 12_1 , в которых происходит разделение горизонтальной проекции линии пересечения на видимую и невидимую ветви, определены с помощью горизонтальной плоскости $\Phi\Pi$, проходящей через ось горизонтального конуса.

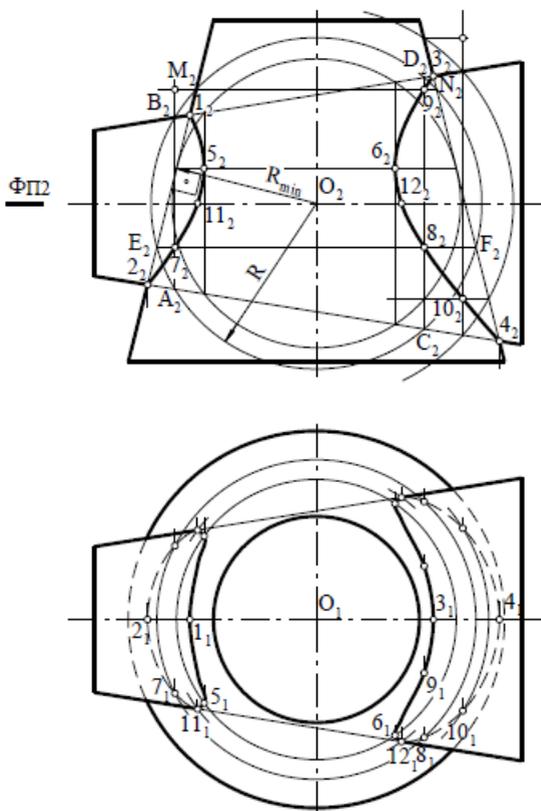


Рис. 7.33. Построения линии пересечения двух конусов вращения

8. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ

8.1. Форматы

Форматы листов чертежей устанавливает ГОСТ 2.301–68. Форматы листов определяются размерами внешней рамки чертежа, выполняемой тонкой линией. Ширина поля для подшивки составляет 20 мм, остальных полей – 5 мм (рис. 8.1).

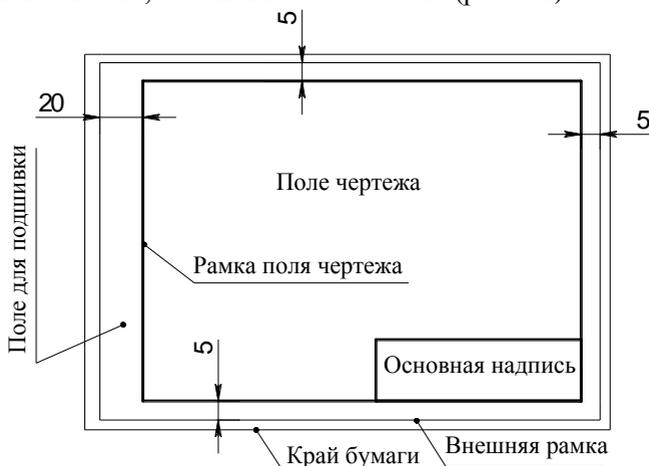


Рис. 8.1. Формат

Формат (прямоугольной формы) с размерами сторон 1189×841 мм, площадь которого равна 1 м^2 , и другие форматы, полученные путем последовательного деления его на две равные части параллельно меньшей стороне предыдущего соответствующего формата, принимаются за основные. Обозначения и размеры сторон основных форматов указаны в табл. 8.1. Допускается при необходимости применение формата А5 с размерами сторон 148×210 мм.

Допускается применение *дополнительных форматов*, образуемых увеличением коротких сторон основных форматов на величину, кратную их размерам. Обозначение дополнительного формата составляется из обозначения основного формата и его кратности, например: А4 \times 3 (размеры сторон 297×630 мм), А4 \times 5 (размеры сторон 297×1051 мм).

Таблица 8.1

Основные форматы

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

Таблица 8.2

Дополнительные форматы

Обозначение формата	Размеры сторон формата, мм
A0 × 2	1189 × 1682
A0 × 3	1189 × 2523
A1 × 3	841 × 1783
A1 × 4	841 × 2378
A2 × 3	591 × 2181
A2 × 4	591 × 1682
A2 × 5	591 × 2102
A3 × 3	420 × 891
A3 × 4	420 × 1189
A3 × 5	420 × 1486
A3 × 6	420 × 1783
A3 × 7	420 × 2080
A4 × 3	297 × 630
A4 × 4	297 × 841
A4 × 5	297 × 1051
A4 × 6	297 × 1261
A4 × 7	297 × 1471
A4 × 8	297 × 1682
A4 × 9	297 × 1892

Обозначения и размеры сторон дополнительных форматов указаны в табл. 8.2.

8.2. Основные надписи

Форма, размеры и порядок заполнения основной надписи установлены ГОСТ 2.104–2006. Каждый конструкторский документ должен иметь основную надпись, размеры и содержа-

ние которой зависят от категории документа. Для чертежей и схем необходимо применять основную надпись по форме 1 (рис. 8.2); для первого листа текстового документа – по форме 2 (рис. 8.3); для последующих листов текстового документа – по форме 2а (рис. 8.4). Допускается для последующих листов чертежей и схем применять основную надпись по форме 2а. Основные надписи выполняют сплошными толстыми основными и сплошными тонкими линиями. Основные надписи располагают в правом нижнем углу конструкторских документов. На листах формата А4 основную надпись располагают только вдоль короткой стороны.

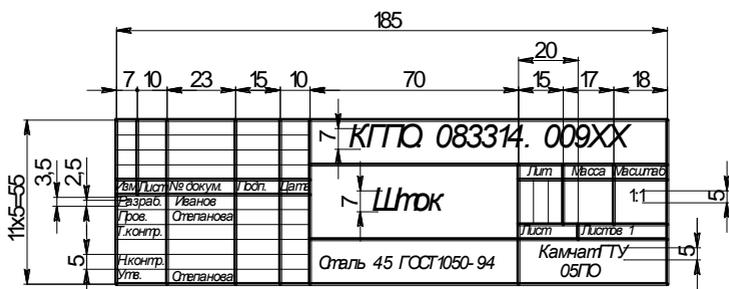


Рис. 8.2. Основная надпись по форме 1

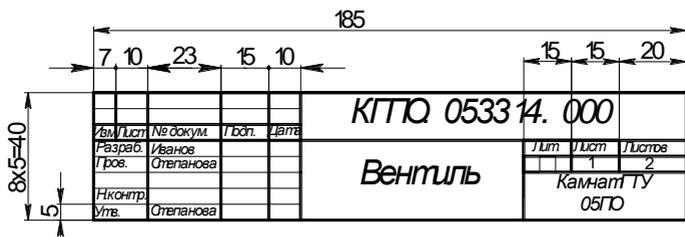


Рис. 8.3. Основная надпись по форме 2

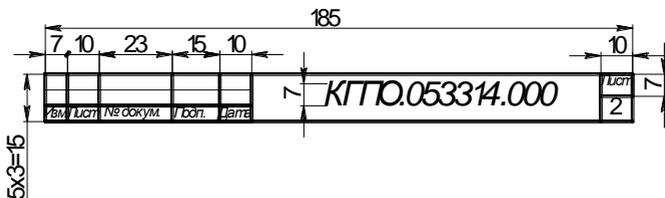


Рис. 8.4. Основная надпись по форме 2а

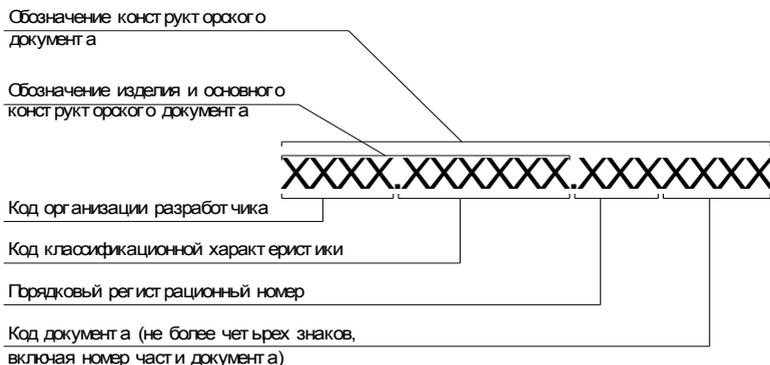


Рис. 8.5. Классификатор

При использовании для последующих листов чертежей исхем основной надписи по форме 1 графы 1, 3, 4, 5, 6, 9 не заполняют. Номера граф на формах показаны в скобках.

В графах основной надписи указывают (рис. 8.6, 8.7, 8.8):

– в графе 1 – наименование изделия. Наименование изделия должно соответствовать принятой терминологии и быть по возможности кратким. Наименование изделия записывается в именительном падеже единственного числа. В наименовании, состоящем из нескольких слов, на первое место помещают имя существительное, например «Гайка накидная»;

– в графе 2 – обозначение документа. Основой обозначения является классификатор (рис. 8.5);

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

– в графе 4 – литера чертежа;

– в графе 5 – масса изделия;

– в графе 6 – масштаб;

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

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

– в графе 9 – наименование или различительный индекс предприятия, выпускающего документ. В учебных заведениях

рекомендуется в этой графе указывать его наименование и индекс группы;

– в графе 10 – характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ;

– в графе 11 – фамилии лиц, подписавших документ;

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

– в графе 13 – даты подписания документа.

Графы 14–18 на учебных чертежах не заполняют.

					(2)			
14	15	16	17	18	(1)	Лит	Масса	Масштаб
Изм/Лист	№ докум	Годп.	Дата	4		(5)	(6)	
Разраб.				Лист (7)		Листов (8)		
Прое.								
Т.контр.	(10)	(11)	(12)	(13)	(3)	(9)		
И.контр.								
Утв.								

Рис. 8.6. Графы основной надписи по форме 1

					(2)			
14	15	16	17	18	(1)	Лит	Лист	Листов
Изм/Лист	№ докум	Годп.	Дата	(6)		(7)	(8)	
Разраб.				(9)				
Прое.								
(10)	(11)	(12)	(13)					
И.контр.								
Утв.								

Рис. 8.7. Графы основной надписи по форме 2

					(2)	
14	15	16	17	18	Лист	
Изм/Лист	№ докум	Годп.	Дата	(7)		

Рис. 8.8. Графы основной надписи по форме 2а

8.3. Масштабы

ГОСТ 2.302–68 устанавливает масштабы изображений и их обозначение на чертежах. *Масштабом называется отношение линейного размера отрезка на чертеже к соответствующему линейному размеру того же отрезка в натуре.* На изображение

наносят действительные размеры независимо от применяемого масштаба. Масштабы изображений на чертежах должны выбираться из ряда масштабов, указанных в табл. 8.3.

Таблица 8.3

Масштабы

Масштабы уменьшения	1 : 2; 1 : 2.5; 1 : 4; 1 : 5; 1 : 10; 1 : 15; 1 : 20; 1 : 25; 1 : 40; 1 : 50; 1 : 75; 1 : 100; 1 : 200; 1 : 400; 1 : 500; 1 : 800; 1 : 1000
Масштабы увеличения	2 : 1; 2,5 : 1; 4 : 1; 5 : 1; 10 : 1; 20 : 1; 40 : 1; 50 : 1; 100 : 1
Натуральная величина	1 : 1

Масштаб, указанный в предназначенной для этого графе основной надписи чертежа, должен обозначаться по типу 1 : 1; 1:2; 2:1; 5:1 и т.д. Масштаб изображения на чертеже, отличающийся от указанного в основной надписи, указывают непосредственно после надписи, относящейся к изображению, например А(1:2). В этом случае размер шрифта масштаба должен быть на один размер меньше, чем обозначение изображения.

8.4. Линии

Начертания и основные назначения линий установлены в ГОСТ 2.303–68. Толщину сплошной основной линии выбирают в пределах от 0,5 до 1,4 мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата. Она должна быть одинаковой для всех изображений на данном чертеже, вычерчиваемых в одинаковом масштабе. Штрихпунктирные линии должны пересекаться, начинаться и заканчиваться штрихами. Штрихпунктирные линии, применяемые в качестве центровых, следует заменять сплошными тонкими линиями, если диаметр окружности или размер других геометрических фигур в изображении составляет менее 12 мм. Штрихи и промежутки в штриховых и штрихпунктирных линиях должны быть соответственно одинаковой длины.

8.5. Шрифты чертежные

Чертежные шрифты, применяемые для нанесения всех надписей на чертежах и других технических документах, установлены ГОСТ 2.304–81 (рис. 8.9). В ГОСТ 2.304–81 разработана конструкция букв русского, латинского и греческого алфавитов, цифр арабских и римских, а также 46 различных знаков.

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

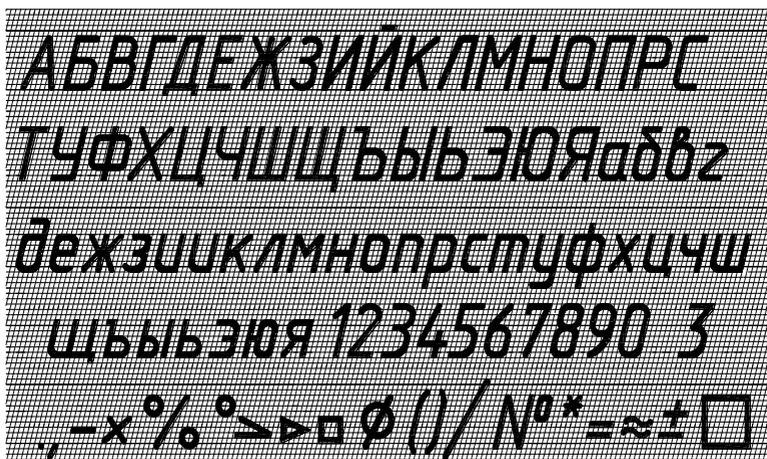


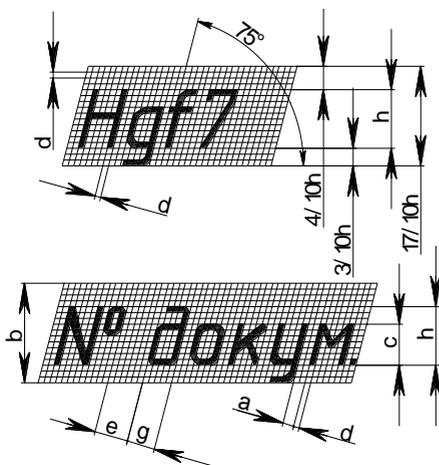
Рис. 8.9. Шрифт

Стандарт устанавливает следующие типы шрифтов:

- 1) тип *A* без наклона;
- 2) тип *A* с наклоном около 75° ;
- 3) тип *B* без наклона;
- 4) тип *B* с наклоном около 75° .

Шрифт типа *A* отличается от шрифта типа *B* толщиной линии шрифта d . Для шрифта типа *A* величина $d = (1/14)h$, а для шрифта типа *B* величина $d = (1/10)h$, где h – размер шрифта.

Размер шрифта – величина, определяемая высотой прописных букв или цифр в миллиметрах. Высота букв и цифр измеряется перпендикулярно основанию строки. Высота строчных букв c определяется из отношения их высоты к размеру шрифта h , например для шрифта типа *Б* величина $c = (7/10)h$. Ширина букв и цифр определяется в зависимости от размера шрифта.



Конструкция элементов букв, цифр и знаков в стандарте дана во вспомогательной сетке, образованной вспомогательными линиями. Шаг вспомогательной сетки определяется в зависимости от толщины линии шрифта d (рис. 8.10).

Рис. 8.10. Вспомогательная сетка

8.6. Обозначение графических материалов

Общее графическое обозначение материала в сечении независимо от материала – равномерная штриховка сплошными тонкими линиями. Наклонные параллельные линии штриховки должны проводиться под углом 45° или клиниям рамки чертежа (рис. 8.11), или к линии контура изображения, или к его оси (рис. 8.12). Если линии штриховки, проведенные к линиям рамки чертежа под углом 45° , совпадают по направлению с линиями контура или осевыми линиями, то вместо угла 45° следует брать угол 30° или 60° (рис. 8.13). Линии штриховки должны наноситься с наклоном влево или вправо в одну и ту же сторону на всех сечениях, относящихся к одной и той же детали. Необходимо соблюдать наклон линии штриховки и их частоту, принятые для других изображений одной и той же детали. Расстояние между линиями штриховки выбирают от 1

до 10 мм в зависимости от площади штриховки.

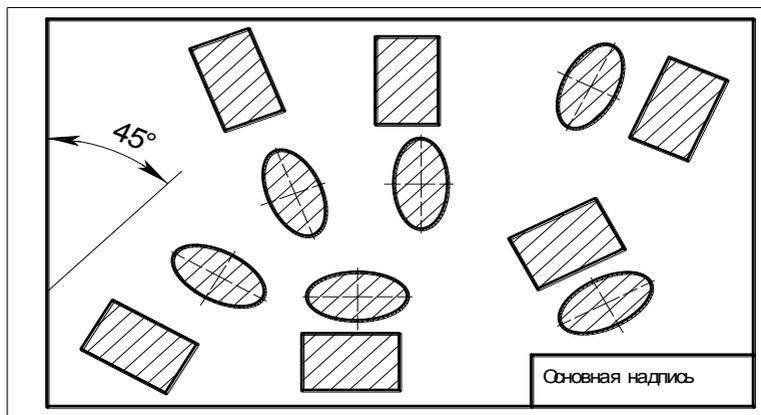


Рис. 8.11. Нанесение штриховки

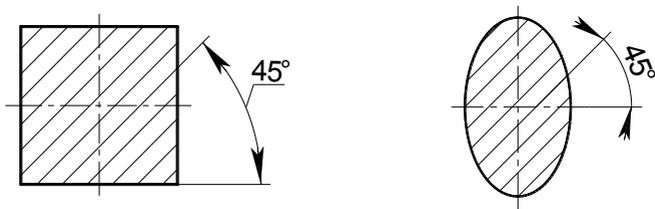


Рис. 8.12. Нанесение штриховки

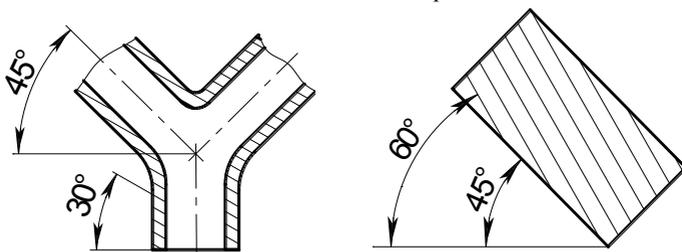


Рис. 8.13. Нанесение штриховки

Для смежных сечений двух деталей следует брать наклон

линий штриховки для одного сечения – вправо, для другого – влево (рис. 8.14).

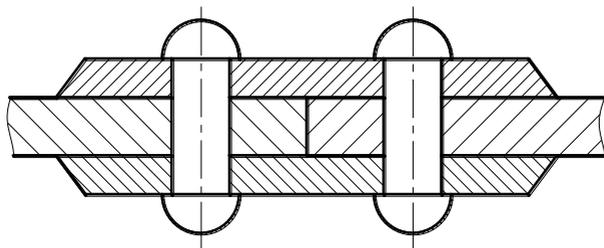


Рис. 8.14. Штриховка смежных сечений

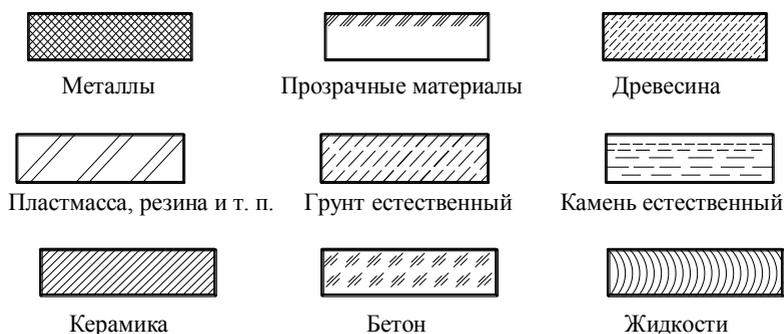


Рис. 8.15. Графические обозначения материалов в сечениях

Узкие площади сечений, ширина которых на чертеже менее 2 мм, допускается показывать зачерненными с оставлением просветов между смежными сечениями не менее 0,8 мм.

Графические обозначения материалов в сечениях в зависимости от вида материалов приведены на рисунке 8.15.

8.7. Нанесение размеров

Размеры на чертежах указывают размерными числами и размерными линиями. Основанием для определения величины изображенного изделия и его элементов служат размерные числа, нанесенные на чертеже. Общее количество размеров

начертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия. Линейные размеры на чертежах и в спецификациях указывают в миллиметрах, без обозначения единицы измерения.

Если на чертеже размеры необходимо указывать не в миллиметрах, а в других единицах измерения, то соответствующие размерные числа записывают с обозначением единицы измерения (см, м) или указывают их в технических требованиях. Для размеров, приводимых в технических требованиях и пояснительных надписях на поле чертежа, обязательно указывают единицы измерения. Угловые размеры указывают в градусах, минутах, секундах с обозначением единицы измерения, например: 4° , $4^\circ 20'$, $12^\circ 45' 40''$. Не допускается повторять размеры одного и того же элемента на разных изображениях, в технических требованиях. Исключения составляют справочные размеры. При нанесении размера прямолинейного отрезка размерную линию проводят параллельно этому отрезку, а выносные линии – перпендикулярно размерным линиям (рис. 8.16). При нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги с центром в его вершине, а выносные линии – радиально (рис. 8.17).

Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 1–5 мм. Размерные линии предпочтительно наносить вне контура изображения. Расстояние размерной линии от линии контура должно быть не менее 10 мм. Расстояние размерной линии от любой другой линии чертежа, а также между параллельными размерными линиями следует выбирать не менее 7 мм. Не допускается использовать линии контура, осевые, центровые и выносные линии в качестве размерных линий. Необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий. Размерную линию с обоих концов ограничивают стрелками, упирающимися в соответствующие линии, кроме указанных ниже случаев и при нанесении размерной линии радиуса, ограниченной одной стрелкой. Величины элементов стрелок размерных линий выбирают в зависимости от толщины линий видимого контура и вычерчивают их приблизительно одинаковыми на всем чертеже (рис. 8.18).

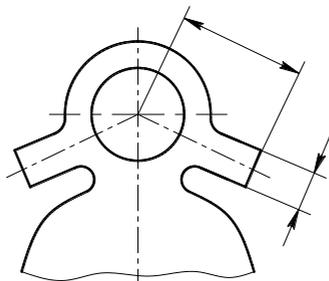


Рис. 8.16. Расположение выносных и размерных линий

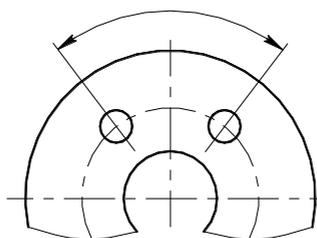


Рис. 8.17. Нанесение размера угла

Если длина размерной линии недостаточна для размещения на ней стрелок, то размерную линию продолжают за выносные (или соответственно за контурные, осевые, центровые) линии. При недостатке места для стрелок на размерных линиях, расположенных цепочкой, допускается заменять стрелки засечками, наносимыми под углом 45° к размерным линиям (рис. 8.19), или четко наносимыми точками (рис. 8.20).

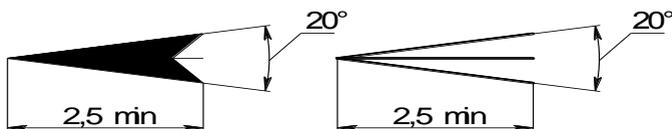


Рис. 8.18. Форма и размеры элементов стрелок

При недостатке места для стрелок из-за близко расположенной контурной или выносной линии последние допускается прерывать (рис. 8.21).

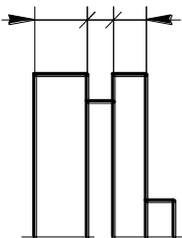


Рис. 8.19. Замена стрелок засечками

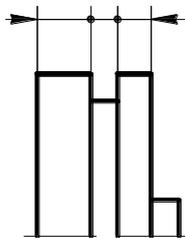


Рис. 8.20. Замена стрелок точками

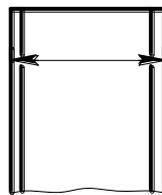


Рис. 8.21. Прерывание контурной линии

Размерные числа не допускается разделять или пересекать какими бы то ни было линиями чертежа. В местах нанесения размерного числа осевые, центровые линии, а также линии штриховки прерывают. Не допускается разрывать линию контура для нанесения размерного числа и наносить размерные числа в местах пересечения размерных, осевых и центровых линий. При нанесении размера диаметра внутри окружности размерные числа смещают относительно середины размерных линий. При нанесении нескольких параллельных или концентричных размерных линий на небольшом расстоянии друг от друга размерные числа над ними рекомендуется располагать в шахматном порядке.

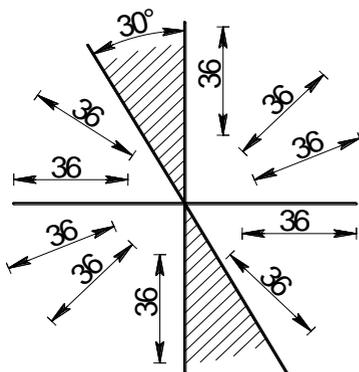


Рис. 8.22. Нанесение линейных размеров при различных положениях размерных линий

Размерные числа наносят над размерной линией как можно ближе к ее середине. Размерные числа линейных размеров при различных наклонах размерных линий располагают так, как показано на рисунке 8.22. Если необходимо нанести размер в заштрихованной зоне, соответствующее размерное число наносят на полке линии-выноски. Угловые размеры наносят так, как показано на рисунке 8.23. В зоне, расположенной выше горизонтальной осевой линии, размерные чис-

ла помещают над размерными линиями со стороны их выпуклости; в зоне, расположенной ниже горизонтальной осевой линии, – со стороны вогнутости размерных линий. Если для размерного числа недостаточно места над размерной линией, то размеры наносят так, как показано на рисунках 8.24, 8.25.

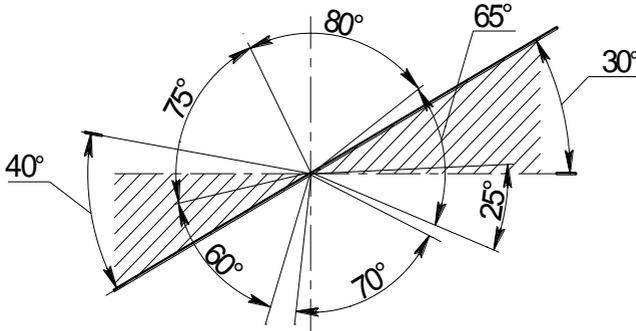


Рис. 8.23. Нанесение угловых размеров в зависимости от расположения углов

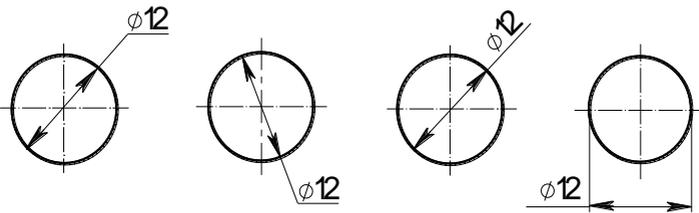


Рис. 8.24. Нанесение размерных чисел при недостатке места для их размещения

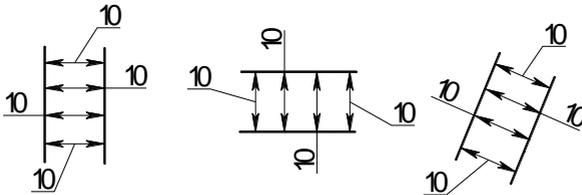


Рис. 8.25. Нанесение размерных чисел при недостатке места для их размещения

Если на размерных линиях недостаточно места для нанесения стрелок, то их наносят так, как показано на рисунках 8.26, 8.27.

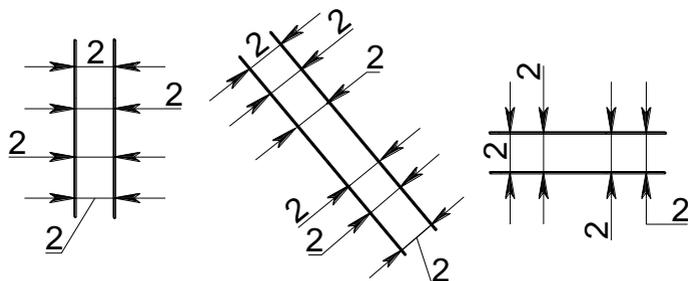


Рис. 8.26. Нанесение размеров при коротких размерных линиях

Размеры радиусов наружных скруглений наносят так, как показано на рис. 8.28, внутренних скруглений – как на рисунке 8.29.

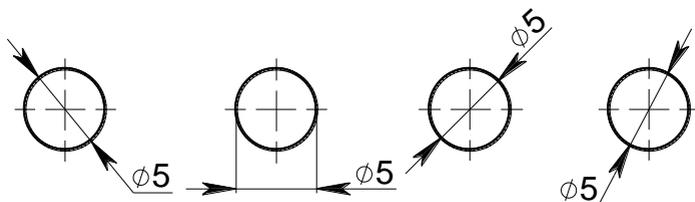


Рис. 8.27. Нанесение размеров при коротких размерных линиях

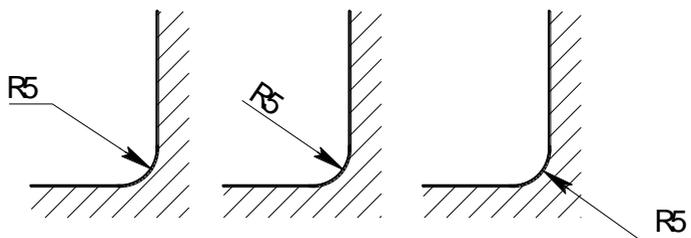


Рис. 8.28. Нанесение радиусов внутренних скруглений

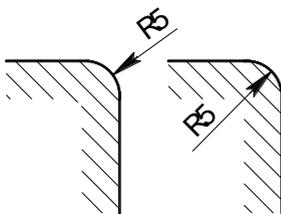


Рис. 8.29. Нанесение радиусов наружных скруглений

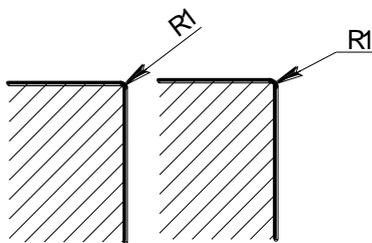


Рис. 8.30. Нанесение радиусов скруглений менее 1 мм в масштабе чертежа

Скругления, размер радиуса которых в масштабе чертежа составляет 1 мм и менее, на чертеже не изображают. Размеры их наносят так, как показано на рисунке 8.30. Размеры одинаковых радиусов допускается указывать на общей полке, как показано на рисунке 8.31.

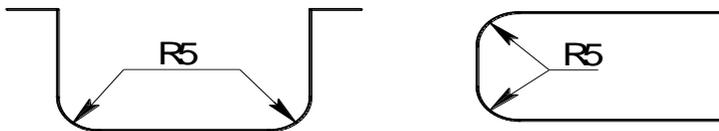


Рис. 8.31. Нанесение радиусов скруглений одинаковой величины

Если радиусы скруглений, сгибов на всем чертеже одинаковы или какой-либо радиус является преобладающим, то вместо нанесения размеров этих радиусов непосредственно на изображении рекомендуется в технических требованиях делать запись типа «Радиусы скруглений – 5 мм»; «Внутренние радиусы сгибов – 5 мм», «Неуказанные радиусы – 5 мм».

При большой величине радиуса допускается приближать центр к дуге. В этом случае размерную линию радиуса показывают с изломом под углом 90°.

При проведении нескольких радиусов из одного центра

размерные линии любых двух радиусов не располагают на одной прямой. Если не требуется указать размеры, определяющие положение центра дуги окружности, то размерную линию радиуса допускается не доводить до центра, а смещать ее относительно центра. Допускается не наносить на чертеже размеры радиуса дуги окружности сопрягающихся параллельных линий (рис. 8.32).

Размеры, не подлежащие выполнению по данному чертежу и указываемые для большего удобства пользования чертежом, называются справочными. Справочные размеры на чертеже отмечают знаком «*» и в технических требованиях, размещаемых строго над основной надписью, записывают: «*Размеры для справок».

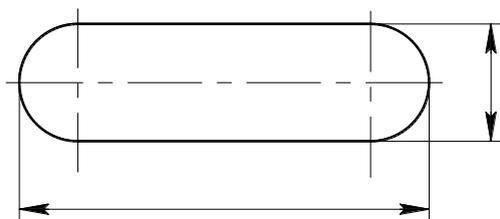


Рис. 8.32. Указание размеров в случае сопряжения параллельных линий дугой окружности

Если все размеры на чертеже справочные, то их знаком «*» не отмечают, а в технических требованиях записывают: «Размеры для справок» и тоже без знака «*».

К справочным размерам относят следующие размеры:

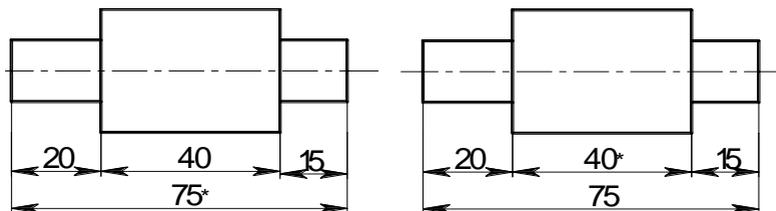
- а) один из размеров замкнутой размерной цепи (рис. 8.33);
- б) размеры, перенесенные с чертежей изделий-заготовок (рис. 8.34);
- в) размеры, определяющие положение элементов детали, подлежащих обработке по другой детали;
- г) размеры деталей (элементов) из сортового, фасонного, листового и другого проката, если они полностью определяются обозначением материала, приведенным в графе 3 основной надписи.

Размеры на чертежах не допускается наносить в виде

замкнутой цепи, за исключением случаев, когда один из размеров указан как справочный (рис. 8.34).

Размерные линии допускается проводить с обрывом при указании диаметра окружности независимо от того, изображена ли окружность полностью или частично, при этом обрыв размерной линии делают дальше центра окружности (рис. 8.35).

Если вид или разрез симметричного предмета или симметрично расположенных элементов изображают только до оси симметрии или с обрывом, то обрыв размерной линии делают дальше от оси или линии обрыва предмета (рис. 8.36). При изображении изделия с разрывом размерную линию не прерывают.



* Размеры для справок

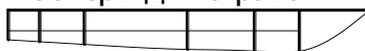


Рис. 8.33. Справочные размеры

Если надо показать координаты вершины скругляемого угла или центра дуги округления, то выносные линии проводят от точки пересечения сторон скругляемого угла или центра дуги округления (рис. 8.37).

Если элемент изображен с отступлением от масштаба изображения, то размерное число следует подчеркнуть (рис. 8.38).

При нанесении размера радиуса перед размерным числом помещают прописную букву R.

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

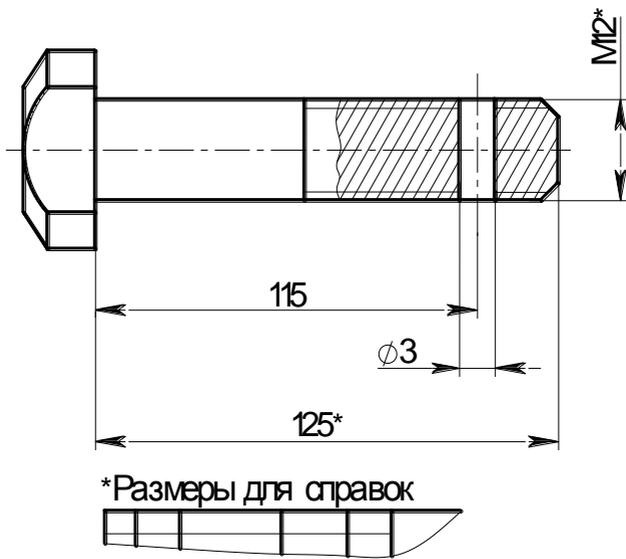


Рис. 8.34. Справочные размеры

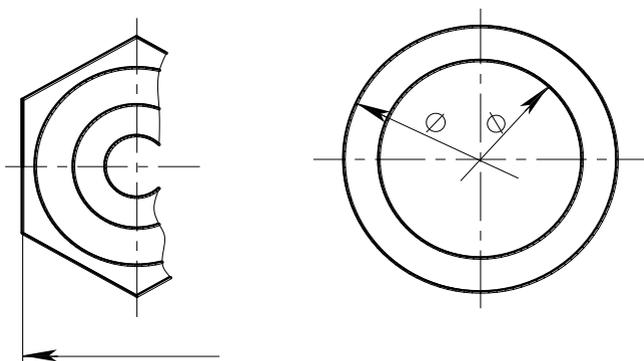


Рис. 8.35. Обрыв размерных линий

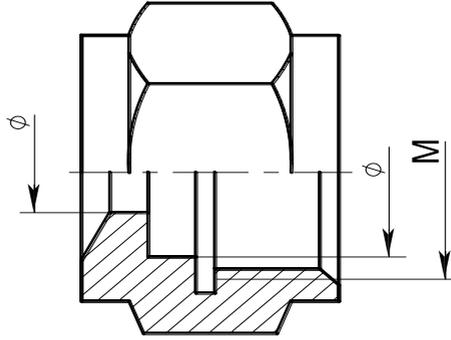


Рис. 8.36. Обрыв размерных линий

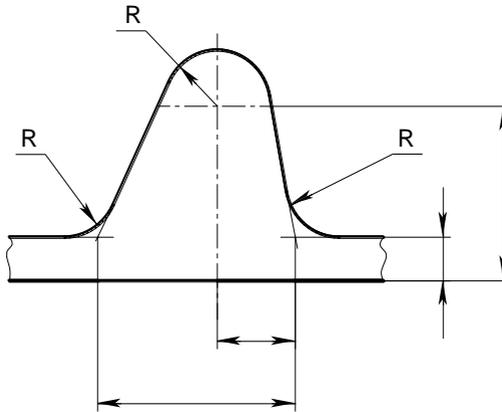


Рис. 8.37. Нанесение координат вершины скругляемого угла

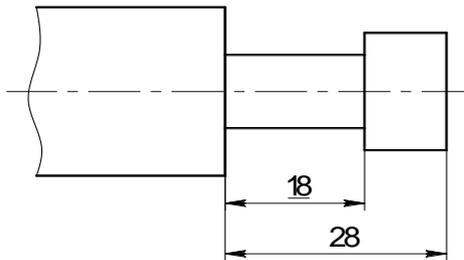


Рис. 8.38. Нанесение размера элемента, изображенного с отступлением от масштаба

Перед размерным числом диаметра (радиуса) сферы также наносят знак « \emptyset (R)» без надписи «Сфера». Если на чертеже трудно отличить сферу от других поверхностей, то перед размерным числом диаметра (радиуса) допускается наносить слово «Сфера» или знак «O», например: «Сфера 18, OR 12». Диаметр знака сферы равен размеру размерных чисел на чертеже.

Размеры квадрата наносят так, как показано на рисунке 8.39. Высота знака « \square » должна быть равна высоте размерных чисел на чертеже.

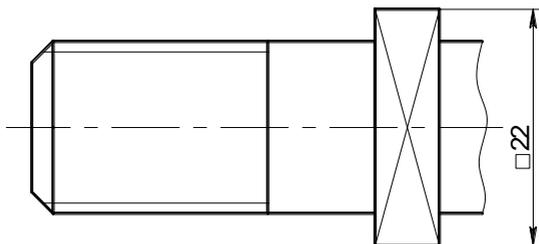


Рис. 8.39. Нанесение знака квадрата

Уклон поверхности следует указывать непосредственно

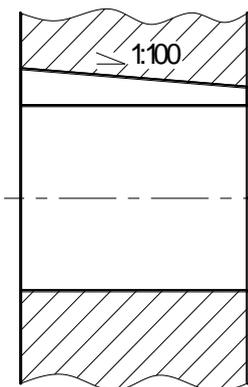


Рис. 8.40. Обозначение уклона

у изображения поверхности уклона или на полке линии-выноски в виде соотношения или в процентах (рис. 8.40). Перед размерным числом, определяющим уклон, наносят знак « \sphericalangle », острый угол которого должен быть направлен в сторону уклона. Высота знака уклона составляет $(4/10)h$, а длина – $(7/10)h$.

Размеры, относящиеся к одному и тому же конструктивному элементу (пазу, выступу, отверстию и т.п.), рекомендуется группировать в одном месте, располагая их на том изображении, на котором геометрическая форма данного элемента показана наиболее полно (рис. 8.41).

Размеры двух симметрично расположенных элементов

изделия (кроме отверстий) наносят один раз без указания их количества, группируя, как правило, в одном месте все размеры (рис. 8.41, 8.42).

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

Размеры фасок под углом 45° наносят в виде произведения линейного размера и угла 45° (рис. 8.44). На поверхностях вращения предпочтительно принимать за линейный размер высоту усеченного конуса.

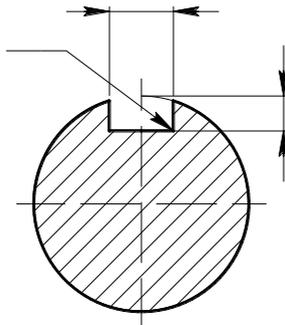
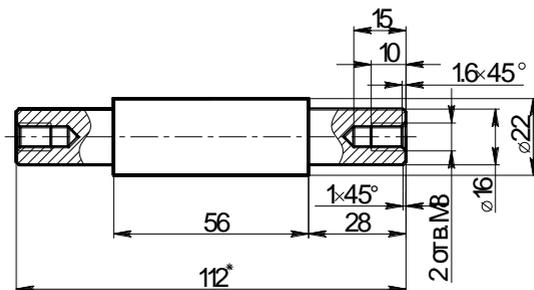


Рис. 8.41. Группировка размеров, относящихся к одному конструктивному элементу



* Размеры для справок



Рис. 8.42. Нанесение размеров в случаях двух симметрично расположенных элементов (кроме отверстий)

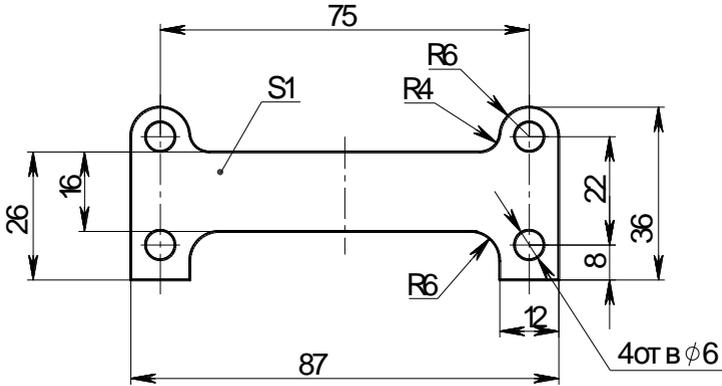


Рис. 8.43. Нанесение размеров на изображениях симметричных изделий

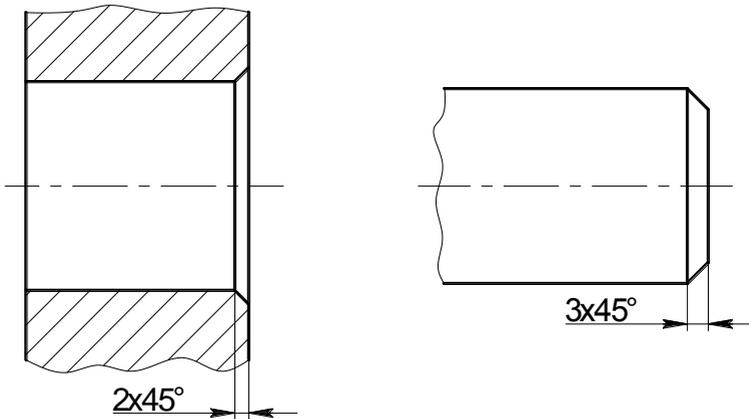


Рис. 8.44. Нанесение размеров фасок под углом 45°

Допускается указывать размеры не изображенной на чертеже фаски под углом 45°, размер которой в масштабе чертежа составляет 1 мм и менее, на полке линии-выноски, как показано на рисунке 8.45.

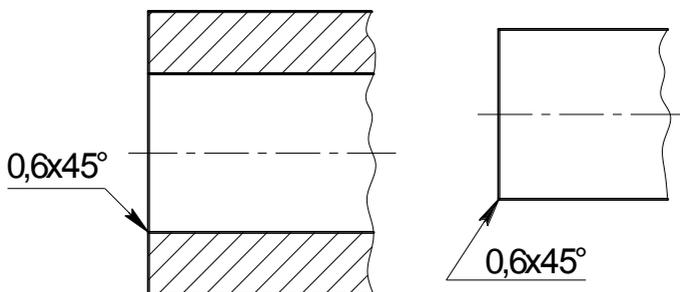


Рис. 8.45. Нанесение размеров фасок менее 1 мм под углом 45° в масштабе чертежа

Размеры фасок под другими углами указывают по общим правилам – линейным и угловым размерам или двумя линейными размерами (рис. 8.46, 8.47).

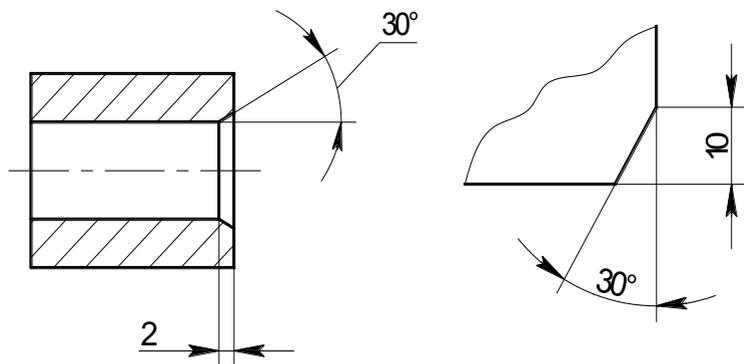


Рис. 8.46. Нанесение размеров фасок линейными и угловыми размерами

При нанесении размеров одинаковых элементов, равномерно расположенных по окружности изделия (например, отверстий), вместо угловых размеров, определяющих взаимное расположение элементов, указывают только их количество (рис. 8. 48).

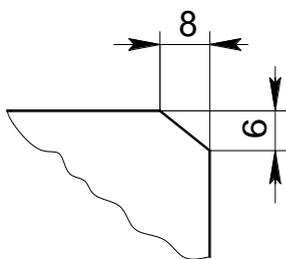


Рис. 8.47. Нанесение размеров фасок

Размеры нескольких одинаковых элементов изделия, как правило, наносят один раз с указанием на полке линии-выноски количества этих элементов (рис. 8.49).

При нанесении размеров, определяющих расстояние между равномерно расположенными одинаковыми элементами изделия

(например, отверстиями), рекомендуется вместо размерных цепей наносить размер между соседними элементами и размер между крайними элементами в виде произведения количества промежутков между элементами на размер промежутка (рис. 8.50).

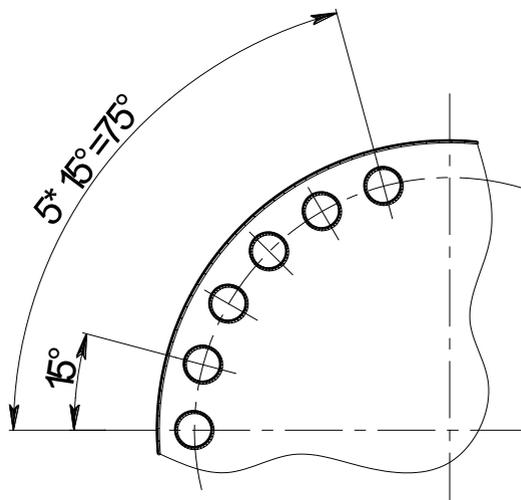


Рис. 8.48. Нанесение размеров равномерно расположенных элементов

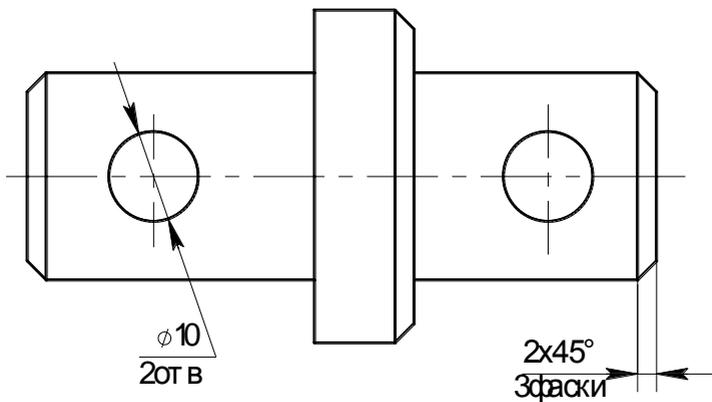


Рис. 8.49. Нанесение размеров одинаковых элементов

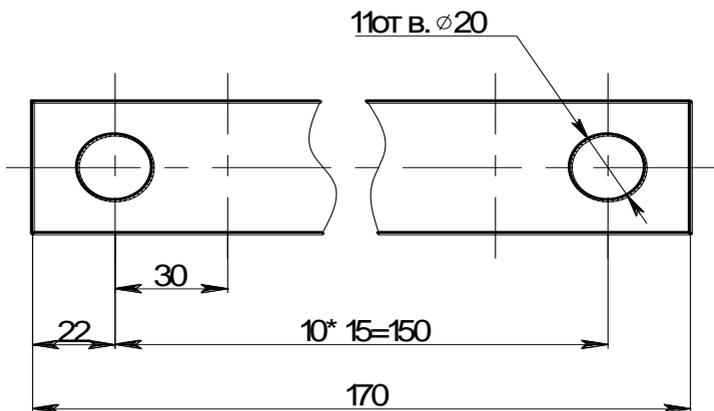


Рис. 8.50. Нанесение размеров равномерно расположенных элементов

Одинаковые элементы (например, отверстия), расположенные в разных частях изделия, рассматривают как один элемент, если между ними нет промежутка или если эти элементы соединены тонкими сплошными линиями. При отсутствии данных условий указывают полное количество этих элементов (рис. 8.51).

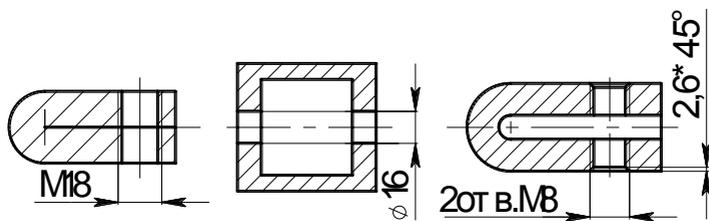


Рис. 8.51. Нанесение размеров одинаковых элементов, расположенных в разных частях изделия

9. ИЗОБРАЖЕНИЯ – ВИДЫ, РАЗРЕЗЫ, СЕЧЕНИЯ, ВЫНОСНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

9.1. Основные положения

ГОСТ 2.305–68 «Изображения – виды, разрезы, сечения» устанавливает наименования изображений, их содержание, правила выполнения и расположения на чертежах. ГОСТ вводит и разъясняет специальную терминологию, а также допустимые условности и упрощения.

Изображения предметов должны выполняться по методу прямоугольного проецирования. Различают две его разновидности:

1) метод первого угла (метод Е) – изображаемый предмет располагают между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций;

2) метод третьего угла (метод А) – плоскость проекций располагают между наблюдателем и изображаемым предметом.

Метод Е является основным и принят в России и большинстве стран Европы.

За основные плоскости проекций принимаются шесть граней куба, которые совмещают с плоскостью (рис. 9.1).

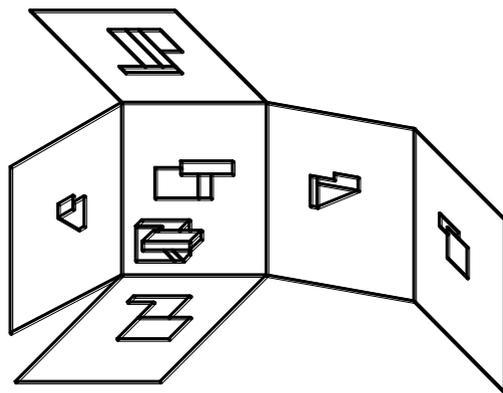


Рис. 9.1. Изображение предмета на гранях куба

Изображение на фронтальной плоскости проекций принимается на чертеже в качестве главного. Главное изображе-

ние должно давать наиболее полное представление о форме и размерах предмета.

Количество изображений должно быть наименьшим, но обеспечивающим полное и однозначное представление о предмете при применении условных обозначений, знаков и надписей, установленных в соответствующих стандартах.

Изображения на чертеже в зависимости от их содержания разделяются на виды, сечения, разрезы.

9.2. Виды

Вид – это изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Для уменьшения количества изображений допускается на видах показывать необходимые невидимые части поверхности предмета при помощи штриховых линий (рис. 9.2).

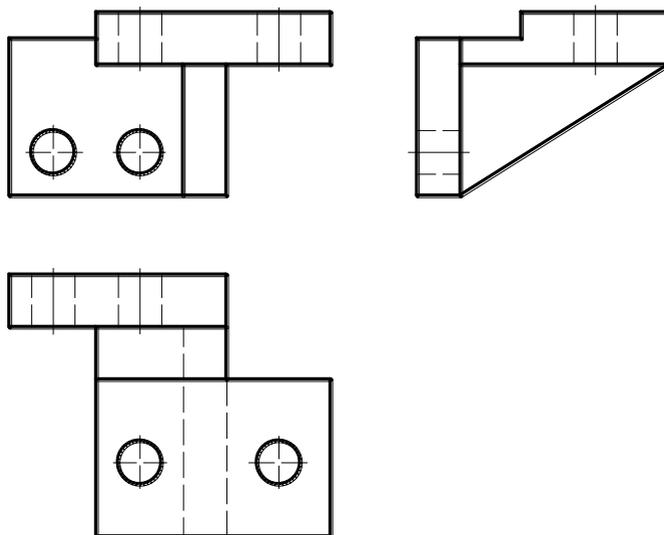


Рис. 9.2. Изображение невидимых частей предмета

Устанавливаются следующие названия основных видов, получаемых на плоскостях проекций (рис. 9.3):

- 1 – вид спереди (главный вид; фронтальная проекция);
- 2 – вид сверху (горизонтальная проекция);
- 3 – вид слева (профильная проекция);
- 4 – вид справа;
- 5 – вид снизу;
- 6 – вид сзади.

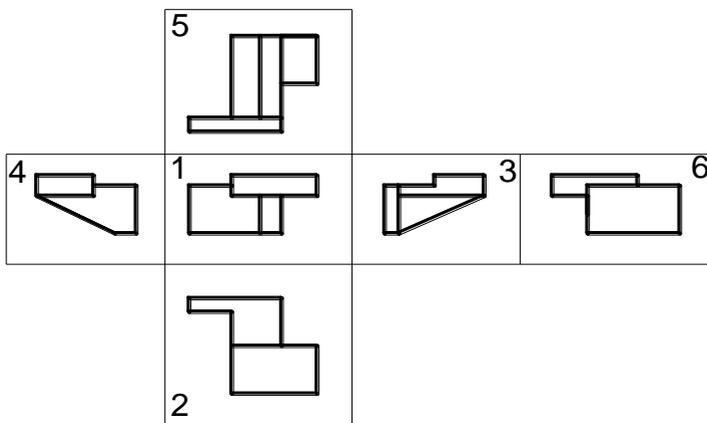


Рис. 9.3. Расположение основных видов на чертеже

Названия видов на чертежах не надписывают, если виды сверху, слева, справа, снизу, сзади находятся в непосредственной проекционной связи с главным изображением. В остальных случаях они должны быть отмечены на чертеже надписью по типу «А». Направление проецирования должно быть указано стрелкой, обозначенной той же прописной буквой русского алфавита, что и сам вид. Размер буквы в обозначении вида должен быть в два раза больше, чем размерные числа.

Если какую-либо часть предмета невозможно показать на основных видах без искажения формы и размеров, то применяют *дополнительные виды*, получаемые на плоскостях, не параллельных основным плоскостям проекций.

Дополнительный вид должен быть отмечен на чертеже надписью типа «А», а у связанного с дополнительным видом изображения предмета должна быть поставлена стрелка, ука-

зывающая направление взгляда, с соответствующим обозначением (рис. 9.4).

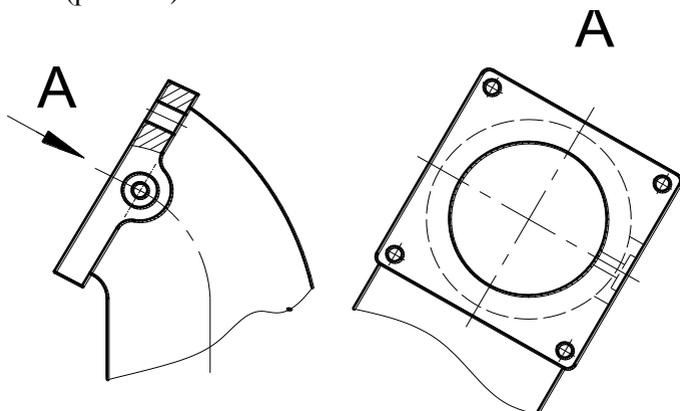


Рис. 9.4. Расположение дополнительного вида на свободном месте поля чертежа

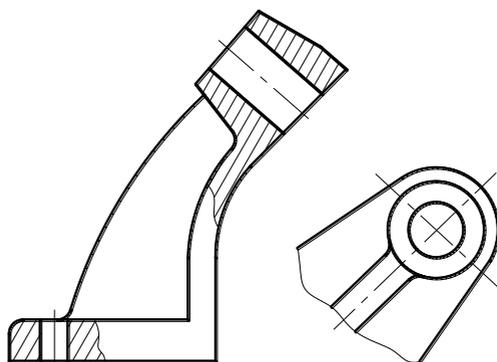


Рис. 9.5. Расположение дополнительного вида в непосредственной проекционной связи с главным изображением

Если дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, стрелку и надпись над видом не наносят (рис. 9.5).

Дополнительный вид допускается поворачивать, но с сохранением положения, принятого для данного предмета на главном изображении, при этом к надписи должно быть добавлено условное графическое обозначение (рис. 9.6). Размеры графического обозначения должны соответствовать размерам, приведенным на рисунке 9.7.

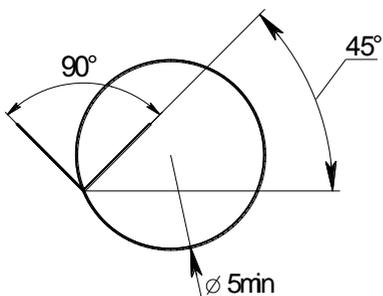


Рис. 9.7. Условное графическое обозначение

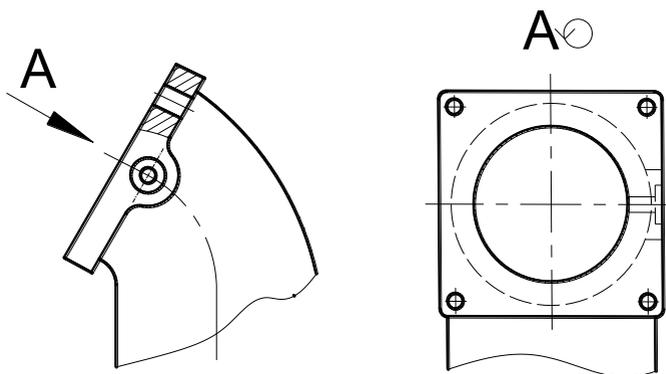


Рис. 9.6. Расположение дополнительного вида с поворотом

Изображение отдельного, ограниченного места поверхности предмета называется местным видом. Его получают на плоскостях, параллельных основным плоскостям. Местный вид может быть ограничен линией обрыва, по возможности в наименьшем размере, или не ограничен, например, местные виды Д и Г (рис. 9.8), А (рис. 9.9). Местный вид должен быть отмечен на чертеже подобно дополнительному виду.

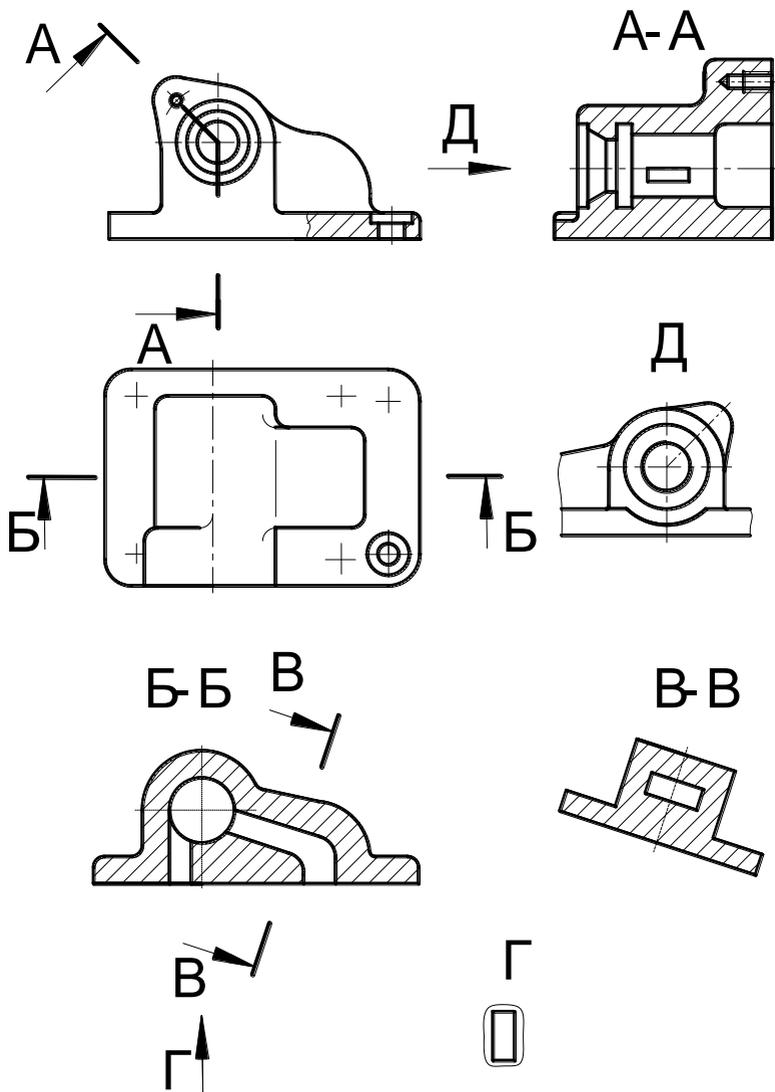


Рис. 9.8. Обозначение на чертеже местных видов и простых разрезов

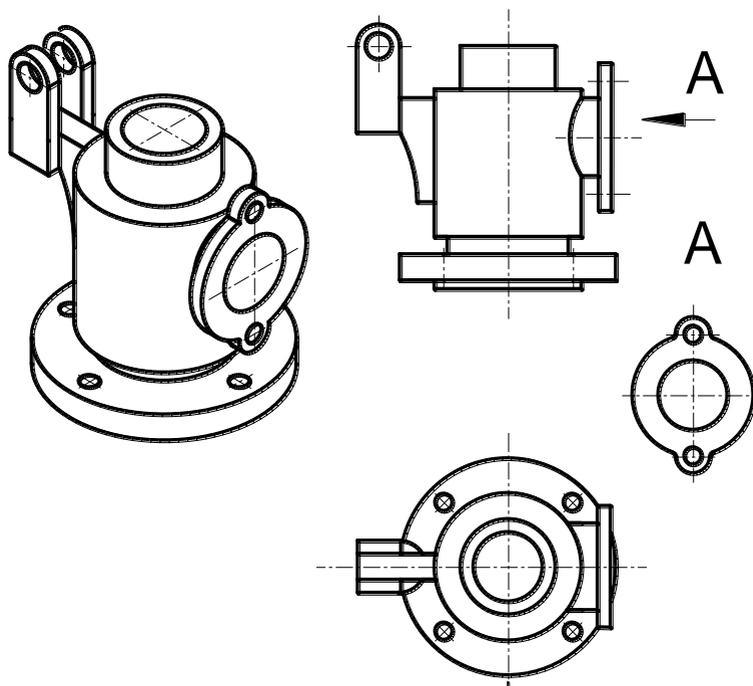


Рис. 9.9. Обозначение на чертеже местных видов

Соотношение размеров стрелок, указывающих направление взгляда, должно соответствовать соотношениям, приведенным на рисунке 9.10.

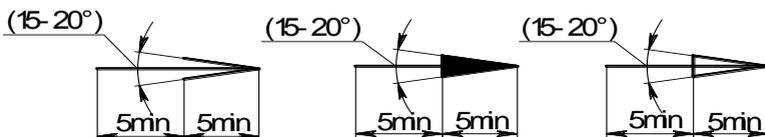


Рис. 9.10. Изображения стрелки, указывающей направление взгляда

9.3. Сечения

Сечение – изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. На сечении показывается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости. Сечения, не входящие в состав разреза, разделяют на вынесенные и наложенные.

Контур вынесенного сечения, а также сечения, входящего в состав разреза, изображают сплошными основными линиями. Контур наложенного сечения изображают сплошными тонкими линиями, причем контур изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывают.

Вынесенное сечение по построению и расположению должно соответствовать направлению, указанному стрелками. Допускается располагать сечение в разрыве между частями одного и того же вида, а также на любом месте поля чертежа. Причем если сечение изображено с поворотом, то к его обозначению добавляется условное обозначение, приведенное на рисунке 9.7.

Симметричное сечение и линию сечения не обозначают в трех случаях:

- 1) вынесенное сечение расположено в разрыве между частями одного и того же вида (рис. 9.11);
- 2) вынесенное сечение расположено на продолжении следа секущей плоскости (рис. 9.12);
- 3) сечение наложенное (рис. 9.13).

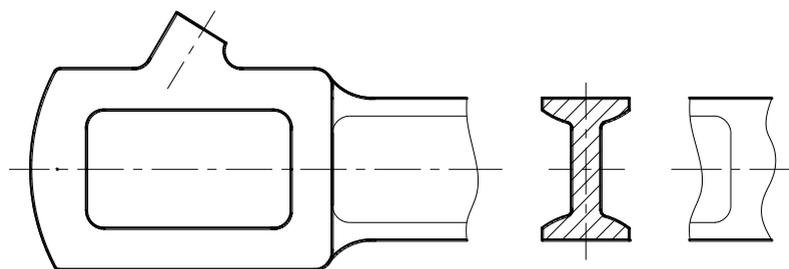


Рис. 9.11. Расположение вынесенного симметричного сечения в разрыве между частями одного и того же вида

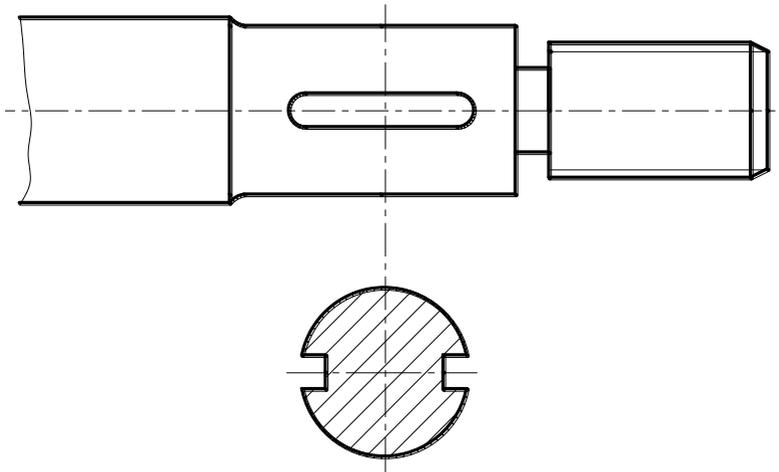


Рис. 9.12. Расположение вынесенного симметричного сечения на продолжении следа секущей плоскости

Несимметричные сечения буквами не обозначают, но для линии сечения применяют разомкнутую линию с указанием стрелками направления взгляда в двух случаях:

- 1) вынесенное сечение расположено в разрыве между частями одного и того же вида (рис. 9.14);
- 2) сечение наложенное (рис. 9.15);

Во всех остальных случаях для обозначения положения секущей плоскости применяют разомкнутую линию с указанием стрелками направления взгляда и обозначают ее одинаковыми прописными буквами русского алфавита. Стрелки должны наноситься на расстоянии 2 – 3 мм от наружного конца штриха. Буквы наносят около стрелок, указывающих направление взгляда, со стороны внешнего угла (рис. 9.16).

При сечении несколькими плоскостями длина штрихов разомкнутой линии должна быть одинакова для всех плоскостей. Сечение сопровождают надписью по типу А–А.

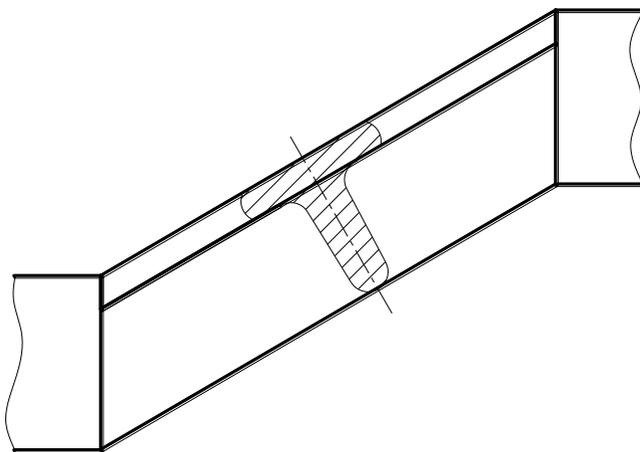


Рис. 9.13. Расположение наложенного симметричного сечения

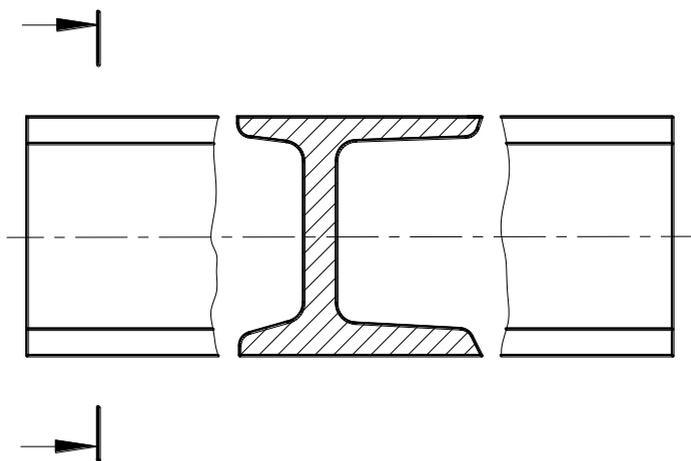


Рис. 9.14. Расположение вынесенного несимметричного сечения в разрыве между частями одного и того же вида

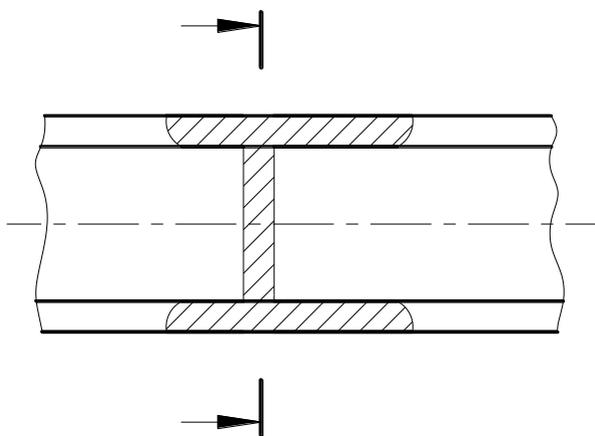


Рис. 9.15. Расположение наложенного несимметричного сечения

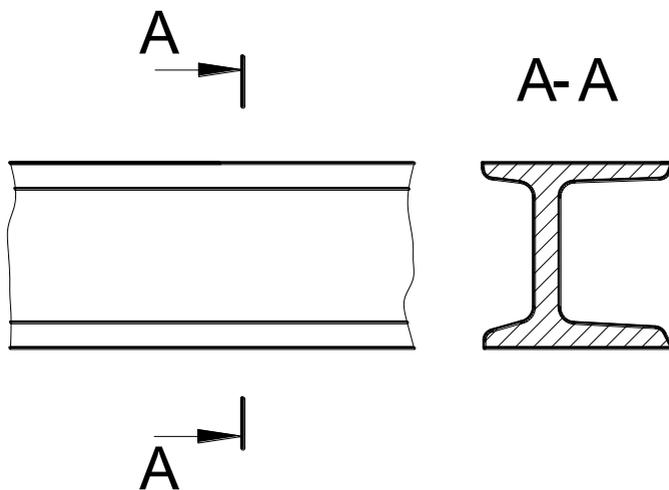


Рис. 9.16. Расположение вынесенного сечения на свободном месте поля чертежа

Для нескольких одинаковых сечений, относящихся к одному предмету, линию сечения обозначают одной буквой и вычерчивают одно сечение (рис. 9.17, 9.18).

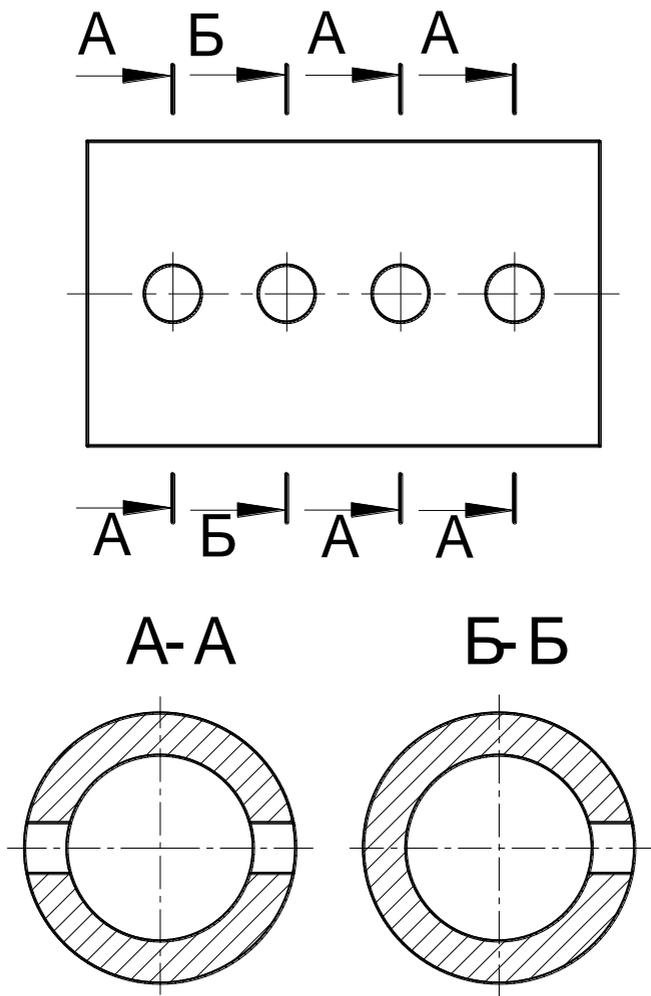


Рис. 9.17. Обозначение нескольких одинаковых вынесенных сечений

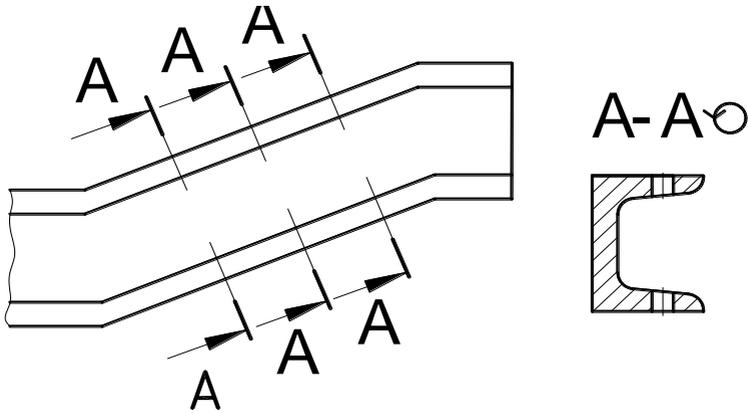


Рис. 9.18. Обозначение одинаковых вынесенных сечений, полученных параллельными наклонными плоскостями

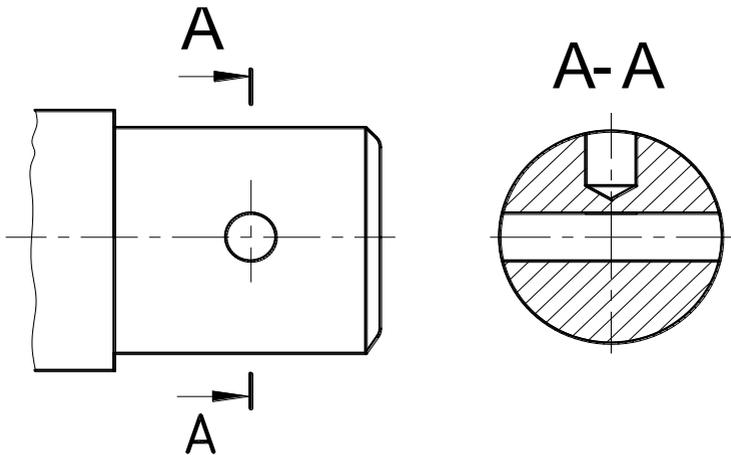


Рис. 9.19. Изображение круглых отверстий и углублений в сечениях

Если при этом секущие плоскости направлены под различными углами, то условное обозначение не наносят. Секущие плоскости выбирают так, чтобы получить нормальные поперечные сечения.

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

ностью (рис. 9.19). Если сечение получается состоящим из отдельных частей, то следует применять разрез.

9.4. Разрезы

Разрез – изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями. При этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета. На разрезе показывают то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней (рис. 9.20).

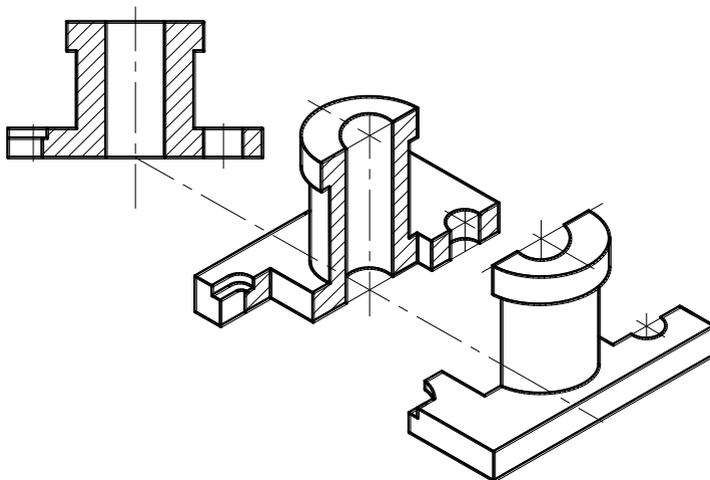


Рис. 9.20. Образование разреза

Допускается изображать не все, что расположено за секущей плоскостью, если это не требуется для понимания конструкции предмета.

В зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций разрезы разделяются на следующие:

1) горизонтальные – секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций, например, разрез А–А (рис. 9.21);

2) вертикальные – секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций, например, разрез Б–Б, (рис. 9.21);

3) наклонные – секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого.

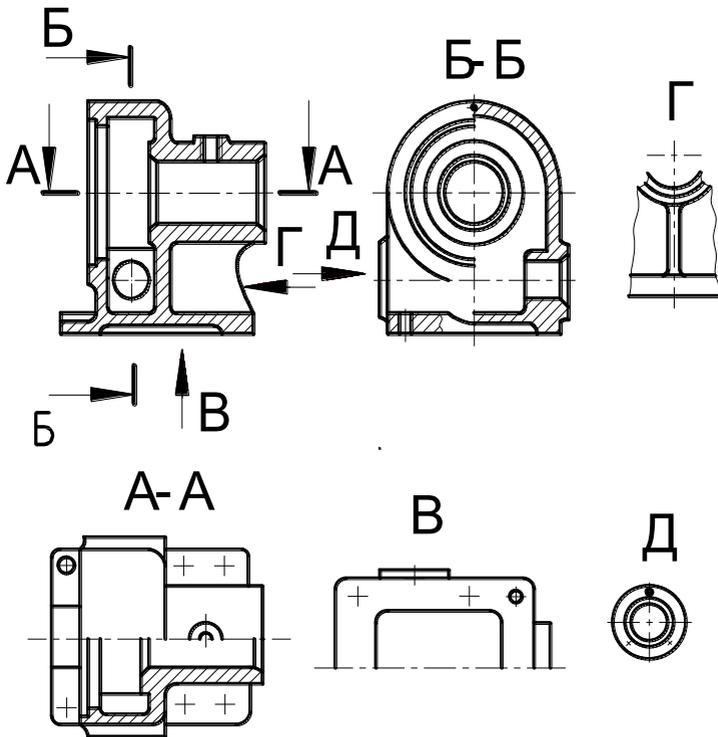


Рис. 9.21. Обозначение местных видов и простых разрезов

Вертикальный разрез называется фронтальным, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций, и профильным, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций.

Допускается соединять горизонтальный разрез с видами сверху и снизу, а вертикальный – с видами спереди, слева, справа, сзади (рис. 9.22).

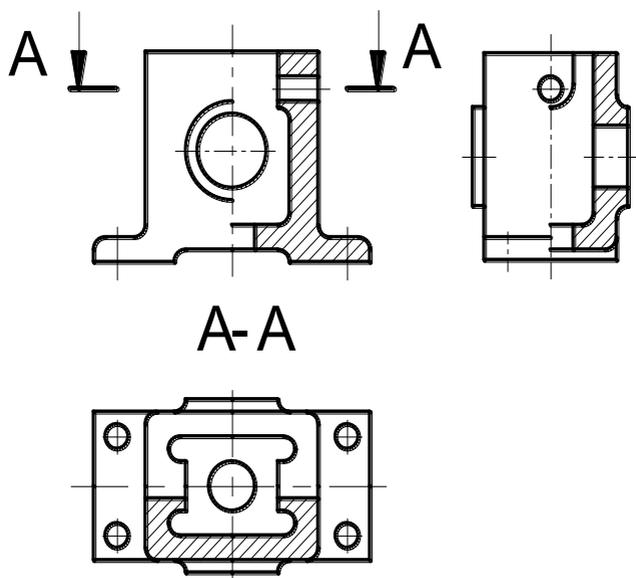


Рис. 9.22. Простые разрезы

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяются:

- 1) на простые – при одной секущей плоскости;
- 2) сложные – при нескольких секущих плоскостях.

Сложные разрезы бывают ступенчатыми, если секущие плоскости параллельны (рис. 9.23), и ломаными, если секущие плоскости пересекаются (рис. 9.24).

При ломаных разрезах секущие плоскости условно поворачивают до совмещения в одну плоскость, при этом направление поворота может не совпадать с направлением взгляда. Если совмещенные разрезы окажутся параллельными одной из основных плоскостей проекций, то ломаный разрез допускается помещать на месте соответствующего вида. При повороте секущей плоскости элементы предмета, расположенные за ней, вычерчиваются так, как они проецируются на соответствующую плоскость, с которой производится совмещение.

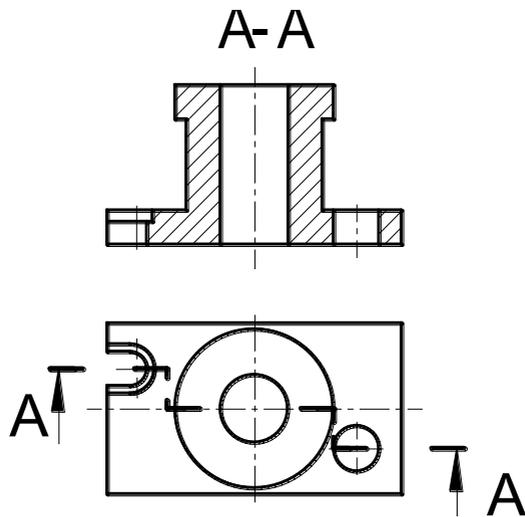


Рис. 9.23. Ступенчатый разрез

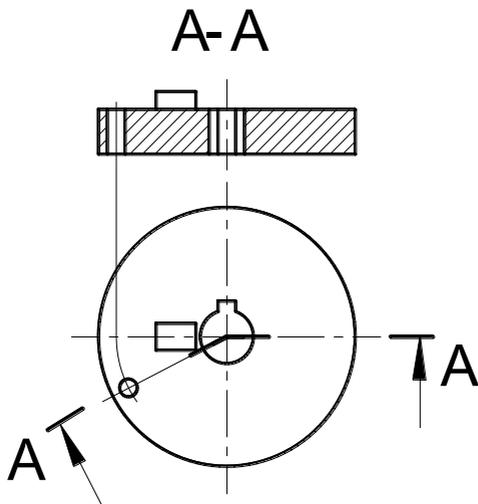


Рис. 9.24. Ломаный разрез

Разрезы называются продольными, если секущие плоскости направлены вдоль длины или высоты предмета, и попе-

речными, если секущие плоскости направлены перпендикулярно длине или высоте предмета.

Положение секущей плоскости и сам разрез обозначают подобно сечению. На начальных и конечных штрихах ставят стрелки, указывающие направление взгляда. Стрелки проводят на расстоянии 2–3 мм от наружного конца штриха.

При сложном разрезе штрихи проводят также у мест пересечения секущих плоскостей между собой. У начала и конца линии сечения, а при необходимости и у мест пересечения секущих плоскостей ставят одну и ту же прописную букву русского алфавита. Буквы наносят около стрелок, указывающих направление взгляда, вместе пересечения со стороны внешнего угла. Начальный и конечный штрихи не должны пересекать контур соответствующего изображения. Штрихи разомкнутой линии могут пересекать линии контура внутри изображения.

Простой горизонтальный, фронтальный и профильный разрезы не обозначают, если секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета в целом, а соответствующие изображения расположены на одном листе в непосредственной проекционной связи и не разделены какими-либо другими изображениями (рис. 9.21, 9.22).

Горизонтальные, фронтальные и профильные разрезы могут быть расположены на месте соответствующих основных видов (рис. 9.21, 9.22).

Разрез, служащий для выяснения устройства предмета лишь в отдельном, ограниченном листе, называется местным. Местный разрез выделяется на виде сплошной волнистой линией или сплошной тонкой линией с изломом (рис. 9.25). Эти линии не должны совпадать с какими-либо другими линиями изображения. Часть вида и часть соответствующего разреза допускается соединять, разделяя их сплошной волнистой линией (рис. 9.26) или сплошной тонкой линией с изломом. Рекомендуется располагать разрезы справа от вертикальной или снизу от горизонтальной разделяющей линии. Если при этом соединяются половина вида и половина разреза, каждый из которых является симметричной фигурой, то разделяющей

линией служит ось симметрии (рис. 9.22). Если ось симметрии совпадает с линией контура, то разделяющей линией служит волнистая линия, которая проводится таким образом, чтобы линия контура была видимой (рис. 9.27).

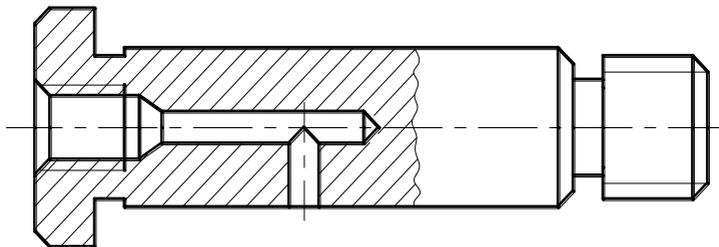


Рис. 9.25. Местный разрез

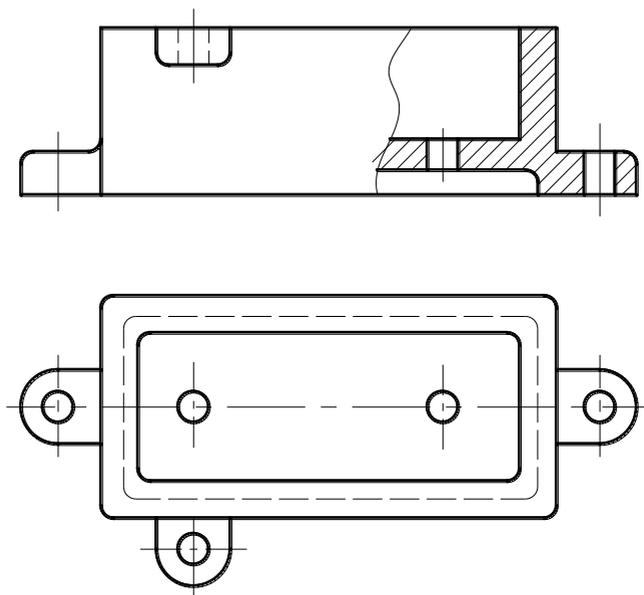


Рис. 9.26. Соединение части вида и части разреза

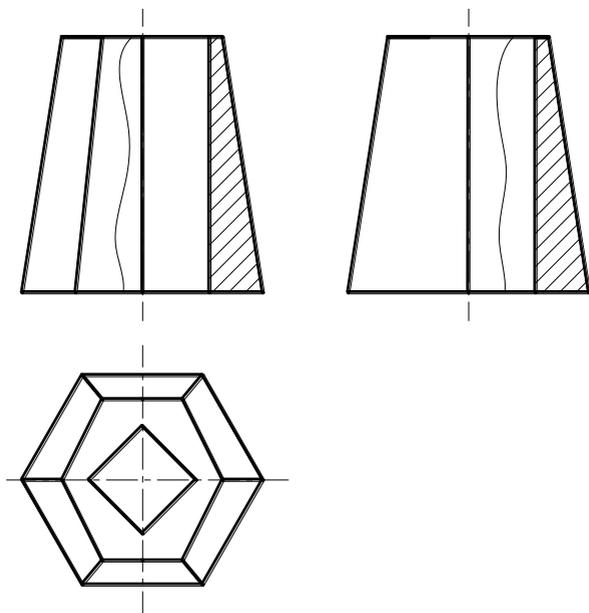


Рис. 9.27. Соединение части вида и части разреза при совпадении проекций оси симметрии и линии контура

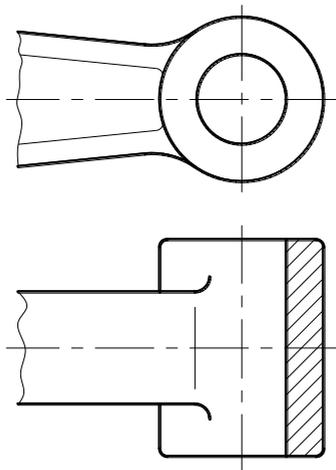


Рис. 9.28. Соединение части вида и части разреза

Допускается также разделение разреза и вида штрихпунктирной тонкой линией, совпадающей со следом плоскости симметрии не всего предмета, а лишь его части, если она представляет собой тело вращения (рис. 9.28).

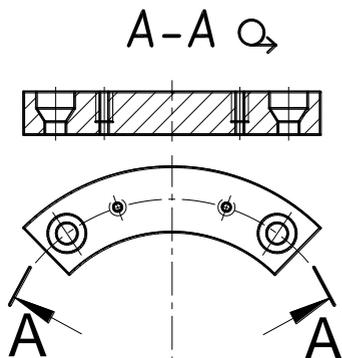


Рис. 9.29. Развернутый разрез

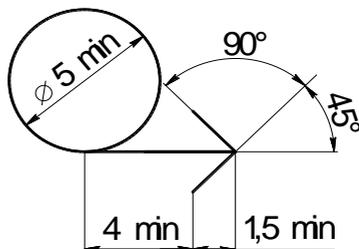


Рис. 9.30. Условное графическое обозначение

При необходимости допускается применять развернутые разрезы (рис. 9.29). В этом случае над изображениями помещают условное графическое обозначение (рис. 9.30).

9.5. Выносные элементы

Выносной элемент – дополнительное отдельное изображение (обычно увеличенное) какой-либо части предмета, требующей графического и других пояснений в отношении формы, размеров и иных данных. Выносной элемент может содержать подробности, не указанные на соответствующем изображении, и может отличаться от него по содержанию (например, изображение может быть разрезом, а выносной элемент – видом).

При применении выносного элемента соответствующее место отмечают на виде, разрезе или сечении замкнутой сплошной тонкой линией – окружностью, овалом (и т. п.) с обозначением выносного элемента прописной буквой или сочетанием прописной буквы с арабской цифрой на полке линии-выноски. Над изображением элемента указывают обозначение и масштаб, в

котором он выполнен (рис. 9.31).

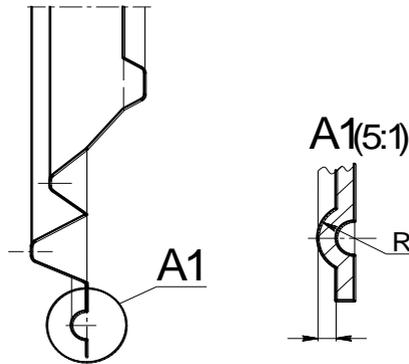


Рис. 9.31. Выносной элемент

Выносной элемент располагают как можно ближе к соответствующему месту на изображении предмета.

9.6. Условности и упрощения

Если вид, разрез или сечение представляют симметричную фигуру, допускается вычерчивать половину изображения или немного более половины с проведением в последнем случае линий обрыва, например, вид В (рис. 9.21).

Если предмет имеет несколько одинаковых, равномерно расположенных элементов, то на изображении этого предмета полностью показывают один-два таких элемента, а остальные показывают упрощенно или условно (рис. 9.32). Допускается изображать предмет с надлежащими указаниями о количестве элементов, их расположении (рис. 9.33).

На видах и разрезах допускается упрощенно изображать проекции линий пересечения поверхностей, если не требуется их точного построения. Например, вместо гипербол, эллипсов и других кривых проводят дуги, окружности и прямые линии (рис. 9.34). Плавный переход от одной поверхности к другой показывают условно (рис. 9.35) или совсем не показывают (рис. 9.36).

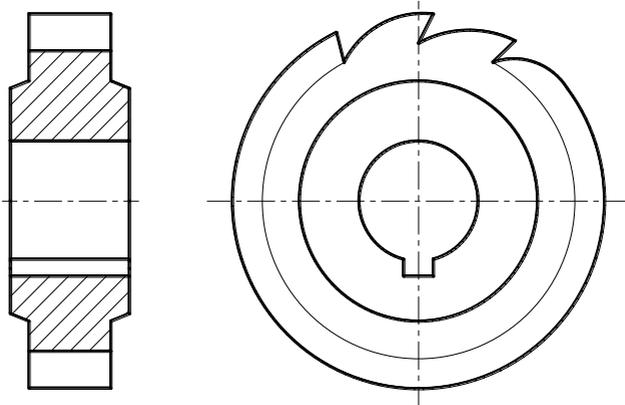


Рис. 9.32. Упрощенное изображение (тонкой линией) одинаковых равномерно расположенных элементов

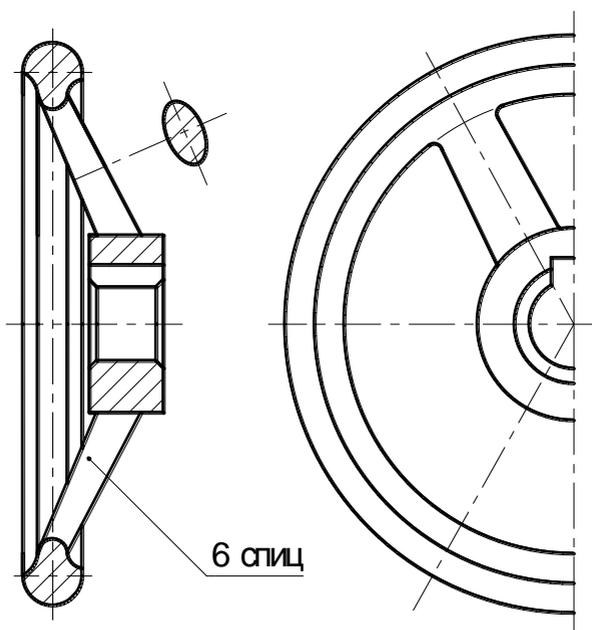


Рис. 9.33. Изображение предмета с указанием количества элементов и их расположения

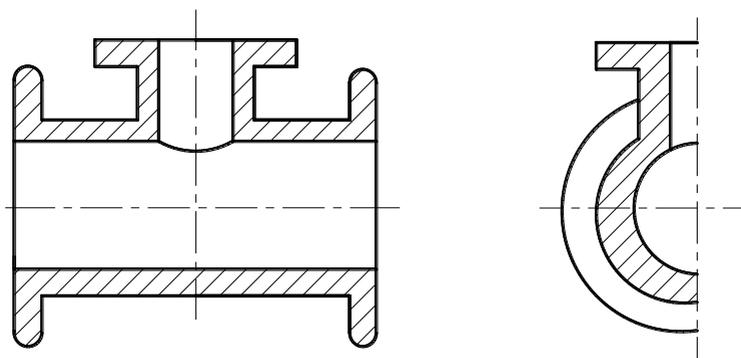


Рис. 9.34. Упрощенное изображение лекальных кривых

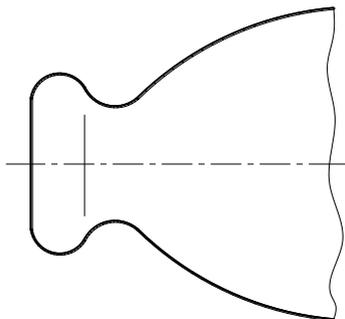


Рис. 9.35. Условное изображение плавного перехода от одной поверхности к другой (линий перехода)

Такие детали, как винты, болты, заклепки, шпонки, непустотелые валы, шпиндели, шатуны, рукоятки и другие, при продольном разрезе показывают нерассеченными.

Шарики всегда показывают нерассеченными. Как правило, показывают нерассеченными на сборочных чертежах гайки и шайбы.

Такие элементы, как спицы маховиков, шкивов, зубчатых колес, тонкие стенки типа ребер жесткости, показывают незаштрихованными, если секущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны такого элемента.

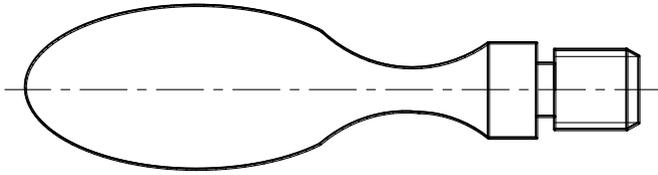


Рис. 9.36. Изображение предмета без условного обозначения плавного перехода от одной поверхности к другой (без линий перехода)

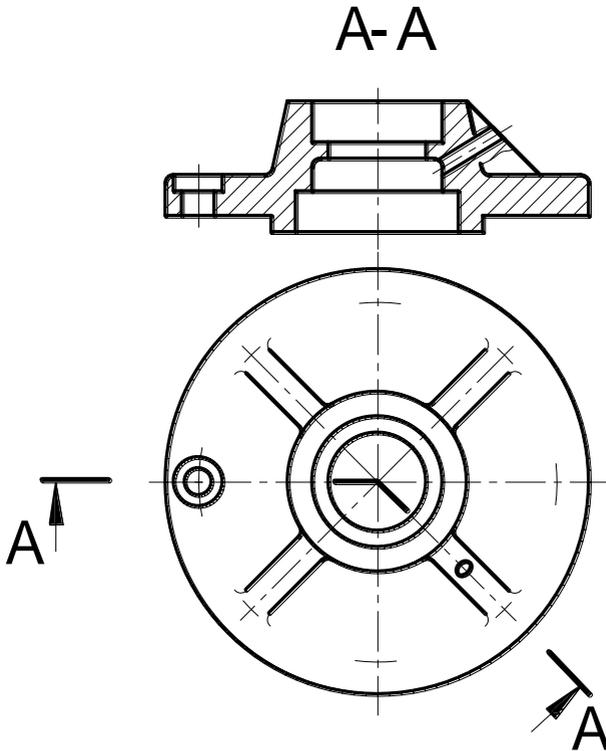


Рис. 9.37. Изображение местного разреза в ребре жесткости

Если в подобных элементах (тонких стенках, ребрах жесткости и т.п.) имеется местное сверление, углубление и т. д., то делают местный разрез (рис. 9.37).

Пластины, а также элементы деталей (отверстия, фаски, пазы, углубления и т. п.) размером (или разницей в размерах) на чертеже 2 мм и менее изображают с отступлением от масштаба, принятого для всего изображения, в сторону увеличения.

Допускается изображать с увеличением незначительную конусность или уклон. На тех изображениях, на которых уклон и конусность не выявляются отчетливо, проводят только одну линию, соответствующую меньшему размеру элемента с уклоном или меньшему основанию конуса (рис. 9.38).

При необходимости выделения на чертеже плоских поверхностей предмета на них проводят диагонали сплошными тонкими линиями (рис. 9.39).

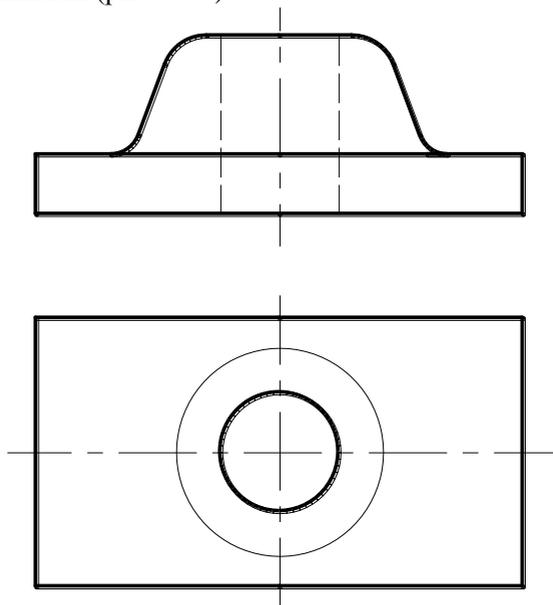


Рис. 9.38. Изображение деталей с незначительным уклоном и конусностью

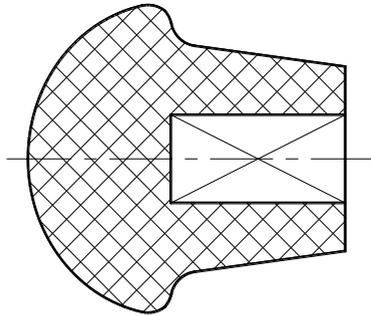


Рис. 9.39. Изображение плоской поверхности диагональными сплошными тонкими линиями

Длинные предметы, имеющие постоянное или закономерно изменяющееся поперечное сечение, допускается изображать с разрывами (рис. 9.40).

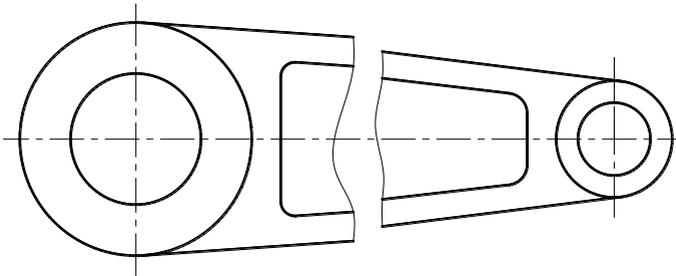


Рис. 9.40. Изображение длинной детали с разрывом

На чертеже предметов со сплошной сеткой, плетенкой, рельефом, накаткой допускается изображать эти элементы частично, с возможным упрощением.

Для упрощения чертежей или сокращения количества изображений допускается:

1) часть предмета, находящуюся между наблюдателем и секущей плоскостью, изображать штрихпунктирной утолщенной линией непосредственно на разрезе (рис. 9.41);

2) для показа отверстия в ступице зубчатого колеса, шкивов, а также для шпоночных пазов вместо полного изображения детали давать лишь контур отверстия (рис. 9.42) или паза (рис. 9.43);

3) изображать в разрезе отверстия, расположенные на круглом фланце, когда они не попадают в секущую плоскость (рис. 9.44).

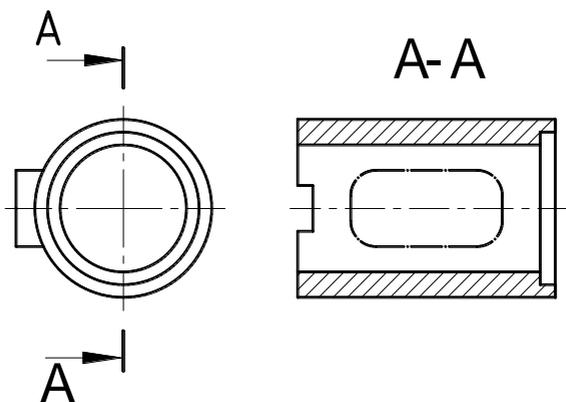


Рис. 9.41. Изображение штрихпунктирной утолщенной линией части предмета, находящейся между наблюдателем и секущей плоскостью

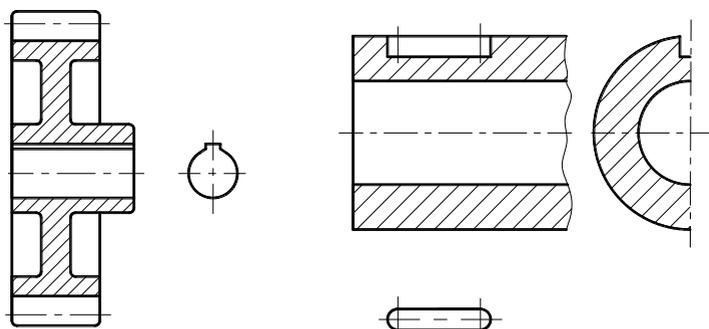


Рис. 9.42. Изображение отверстия в ступице контуром отверстия

Рис. 9.43. Изображение шпоночного паза контуром паза

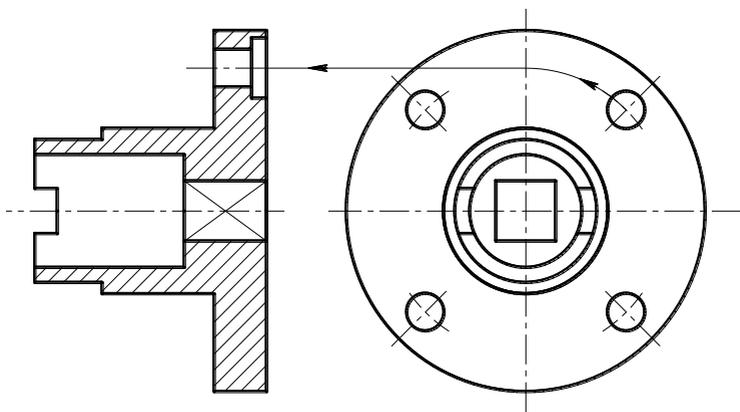


Рис. 9.44. Изображение отверстия в круглом фланце

Упрощение изображений сокращает непроизводительное время на выполнение чертежей, сокращает сроки проектирования и повышает его качество.

Однако из-за упрощений чертеж может потерять ясность, т.е. стать трудночитаемым. В частности, надо с осторожностью пользоваться наложенными проекциями. Поэтому определять, какие упрощения необходимы, а какие излишни, должен сам разработчик чертежа.

10. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

10.1. Виды изделий. ГОСТ 2.101-68

ГОСТ 2.101-68 устанавливает виды изделий всех отраслей промышленности при выполнении конструкторской документации.

Изделием называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии.

Стандарт устанавливает следующие *виды изделий*: комплексы, сборочные единицы, детали, комплекты.

Деталью называется изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций.

Сборочной единицей называется изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями.

Изделия, в зависимости от их назначения, делят на изделия основного производства и на изделия вспомогательного производства.

К изделиям основного производства следует относить изделия, предназначенные для поставки (реализации).

К изделиям вспомогательного производства следует относить изделия, предназначенные только для собственных нужд предприятия, изготавливающего их.

В зависимости от наличия или отсутствия составных частей изделия делятся:

1) на *неспецифицированные*, не имеющие составных частей, к которым относятся детали;

2) на *специфицированные*, состоящие из двух и более составных частей. К ним относятся комплекты, сборочные единицы и комплексы.

10.2. Виды и комплектность конструкторских документов ГОСТ 2.102-68

К конструкторским документам относятся *графические* и *текстовые документы*, которые в отдельности или совокупности определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки или изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта.

Примеры конструкторских документов приведены в табл. 10.1.

В зависимости от назначения конструкторские документы подразделяются:

- 1) на основные, не имеющие кода, к которым относятся чертеж детали и спецификация;
- 2) на не основные, имеющие соответствующий код, который указывается в графе «Наименование» основной надписи более мелким шрифтом, чем наименование изделия.

Таблица 11.1

Конструкторские документы

Наименование документа	Код	Примечание
Чертеж детали	-	Основные конструкторские документы. Коды не имеют.
Спецификация	-	
Сборочный чертеж	СБ	Не основные конструкторские документы.
Чертеж общего вида	ВО	
Пояснительная записка	ПЗ	
Расчет	РР	
Электромонтажный чертеж	МЭ	

В зависимости от содержания конструкторские документы подразделяются:

- 1) на текстовые, имеющие на 1-м листе основную надпись по форме 2 (40 × 185), и на последующих листах основную надпись - по форме 2а (15 × 185);
- 2) на графические, имеющие основную надпись по форме 1 (55 × 185). Допускается применять основную надпись по форме 2а на последующих листах графических документов.

В зависимости от стадии разработки конструкторские документы делятся:

1) на проектные, по которым изделия не изготавливают. Они предназначены для разработки по ним рабочих чертежей и к ним относятся документы технического предложения, эскизного и технического проектов;

2) на рабочие, к которым относятся документы, непосредственно участвующие в изготовлении изделия на предприятии. Это - рабочая конструкторская документация.

В зависимости от способа выполнения и характера использования, конструкторские документы подразделяются на:

- 1) оригиналы;
- 2) подлинники;
- 3) дубликаты;
- 4) копии.

Оригиналы – документы, выполненные на любом материале и предназначенные для изготовления по ним подлинников.

Подлинники – документы, оформленные подлинными установленными подписями и выполненные на любом материале, позволяющем многократное воспроизведение с них копий. Допускается в качестве подлинников использовать оригиналы.

Дубликаты – копии подлинников, обеспечивающие идентичность воспроизведения подлинника, выполненные на любом материале, позволяющем снятие с них копий.

Копии – документы, выполненные способом, обеспечивающим их идентичность с подлинником или дубликатом и предназначенные для непосредственного использования при разработке, в производстве, эксплуатации и ремонте изделий.

Спецификацией называется документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта.

Сборочным чертежом называется документ, содержащий изображения сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля.

Документы, предназначенные для разового использования в производстве, допускается выполнять в виде эскизных конструкторских документов. Эскизы выполняются для изготовления по ним деталей при ремонте механизмов, при пас-

портизации оборудования и при проектировании новых или экспериментальных изделий.

Чертежом детали называется документ, содержащий изображения детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля.

Эскизом называется чертеж, выполненный от руки без применения чертежных инструментов, без масштаба, но с соблюдением относительной пропорциональности размеров элементов изделия.

10.3. Стадии разработки. ГОСТ 2.103-68

Прежде чем по какому-либо заказу изготовить изделие непосредственно на предприятии, его надо сначала спроектировать, т.е. разработать целый ряд различных конструкторских документов.

Таблица 10.2

Наименование стадии разработки	Литера, присвоенная стадии	Примечание
Техническое предложение	П	Проектная стадия разработки конструкторской документации.
Эскизный проект	Э	
Технический проект	Т	
Конструкторские документы опытных образцов	О, О ₁ , (О ₂)	Документы, непосредственно участвующие в изготовлении изделия на предприятии.
Рабочая конструкторская документация	А, (Б)	
Конструкторская документация для изделий единичного производства, предназначенных для разового изготовления	И	
	<i>Примечание:</i> в скобках для изделий по заказу Министерства обороны.	

Для возможности планирования и контроля проекта ГОСТ 2.103-68 устанавливает определенные стадии проектирования, приведенные в табл. 10.2. Литера документа указывается в графе 4 основной надписи.

Один и тот же документ может входить в несколько стадий разработки.

Документы, выполненные на определенной стадии, после согласования и утверждения их заказчиком служат основанием для разработки следующей стадии проекта.

11. ЧЕРТЕЖИ И ЭСКИЗЫ ДЕТАЛЕЙ

Чертежом детали называется документ, содержащий изображения детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля.

На каждую деталь выполняется отдельный чертеж.

На каждом чертеже помещается основная надпись по форме 1.

Если чертеж выполняется на формате А4, то основная надпись располагается только вдоль короткой стороны.

Наименование детали должно быть кратким. Оно записывается в именительном падеже единственного числа. В наименовании, состоящем из нескольких слов, на первом месте пишется имя существительное.

На чертежах деталей условное обозначение материалов должно соответствовать обозначениям, установленным стандартами на конкретный материал.

В основной надписи указывается не более одного вида материала.

На чертеже детали помещается *минимальное количество изображений*, но обеспечивающее полное и однозначное представление о детали при применении установленных в соответствующих стандартах условных обозначений, знаков и надписей.

Главное изображение детали выбирается таким образом, чтобы оно давало наиболее полное представление о форме и размерах детали и соответствовало положению детали, удобному для ее изготовления.

На чертеже детали указывается минимальное количество размеров с предельными отклонениями, но достаточное для изготовления и контроля детали и в соответствии с ГОСТ 2.305-68, ГОСТ 2.307-68, ГОСТ 2.318-81, ГОСТ 2.320-82.

Размеры преимущественно наносятся следующими способами:

- 1) цепным;
- 2) координатным;
- 3) комбинированным.

Поверхности детали делятся на *сопрягаемые и свободные*.

Поверхности детали, которые при сборке и работе изделия соприкасаются с поверхностями других деталей, называются *сопрягаемыми*. Они определяют точность сборки изделия и правильную работу детали в изделии. Сопрягаемые размеры наносятся от конструктивных баз.

Конструктивной базой называется совокупность точек, линий, поверхностей, которые определяют положение детали в сборочной единице.

Поверхности, которые не соприкасаются с поверхностями других деталей, и, следовательно, не влияют непосредственно на точность сборки и работу изделия, называются *свободными*. Размеры свободных поверхностей наносятся от технологических баз с учетом последовательности технологических операций.

Технологической базой называется совокупность точек, линий, поверхностей, от которой отсчитываются размеры при обработке детали.

Размеры по длине наружных поверхностей детали показываются на видах, как правило, ниже изображения, их группируют с одной стороны изображения, а размеры, относящиеся к глубине внутренних поверхностей детали, группируются с другой стороны изображения.

Каждый размер на чертеже детали должен иметь предельные отклонения, но эта тема не изучается на рассматриваемой стадии обучения курсанта (студента).

На чертеже детали обозначается шероховатость всех ее поверхностей, которые выполняются по данному чертежу, но эта тема также не изучается на рассматриваемой стадии обучения курсанта (студента).

Для обеспечения определенных характеристик прочности, твердости, износоустойчивости деталей и т.п. они подвергаются термической или термомеханической обработке. Кроме этого, к детали могут быть предъявлены особые требования, например, к электрическим свойствам материала, предусмотрены определенные условия испытания, хранения и т.д. Некоторые из этих свойств указываются в виде технических требований, которые располагаются строго над основной

надписью. Здесь же записываются указания о радиусах скругления, справочных размерах и т.п.

Таким образом, чертеж детали в общем случае должен содержать следующие сведения:

- 1) изображения;
- 2) размеры и предельные отклонения;
- 3) обозначение шероховатости всех поверхностей;
- 4) технические требования.

По своему содержанию *эскиз и рабочий чертеж* равнозначны.

Эскиз – это чертеж, поэтому он должен содержать все сведения для изготовления и контроля детали.

Эскиз отличается от рабочего чертежа тем, что он выполняется без применения чертежных инструментов и в глазомерном масштабе, т.е. пропорции частей детали устанавливаются на глаз. В основной подписи графа 6 «Масштаб» не заполняется. В графе 3 «Материал» основной надписи указывается материал.

После установления количества изображений и глазомерного масштаба необходимо подготовить формат, размеры которого должны соответствовать ГОСТ 2.301-68 «Форматы».

В учебных целях для эскизов применяют листы бумаги в клетку (миллиметровка не допускается) и склеивают их до необходимых стандартных размеров формата в соответствии с ГОСТ 2.301 – 68. При склеивании нужно следить, чтобы сетка линий одного листа не смещалась относительно сетки линий другого листа.

На формате вычерчивается внутренняя рамка и основная надпись с помощью чертежных инструментов. Расположение основной надписи зависит от расположения изображений.

Как правило, при выполнении видов спереди и сверху основная надпись располагается вдоль короткой стороны формата, а при выполнении видов спереди и слева она располагается вдоль длинной стороны формата.

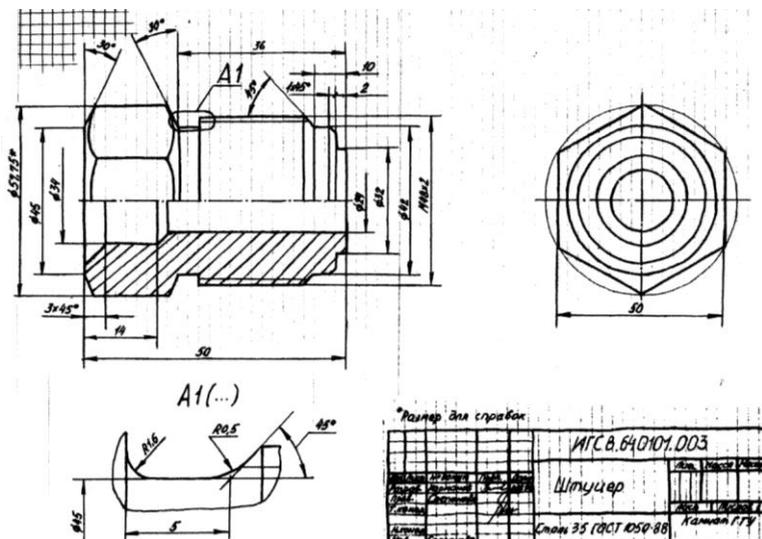


Рис. 11.1. Эскиз детали.

На формате А4 основная надпись располагается только вдоль короткой стороны. Эскиз каждой детали выполняют на отдельном листе стандартного формата (рис. 11.1).

Линейные размеры элементов детали определяются с помощью обычной линейки (предпочтительнее металлической) (рис. 11.2), нутромера (рис. 11.3), кронциркуля (рис. 11.4), штангенциркуля (рис. 11.5), микрометра (рис. 11.6), а угловые – угломером (рис. 11.7).

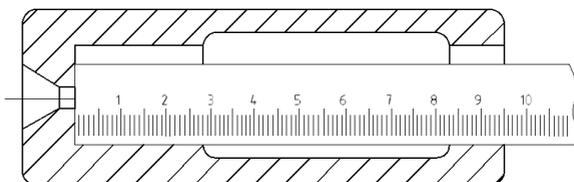


Рис. 11.2. Линейка

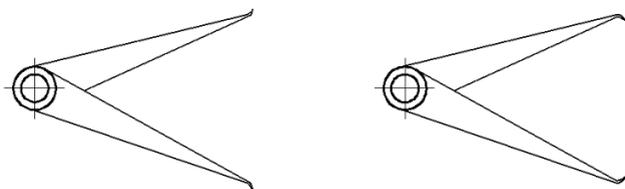


Рис. 11.3. Нутромер

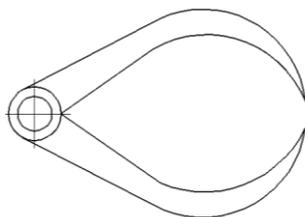


Рис. 11.4. Кронциркуль

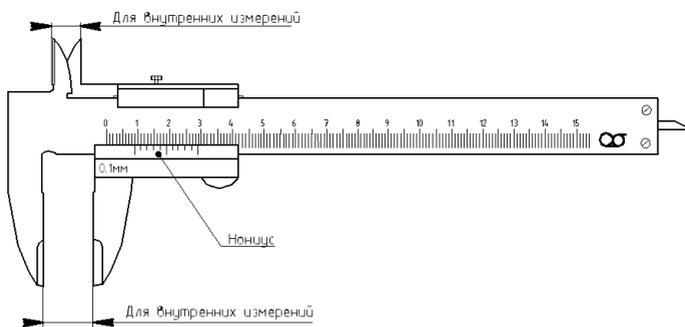


Рис. 11.5. Штангенциркуль

Порядок эскизирования

Этап 1:

- 1) анализ поверхностей, ограничивающих деталь с мысленным расчленением их на простые геометрические формы;
- 2) выбор главного изображения, количества и содержания изображений. Количество изображений на эскизе должно быть наименьшим, но обеспечивающим полное представление о предмете при применении установленных условных

обозначений, знаков и надписей. На главном изображении деталь располагается так, чтобы это изображение давало наиболее полное представление о форме и размерах детали и соответствовало положению детали при изготовлении. Ось деталей, большинство поверхностей которых являются поверхностями вращения, располагается параллельно основной надписи;

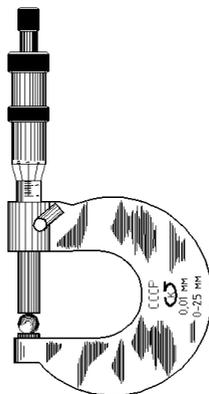


Рис. 11.6. Микрометр

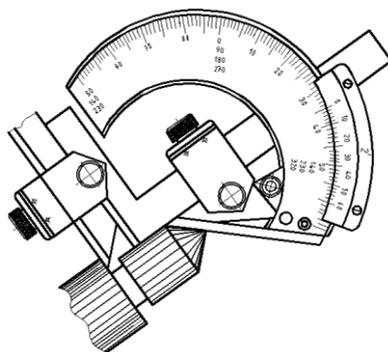


Рис. 11.7. Угломер

3) выбор формата, оформление поля чертежа (внутренняя рамка, основная надпись), компоновка (вычерчивание габаритных прямоугольников и основных осей изображений) должны занимать 20–30% поля чертежа, вокруг каждого изображения необходимо оставлять свободное поле для нанесения размеров.

Этап 2: выполнение необходимых изображений тонкими линиями. Изображения вычерчивают от руки, с сохранением пропорций между отдельными элементами детали и соблюдением проекционной связи. Величина изображения должна быть такой, чтобы можно было легко прочитать чертёж.

Этап 3: нанесение выносных и размерных линий со стрелками. Обмер детали и нанесение размерных чисел. Для определения наружной резьбы измеряют наружный диаметр и записывают его величину на полях эскиза, затем, также на полях эскиза, отпечатывают несколько шагов резьбы и устанавливают величину одного шага. Сверяя полученные данные со справочными значениями, определяют тип и размер резьбы. Размерные числа, относящиеся к свободным поверхностям, сравнивают с ГОСТ 6636-69 «Нормальные линейные размеры». При определении размеров фасок, радиусов скруглений, проточек и размеров «под ключ» необходимо также воспользоваться соответствующими стандартами. Необходимо согласовать размеры сопрягаемых поверхностей деталей и проставить эти размеры от конструкторских баз.

Этап 4: обводка эскиза и окончательное его оформление. В основной надписи необходимо поместить наименование детали в именительном падеже единственного числа. Если наименование состоит из нескольких слов, то на первом месте пишут имя существительное. В основной надписи следует указать материал, из которого изготовлена деталь по соответствующим стандартам. На первом месте пишут наименование материала, если оно не входит в буквенно-цифровое обозначение марки, во втором – марку, если она установлена, на третьем – номер стандарта или технических условий. Эскиз может иметь текстовую часть в виде технических требований, которые располагают над основной надписью.

12. РЕЗЬБА

12.1. Соединение деталей

При изготовлении машин и механизмов отдельные их составные части соединяются друг с другом сборочными операциями, образуя определенные соединения.

Соединением называется конструктивное обеспечение соприкосновения деталей для образования из них частей приборов и механизмов.

Соединение двух и более составных частей изделия выполняются либо *разъемными*, либо *неразъемными*.

Неразъемным соединением называется такое, которое невозможно разобрать без разрушения или значительного повреждения скрепляемых или скрепляющих их деталей. К неразъемным соединениям относятся сварные, паяные, заклепочные, клеевые, шитые и другие соединения.

Разъемным соединением называют соединение, обеспечивающее неоднократную сборку и разборку изделия. При этом основные составные части изделия практически не подвергаются повреждениям. Различаются два вида разъемных соединений – *неподвижные*, в которых детали не могут взаимно перемещаться, и *подвижные*, в которых возможны взаимные перемещения деталей.

В современном машиностроении из всевозможных видов разъемных соединений (резьбовых, шпоночных, шлицевых, клиновых и других) большое распространение получили *резьбовые соединения*, в которых составные части изделия соединяются либо с помощью резьбы, нарезанной непосредственно на их поверхности, путем свинчивания, либо с помощью вспомогательных резьбовых деталей: болтов, винтов, шпилек, гаек. В последнем случае резьбовые соединения называют соответственно: болтовое, винтовое, шпильчатое. Вспомогательные детали (болты, винты, шплинты, шайбы и т. д.), обеспечивающие такие соединения, носят общее название «крепежные изделия».

Резьбовое соединение – соединение двух деталей с помощью резьбы, в котором одна деталь имеет *наружную резьбу*, а другая – *внутреннюю*.

12.2. Изображение резьбы

Резьба - один или несколько равномерно расположенных выступов резьбы постоянного сечения, образованных на боковой поверхности прямого кругового цилиндра или прямого кругового конуса.

Любая резьба характеризуется следующими параметрами:

- 1) типом, например, М, Tr, G, R;
- 2) номинальным диаметром;
- 3) ходом - ph - для многозаходной резьбы;
- 4) шагом - p ;
- 5) направлением, левое обозначается буквами LH;
- 6) полем допуска, например, для стержня 6g, для гайки 7H;
- 7) длиной свинчивания. Нормальная длина свинчивания не указывается на чертеже;
- 8) поверхностью цилиндрической или конической;
- 9) расположением на наружной поверхности или на внутренней.

Профиль резьбы – профиль выступа и канавки резьбы в плоскости осевого сечения резьбы.

Профиль резьбы зависит от формы режущего инструмента, т.к. в основном резьбу получают путем удаления металла специальным режущим инструментом. Менее распространен способ получения резьбы методом накатки специальными роликами.

Наибольшее распространение получили резьбы с прямоугольным, треугольным, трапецевидным, круглым профилями.

Наружная резьба – резьба, образованная на наружной прямой круговой цилиндрической или конической поверхности.

В резьбовом соединении наружная резьба является охватываемой поверхностью и носит название *стержень*.

Внутренняя резьба – резьба, образованная на внутренней прямой круговой цилиндрической или конической поверхности.

В резьбовом соединении внутренняя резьба является охватывающей поверхностью и носит название *гайка*.

В начале резьбы выполняется, как правило, *коническая фаска*, предохраняющая крайние витки от повреждений и служащая направляющей поверхностью при соединении деталей с резьбой.

Если на детали резьба переходит в гладкую часть, то в месте перехода образуется *сбег резьбы*, т.е. участок резьбы, образованный выводом резбонарезного инструмента из металла.

Сбег резьбы – участок в зоне перехода резьбы к гладкой части детали, на котором резьба имеет неполный профиль.

Если резьба выполняется до упора, т.е. до некоторой поверхности (опорной), не позволяющей перемещать далее инструмент то она заканчивается *недорезом*.

В недорез резьбы включается сбег резьбы и недовод инструмента. Под *недоводом* инструмента подразумевается величина ненарезанной части детали между концом сбega и опорной поверхностью детали.

Величины фаски, сбega, недореза для стандартных резьб зависят от шага резьбы и установлены соответствующими стандартами.

Длина резьбы – длина участка детали, на котором образована резьба, включая сбег резьбы и фаску.

Границей резьбы отделяется нарезанная часть с полным профилем от сбega резьбы.

Правая резьба – резьба, у которой выступ, вращаясь по часовой стрелки, удаляется вдоль оси от наблюдателя.

Левая резьба – резьба, у которой выступ, вращаясь против часовой стрелки, удаляется вдоль оси от наблюдателя.

В соответствии с назначением резьбового соединения, резьба на стержне и гайке выполняется с определенной точностью, установленной соответствующими стандартами.

Например, точность метрических резьб, задается полем допуска, который состоит для стержня из цифры, показывающей степень точности, и строчной буквы латинского алфавита, обозначающей основное отклонение – 6h; 7g, а для гайки – из цифры, также показывающей степень точности, и заглавной буквы латинского алфавита, обозначающей основное отклонение – 6H; 7G.

Поле допуска резьбы - совокупность полей допусков наружного, среднего и внутреннего диаметров резьбы.

Цилиндрическая резьба – резьба, образованная на боковой поверхности прямого кругового цилиндра.

Шаг резьбы, P - расстояние по линии, параллельной оси резьбы между соседними точками ближайших одноименных боковых сторон профиля резьбы, лежащими в одной осевой плоскости по одну сторону от оси резьбы.

Заход резьбы – начало выступа резьбы.

На цилиндрической поверхности стержня или гайки можно получить резьбу путем нарезания двух, трех и более винтовых выступов одинакового профиля. Например, если нарезать второй винтовой выступ таким образом, чтобы его начало (заход) соответствовало половине оборота стержня или гайки от начала (захода) первого выступа, то получится двухзаходная резьба.

Однозаходная резьба – резьба, образованная одним выступом.

Многозаходная резьба – резьба, образованная двумя и более выступами с равномерно расположенными заходами.

Для многозаходных резьб следует различать, кроме шага, ход резьбы.

Ход резьбы, P_h - расстояние по линии, параллельной оси резьбы, между любой исходной средней точкой на боковой стороне резьбы и средней точкой, полученной перемещением исходной средней точки по винтовой линии на угол 360° .

Ход резьбы – величина относительного осевого перемещения стержня или гайки за один оборот.

Наружный диаметр резьбы, d, D - диаметр воображаемого прямого кругового цилиндра, описанного вокруг вершин

наружной или впадин внутренней цилиндрической резьбы (d - для стержня, D - для гайки, если его номинальное значение равно номинальному значению диаметра d).

Внутренний диаметр резьбы, d_1 , D_1 - диаметр воображаемого прямого кругового цилиндра, вписанного во впадины наружной или вершины внутренней цилиндрической резьбы (d_1 - для стержня, если его номинальное значение равно номинальному значению диаметра D_1 , D_1 - для гайки).

Номинальный диаметр резьбы – диаметр, условно характеризующий размеры резьбы и используемый при ее обозначении.

Для большинства резьб в качестве номинального диаметра резьбы принимается наружный диаметр наружной резьбы.

Длина свинчивания – длина участка взаимного перекрытия наружной и внутренней резьб в осевом направлении.

Размер фаски не входит в длину свинчивания.

Классификация резьб

Резьба классифицируется по нескольким признакам.

По эксплуатационному назначению резьба подразделяется на крепежную, крепежно-уплотнительную, ходовую и другие.

К крепежной относится такая резьба, которая по своим конструктивным особенностям в состоянии обеспечить полное и надежное неподвижное соединение деталей при статических и динамических нагрузках и различном температурном режиме. Примером могут служить метрическая, дюймовая резьбы.

Крепежно-уплотнительная резьба предназначена для предотвращения утечки рабочей среды, т.е. для обеспечения герметичности соединения при различном температурном режиме, например, конические и трубные резьбы.

Ходовая резьба служит для преобразования вращательного движения в прямолинейное с восприятием больших усилий при сравнительно малых скоростях движения. К этому типу относятся трапецеидальные, упорные, прямоугольные резьбы и т. д.

В зависимости от формы профиля различаются резьбы треугольного, трапецевидного, круглого и других профилей.

В зависимости от направления винтовой поверхности резьбы подразделяются на правые и левые.

По числу заходов резьбы подразделяются на однозаходные и многозаходные.

В зависимости от формы поверхности, на которой нарезана резьба, различаются цилиндрические и конические резьбы.

В зависимости от расположения резьбы на поверхности болта или гайки различаются внешние и внутренние резьбы.

Все резьбы, применяемые в промышленности, разделяются на три группы: *стандартные, специальные, и нестандартные.*

Наиболее употребительны стандартные резьбы. В стандарте каждой резьбы строго регламентированы форма и размеры профиля, наружные диаметры и шаги, точность изготовления. Для каждого диаметра резьбы установлены определенные шаги.

Если резьба имеет стандартный профиль, но какой-либо параметр ее не соответствует указанному в стандарте, то ее называют специальной. Перед стандартным обозначением специальной резьбы добавляются буквы «СП».

В соединениях деталей может быть применена резьба с нестандартным профилем, все параметры которой устанавливаются конструктором. Из нестандартных резьб наиболее широко применяется прямоугольная резьба, как ходовая.

ГОСТ 2.311-68 устанавливает правила условного изображения и нанесения обозначения резьбы на чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

Изображение резьбы на чертежах не зависит от профиля резьбы – оно одинаково для всех видов резьб. Какую именно резьбу необходимо выполнить на детали определяется только по обозначению резьбы.

Резьба изображается:

1) на стержне – сплошными основными линиями по наружному диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями – по внутреннему диаметру.

На изображениях, полученных проецированием на плоскость, параллельную оси стержня, сплошная тонкая линия по внутреннему диаметру резьбы проводится на всю длину резьбы без сбега, а на видах, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси стержня, по внутреннему диаметру резьбы проводится дуга, приблизительно равная $3/4$ окружности, разомкнутая в любом месте (рис. 12.1, 12.2).

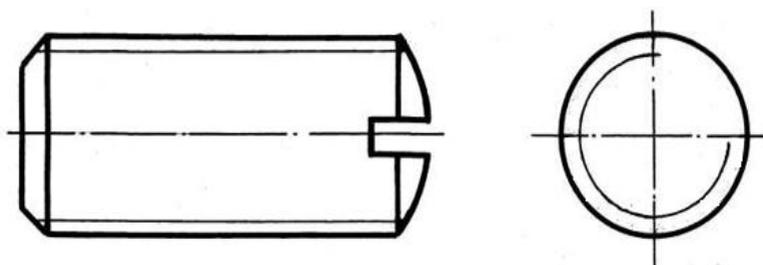


Рис. 12.1. Изображение резьбы на цилиндрическом стержне

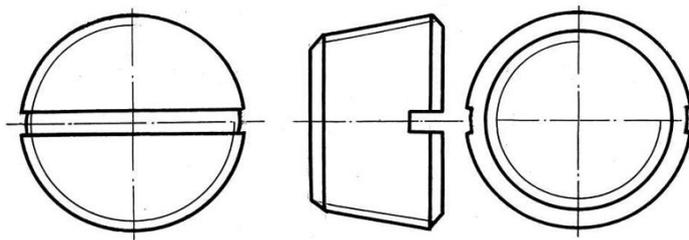


Рис. 12.2. Изображение резьбы на коническом стержне

2) в отверстии – сплошными основными линиями по внутреннему диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями – по наружному диаметру.

На разрезах, параллельных оси отверстия, сплошную тонкую линию по наружному диаметру резьбы проводят на всю длину резьбы без сбега, а на изображениях, полученных

проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси отверстия, по наружному диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную $3/4$ окружности, разомкнутую в любом месте (рис. 12.3, 12.4).

Сплошная тонкая линия при изображении резьбы наносится на расстоянии не менее 0,8 мм от основной линии и не более величины шага резьбы.

Резьба, показываемая как невидимая, изображается штриховыми линиями одной толщины по наружному и по внутреннему диаметрам (рис. 12.5).

Линия, определяющая границу резьбы, наносится на стержне и в отверстии с резьбой в конце полного профиля резьбы (до начала сбег). Граница резьбы проводится до линии наружного диаметра резьбы и изображается сплошной основной или штриховой линией, если резьба показана как невидимая (рис. 12.6 - 12.8).

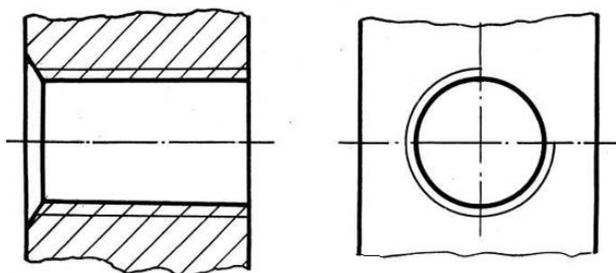


Рис. 12.3. Изображение резьбы в цилиндрическом отверстии

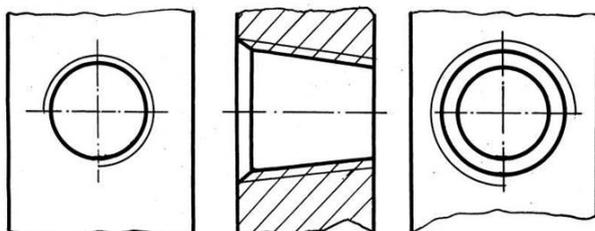


Рис. 12.4. Изображение резьбы в коническом отверстии

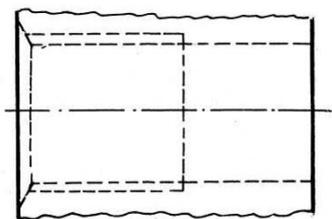


Рис. 12.5. Резьба, показываемая как невидимая в цилиндрическом отверстии

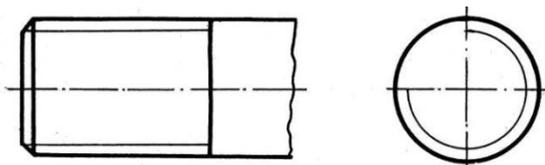


Рис. 12.6. Линия, определяющая границу резьбы на стержне

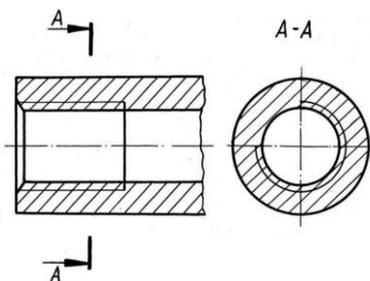


Рис. 12.7. Линия, определяющая границу резьбы в отверстии

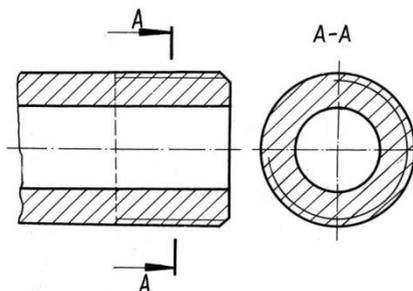


Рис. 12.8. Линия, определяющая границу резьбы если резьба показана как невидимая.

Штриховка в разрезах и сечениях проводится до линии наружного диаметра резьбы на стержне и до линии внутреннего диаметра в отверстии, т.е. в обоих случаях до сплошной основной линии (рис. 12.9, 12.10).

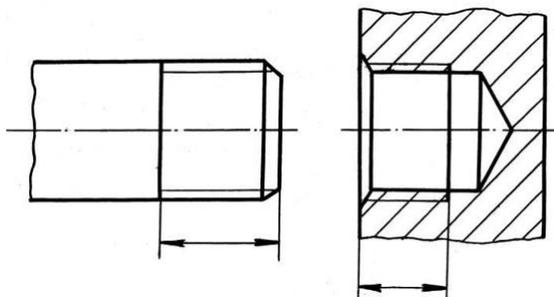


Рис. 12.9. Штриховка в разрезах

На чертежах, по которым резьба выполняется, конец глухого резьбового отверстия изображается, как показано на рисунке 2.12, т.е. изображается конус с вершиной приблизительно равно 120° , получаемый при сверлении отверстия, и разницу между глубиной отверстия под резьбу и длиной резьбы.

На чертежах (сборочных, общего вида и др.), по которым резьба не выполняется, конец глухого резьбового отверстия допускается изображать, как показано на рисунке 12.10, даже при наличии разности между глубиной отверстия под резьбу и длиной резьбы.

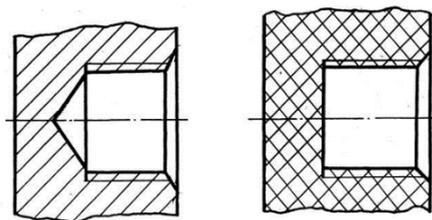


Рис. 12.10. Изображение конца глухого резьбового отверстия на чертежах (сборочных, общего вида и др.), по которым резьба не выполняется

Фаски на стержне с резьбой и в отверстии с резьбой, не имеющие специального конструктивного назначения, в проекции на плоскость, перпендикулярную к оси стержня или отверстия, не изображаются (рис. 12.1 - 12.3 и рис. 12.6).

Сплошная тонкая линия изображения резьбы на стержне должна пересекать линию границы фаски (рис. 12.1 - 12.3 и рис. 12.6).

На разрезах резьбового соединения в изображении на плоскости, параллельной оси, в отверстии показывается только та часть резьбы, которая не закрыта резьбой стержня, т.е. в резьбовом соединении резьба изображается по стержню (рис. 12.11 - 12.12).

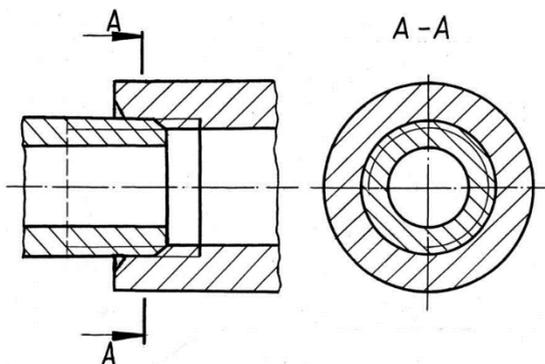


Рис. 12.11. Изображение резьбового соединения

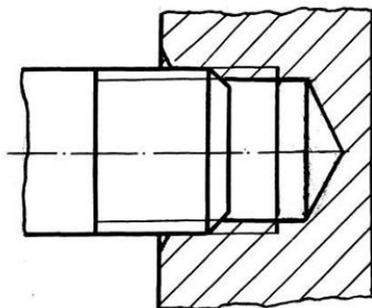


Рис. 12.12. Изображение резьбового соединения

12.3. Обозначение резьбы

Обозначения резьбы указываются по соответствующим стандартам на размеры и предельные отклонения резьбы и относятся для всех резьб, кроме конических и трубной цилиндрической, к наружному диаметру.

Обозначение трубной цилиндрической резьбы наносится на горизонтальной полке линии-выноски, отведенной от сплошной толстой основной линии резьбы.

Обозначение всех конических резьб наносится на горизонтальной полке линии-выноски, отведенной от сплошной толстой основной линии резьбы.

Обозначение метрической цилиндрической резьбы. ГОСТ 8724-81, ГОСТ 9150-81. В условное обозначение однозаходной метрической резьбы должны входить следующие параметры:

- 1) буква М;
- 2) номинальный диаметр резьбы;
- 3) числовое значение шага резьбы через знак умножения. Крупный шаг резьбы не указывается;
- 4) буквы LH для левой резьбы;
- 5) поле допуска резьбы через тире;
- 6) длина свинчивания в миллиметрах через тире при необходимости. Длина свинчивания группы N (нормальная) не указывается.

Пример условного обозначения однозаходной метрической цилиндрической наружной резьбы с номинальным диаметром 20 мм, крупным шагом 2,5 мм, правого направления, поле допуска 6g, длиной свинчивания группы N (нормальной) (рис. 12.13).

M20-6g.

Пример условного обозначения однозаходной цилиндрической метрической резьбы с номинальным диаметром 20 мм, мелким шагом 1,5 мм, левого направления, полем допуска 8g (6H), длиной свинчивания группы S (короткой), равной 5 мм (рис.12.14, рис. 12.15).

M20×1,5LH-8g-5.

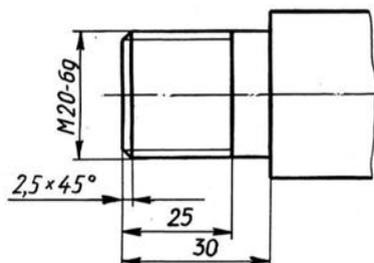


Рис. 12.13. Обозначение наружной метрической резьбы

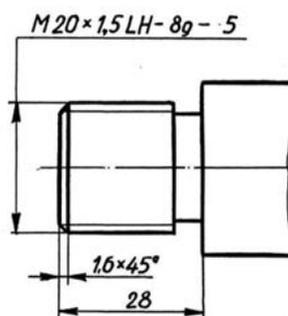


Рис. 12.14. Обозначение наружной метрической резьбы

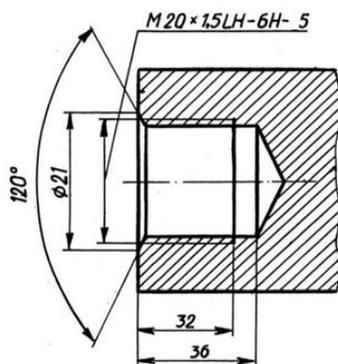


Рис. 12.15. Обозначение внутренней метрической резьбы

В условное обозначение многозаходной метрической резьбы должны входить следующие параметры:

- 1) буква М;
- 2) номинальный диаметр резьбы;
- 3) числовое значение хода резьбы через знак умножения;
- 4) в скобках буква Р и числовое значение шага резьбы;
- 5) буквы LH для левой резьбы;
- 6) поле допуска резьбы через тире;
- 7) длина свинчивания в миллиметрах через тире при необходимости. Длина свинчивания группы N (нормальная) не указывается.

Пример условного обозначения двухзаходной внутренней метрической резьбы с номинальным диаметром 20 мм, ходом 2 мм, шагом 1мм, левого направления, полем допуска 8G, длиной свинчивания группы L (длинной), равной 15 мм (рис. 12.16).

$M20 \times 2(P1)LH-8G-15$.

Обозначение трапецеидальной резьбы. ГОСТ 9562-81, ГОСТ 24738-81, ГОСТ 24739-81.

В условное обозначение однозаходной трапецеидальной резьбы должны входить следующие параметры:

- 1) буква Tr;
- 2) номинальный диаметр резьбы;
- 3) числовое значение шага резьбы через знак умножения;
- 4) буква LH для левой резьбы;
- 5) поле допуска резьбы через тире;
- 6) длина свинчивания в миллиметрах через тире при необходимости. Длина свинчивания группы N (нормальная) не указывается.

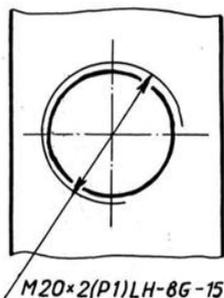


Рис. 12.16. Обозначение двухзаходной внутренней метрической резьбы

Пример условного обозначения однозаходной внутренней трапецидальной резьбы с номинальным диаметром 80 мм, шагом 10 мм, левого направления, полем допуска 7Н длиной свинчивания группы L (длинной), равной 100 мм (рис. 12.17).

$Tr80 \times 10 LH - 7H - 100$.

В условное обозначение многозаходной трапецидальной резьбы должны входить следующие параметры:

- 1) буква Tr;
- 2) номинальный диаметр резьбы;
- 3) числовое значение шага резьбы через знак умножения;
- 4) в скобках буква P и числовое значение шага резьбы;
- 5) буквы LH для левой резьбы;
- 6) поле допуска резьбы через тире;
- 7) длина свинчивания в миллиметрах через тире при необходимости. Длина свинчивания группы N (нормальная) не указывается.

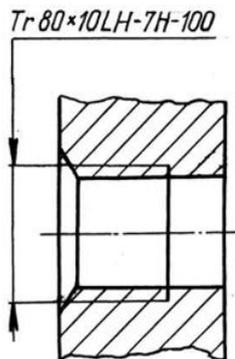


Рис. 12.17. Обозначение внутренней трапецидальной резьбы

Пример условного обозначения трехзаходной внутренней резьбы с номинальным диаметром 80 мм, ходом 30 мм, шагом 10 мм, левого направления, полем допуска 7Н, длиной свинчивания группы L (длинной), равной 160 мм (рис 12.18).

$Tr80 \times 30(P10) LH - 7H - 160$.

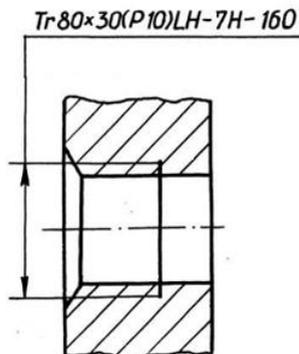


Рис. 12.18. Обозначение многозаходной трапецеидальной внутренней резьбы

Обозначение трубной цилиндрической резьбы. ГОСТ 6357-81. За основной параметр трубы принимается диаметр отверстия в трубе (условный проход), по которому рассчитывается ее пропускная способность. Поэтому размер трубной резьбы обозначается условно в дюймах (25,4 мм), являющихся величиной диаметра отверстия трубы, т.е. величиной условного прохода трубы (рис. 12.19). Таким образом, действительный наружный диаметр трубной резьбы в ее условное обозначение не входит, поэтому обозначение трубной резьбы указывается на горизонтальной полке линии-выноски (рис. 12.19).

В условное обозначение цилиндрической трубной резьбы должны входить следующие параметры:

- 1) буква G;
- 2) обозначение размера резьбы в дюймах без указания единицы измерения;
- 3) буква LH для левой резьбы;
- 4) класс точности среднего диаметра резьбы A или B через тире;
- 5) длина свинчивания в миллиметрах через тире при необходимости. Длина свинчивания группы N (нормальная) не указывается.

Пример условного обозначения наружной цилиндрической трубной резьбы размером 1 дюйм, левого направления, класса точности среднего диаметра резьбы В, длиной свинчивания группы L (длинной), равной 35 мм (рис. 12.19).

G1LH-B-35.

Пример условного обозначения внутренней цилиндрической трубной резьбы размером 3/4 дюйма, правого направления, класса точности среднего диаметра резьбы длиной свинчивания группы (нормальной) (рис. 12.20).

G3/4-A.

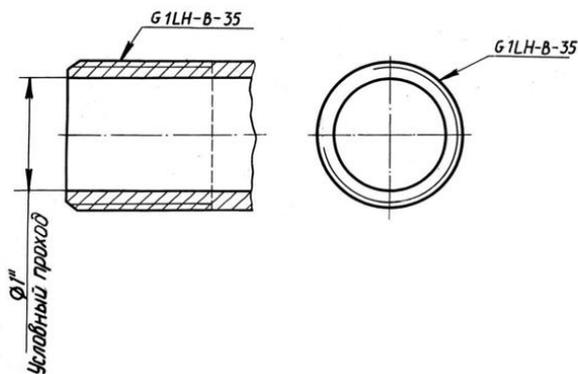


Рис. 12.19. Обозначение наружной цилиндрической трубной резьбы

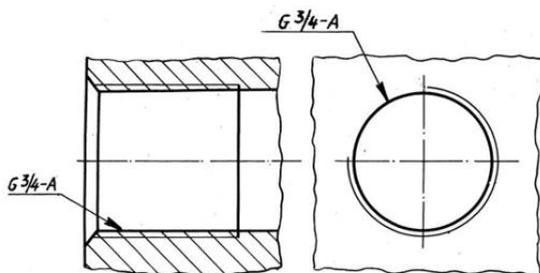


Рис. 12.20. Обозначение внутренней цилиндрической трубной резьбы

Пример условного обозначения внутренней цилиндрической трубной резьбы размером 3/4 дюйма, правого направле-

ния, класса точности среднего диаметра резьбы длиной свинчивания группы (нормальной) (рис. 12.20).

G3/4-A.

Обозначение трубной конической резьбы. ГОСТ 6211-81.

В условное обозначение трубной конической резьбы должны входить следующие параметры:

- 1) буква R - для конической наружной резьбы;
буквы Rc - для конической внутренней резьбы;
буквы Rp - для цилиндрической внутренней резьбы;
- 2) обозначение размера резьбы в дюймах без указания единицы измерения;
- 3) буквы LH для левой резьбы.

Пример условного обозначения наружной трубной конической резьбы размером 3/4 дюйма, левого направления (рис. 12.21).

R3/4LH.

Пример условного обозначения внутренней трубной конической резьбы размером 3/4 дюйма, левого направления (рис. 12.22).

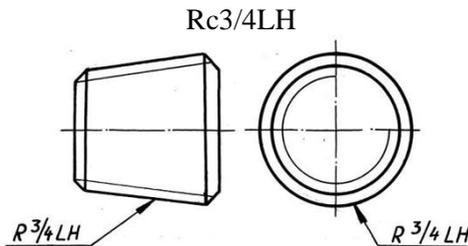


Рис. 12.21. Обозначение наружной трубной конической резьбы

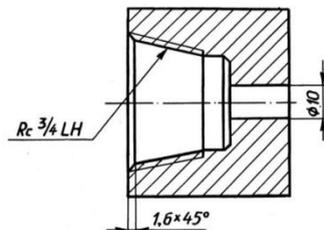


Рис. 12.22. Обозначение внутренней трубной конической резьбы

Обозначение конической дюймовой резьбы с углом профиля 60° . ГОСТ 6111-52.

В условное обозначение конической дюймовой резьбы должны входить следующие параметры:

- 1) буква К;
- 2) обозначение размера резьбы в дюймах с указанием единицы измерения;
- 3) буквы ЛН для левой резьбы;
- 4) обозначение стандарта – ГОСТ 6111-52.

Ввиду того, что коническая дюймовая резьба имеет переменные диаметры, ее обозначение на чертеже указывается на горизонтальной полке линии-выноски (рис. 12.23).

Пример условного обозначения конической дюймовой резьбы размером $3/4$ дюйма (рис. 12.23).

К $3/4$ "ГОСТ6111-52.

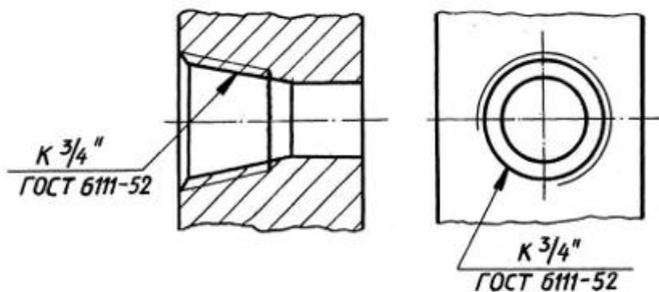


Рис. 12.23. Обозначение конической дюймовой резьбы

13. РАЗРАБОТКА РАБОЧЕЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

13.1. Сборочный чертеж. Спецификация

В соответствии с ГОСТ 2.102-68 *сборочный чертеж* – это документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для её сборки (изготовления) и контроля.

Правила выполнения и оформления сборочных чертежей установлены ГОСТ 2.109-73.

Сборочный чертеж должен содержать:

- изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимосвязи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и осуществление сборки и контроля сборочной единицы;

- размеры, предельные отклонения, другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу;

- указания о характере сопряжения и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается при сборке (подборка деталей, их пригонка и т.п.), а также указания о выполнении неразъемных соединений (сварных, паяных и т.д.);

- номера позиций составных частей, входящих в изделие;

- габаритные размеры изделия; установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры.

Последовательность выполнения сборочного чертежа.

1. Ознакомиться с устройством, работой и порядком сборки сборочной единицы. Прочитать рабочие чертежи всех деталей, входящих в сборочную единицу, т.е. мысленно представить форму и размеры каждой из них, ее место в сборочной единице, взаимодействие с другими деталями.

2. Выбрать необходимое количество изображений так, чтобы на сборочном чертеже была полностью понятна конструкция изделия и взаимодействие ее составных частей.

Общее количество всех изображений сборочной единицы на сборочном чертеже должно быть всегда наименьшим, а в совокупности со спецификацией – достаточным для выполне-

ния всех необходимых сборочных операций, совместной обработки (пригонки, регулирования составных частей) и контроля.

Сборочная единица на главном изображении должна быть расположена в рабочем положении или в положении, при котором осуществляется сборка. Например, вентили, задвижки, краны изображают с вертикальным расположением шпинделя.

3. Установить масштаб чертежа, формат листа, нанести рамку на полчертежа и основную надпись.

4. Произвести компоновку изображений, для этого вычислить габаритные размеры изделия и вычертить прямоугольники со сторонами, равными соответствующим габаритным размерам изделия.

5. Вычертить контур основной детали (как правило - корпуса, основания или станины). Наметить необходимые разрезы, сечения, дополнительные изображения. Чтобы избежать лишней графической работы, нужно сразу вычертить именно то изображение (вид или разрез), которое было намечено.

6. Вычертить остальные детали по размерам, взятым с рабочих чертежей деталей, в той последовательности, в которой собирают изделие. Каждая последующая деталь должна иметь общие сопрягаемые поверхности с уже вычерченными деталями. При этом следует помнить: если изображение представляет собой вид, то охватывающая деталь частично или полностью закрывает охватываемую; если разрез – то, наоборот, охватываемая деталь закрывает охватывающую.

7. Тщательно проверить выполненный чертеж, обвести его и заштриховать сечения.

При выполнении необходимых разрезов и сечений, показывающих взаимосвязь деталей в изделии, штриховку выполняют:

а) на одной и той же детали на различных изображениях с наклоном в одну и ту же сторону;

б) для смежных сечений двух деталей следует брать наклон линий штриховки для одного сечения вправо, для другого – влево (встречная штриховка).

В смежных сечениях со штриховкой одинакового наклона и направления следует изменять расстояние между линиями штриховки или сдвигать эти линии в одном сечении по отношению к другому.

На сварных, паяных, клеевых изделиях из однородного материала в сборе с другими изделиями допускается выполнять штриховку как монолитного тела (в одну сторону), при этом границы между деталями сварного соединения изображают сплошными основными линиями.

8. Нанести размеры:

1) габаритные. Это размеры, определяющие предельные внешние (или внутренние) очертания изделия. Если сборочная единица имеет подвижные части, перемещение которых приводит к изменению габаритных размеров, то следует указать наибольший и наименьший размеры;

2) установочные и присоединительные. Это размеры, определяющие величины элементов, по которым данное изделие устанавливают на месте монтажа или присоединяют к другому изделию. К ним относятся, например, размеры опорных оснований, расстояния между отверстиями в них, диаметры этих отверстий; расстояние от оси отверстия подшипника скольжения до опорной поверхности; размеры центровых окружностей и диаметры отверстий на фланцах;

3) размеры, характеризующие эксплуатационные показатели работы сборочной единицы. К этой группе, в частности, относят: диаметры проходных отверстий в вентилях и задвижках; диаметр отверстия под вал в подшипниках скольжения; расстояния между крайними положениями подвижных деталей; максимальные углы поворота рукояток; минимальные и максимальные размеры закрепляемых заготовок (в тисках и т.п.);

4) размеры, которые конструктор считает необходимым указать на сборочном чертеже. К ним относятся размеры плеч рычагов и рукояток, диаметры маховиков, расстояние между осями в зубчатых передачах, размеры деталей, необходимые для подбора слесарного инструмента (например, размеры под ключ). К этой же группе относятся также размеры элементов,

вычерченных условно и не указанных в спецификации: все резьбы (стандартные и специальные) на нестандартных деталях, параметры шлицевых соединений. Для специальных резьб с нестандартным профилем следует указать форму и размеры профиля (например, на выносном элементе);

5) размеры, по которым проводят дополнительную обработку отдельных составных частей в процессе сборки изделия. К ним относятся координаты расположения; диаметры и количество отверстий под винты, шрифты и т.п., которые обеспечивают фиксацию деталей относительно друг друга; размеры, необходимые для выполнения неразъёмных соединений (сваркой, пайкой и т.д.), кроме того, на сборочном чертеже могут быть приведены указания о способе выполнения неразъёмного соединения, например, «Завальцевать», «Кернить», «Обжать».

Габаритные размеры, перенесённые с чертежей деталей или являющиеся суммой размеров нескольких деталей, размеры, перенесённые с чертежей деталей и используемые в качестве установочных и присоединительных, эксплуатационные размеры и размеры, характеризующие положения движущихся частей изделия (ход поршня, ход штока), относятся к справочным и проставляются со «звёздочкой».

9. Заполнить основную надпись. В графе «Обозначение документа» необходимо указать «XXXX. XXXXXX. XXXСБ», под наименованием изделия записать: «Сборочный чертёж».

10. На отдельных форматах (А4) составить спецификацию (рис. 13.2).

11. Проставить номера позиций. На сборочном чертеже все составные части изделия нумеруют в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации изделия.

Правила нанесения позиций:

а) номера позиций указывают на полках линий-выносок, проводимых от видимых изображений составных частей преимущественно на главном изображении изделия;

б) номера позиций располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируют в колонку или строчку на одной линии;

в) размер шрифта номеров позиций должен быть на один-два размера больше, чем размер шрифта размерных чисел чертежа;

г) линии выносок не должны пересекаться между собой, не должны быть параллельны между собой и линиям штриховки. Линия-выноска на изображении заканчивается точкой, у зачерненных или узких площадей точку заменяют стрелкой;

д) допускается делать общую линию-выноску с вертикальным расположением номеров для группы крепежных деталей;

е) линии-выноски и полки выполняются толщиной в интервале от $S/2$ до $S/3$;

ж) номера позиций наносят один раз. При необходимости допускается повторно указывать номера позиций одинаковых составных частей, выделяя их двойной полкой.

Кроме изображений изделия, сборочный чертёж может содержать:

а) надписи с обозначением изображений (видов, разрезов и т.д.);

б) текстовую часть (технические требования), например, указания о совместной обработке, «Размеры для справок».

Текстовую часть размещают над основной надписью.

Надписи с обозначением изображений, текстовую часть располагают параллельно основной надписи.

Для обозначения на чертеже изображений (видов, разрезов, сечений) применяются все буквы русского алфавита, кроме Й, О, Х, Ъ, Ы, Ь. Буквенные обозначения присваивают в алфавитном порядке.

Пример оформления сборочного чертежа приведен на рисунке 13.1.

В соответствии с ГОСТ 2.102-68 *спецификация* – это документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта (рис.13.3).

Спецификация относится к текстовым конструкторским документам и заполняется в соответствии с ГОСТ 2.106-96 «Текстовые документы».

В спецификацию вносят составные части, входящие в специфицируемое изделие, а также конструкторские документы, относящиеся к этому изделию.

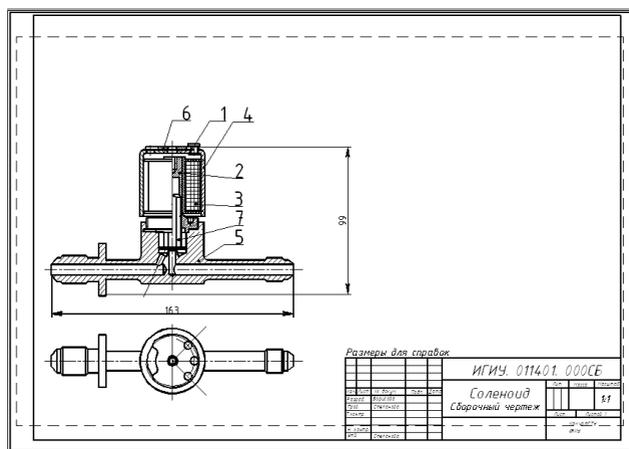


Рис. 13.1. Сборочный чертеж изделия «Соленоид»

Спецификацию составляют на отдельных листах формата А4 на каждую сборочную единицу с основной надписью по форме 2 (первый лист спецификации), рис. 2, и 2а (последующие листы).

Спецификация состоит из разделов, которые располагают в следующем порядке: документация, комплексы, сборочные единицы, детали, стандартные изделия, прочие изделия, материалы, комплекты.

Наименование каждого раздела указывают в виде заголовка в графе «Наименование» и подчёркивают сплошной тонкой линией.

В раздел «Документация» вносят данные о конструкторских документах, относящихся ко всему изделию в целом, например, сборочный чертёж.

В разделы «Комплексы», «Сборочные единицы» и «Детали» вносят данные о соответствующих составных частях, входящих в данное изделие. Запись изделий (сборочных единиц и деталей) рекомендуется выполнять в алфавитном порядке их наименований.

Код	Кол.	Наименование	Кол.	Примеч.
		<i>Документация</i>		
3		ИГИЧ. 0114.01. 000СБ	Сборочный чертеж	1
		<i>Детали</i>		
1		ИГИЧ. 0114.01. 001	Втулка	1
2		ИГИЧ. 0114.01. 002	Втулка	1
3		ИГИЧ. 0114.01. 003	Катушка	1
4		ИГИЧ. 0114.01. 004	Кожух	1
5		ИГИЧ. 0114.01. 005	Корпус	1
6		ИГИЧ. 0114.01. 006	Планка	1
7		ИГИЧ. 0114.01. 007	Сердечник	1
ИГИЧ. 0114.01. 000				
Соленоид				

Рис. 13.2. Спецификация на изделие «Соленоид»

В раздел «Стандартные изделия» последовательно записывают данные об изделиях, применяемых по различным категориям стандартов (по государственным, республиканским, отраслевым стандартам, по стандартам предприятий, затем по различным нормам). В пределах каждой категории стандартов запись производят по однородным группам (например,

масленки, подшипники, крепёжные изделия и т.д.) в пределах каждой группы – в алфавитном порядке наименований изделий, в пределах каждого наименования – в порядке возрастания обозначений стандартов, а в пределах каждого обозначения стандарта – в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

The drawing shows a rectangular table with the following dimensions and layout:

- Overall width: 70
- Overall height: 80
- Header row height: 15
- Header row width segments: 6, 6, 8, 70, 63, 10, 22
- Header row columns:
 - Column 1: "Обозначение" (width 6)
 - Column 2: "Наименование" (width 6)
 - Column 3: "Кол." (width 10)
 - Column 4: "Примечание" (width 22)
- Main body: A grid of 18 rows and 4 columns.
- Footer section (height 40):
 - Row 1: "Изм." (width 6), "Лист" (width 6), "№ докум." (width 8), "Подп." (width 6), "Инт." (width 6)
 - Row 2: "Разраб." (width 6), "Проб." (width 6), "Лит." (width 6), "Лист" (width 6), "Листов" (width 6)
 - Row 3: "И контр." (width 6), "Чтк." (width 6)

Рис. 13.3. Спецификация

В раздел «Прочие изделия» вносят данные об изделиях, применяемых по техническим условиям и т.п., за исключением стандартных. Запись данных об изделиях производят по однородным группам: в пределах каждой группы – в алфа-

витном порядке наименований изделий, а в пределах каждого наименования – в порядке возрастания основных параметров или размеров изделий.

В раздел «Материалы» вносят данные обо всех материалах, применяемых непосредственно при сборке изделия, например, пенька для уплотнения в сальниках; проволока. В этот раздел не вносят данные о материалах, из которых изготовлены составные части, изделия, указанные в предыдущих разделах спецификации. Данные о материалах записывают по видам в такой последовательности: металлы чёрные, металлы цветные, благородные и редкие.

Наличие тех или иных разделов определяется составом изделия, на которое составляется спецификация. При отсутствии какого-либо раздела, его заголовок в спецификации не пишут.

После каждого раздела спецификации оставляют несколько свободных строк для дополнительных записей.

В графе «Формат» указывают формат документов, применимых в спецификацию. Для стандартных изделий и материалов графу не заполняют. Для деталей, на которые не выпущены чертежи, в графе указывают «БЧ» (без чертежа).

В графе «Зона» указывают обозначение зоны, в которой находится записываемая составная часть (при разбивке чертежа на зоны по ГОСТ 2.104 – 68). Графу «Зона» студенты (курсанты) не заполняют.

В графе «Поз.» указывают порядковый номер составной части сборочной единицы в последовательности записи их в спецификации. Для раздела «Документация» номера позиций не присваивают.

В графе «Обозначения» указывают: в разделе «Документация» – обозначения записываемых документов; в разделах «Сборочные единицы», «Детали» – обозначения основных конструкторских документов (сборочные единицы и детали) в порядке возрастания цифр, входящих в обозначение; в разделах «Стандартные изделия», «Прочие изделия», «Материалы» графу «Обозначения» не заполняют.

В соответствии с ГОСТ 2.201–80 «Обозначения изделий и конструкторских документов» каждому изделию (детали, сборочной единице и др.) должно быть присвоено собственное обозначение, т.е. единственный буквенно-цифровой код, однозначно выделяющий данное изделие:

XXXX. XXXXXX. XXX

XXXX – код организации-разработчика (по коду организации);

XXXXXX – код классификационной характеристики изделия (по классификатору ЕСКД);

XXX – порядковый регистрационный номер изделия (от 001 до 999).

Это обозначение одновременно относится и к основному конструкторскому документу изделия (к чертежу детали или к спецификации). Для других (не основных) конструкторских документов к порядковому номеру обозначения добавляют код документа по ГОСТ 2.102 – 68.

Студенты (курсенты) указывают обозначение документов следующим образом:

XXXX. XXXXXX. XXXСБ – для сборочного чертежа;

XXXX. XXXXXX. XXX – для сборочных единиц и деталей, входящих в изделие.

В графе «Наименование» студенты указывают:

1) в разделе «Документация» – только наименование документов, например, «Сборочный чертёж»;

2) в разделах «Сборочные единицы» и «Детали» – наименование изделий в соответствии с основной надписью на чертежах этих изделий, например, «Корпус», «Втулка» и т.д., а для деталей, на которые не выпущены чертежи, указывают наименование, размеры и материал;

3) в разделе «Стандартные изделия» – наименование изделия в алфавитном порядке. В пределах каждого наименования – в порядке возрастания номера ГОСТа, а в пределах каждого ГОСТа – в порядке возрастания параметров изделия:

Гайки ГОСТ 5915 – 70

М 12 – 6Н.05

М14 – 6Н.04.016

4) в разделе «Материалы» указывают обозначения материалов, установленные в стандартах и технических условиях на эти материалы. В учебных сборочных единицах – это материалы для набивки сальникового уплотнения в клапанах или кранах. Например, набивка, крученая марки АП4 ГОСТ 5152-84. Длина набивки указывается в графе «Кол.», а размерность – в графе «Примечание» в погонных метрах.

В графе «Кол.» указывают:

1) для составных частей изделия, записываемых в спецификацию, количество их на одно специфицируемое изделие;

2) в раздел «Материалы» – общее количество материалов на одно специфицируемое изделие с указанием единиц измерения.

Наименования должны соответствовать принятой терминологии и быть по возможности краткими. Наименование пишут в именительном падеже единственного числа. В наименовании, состоящем из нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное, например, «Колесо зубчатое». В наименование изделия не включают, как правило, сведения о его назначении, местонахождении, например, «Корпус», «Крышка», «Гайка».

Наименование граф спецификации, независимо от величины графы, выполняют шрифтом 3,5 и располагают посередине графы и по высоте, и по ширине. Наименование разделов и весь текст спецификации выполняют шрифтом 5 по ГОСТ 2.304 – 81 строчными буквами (кроме первой прописной), отступая от начала графы примерно 5 мм. Наименование допускается записывать в несколько строк, при этом записи в последующих графах («Кол.» и «Примечание»), размещаемые в одну строку, начинают на уровне первой строки наименования.

Для записи ряда изделий или материалов, которые применяются по одному и тому же документу (например, стандарту) и отличаются лишь размерами, допускается общую часть наименования изделий и обозначение документа (стандарта) записывать один раз в виде заголовка и затем указывать для каждого изделия только размеры или параметры.

Упрощения при выполнении сборочных чертежей

Сборочные чертежи выполняются с упрощениями, предусмотренными стандартами Единой системы конструкторской документации для всех видов чертежей, а также с дополнительными условностями и упрощениями, установленными ГОСТ 2.109-73 специально для сборочных чертежей.

На сборочных чертежах перемещающиеся части изделия изображают в рабочем положении, но допускается изображать в крайнем или промежуточном положении с соответствующими размерами.

Разрешается не вычерчивать детали, изображения которых мешают понять конструктивные особенности деталей (крышки, кожухи, маховики, перегородки и т.п.). В таких случаях над изображением делают соответствующую надпись, например, «Крышка поз. 3 не показана».

На сборочном чертеже допускается помещать изображение пограничных (соседних) изделий («обстановки»), их вычерчивают сплошными тонкими линиями.

Изделия, приготовленные из прозрачного материала, изображают как непрозрачные. Допускается некоторые части, расположенные за непрозрачными деталями, изображать как видимые, например, шкалы, стрелки приборов, внутреннее устройство ламп, циферблата и т.п. Допускается не показывать видимые составные части изделий, или их элементы, расположенные за сеткой, а также частично закрытые впереди расположенными составными частями.

Внутреннее устройство сборочных единиц выявляют с помощью разрезов и сечений. Разрез на сборочном чертеже представляет собой совокупность разрезов отдельных деталей, входящих в сборочную единицу.

На разрезе показывают нерассеченными составные части, на которых оформлены самостоятельные сборочные чертежи.

Если секущая плоскость проходит вдоль осей винтов, заклепок, шпонок, непустотелых валов, шпинделей, шатунов, рукояток и т.п., то их на сборочных чертежах показывают нерассеченными. Нерассеченными на сборочных чертежах показывают также гайки, шайбы и шарики.

Крепежные резьбовые соединения (винтовые болтовые, шпилечные) изображают с упрощениями.

На сборочном чертеже допускается не показывать фаски, скругления, галтели, проточки, углубления, выступы, насечки, оплетки и другие мелкие элементы, а также зазоры между стержнем и отверстием.

При изображении пружины применяют условности и упрощения. Изделия, расположенные за винтовой пружиной, изображенной лишь сечениями витков, изображают до зоны, условно закрывающей эти изделия и определяемой осевыми линиями сечений витков; если диаметр проволоки пружины 2 мм и менее, то пружину в разрезах изображают сплошными утолщенными линиями.

Сварное, паяное, клееное изделие в сборе с другими изделиями в разрезах и сечениях штрихуют как монолитный предмет в одну сторону с изображением границ между деталями этого изделия сплошными линиями.

Если сборочная единица имеет несколько одинаковых равномерно расположенных деталей (или их комплектов), то изображают только одну-две детали (один-два комплекта), а остальные показывают упрощенно или условно, указав в спецификации полное их количество.

13.2. Разработка чертежей деталей

Деталирование состоит в выполнении *рабочих чертежей* деталей (рис. 13.4).

Существенным моментом при деталировании сборочных чертежей является умение выделять изображения отдельной детали из всех окружающих.

Деталирование выполняют в следующем порядке:

1. Изучить сборочную единицу, прочитав ее чертеж в указанной ранее последовательности.
2. Установить детали, чертежи которых необходимо выполнить. Процесс деталирования начинать с простых деталей.
3. Найти и проанализировать имеющиеся на чертеже изображения намеченной детали, определить ее главное изображение, а также число и состав необходимых изображений.

(Число и состав изображений детали на рабочем чертеже могут не соответствовать изображениям на чертеже сборочной единицы.)

4. Выбрать масштаб изображений, причем не обязательно выдерживать один и тот же масштаб для всех деталей: мелкие детали, особенно сложной формы, следует изобразить более крупно.

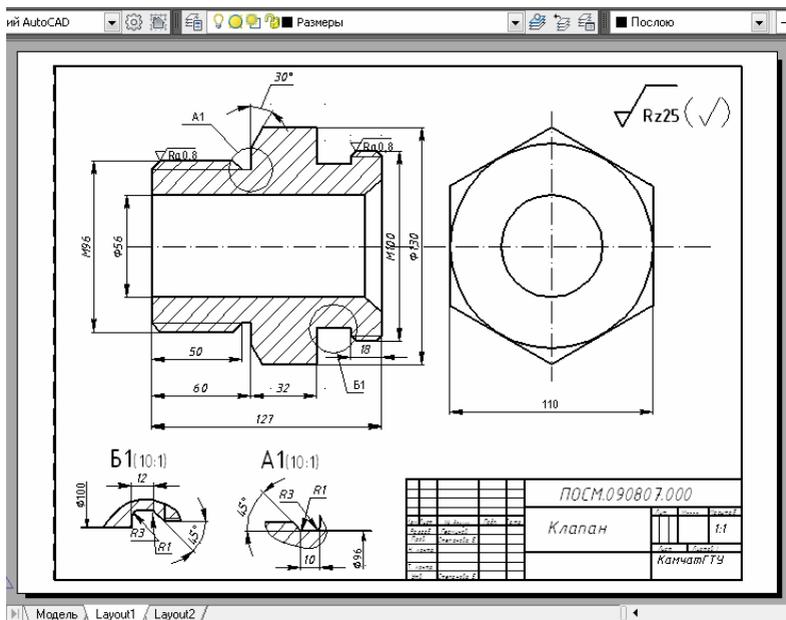


Рис. 13.4. Рабочий чертеж детали

5. Выбрать необходимый формат листа для выполнения чертежа.

6. Скомпоновать и последовательно выполнить изображения. На чертеже детали изображают и те ее элементы, которые на сборочном чертеже не показаны или показаны упрощенно, например, фаски, проточки, галтели и др. Размеры этих конструктивных элементов определяют не по сборочному чертежу, а по соответствующим стандартам.

7. Нанести на чертеже необходимые размеры, обозначения шероховатости (если необходимо) и другие данные.

8. Проверить чертеж и окончательно его оформить: заполнить основную надпись и указать при необходимости технические требования.

14. СХЕМЫ

14.1. Основные определения

Схема - конструкторский документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.

Схемы в зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав изделия, подразделяются, согласно ГОСТ 2.701-84, на следующие виды:

- электрические - Э;
- гидравлические - Г;
- пневматические - П;
- кинематические - К.

Схемы в зависимости от основного назначения подразделяются на следующие типы:

- структурные - 1;
- функциональные - 2;
- принципиальные (полные) - 3;
- соединений (монтажные) - 4;
- подключения - 5;
- общие - 6;
- расположения - 7.

Структурная схема дает общее представление о принципе действия устройства. На ней изображена совокупность звеньев объекта, связь между ними. Каждое звено является частью объекта и отвечает за какую-то элементарную функцию.

Звенья на схеме изображают в виде прямоугольников или условных графических обозначений, которые соединяются линиями взаимосвязи. Эти линии стоит обозначать стрелками для указания направления хода процессов между звеньями. Каждое звено изделия на схеме должно иметь наименование или обозначение.

Наименование может быть в форме условного обозначения и описывать тип элемента. В структурной схеме допускается использование дополнительных графиков, диаграмм и таблиц, а также можно указывать параметры и характеристи-

ки. Структурная схема должна давать представление о взаимодействии звеньев изделия.

Функциональная схема дает понять, что происходит в отдельных узлах устройства, объясняет принцип его работы. Функциональные части устройства и связи между ними обозначают в виде специальных графических условных обозначений. Отдельные функциональные части допускается изображать в виде прямоугольников. Если устройство или звено изображено в виде прямоугольника, то должен быть указан его тип и документ, на основании которого это устройство используется.

Каждому элементу функциональной схемы должно быть присвоено условное обозначение. Рекомендуется указывать технические характеристики каждой функциональной части устройства. Для каждой группы функциональных элементов должно быть указано обозначение, присвоенное ей на схеме, или ее наименование.

На функциональной схеме допускается изображение дополнительных графиков, диаграмм, таблиц, определяющих последовательность проходящих в устройстве процессов по времени, а также указание характеристик отдельных элементов и точек (напряжение, сила тока, импульсы и т.д.).

Таким образом, различие структурной и функциональной схем состоит в том, что структурная схема обрисовывает общую картину устройства и указывает на местоположение функциональных элементов и звеньев, а функциональная более точно описывает положение элементов в узлах, взаимодействие между элементами схемы.

Принципиальная схема - это схема, определяющая полный состав элементов и связи между ними и дающая детальное представление о принципах работы изделия.

На принципиальной схеме изображают все электрические элементы, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных электрических процессов, и все электрические связи между ними, а также электрические элементы (разъемы, зажимы и т.п.), которыми заканчиваются входные и выходные цепи.

Элемент схемы - составная часть схемы, которая выполняет определенную функцию в изделии и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное функциональное значение (резисторы, конденсаторы и т.д.).

Устройство - совокупность элементов, представляющая единую конструкцию (блок, плата, шкаф и т.д.).

Функциональная группа - совокупность элементов, выполняющих в изделии определенную функцию и не объединенных в единую конструкцию.

Наименование схемы определяется ее видом и типом (например, схема электрическая принципиальная, схема гидравлическая принципиальная).

Шифры схем, входящих в состав конструкторской документации изделий, должны состоять из буквы, определяющей вид схемы, и цифры, обозначающей тип схемы (например, схема электрическая принципиальная - ЭЗ).

14.2. Общие правила выполнения электрических схем

Электрические принципиальные схемы оформляются в соответствии с ГОСТ 2.101-68, ГОСТ 2.102-68 и должны отличаться выразительностью и четкостью графического решения.

На электрических принципиальных схемах указывают взаимное расположение отдельных изделий (элементов и устройств) и порядок соединения их линиями электрической связи с источниками тока и между собой.

При оформлении схем применяются УГО (условные графические обозначения), установленные стандартами ЕСКД ГОСТ 2.721-74...2.759-82.

При графическом оформлении принципиальной схемы необходимо учитывать следующие правила и рекомендации.

Схемы выполняются для изделий, находящихся в отключенном положении. Элементы схем показывают УГО, установленными стандартами ЕСКД. Размеры УГО приведены в ГОСТ 2.147-68, ГОСТ 2.128-74, ГОСТ 2.130-13, ГОСТ 2.155-74. Элементы, размеры которых в указанных стандартах не установлены, необходимо изображать на схеме в размерах, в

которых они выполнены в этих стандартах.

Все размеры графических обозначений допускается пропорционально изменять.

Графические обозначения на схемах следует выполнять линиями той же толщины, что и линии связи (0,2 -1,0 мм), (утолщенные линии выполняются вдвое толще принятой толщины линии связи).

Условные графические обозначения элементов изображают в положении, в котором они приведены в стандартах, или повернутыми на угол, кратный 90° (допускается осуществлять поворот на угол, кратный 45°).

Рекомендуемая толщина линий связи от 0,3 до 0,4 мм.

Линии связи должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков и иметь наибольшее количество изломов. В отдельных случаях допускается применять наклонные отрезки линий связи.

Обрывы линий связи заканчивают стрелками с указанием обозначения этой линии и характеристик цепей (полярности, потенциала и т.п.).

Всем элементам, устройствам и функциональным группам изделия, изображенным на схеме, присваиваются позиционные обозначения, содержащие информацию о виде элемента и его порядковом номере в пределах данного вида.

Позиционные обозначения проставляют рядом с условными графическими обозначениями элементов с правой стороны или над ними.

Позиционное обозначение состоит из трех частей, имеющих самостоятельное смысловое значение.

В первой части указывают вид элемента одной или несколькими буквами согласно ГОСТ 2.710-81, например: R - резистор, С - конденсатор и т.д.

Во второй части указывается порядковый номер элемента в пределах данного вида, например: R1, R2, ..., R12, C1, C2, ..., C14.

В третьей части допускается указывать соответствующее функциональное назначение, например: C4J- конденсатор C4 используется как интегрирующий.

Порядковые номера присваивают, начиная с единицы, в пределах группы с одинаковыми позиционными обозначениями в соответствии с последовательностью расположения элементов на схеме, считая, как правило, сверху вниз в направлении слева направо.

14.3. Перечень элементов

Все сведения об элементах, входящих в состав изделия и изображенных на схеме, записывают в *перечень элементов*, который помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа на листе формата А4 с основной надписью по форме 2 или 2а ГОСТ 2.104-68.

Перечень элементов помещают на первом листе схемы в виде таблицы, заполняемой сверху вниз по форме (рис. 14.1), над основной надписью на расстоянии не менее 12 мм от нее. Продолжение таблицы помещают слева от основной надписи, повторяя заголовок таблицы.

В графах перечня указывают следующие данные:

- в графе «Поз. обозначение» - позиционное обозначение элемента устройства;
- в графе «Наименование» - наименование элемента в соответствии с документом, на основании которого этот элемент применен, а также обозначение этого документа (основной конструкторский документ: ГОСТ, ТУ);
- в графе «Примечание» - технические данные элемента, не содержащиеся в его наименовании.

Элементы записывают по группам (видам) в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений, располагая по возрастанию порядковых номеров в пределах каждой группы, при цифровых обозначениях – в порядке возрастания цифр. Между отдельными группами элементов или между элементами в большой группе рекомендуется оставлять несколько незаполненных строк для внесения изменений.

Поз. обознач.	Наименование	Кол.	Примеч.
	Конденсаторы		
C1, C2	K50-16-50B-47 мкФ	2	

Рис. 14.1. Перечень элементов

Если перечень элементов выпускают в виде самостоятельного документа, то ему присваивают код, который должен состоять из буквы «П» и кода схемы, например: ПЭЗ – код перечня элементов к электрической принципиальной схеме. При этом в основной надписи перечня под наименованием изделия, для которого составлен перечень, делают запись «Перечень элементов» шрифтом на один-два размера меньшим того, каким записано наименование изделия, а в графе «Обозначение» основной надписи указывают код.

15. ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В AUTOCAD

15.1. Типы моделей трехмерных объектов

В AutoCAD можно создавать три типа трехмерных моделей: каркасные, поверхностные и объемные.

- *Каркасные* модели (*объекты-сети*), как следует из названия, отображаются в виде ребер и не имеют объема. Например, линия, начерченная в трехмерном пространстве, уже может считаться каркасной моделью. Сети позволяют гибко работать с формой объектов в Автокаде. К тому же, их можно сглаживать, что является неоспоримым преимуществом.

- *Поверхностные* модели, в отличие от каркасных, содержат еще информацию о поверхностях, формирующих объект, поэтому они обеспечивают более точное описание объектов. Поверхность в AutoCAD представляет собой тонкую оболочку, не имеющую объема или массы.

- *Твердотельные* модели представляют собой точные копии реальных объектов, так как, кроме всего прочего, содержат информацию об объеме, занимаемом этими объектами.

Используя логические операции, такие как объединение, вычитание и пересечение, можно создавать твердотельные объекты различной сложности.

15.2. Просмотр трехмерных объектов.

Типовые направления проецирования

Чтобы воспользоваться всеми возможностями трехмерного черчения, предоставляемыми программой, следует переключиться из пространства AutoCAD «Классический AutoCAD» или «Двухмерное черчение и аннотирование» в «Трехмерное моделирование». Принципы работы с программой при трехмерном моделировании остаются теми же, что и в рабочем пространстве AutoCAD «Классический AutoCAD» или «Двухмерное черчение и аннотирование».

До сих пор, работая с двухмерными чертежами, мы видели модель только в одной плоскости XY. Однако в трех измерениях не обойтись без просмотра модели с различных точек

обзора. Основным способом является так называемый вид в плане – это тот вид, который мы привыкли видеть на двухмерных чертежах. Модель в этом случае изображается так, как если бы мы смотрели на нее сверху.

Использование типовых проекций значительно упрощает просмотр трехмерных объектов. Направление проецирования можно выбрать с помощью команд группы меню «Виды» на вкладке «Отображение» ленты. Программа предлагает выбрать шесть типовых проекций и четыре изометрических вида.

Итак, можно выбрать один из следующих типовых видов.

- Верх – точка зрения в этом случае находится над моделью. Это основной вид – вид в плане.

- Низ – объект отображается так, как если бы вы смотрели на него снизу.

- Слева – модель показывается с левой стороны.

- Справа – модель показывается с правой стороны.

- Спереди – в этом случае модель отображается спереди.

Данный вид соответствует фронтальной проекции на технических чертежах.

- Сзади – модель изображается так, как если бы на нее смотрели сзади.

- Ю-З изометрический – юго-западный изометрический вид. При использовании различных изометрических видов чертеж всегда изображается сверху, только в различных видах пользователь смотрит на модель при разном повороте вокруг вертикальной оси. В данном случае видны левая, передняя и верхняя стороны модели. Так как в изометрических видах изображаются три измерения, а не два, как раньше, при этом можно увидеть гораздо больше деталей.

- Ю-В изометрический – в этом случае модель также показывается в трех измерениях. Пользователю видны правая, передняя и верхняя стороны модели.

- С-В изометрический – северо-восточный изометрический вид позволяет увидеть правую, заднюю и верхнюю стороны модели.

- С-З изометрический – северо-западный изометрический вид приближает к пользователю левую, заднюю и верхнюю стороны конструкции.

При всем многообразии типовых проекций и изометрических видов может возникнуть необходимость выбрать произвольную точку обзора. Например, при использовании стандартных изометрических видов в правильных фигурах, таких как куб, некоторые ребра могут накладываться друг на друга. Описанная проблема решается смещением точки обзора в произвольное место.

Одним из способов получить нестандартный вид модели является использование команды «Установка точки зрения».

Еще одно средство установки нужного вида – трехгранник осей и компас. Чтобы воспользоваться данной возможностью, выполните команду «Точка зрения». Попробуйте подвигать мышью, и вы увидите, как перемещается маленькое перекрестье в правом верхнем углу и при этом вращается пиктограмма системы координат. Рисунок, расположенный в углу, называется компасом. Чтобы понять, как задать точку зрения с помощью данного инструмента, постарайтесь подключить свое воображение и представить, что данный компас – это развернутый на плоскости глобус, причем центр окружностей представляет собой северный полюс. Находясь в этой точке, вы смотрите на модель сверху. Внутренняя окружность – это экватор (вид сбоку), а вся внешняя окружность – это южный полюс (вид снизу). Чтобы выбрать нужный вид, установите указатель в выбранную позицию и щелкните левой кнопкой мыши. Теперь модель отобразится на экране с учетом положения указателя в компасе.

На первом этапе применение трехгранника осей и компаса может показаться затруднительным, однако, освоив данный инструментарий, вы сможете быстро задавать положение точки зрения – многим этот метод кажется наиболее удобным.

Режим «Орбита» служит для просмотра модели и установки точки зрения. При использовании данного инструмента пользователь как бы вращается вокруг пространственной мо-

дели, что позволяет рассмотреть ее под различными углами. В режиме «Орбита» нельзя использовать другие команды для редактирования модели.

15.3. Ввод трехмерных координат

Для представления и обработки трехмерных моделей программа AutoCAD применяет международную систему МСК. Соответствующий значок вы можете найти внизу чертежа с левой стороны. Вправо направляется ось X, вверх - Y. Также есть и ось Z, простирающаяся по отношению к пользователю и по перпендикуляру к двум остальным осям. Формирование трехмерных объектов подразумевает собой одновременное использование всех координатных осей.

Построение новых объектов всегда происходит путем задания координат. Как в двухмерном, так и в трехмерном пространстве для этого могут применяться различные методы. Правда, ввод трехмерных координат обладает некоторыми особенностями, которые мы и рассмотрим.

При построении трехмерных объектов можно использовать те же способы задания координат, которые применяются при двухмерном моделировании. Отличительной особенностью указания пространственных координат является лишь то, что к осям X и Y, используемым ранее, добавляется еще и ось Z, проходящая перпендикулярно плоскости XY. Поэтому положение точек теперь будет определяться тремя координатами: x, y и z. Что касается полярных координат, применяемых в двухмерных чертежах, то в трехмерном пространстве их аналогами являются цилиндрические и сферические координаты. Кроме того, задавать координаты можно и в интерактивном режиме, то есть указывая их непосредственно на чертеже с помощью мыши.

В трехмерном пространстве декартовы координаты имеют формат @X, Y, Z. Как видно, прямоугольные координаты почти так же указывались и в двухмерном пространстве – только добавилась третья координата. Напомним, что символа @ может и не быть, тогда положение точки будет задано относительно начала текущей системы координат – абсолют-

ные координаты. Если же этот символ присутствует, то задается положение точки относительно предыдущей, то есть используются относительные прямоугольные координаты. В трехмерных чертежах чаще применяют именно относительные координаты.

Абсолютные цилиндрические координаты представляются в формате *расстояние*<*угол*, *расстояние*. В данной записи первое расстояние – это длина проекции на плоскость XY вектора, начинающегося в начале текущей системы и заканчивающегося в точке, координаты которой задаются. Угол указывает значение между осью X и упомянутой проекцией вектора на плоскость XY. Второе расстояние, которое вводится после запятой, – это смещение точки вдоль оси Z. Как видно, цилиндрические координаты отличаются от полярных лишь добавлением координаты z.

Если применяются относительные цилиндрические координаты, то перед предыдущей записью будет еще добавлен символ @. Тогда координата точки будет указываться путем смещения ее относительно предыдущей. Следует заметить, что при использовании цилиндрических координат, как абсолютных, так и относительных, указываемые расстояния фактически представляют собой катеты прямоугольного треугольника.

Абсолютные сферические координаты представляются в формате *расстояние* <*угол* <*угол*. В данной записи расстояние – это длина вектора, который проходит от начала координат до указываемой точки. Первый угол отсчитывается от оси X до проекции вектора на плоскость XY. Еще одно значение, которое следует указать, – это угол между плоскостью XY и упомянутым вектором.

Сферические координаты также могут быть и относительными. В этом случае как всегда добавляется знак @, а координата точки указывается путем смещения ее от предыдущей точки. Следует отметить, что, в отличие от цилиндрических координат, где расстояние до точки указывалось косвенным образом, в сферических координатах расстояние до точки указывается прямо.

15.4. Твердотельное моделирование

Существует два принципиально разных подхода к созданию трехмерных объектов:

— используя стандартные 3D примитивы (ящик, сфера, конус и т.д.);

— преобразуя плоский чертеж (2D объекты) в трехмерные, посредством использования соответствующих команд («Выдавить», «Сдвиг» и др.).

Плоскость рабочего поля, совпадающая с XY в МСК, именуется плоскостью построений. Для двумерных предметов всегда можно менять уровень через изменения параметра Z.

«ПЛОСКПОВ» — эта команда применяется в тех случаях, когда необходимо создать плоскую поверхность с произвольной формой ее граничного контура, которая в дальнейшем будет служить основанием для пространственных объектов. Плоская поверхность создается из замкнутых объектов или из прямоугольника, углы которого задаются в процессе его построения.

В качестве плоской замкнутой кривой можно использовать прямоугольники, круги, эллипсы, полилинии и сплайны. Кроме того, поверхность прямоугольной формы создается, если сразу же после вызова команды задать координаты вершин прямоугольной области. В случае криволинейной границы поверхности вместо указания координат углов прямоугольной области нужно воспользоваться опцией команды «Объект».

Область можно использовать для создания плоских поверхностей с закругленными кромками и твердых тел со сложными боковыми поверхностями. При этом сечения тел будут копировать замкнутый контур региона, из которого создавалось это тело.

Область создается из замкнутого контура, образованного из отрезков, полилиний, окружностей, дуг, эллипсов, эллиптических дуг и сплайнов. Контур должен состоять из одного замкнутого объекта или из замкнутой последовательности

объектов, соединяющихся в общих точках. Чтобы создать контур из пересекающихся кривых, нужно воспользоваться командой «КОНТУР», которая построит сначала замкнутый контур, а потом создаст область.

Тела можно создавать выдавливанием плоских кривых, таких как:

- ✓ отрезки;
- ✓ круговые и эллиптические дуги;
- ✓ плоские двумерные и пространственные полилинии, причем ширина их игнорируется, а полилинии с пересекающимися сегментами не выдавливаются;

- ✓ 2D-сплайны;
- ✓ круги и эллипсы;
- ✓ 2D-фигуры;
- ✓ полосы;
- ✓ области;
- ✓ плоские 3D-границы;
- ✓ плоские поверхности;
- ✓ плоские грани на телах. При выборе грани следует нажать и удерживая клавишу <Ctrl>.

Для создания поверхностей и тел применяется команда «ВЫДАВИТЬ».

Если выдавливается разомкнутая кривая или замкнутая кривая, составленная из разных объектов, соединенных между собой, то командой создается поверхность. В том случае, если замкнутый контур составляет единый объект, при выдавливании создается тело.

Форму выдавленного тела или поверхности можно сформировать не только за счет создания контура, но и при помощи угла выдавливания и пути (траектории), по которому выдавливается контур.

При выдавливании вдоль траектории ее нужно создавать в плоскости, перпендикулярной выдавливаемому объекту. Она не должна иметь участков большой кривизны, и если на траектории имеется излом, то в месте соединения создается скос в плоскости, делящей пополам угол между сегментами.

В качестве траекторий можно использовать следующие объекты:

- ✓ отрезки;
- ✓ дуги и круги;
- ✓ эллипсы и эллиптические дуги;
- ✓ двумерные и трехмерные полилинии;
- ✓ двумерные и трехмерные сплайны;
- ✓ грани тел и поверхностей;
- ✓ спирали.

Выдавленное твердое тело начинается от плоскости объекта и сохраняет его ориентацию относительно траектории.

Выдавливание по высоте и углу сужения.

Высота выдавливания определяет расстояние между начальной и конечной плоскостью выдавливания модели и может принимать положительные или отрицательные значения. Отрицательный угол сужения расширяет модель, а положительный — сужает ее.

После выдавливания тела можно оставить или стереть исходный плоек объект и траекторию выдавливания. Для рисования объектов с наклонными сторонами используется конусное выдавливание при помощи опции «Угол сужения». Рекомендуется задавать большие углы сужения; иначе образующие кону могут сойтись в одну точку до того, как будет достигнута требуемая глуби-выдавливания.

Команда «Вытягивание» позволяет создавать твердые тела сложной формы вытягиванием или сжатием области любой конфигурации, полученной, например, в результате пересечения плоских объектов или являющейся гранью твердого тела. Вытягивание осуществляется в положительном или отрицательном направлении перпендикулярно плоскости, в которой находится вытягиваемая область.

Так как команда вытягивает или сжимает ограниченный контур, а не объект, то не требуется предварительного преобразования этого контура в замкнутую полилинию.

Тела и поверхности можно создавать вращением контуров вокруг оси на данный угол. Если контур замкнутый, то

создается тело, а поверхности создаются вращением разомкнутых контуров.

Поверхности и тела вращения создаются командой «ВРАЩАЙ», которую можно применять к следующим объектам, поворачиваемым вокруг оси:

- ✓ отрезки;
- ✓ круговые и эллиптические дуги;
- ✓ дуги;
- ✓ двумерные полилинии;
- ✓ 2D-сплайны;
- ✓ круги и эллипсы;
- ✓ плоские трехмерные грани;
- ✓ полосы;
- ✓ области;
- ✓ плоские поверхности;

Одна и та же команда «СДВИГ» позволяет получить твердое тело или поверхность.

Если вдоль траектории сдвигается замкнутый контур, то получаете тело, а при сдвиге разомкнутой кривой — получается поверхность. Операция сдвига отличается от выдавливания вдоль траектории тем, что сдвигаемый контур сначала устанавливается перпендикулярно траектории, а затем сдвигается вдоль нее. Одновременно можно сдвигать несколько объектов, если они лежат в одной и той же плоскости. Для сдвига вдоль траектории можно использовать следующие объекты:

- ✓ отрезки;
- ✓ круговые и эллиптические дуги;
- ✓ дуги;
- ✓ двумерные полилинии;
- ✓ 2D-сплайны;
- ✓ круги и эллипсы;
- ✓ плоские трехмерные грани;
- ✓ полосы;
- ✓ области;
- ✓ плоские поверхности;
- ✓ плоские грани тела.

В качестве траектории сдвига используются следующие объекты:

- ✓ отрезки;
- ✓ круговые и эллиптические дуги;
- ✓ дуги;
- ✓ двумерные полилинии;
- ✓ D-сплайны;
- ✓ круги и эллипсы;
- ✓ 3D-сплайн;
- ✓ 3D-полилиния;
- ✓ Спираль;
- ✓ Кромки тела или поверхности.

Как и в случае сдвига и вращения кривой, для получения твердого тела с помощью сечений, произвольно ориентированных в пространстве, контуры сечений должны быть единым замкнутым объектом.

В случае разомкнутых кривых и замкнутых кривых, состоящих из нескольких объектов, команда создает поверхность. Не допускается одновременное использование замкнутых и разомкнутых кривых.

Для формирования сечений, из которых создается тело или поверхность, можно использовать следующие объекты:

- ✓ отрезок;
- ✓ эллиптическая дуга;
- ✓ дуга;
- ✓ 2D-полилиния;
- ✓ 2D-сплайны;
- ✓ круги и эллипсы;
- ✓ плоская грань тела;
- ✓ полоса;
- ✓ область;
- ✓ плоские 3D-грань;
- ✓ точки (только первого и последнего поперечного сечения);

В качестве траектории могут быть использованы следующие объекты:

- ✓ отрезок;

- ✓ эллиптическая дуга;
- ✓ дуга;
- ✓ двумерная полилиния;
- ✓ сплайн;
- ✓ круги и эллипсы;
- ✓ трехмерная полилиния;
- ✓ спираль.

С помощью команды «ПРЕОБРВТЕЛЮ» можно преобразовать плоские замкнутые объекты, имеющие высоту, в выдавленные тела. Высота присваивается на палитре свойств объектам уже созданному объекту.

Эту команду можно применить к следующим объектам:

- ✓ полилиниям постоянной ширины, имеющим высоту;
- ✓ замкнутым полилиниям с нулевой шириной, имеющим высоту;
- ✓ кругам, имеющим высоту.

Любое тело сколь угодно сложной геометрической формы можно создать из простейших тел, если воспользоваться булевыми операциями, к которым относятся сложение, вычитание и пересечение тел.

Рассмотрим алгоритм создания твердотельной модели по рисунку 15.1.

1. Предварительно, необходимо перейти в юго-западную изометрию. С помощью команды «Ящик» создать параллелепипед длиной 80 мм, шириной 42 мм, высотой 48 мм на свободном месте (рис. 15.2).

2. С помощью команды «Ящик» создать параллелепипед длиной 15 мм, шириной 42 мм, высотой 30 мм на свободном месте (рис.15.2).

3. Скопировать последний параллелепипед (рис.15.2).

4. Переместить два полученных параллелепипеда внутрь большого (рис. 15.3).

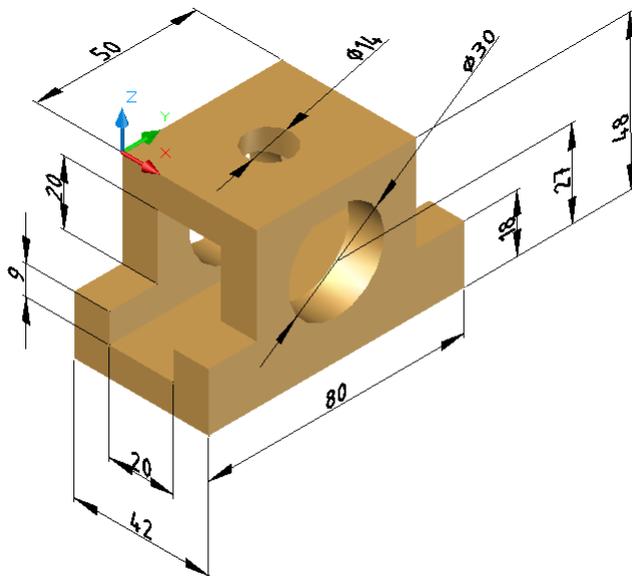


Рис.15.1. Твердотельная модель

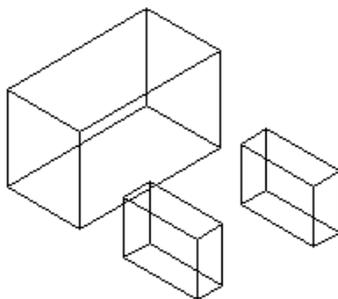


Рис.15.2. Параллелепипеды

5. С помощью команды «Вычесть» вырезать маленькие параллелепипеды из большого (рис. 15.4).

6. С помощью команды «Ящик» создать параллелепипед длиной 180 мм, шириной 20 мм, высотой 29 мм на свободном месте (рис. 15.5).

7. Предварительно, необходимо командой «ПСК» установить ПСК в точку 1 (рис. 15.4).

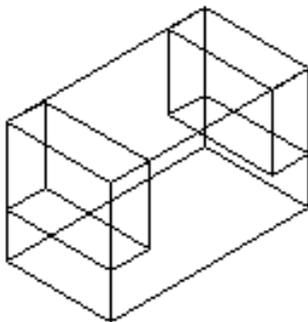


Рис. 15.3. Твердотельная модель

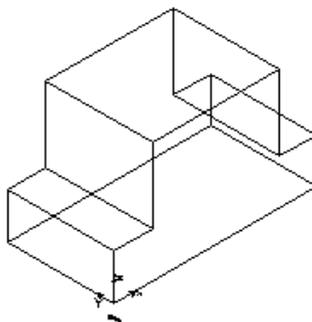


Рис. 15.4. Твердотельная модель

8. С помощью команды «Создать блок» создать блок параллелепипеда с точкой вставки (рис. 15.5).

9. Командой «Вставить блок» вставить блок в точку 0,31,9 предварительно установить флажок «Расчленить» (рис. 15.6).

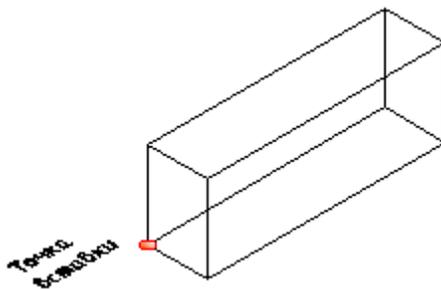


Рис. 15.5. Параллелепипед

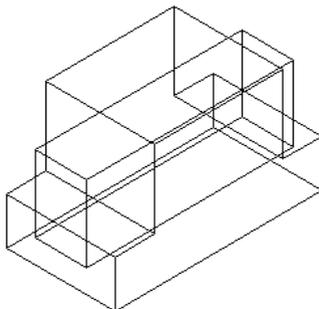


Рис. 15.6. Твердотельная модель

10. С помощью команды «Вычесть» вырезать параллелепипед (рис. 15.7).

11. С помощью команды «Цилиндр» создать цилиндр радиусом 7 мм и высотой -10 мм в центре верхней части модели в точке 40,21,48 (рис.15.8).

12.С помощью команды «Вычесть» вырезать цилиндр из модели (рис.15.8).

13.С помощью команды «ПСК опция X» повернуть ПСК вокруг оси X на 90° .

14.С помощью команды «Цилиндр» создать цилиндр радиусом 15 мми высотой -42 мм в центре верхней части модели в точке 40,27,0 (рис. 15.8).

15.С помощью команды «Вычесть» вырезать цилиндр из модели (рис. 15.8).

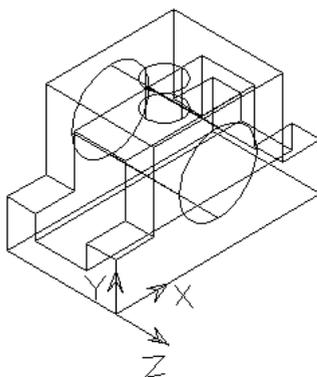
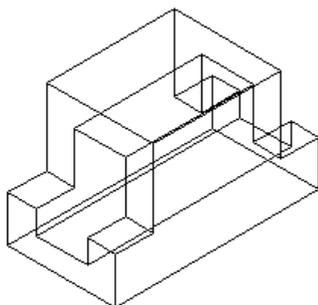


Рис. 15.7. Твёрдотельная модель

Рис. 15.8. Твёрдотельная модель

16. УСТРОЙСТВА ВВОДА И ВЫВОДА ГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Устройства, с помощью которых информация или вводится в компьютер или выводится из него, называются внешними (периферийными) или устройствами ввода/вывода данных.

16.1. Устройства ввода информации

Сканер - устройство для считывания графической и текстовой информации в компьютер.

С помощью сканера в память ЭВМ можно вводить тексты, схемы, рисунки, графики, фотографии и любую другую графическую информацию. Файл, создаваемый сканером в памяти ЭВМ, называется битовой картой. С помощью специального программного обеспечения компьютер может распознавать символы во введенной через сканер картинке. Это позволяет быстро вводить напечатанный (а иногда и рукописный) текст в компьютер. Сканеры бывают планшетные (настольные) (они обрабатывают весь лист бумаги целиком) и ручные (их надо проводить над нужным рисунком или текстом), черно-белые и цветные (воспринимающие цвета).

Существует два формата представления графической информации в файлах компьютера растровый и векторный. В растровом формате графическое изображение запоминается в файле в виде мозаичного набора множества точек (нулей и единиц), соответствующих пикселям отображения этого изображения на экране монитора. Редактировать такой файл средствами стандартных текстовых и графических процессоров невозможно, так как они не работают с мозаичным представлением информации.

Наиболее предпочтительным является использование сканера совместно с программами систем распознавания образов.

Глубина цвета — это величина, характеризующая количество цветов, которое способен распознавать сканер.

Глубине цвета в 1 бит соответствует черно-белый режим работы сканера. В сером режиме глубина цвета составляет обычно 8 бит (256 оттенков серого цвета). Для цветного сканирования с передачей различных оттенков необходима глубина цвета свыше 24 бит.

Ещё одним устройством ввода-вывода графической информации является графический планшет. Он используется, как правило, в системах автоматического конструирования (САПР) для ввода чертежей в компьютер.

Графический планшет — это устройство для ввода контурных изображений.

Для ввода графической информации используют сканеры, графические планшеты (дигитайзеры) и цифровые фотокамеры. Интересно отметить, что с помощью сканеров можно вводить и знаковую информацию. В этом случае исходный материал вводится в графическом виде, после чего обрабатывается специальными программными средствами (программами распознавания образов),

Планшетные сканеры. Планшетные сканеры предназначены для ввода графической информации с прозрачного или непрозрачного листового материала. Принцип действия этих устройств состоит в том, что луч света, отраженный от поверхности материала (или прошедший сквозь прозрачный материал), фиксируется специальными элементами, называемыми приборами с зарядовой связью (ПЗС). Обычно элементы ПЗС конструктивно оформляют в виде линейки, располагаемой по ширине исходного материала. Перемещение линейки относительно листа бумаги выполняется механическим протягиванием линейки при неподвижной установке листа или протягиванием листа при неподвижной установке линейки.

Основными потребительскими параметрами планшетных сканеров являются:

- разрешающая способность;
- производительность;
- динамический диапазон;
- максимальный размер сканируемого материала.

Разрешающая способность планшетного сканера зависит от плотности размещения приборов ПЗС на линейке, а также от точности механического позиционирования линейки при сканировании. Типичный показатель для офисного применения: 600-1200 dpi (dpi – dotsperinch – количество точек на дюйм). Для профессионального применения характерны показатели 1200-3000 dpi.

Производительность сканера определяется продолжительностью сканирования листа бумаги стандартного формата и зависит как от совершенства механической части устройства, так и от типа интерфейса, использованного для сопряжения с компьютером.

Динамический диапазон определяется логарифмом отношения яркости наиболее светлых участков изображения к яркости наиболее темных участков. Типовой показатель для сканеров офисного применения составляет 1,8-2,0, а для сканеров профессионального применения – от 2,5 (для непрозрачных материалов) до 3,5 (для прозрачных материалов).

Ручные сканеры. Принцип действия ручных сканеров в основном соответствует планшетным. Разница заключается в том, что протягивание линейки ПЗС в данном случае выполняется вручную. Равномерность и точность сканирования при этом обеспечиваются неудовлетворительно, и разрешающая способность ручного сканера составляет 150-300 dpi.

Барабанные сканеры. В сканерах этого типа исходный материал закрепляется на цилиндрической поверхности барабана, вращающегося с высокой скоростью. Устройства этого типа обеспечивают наивысшее разрешение (2400-5000 dpi) благодаря применению не ПЗС, а фотоэлектронных умножителей. Их используют для сканирования исходных изображений, имеющих высокое качество, но недостаточные линейные размеры (фотонегативов, слайдов и т. п.)

Графические планшеты (дигитайзеры). Эти устройства предназначены для ввода художественной графической информации. Существует несколько различных принципов действия графических планшетов, но в основе всех их лежит фиксация перемещения специального пера относительно

планшета. Такие устройства удобны для художников и иллюстраторов, поскольку позволяют им создавать экранные изображения привычными приемами, наработанными для традиционных инструментов (карандаш, перо, кисть). К техническим характеристикам планшетам относятся: разрешающая способность (линий/мм), площадь рабочей области и количество уровней чувствительности к нажатию пера.

16.2. Устройства вывода информации

Монитор. Устройство отображения информации на экране электронно-лучевой трубки или жидкокристаллического дисплея. Монитор подключается к компьютеру с помощью видекарты. Работает в одном из двух режимов – текстовом или графическом. В текстовом режиме экран состоит из строк и столбцов, например, в программе FAR можно задать режим работы 80 столбцов и 25 строк. В графическом режиме экран состоит из отдельных точек – пикселей. Каждый пиксель имеет свой цвет.

Основными параметрами экранного изображения в графическом режиме являются:

- графическое разрешение (разрешающая способность монитора);
- цветовое разрешение (глубина цвета).

Рассмотрим эти параметры.

1. Чем больше точек на экране, тем больше его разрешение и тем больше информации можно разместить на экране. Разрешение экрана можно менять средствами операционной системы. Например, можно назначить разрешение экрана 640×480 точек, 1280×1024 точек, 1024×768 точек и др. Чем выше разрешение, тем меньше размер каждой точки, тем выше четкость изображения.

2. Цветовое разрешение (глубина цвета) определяет количество цветовых оттенков, которое можно отобразить на экране одновременно. Для кодирования цвета выделяется 1, 2 и 3 байта, т.е. количество цветов может быть соответственно 256, более 65000 (режим HighColor для видекарты с ограничен-

ными возможностями) и более 16 миллионов (режим TrueColor).

Пределное цветовое разрешение зависит от объема видеопамати.

Современные компьютеры в основном оснащаются ЖК мониторами со следующими характеристиками: число цветов — от 65536 (16 бит) до нескольких миллиардов; разрешение - до 2048×1536, размер экрана — 14, 15, 17, 19, 21 дюймов, кадровая частота от 60 до 120 и более Гц; расстояние между пикселями 0,24 мм.

Принтер — печатающее устройство, предназначенное для вывода информации на бумагу или печатную плёнку.

Все принтеры могут выводить текстовую информацию, многие из них могут выводить также рисунки и графики, а некоторые принтеры могут выводить и цветные изображения.

Существует несколько тысяч моделей принтеров, которые могут использоваться с ПК. Как правило, применяются принтеры следующих типов матричные, струйные и лазерные, однако встречаются и другие (светодиодные, термопринтеры и т.д.)

Матричные принтеры. Это наиболее распространенный до недавнего времени тип принтеров. Принцип работы их таков печатающая головка принтера содержит вертикальный ряд тонких металлических иглоков. Головка движется вдоль печатаемой строки, а стержни в нужный момент ударяют по бумаге через красящую ленту. Это и обеспечивает формирование на бумаге символов и изображений.

В дешевых моделях принтеров используется печатающая головка с 9-10 иглами. Качество печати у таких принтеров посредственное, но его можно несколько улучшить с помощью печати в несколько проходов (от двух до четырех). Более качественная и быстрая печать обеспечивается принтерами с 24 печатающими иглками (24-точечными принтерами). Бывают принтеры и с 48 иглками, они обеспечивают еще более качественную печать. Скорость печати точечно-матричных принтеров от 10 до 60 секунд на страницу, печать рисунков может вы подняться медленнее до 5 мин на страницу. Произ-

водятся и специальные высокопроизводительные матричные принтеры.

Струйные принтеры. Струйные принтеры новый этап в развитии печатающих устройств после матричных. Они пришли на смену матричным принтерам. Рассмотрим принцип их работы. В этих принтерах изображение формируется микро каплями специальных чернил, выдуваемых на бумагу с помощью сопел. Этот способ обеспечивает более высокое качество печати по сравнению с матричными принтерами.

Современные струйные принтеры могут обеспечивать высокую разрешающую способность до 600 точек на дюйм. Для цветной печати цветные струйные принтеры часто являются самым оптимальным решением.

Следует заметить, что струйные принтеры требуют тщательного ухода и обслуживания. Скорость печати струйных принтеров — от 15 до 100 секунд на страницу, а время печати цветных страниц может достигать 8-10 минут (обычно 2-3 минуты).

Лазерные принтеры. Этот вид принтеров обеспечивают в настоящее время наилучшее качество печати. В них для печати используется принцип ксерографии, изображение переносится на бумагу со специального барабана, к которому электрически притягиваются частички краски. Отличие от обычного ксерокопировального аппарата состоит в том, что печатающий барабан электризуется с помощью лазера по командам из компьютера.

Лазерные принтеры являются наиболее удобными устройствами для получения качественных черно-белых печатных документов. Существуют и цветные лазерные принтеры.

Разрешающая способность лазерных принтеров, как правило, не менее 300 точек на дюйм (300 dpi), а современные лазерные принтеры обычно имеют разрешающую способность 600 точек на дюйм или более. В некоторых из них используют специальную технологию повышения качества изображения (RET, TurboRes и т.д.). Применение этих технологий эквивалентно повышению разрешающей способности принтера в 1,5 раза.

Скорость печати лазерных принтеров — от 8 до 12 секунд/ страница. Специальные высоко производительные принтеры имеют скорость работы от 15 до 40 страниц в минуту. Обычно такие принтеры подключаются к локальной сети и обслуживают всех пользователей этой сети.

Графопостроитель (плоттер) – устройство для вывода чертежей на бумагу.

Плоттеры бывают барабанного типа (работают с рулоном бумаги) и планшетного типа (в них лист бумаги лежит на плоском столе). Как правило, плоттеры используются в системах конструирования (САПР) для вывода чертежей.

Рекомендуемая литература

Основная

1. *Степанова Е.А.* Инженерная и компьютерная графика: Учеб. пособие/ ФГОУ ВПО "КамчатГТУ". - Петропавловск-Камчатский: холдинговая компания "НОВАЯ КНИГА", 2010. – 108 с.

2. *Чекмарев А.А.* Инженерная графика. – М.: Высшая школа, 2007. – 381 с.

3. *Гордон В.О.* и др. Курс начертательной геометрии. – М.: Высшая школа, 2008. – 272с.

Дополнительная

4. *Сафронова Л.К.* Конспект лекций по начертательной геометрии. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2007. – 148 с.

5. *Талалай П.Г.* Начертательная геометрия. Инженерная графика. – Издательство Лань, Санкт-Петербург, 2010. – 288 с.

6. *Надольская, Л.К. Сафронова.* Эскизирование деталей с натуры: Учебное пособие. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2010. – 94 с.