МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕ СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

С.Т. Наимов

ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Учебник для студентов сферы образования «Инженерное дело»

Ташкент-2021

Annotatsiya

Darslikda geometrik figuralarning proyeksiyalovchi tekisligidagi tasvir masalalari, ularning nisbiy holati va ularning kesishgan joylari ko'rib chiqilgan. Talabalarni geometrik, proektsion va texnik rasm chizishning asosiy texnikalari va qoidalari bilan tanishtirish uchun imkoniyat taqdim etiladi. Kompyuter texnologiyalari yordamida darslik rus tilida so'zlashadigan muhitda umumiy texnik fanlarni o'zlashtirishda foydali bo'lgan turli xil tushuncha va atamalarni o'zlashtirishga yordam beradi.

Аннотация

В учебнике рассматриваются вопросы изображения на плоскости проекции геометрических фигур, их взаимное расположение и их пересечения. Представлена возможность познакомить студентов с базовыми приемами и правилами геометрического, проекционного и технического черчения. При помоши компьютерных технологии учебник поможет освоить широкий круг понятий и терминов, которые будут полезны при освоении общетехнических дисциплин в русскоязычной среде.

Annotation

The textbook deals with the issues of images on the projection plane of geometric figures, their relative position and their intersections. The opportunity is presented to acquaint students with the basic techniques and rules of geometric, projection and technical drawing. With the help of computer technology, the textbook will help you master a wide range of concepts and terms that will be useful in mastering general technical disciplines in a Russian-speaking environment.

Составитель:

С.Т.Наимов - старший преподаватель кафедры «Начертательная геометрия и инженерная графика» Бухарский инженерно-технологический институт

Рецензенты

Собиров Т.Р. - кандидат педагогических наук профессор кафедры «Изобразительного искусства и инженерной графики» БГУ Ядгаров У.Т.– кандидат технических наук, доцент. Зав. кафедры

«Начертательной геометрии и инженерной графики» БИТИ

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИ	ІСЛОВИЕ	
ГЛАВА	А І. КОНСТРУКТОРСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ	
1.1.	Единая система конструкторской документации	12
1.2.	Виды изделий	12
1.3.	Виды конструкторских документов	13
1.4.	Оформление чертежей. Форматы	14
1.5.	Масштабы	16
1.6.	Линии	16
1.7.	Шрифты	17
1.8.	Основные надписи	21
1.9.	Нанесение размеров	23
Вопрос	ы для закрепления	35
ГЛАВА	А II. ОБРАЗОВАНИЕ ПРОЕКЦИЙ	
2.1.	Центральное проецирование	35
2.2.	Параллельное проецирование	37
2.3.	Основные инвариантные свойства параллельного	38
	проецирования	
2.4.	Точка и прямая	40
2.5.	Проекции точки	40
2.6.	Проекции прямой линии.	43
2.7.	Прямые уровня	44
2.8.	Проецирующие прямые	45
2.9.	Определение натуральной величины отрезка прямой	46
	способом прямоугольного треугольника.	
2.10.	Деление отрезка прямой в заданном отношении	47
2.11.	Следы прямой	48
2.12.	Взаимное положение двух прямых	50
Вопрос	ы для закрепления	52
ГЛАВА	А III. ПЛОСКОСТЬ	
3.1.	Способы задания плоскости на комплексном чертеже	52
3.2.	Положения плоскости в пространстве	54
3.2.1.	Проецирующие плоскости	55
3.2.2.	Плоскости уровня	56
3.3.	Прямая и точка в плоскости	57
3.4.	Параллельность прямой плоскости	60
3.5.	Параллельность двух плоскостей	61
3.6.	Перпендикулярность прямой плоскости	63
3.7.	Перпендикулярность двух плоскостей	64
3.8.	Определение видимости геометрических фигур	65
Вопрос	ы для закрепления	67

ГЛАВА	А IV. ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ЧЕРТЕЖА	
4.1.	Способ замены плоскостей проекций	69
4.1.1.	Замена одной плоскости проекций	69
4.1.2.	Замена двух плоскостей проекций	72
4.2.	Способ вращения	74
4.2.1.	Способ вращения вокруг линии уровня	74
4.2.2.	Способ вращения вокруг оси, перпендикулярной плоскости проекций	76
4.3.	Пересечение двух плоскостей	77
4.3.1.	Общий случай построения линии пересечения двух плоскостей	78
4.3.2.	Частные случаи построения линии пересечения двух плоскостей	79
4.4.	Пересечение прямой с плоскостью	81
4.4.1.	Общий случай пересечения прямой с плоскостью	82
Вопрос	ы для закрепления	83
ГЛАВА	АV. МНОГОГРАННИКИ	
5.1.	Многогранные поверхности	84
5.2.	Построение сечения многогранника плоскостью	87
5.3.	Развертка поверхности многогранника	89
Вопрос	ы для закрепления	91
ГЛАВА	А VI. ПОВЕРХНОСТЬ	
6.1.	Основные понятия и определения	92
6.2.	Поверхности нелинейчатые	95
6.2.1.	Нелинейчатые поверхности с образующей переменного вида	95
6.3.	Поверхности линейчатые	97
6.3.1.	Линейчатые поверхности с тремя направляющими	97
6.3.2.	Линейчатые поверхности с одной направляющей (торсы)	99
6.4.	Поверхности вращения	100
6.5.	Винтовые линейчатые поверхности	102
Вопрос	ы для закрепления	103
ГЛАВА	А VII. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ КРИВОЙ ПОВЕРХНОСТИ	
плос	КОСТЬЮ И ПРЯМОЙ ЛИНИЕЙ	
7.1.	Пересечение кривой поверхности плоскостью	104
7.2.	Пересечение поверхности вращения плоскостью	105
7.3.	Пересечение кривой поверхности прямой линией	110
7.4.	Пересечение двух кривых поверхностей	111
7.5.	Плоскость, касательная к поверхности	116
Вопрос	ы для закрепления	118
ГЛАВА	А VIII. МЕТРИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ	
8.1.	Определение угла между двумя пересекающимися прямыми	118
8.2.	Определение угла между двумя скрещивающимися прямыми	119

8.3.	Определение угла между прямой и плоскостью	120
8.4.	Определение угла между двумя плоскостями	121
8.5.	Определение расстояния между двумя геометрическими	124
	фигурами	
Вопрос	ы для закрепления	125
ГЛАВА	А IX. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ	
9.1.	Деление отрезка на равные части	125
9.2.	Построение и деление углов на равные части	127
9.3.	Деление окружности на равные части	128
9.4.	Сопряжения	130
9.4.1.	Сопряжение двух прямых.	130
9.4.2.	Сопряжение прямой и окружности.	131
9.4.3.	Сопряжение двух окружностей.	132
9.5.	Лекальные кривые	133
Вопрос	ы для закрепления	134
ГЛАВА	А Х. ВИДЫ, РАЗРЕЗЫ, СЕЧЕНИЯ	
10.1.	Виды	135
10.1.1.	Главные виды	136
10.1.2.	Дополнительные виды	138
10.1.3.	Местный вид	139
10.2.	Разрезы	140
10.2.1.	Наклонный разрез	144
10.2.2.	Местный разрез	144
10.2.3.	Соединение части вида детали с частью разреза	145
10.3.	Сложные разрезы	146
10.4.	Сечения	147
10.5.	Условные обозначения материалов в сечениях и разрезах	149
Вопрос	ы для закрепления	150
ГЛАВА	А XI. АКСОНОМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОЕЦИРОВАНИЕ	
11.1.	Виды аксонометрических проекций	151
11.2.	Основные параметры аксонометрических проекций	152
11.2.1.	Построение аксонометрических проекций плоских фигур	153
11.2.2.	Построение изометрической проекции прямоугольника	153
11.2.3.	Построение изометрической проекции правильного	154
	шестиугольника	
11.2.4.	Построение изометрической проекции окружности	156
11.3.	Косоугольная фронтальная диметрическая проекция	157
11.3.1.	Построение фронтальной диметрической проекции	157
	прямоугольника	
11.3.2.	Построение фронтальной диметрической проекции	158
	прямоугольника	
11.4.	Аксонометрические проекции деталей	160
11.5.	Построение разрезов в аксонометрических проекциях	163

11.6	Технический рисунок	165
Вопрос	ы лля закрепления	166
ГЛАВА	А XII. ЭСКИЗЫ И РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ ЛЕТАЛЕЙ	100
12.1.	Упрошенности и условности в чертежах	166
12.2.	Оформление эскиза и рабочего чертежа летали	170
12.3.	Построение нелостающей проекции летали по лвум заланным	172
12:01	проекциям	- , <u>-</u>
Вопрос	ы лля закрепления	174
Г.ЛАВА	А ХШ. СОЕЛИНЕНИЯ	171
13.1.	Классификация соединений	175
13.2.	Разъёмные соединения	176
13.2.1.	Изображение резьбы на чертеже	177
13.2.2.	Болтовое соелинение	179
13.2.3.	Шпилечное соелинение	184
13.2.4	Винтовое соединение	186
13.2.5	Трубные соединения	188
13.2.6	Фланцевые соединения	189
13.2.0	Соелинение леталей шпонкой	189
13.2.7.	Шлицевые соединения	192
13.2.0.	Соелинение штифтами	192
13.2.9.	Неразъёмные соединения	195
13 3 1	Сварные соединения	195
13.3.1.	Соелинение пайкой	196
13.3.2.	Клеевые соелинения	196
13.3.3.	Соелинение заклёпками	197
Вопрос	сосдинение закленками	198
ΓΠΑΒ	А XIV СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЁЖ	170
14 1	Основные понятия и правила оформления сборочного чертежа	198
14.1.	Порядок и правила выполнения сборочного чертежа	204
14.2.	Спецификация	207
14.3.	$\mathbf{P}_{a2Menti}$	207
14.4.	Петалирование сборочного цертежа	207
Ronnoc		210
ΓΠΔΒ	A XV СХЕМЫ	210
15.1	Общие сведения о схемах	216
15.1.1		210
15.1.1		210
15.1.2.	Сиправлические и пнерматические схеми	221
13.1.3. Вопрос	Тидравлические и пневматические схемы	223
Блара	ы для закрепления VVI КОМПЬЮТЕРНА Я ГРАФИКА	220
1 лава 16 1		227
10.1.	Ссповные понятия и определения накет программ AutoCAD	$\Delta \Delta I$
10.2.	Команды создания примитивов	241
10.3.	Команды оформления чертежей, рисунков	200
10.4.	команды редактирования и служеоные команды	203
вопрос	ы для закрепления	293

Глара	ХУП РАЗРАБОТКА И ВЫПО ПНЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ЛЕТ.	лтгй
і лада	ЧЕРТЕЖЕЙ В СРЕДЕ AUTOCAD	N/11/11
17.1.	Выполнение чертежа детали	295
17.2.	Создание трехмерных моделей в системе AutoCAD создание поверхностных моделей	301
17.3.	Создание трехмерных моделей в системе AutoCAD создание твердотельных моделей	312
17.4.	Редактирование и визуализация трехмерных объектов	328
Вопрос	ы для закрепления	342
Список	литературы	342

ПРЕДИСЛОВИЕ

Инженерная графика — это вторая часть дисциплины «Начертательная геометрия. Инженерная графика», являющейся фундаментальной дисциплиной в подготовке бакалавра и дипломированного специалиста широкого профиля.

Проектирование, изготовление и эксплуатация машин, механизмов, приборов связаны с изображениями — рисунками, эскизами, чертежами. Это ставит перед графическими дисциплинами ряд важных задач. Они должны обеспечить будущим бакалаврам и инженерам знание общих приемов построения и чтения чертежей, решения большого числа разнообразных инженерно-геометрических задач, возникающих в процессе проектирования, конструирования, изготовления и эксплуатации различных технических и других объектов. Методики начертательной геометрии и инженерной графики необходимы для создания машин, приборов и комплексов, отвечающих современным требованиям эффективности, точности, надежности, экономичности.

Инженерная графика призвана дать умение и навыки для изложения технических идей с помощью чертежа, а также понимания по чертежу объектов машиностроения и принципа действия изображаемого технического изделия.

Основная цель курса — выработка знаний и навыков, необходимых студентам для выполнения и чтения технических чертежей, выполнения эскизов деталей, конструкторской и технической документации производства.

Инженерная графика — первая ступень обучения, на которой изучаются основные правила выполнения и оформления конструкторской документации. Полное овладение чертежом как средством выражения технической мысли и производственными документами, а также приобретение устойчивых навыков в черчении достигаются в результате усвоения всего комплекса технических дисциплин соответствующего

профиля, подкрепленного практикой курсового и дипломного проектирования.

Изучение курса инженерной графики основывается на теоретических положениях курса начертательной геометрии, а также нормативных документов, государственных стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

В результате изучения курса инженерной графики бакалавр и дипломированный инженер должны знать способы построения эскизов, чертежей и технических рисунков стандартных деталей, разъемных и неразъемных соединений деталей и сборочных единиц, построение и чтение чертежей общего вида и сборочных чертежей различного уровня сложности и назначения. Они должны иметь опыт снятия эскизов и выполнения чертежей технических деталей и элементов конструкции узлов изделий своей будущей специальности. Они должны иметь представление о принципе работы показанной на чертеже конструкции (или схемы), об основных технических процессах изготовления деталей. 0 возможностях компьютерного выполнения чертежей, о международных стандартах.

В учебнике освещены направления развития компьютерной графики. Отличительной чертой книги является наличие большого числа подробных упражнений, поясняющих порядок и особенности использования инструментов и команд. В главе «Компьютерная графика» даны краткие сведения о графической программе AutoCAD, показаны, как на основе компьютера выполнять электронные модели, макеты, основные чертежи и конструкторские документы изделий в полном соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

В процессе изучения инженерной графики студенты осваивают основные положения ЕСКД, в которых установлены взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения к конструкторской документации, которые обязательны для всех организаций и предприятий стран СНГ.

Установленные в ЕСКД единые правила обеспечивают:

• возможность взаимообмена конструкторскими документами между организациями и предприятиями без их переоформления;

• стабилизацию комплектности, исключающую дублирование и разработку не требуемых производству документов;

• возможность расширения унификации при конструкторской разработке проектов промышленных изделий;

• механизацию и автоматизацию обработки технических документов и содержащейся в них информации;

• улучшение условий технической подготовки производства;

• улучшение условий эксплуатации промышленных изделий;

• оперативную подготовку документации для быстрой переналадки действующего производства.

Установленные стандартами ЕСКД объем и содержание данных и технических показателей, включаемых в конструкторские документы, служат основанием для разработки:

• систем и программ механизированной их обработки;

• цифровых кодов, шифрующих данные, содержащиеся в конструкторских документах;

 стандартных программ для статистической обработки информации, содержащейся в конструкторских документах и их классификационных обозначениях;

• систем регистрации конструкторских документов на машинных носителях, обеспечивающих ускоренную выдачу требуемой информации и ее обработку с использованием ЭВМ.

ГЛАВА І. КОНСТРУКТОРСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

1.1. Единная система конструкторской документации

В Узбекистане действует Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Она изложена в виде системы государственных стандартов.

Конструкторскую документацию BO всех организациях страны разрабатывают и оформляют по взаимосвязанным правилам и положениям, установленным В государственных стандартах Единой системы конструкторской документации. Определенные правила установлены и для обращения конструкторской документации. Основное назначение стандартов ЕСКД подробно рассмотрено во введении.

Стандартами ЕСКД установлены виды всех изделий, виды и комплектность конструкторской документации и стадии ее разработки.

1.2. Виды изделий

Изделием называют любой предмет или набор предметов, подлежащих изготовлению на предприятии. Их подразделяют на следующие виды: детали, сборочные единицы, комплексы и комплекты.

Деталью называют изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций, например: валик из одного куска металла; литой корпус; пластина из биметаллического листа; отрезок кабеля или провода заданной длины; трубка, спаянная или сваренная из одного куска листового материала.

Сборочной единицей называют изделие, составные части которого соединяют между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сваркой, опрессовкой и т.п.), например: автомобиль, микромодуль, сварной корпус, маховичок из пластмассы с металлической арматурой.

В учебном процессе применяют в основном детали и сборочные единицы.

1.3. Виды конструкторских документов

Конструкторские документы определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки или изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта. К конструкторским документам относят графические и тестовые документы. Их подразделяют на следующие виды (в скобках указан шифр документов):

- чертежи деталей (—), сборочные (СБ), общего вида (ВО), теоретические (ТЧ), габаритные (ГЧ), электромонтажные (МЭ), монтажные (МЧ), упаковочные (УЧ);
- схемы (по ГОСТ 2.701—03);
- спецификации (—);

• ведомости спецификаций (*BC*), ссылочных документов (*BД*), покупных изделий (*BП*), согласования применяемости покупных изделий (*BИ*), держателей подлинников (*ДП*), технического предложения (*ПТ*), эскизного проекта (*ЭП*), технического проекта (*TП*);

- пояснительная записка (ПЗ);
- технические условия (*ТУ*);
- программа и методика испытаний (ПМ);
- таблицы *(ТБ);*

• расчеты *(PP);*

- инструкции *(И...);*
- документы прочие (Д...);
- патентный формуляр ($\Pi \Phi$);
- документы эксплуатационные;
- ремонтные документы;
- карта технического уровня и качества изделия (КУ).

Часть из указанных документов являются обязательными, остальные разрабатываются в зависимости от характера, назначения или условий производства изделий. К обязательным документам относятся на этапе

разработки ведомости технического предложения, эскизного проекта, технического проекта и пояснительная записка, включая чертеж общего вида в составе технического проекта; на этапе рабочего проектирования — чертежи деталей и сборочные, спецификации.

В учебном процессе разрабатывают такие конструкторские документы, как чертежи деталей, общего вида, сборочные, схемы, таблицы, спецификации, расчеты, пояснительные записки к курсовым и дипломным проектам. Эти документы разрабатывают по содержанию близкими к производственным конструкторским документам. В некоторых случаях по договорам с предприятиями их разрабатывают в полном соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и передают в производство.

Подробное описание и правила выполнения каждого вида конструкторских документов регламентированы в соответствующих стандартах ЕСКД.

Ниже будут рассмотрены основные правила оформления чертежей деталей, общего вида, сборочных и спецификаций, необходимые для дальнейшего выполнения как учебных работ и проектов, так и для практической работы.

1.4. Оформление чертежей. Форматы

К стандартам оформления чертежей, прежде всего, относят стандарты на форматы, масштабы, линии, шрифт, основную надпись, графические обозначения материалов. Рассмотрим их.

Чертежным форматом называют размер конструкторского документа. Листы бумаги для чертежей, как правило, больше по размерам, чем форматы конструкторских документов. Обозначения и размеры основных форматов следующие:

Обозначения A0 A1 A2 A3 A4

Размеры 841 x1189, 594 x 841,420 x 594,297 x 420,210 x 297сторон, мм

При необходимости допускается применять формат A5 с размерами сторон *148 х 210* мм. Рис.1.1.

Формат **A0** имеет площадь *1 м²*. Последующий формат получают делением предыдущего на две равные части параллельно его меньшей стороне.

Допускается применение дополнительных форматов, образуемых увеличением коротких сторон основных форматов на величину, кратную их размерам.

На листе чертежной бумаги формат обводят тонкой линией. При этом размеры сторон отмечают относительно центра листа бумаги так, чтобы со всех сторон оставался край бумаги примерно одинаковой ширины для прикрепления чертежа к доске.

Поле формата, на котором размещают изображения деталей, приборов, геометрические построения или текст, ограничивают рамкой. Рамку проводят на расстоянии 5 мм от верхней, нижней и правой сторон формата и на расстоянии 20 мм от левой стороны. Поле шириной 20 мм слева предназначено для подшивки чертежей.



Рис.1.1

1.5. Масштабы

Масштабом чертежа называют отношение линейных размеров изображения объекта на чертеже к действительным размерам объекта.

Масштабы изображений на чертежах стандартизированы и должны выбираться из следующих рядов:

Масштабы уменьшения	1:2	1:2,5 1:4	1:5	1:10	И др.
---------------------	-----	-----------	-----	------	-------

Масштабы увеличения 2:1 2,5:1 4:1 5:1 10:1 20:1 40:1 и др.

Предпочтителен масштаб *1:1*, т.е. изображение в натуральную величину.

Масштаб, изображенный на чертеже, записывают в соответствующей графе основной надписи по типу *1:1; 1:2; 2:1* и т.д. Если какой-либо элемент на чертеже выполнен в масштабе, отличающемся от записанного в основной надписи, то этот масштаб записывают над элементом по типу *A 1:1, Б 2:1, В 1:2* и т.д.

Таблица 1.1

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

1.6. Линии

Для большей выразительности, наглядности на чертежах применяют различные типы линий. Толщина сплошной основной линии стандартизована от *0,6* до *1,5* мм, для учебных чертежей целесообразно применять толщину *0,8 ... 1* мм.

Типовые примеры начертания и основного назначения некоторых линий приведены в табл.1.2.

На всех чертежах и других технических документах применяют стандартные шрифты русского, латинского и греческого алфавитов, арабские и римские цифры и специальные знаки.

Наименование	Начертание	Толщина	Основное назначение
1. Сплошная основная		S	Линия видимого контура Линия перехода видимая Линия контура сечения (вынесенно го и входящего в состав разреза)
2. Сплошная тонкая		<i>s</i> /3 <i>s</i> /2	Линия контура наложенного сече- ния Линии иразмерные выносные Линии итриховки Линии линий-выносок и подчеркива ние надписей Линии для изображения погранич- ных деталей («обстановка») Линии ограничения выносных эле- ментов на видах, разрезах и сече- ниях Линии перехода воображаемые Следы плоскостей, линии постро- ения характерных точек при специ- альных постооениях
 Сплошная волнистая 		<i>s</i> /3 <i>s</i> /2	Линии обрыва Линии разграничения вида и разре- за
4. Штриховая		<i>s</i> /3 <i>s</i> /2	Линии невидимого контура Линии перехода невидимые
5. Штрих-пунк- тирная	3.5	<i>s</i> /3 <i>s</i> /2	Линии осевые и центровые Линии сечений, являющиеся осями симметрии для вынесенных или наложенных сечений
6. Штрих-пунк- тирная с двумя точками	4.6 5.30	<i>s</i> /3 <i>s</i> /2	Линии сгиба на развертках Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточ ных положениях Линии для изображения развертки, совмещенной с видом
7. Штрих-пунк- тирная утолщен- ная	34	s/2 ²/ ₃ s	Линии, обозначающие поверхности подлежащие термообработке или покрытию Линии для изображения элементов расположенных перед секущей плоскостью («наложенная проек- ция»)
8. Разомкнутая	8.20	s 1 ¹ / ₂ s	Линия сечения
9. Сплошная тонкая с излома- ми		<i>s</i> /3 <i>s</i> /2	Длинные линии обрыва

Таблица 1.2

1.7. Шрифты

Размер шрифта характеризуется высотой (*h*) прописных букв в миллиметрах. Установлены следующие его размеры: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40.

В зависимости от толщины линий установлены два типа шрифта:

• тип A с толщиной линии $d = \frac{1}{14}h$;

• тип Б с толщиной линии $d = \frac{1}{10}h$.

Оба типа шрифта выполняют с наклоном около 75° или без наклона (прямой шрифт).

Вспомогательная сетка — сетка, образованная вспомогательными линиями, в которые вписывают буквы.

Параметры шрифтов установлены в зависимости от размера и приведены в табл. 1.3.

Парам	иетры	шрифтое	3
Tubu		mpmpror	-

Параметр	Размеры, мм							
параметр	Шрифт типа А							
h	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0	
С	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	
8	0,35	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,8	
b	4,0	5,5	8,0	11,0	16,0	22,0	31,0	
е	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4	
d	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	
		Шриф	m mui	та Б				
h	2,5	3,5	5, 0	7,0	10,0	14,0	20,0	
С	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	
8	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,8	4,0	
b	4,3	6,0	8,5	12,0	17,0	24,0	34,0	
е	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4	12,0	
d	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	

Таблица 1.3

Примечания: 1. Обозначения: h — размер шрифта; c — высота строчных букв; a — расстояние между буквами; b — минимальный шаг строк; e — минимальное расстояние между словами; d — толщина линий шрифта приведены в табл. 1.4.

	Tun A	Тип Б
h	$(^{14}/_{14})h = 14d$	$(^{10}/_{10})h = 10d$
с	$\binom{10}{14}h = 10d$	$\binom{7}{10}h = 7d$
а	$({}^{2}/_{14})h = 2d$	$(2/_{10})h = 2d$
b	(²² / ₁₄)h = 22d	$(1^{1}/_{10})h = 17d$
е	$(^{6}/_{14})h = 6d$	$(^{6}/_{10})h = 6d$
d	$(1/_{14})h = d$	$(1/_{10})h = d$

Таблица 1.4

Русский, латинский и греческий алфавиты, арабские и римские цифры, знаки приведены на рис. 1.2. — 1.6. Римские буквы *L*, *C*, *D*, *M* выполняют по правилам латинского алфавита.

Русский алфавит и арабские цифры шрифтом типа Б приведены на рис.

1.2. Без наклона этим же шрифтом дан алфавит на рис. 1.3.

Наименования знаков на рис. 1.4. (тип Б) и 2.20 (тип А): 1 — точка; 2 — двоеточие; 3 — запятая; 4 — точка с запятой; 5 — восклицательный знак; 6 — вопросительный знак; 7 — кавычки; 8 — и; 9 — параграф; 10 равенство; 11 — значение после округления;



Рис.1.2



Рис.1.3



Рис.1.4



Рис.1.5

12 — соответствует; 13 — асимптотически равно; 14 — приблизительно равно; 15 — меньше; 16 — больше; 17 и 17а — меньше или равно ; 18 и 18а — больше или равно; 19 — плюс; 20 — минус; тире;

21 — плюс-минус; 22, 23 — умножение; 24 — деление; 25 — процент;



Рис.1.6

26 — градус; 27 — минута; 28 — секунда; 29 — параллельно; 30 — перпендикулярно; 31 — угол; 32 — уклон; 33 — конусность; 34 — квадрат; 35 — дуга; 36 — диаметр; 37 — радикал; 38 — интеграл; 39 — бесконечность; 40 — квадратные скобки; 41 — круглые скобки; 42 — черта дроби; 43 — номер; 44 — от ... до; 45 — знак подобия; 46 — звездочка.

Русский алфавит шрифтом типа А приведен на рис. 2.19: *а* — с наклоном, *б* — без наклона.

Латинский алфавит (шрифтом типа А с наклоном) приведен на рис. 1.5.

Греческий алфавит, выполненный шрифтом типа Б с наклоном, приведен на рис. 1.6: 1 — альфа; 2 — бета; 3 — гамма; 4 — дельта; 5 эпсилон; 6 — дзета; 7 — эта; 8 — тета; 9 — иота; 10 — каппа; 11 — ламбда; 12 — ми; 13 — ню; 14 — кси; 15 — омикрон; 16 — пи; 17 — ро; 18 — сигма; 19 — тау; 20 — ипсилон; 21 — фи; 22 — хи; 23 — си; 24 — омега.

1.8. Основные надписи

На всех конструкторских документах в правом нижнем углу располагают основную надпись (рис. 1.7). На листах формата *А4* основные надписи располагают вдоль короткой стороны листа.



Рис.1.7

Рекомендуется следующее заполнение граф основной надписи в условиях учебного процесса (сохранено стандартное обозначении граф).

Графа 1 — наименование детали или сборочной единицы.

Графа 2 — обозначение документа по принятой в институте (университете) системе.

Графа 3 — обозначение материала детали (заполняют только на чертежах деталей).

Графа 4 — не заполнять.

Графа 5 — масса изделия.

Графа 6 — масштаб.

Графа 7 — порядковый номер листа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют).

Графа 8 — общее количество листов документа (графу заполняют только на первом листе документа).

Графа 9 — наименование учебного заведения и номер группы.

Графа 10 — характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ, например:

Разработал ... (студент)

Проверил ... (преподаватель)

Графа 11 — четкое написание фамилий лиц, подписавших документ.

Графа 12 — подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11.

Графа 13 — дата подписания документа.

Расположение надписей на поле чертежа. Надписи, цифровые и буквенные, располагают, как правило, горизонтально и выполняют четким шрифтом. Размещают надписи на поле чертежа обычно над основной надписью. Надписи внутри контура проекций (за исключением размерных чисел) помещают только в случае крайней необходимости. Если по необходимости надпись пересекает линию чертежа, то линию в этом месте прерывают. Если надпись подчеркивают линией или пишут вдоль нее, то между линией и надписью оставляют просвет около 1 мм.

В табличных документах (спецификации, ведомости, основные надписи и т.п.) надписи располагают примерно в середине между линиями.

1.9. Нанесение размеров

Величину изображаемого предмета (изделия) и его элементов определяют размерные числа, нанесенные на чертеже. Исключение составляют случаи, когда величину изделия и его элементов определяют по изображениям, выполненным с достаточной степенью точности. Они стандартизованы.

При огромном разнообразии деталей размеры на них наносят с учетом следующих факторов:

• формы детали;

• взаимодействия с другими деталями сборочной единицы, т.е. ее функционирования в изделии;

• особенностей ее изготовления;

• обеспечения ясности и выразительности эскиза, чертежа;

Общее количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия. Не допускается повторять размеры одного и того же элемента на разных изображениях, в технических требованиях, основной надписи и спецификации, за исключением справочных размеров.

Размеры на чертеже указывают размерными числами и размерными линиями.

Единицы линейных и угловых размеров. Линейные размеры на чертежах указывают в миллиметрах без обозначения единицы. Размеры, приводимые в технических требованиях и надписях на поле чертежа, обязательно указывают с единицей.

Если на чертеже размеры необходимо указать не в миллиметрах, то соответствующие размерные числа записывают с обозначением единицы (см, м) или указывают единицы в технических требованиях. Простые дроби допускается применять только для размеров в дюймах.

Угловые размеры указывают в градусах, минутах и секундах с обозначением единицы, например 4°; 4°30'; 12°45'30"; 0°18'; 0°0'30". Некоторые угловые размеры задают значениями уклона и конусности. Размерные и выносные линии. Размерные линии проводят между выносными, осевыми, центровыми линиями, а также непосредственно к линиям видимого контура. Их предпочтительно наносить вне контура изображения. Размерную линию ограничивают стрелками с обоих концов, кроме указанных ниже случаев. На размерной линии радиуса наносят одну стрелку.

Размеры стрелок выбирают в зависимости от толщины линий видимого контура и вычерчивают приблизительно одинаковыми на всем чертеже.



Рис.1.8

Форма стрелки и примерное соотношение ее элементов показаны на рис. 1.8. Если длина размерной линии недостаточна для размещения на ней стрелок, то размерную линию (или контурные, осевые и т.д.) и стрелки наносят, как показано на рис. 1.9. При недостатке места для стрелок на размерных линиях, расположенных цепочкой, стрелки можно заменить засечками, наносимыми под углом 45° к размерным линиям (рис. 1.10, а), или

точками (рис. 1.10, б).



Расстояние между размерными линиями выбирают в зависимости от размеров изображения и насыщенности чертежа. При этом минимальное расстояние между параллельными размерными линиями 7 *мм*, между размерной и линией контура — 10 *мм*.

Нельзя использовать линии контура, осевые, центровые и выносные в качестве размерных. При нанесении размера криволинейного отрезка размерную линию проводят параллельно этому отрезку, а выносные линии — перпендикулярно размерным (рис. 1.11,а) см. В случаях, показанных на (рис. 1.11,б), размерную и выносные линии проводят так, чтобы они вместе с измеряемым отрезком образовали параллелограмм. Если надо показать вершины скругляемого угла, то выносные линии проводят от точек пересечения сторон скругляемых углов (рис. 1.11,с). При нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги с центром в вершине угла, а выносные линии — радиально (рис. 1.11,d). При нанесении размера дуги окружности размерную линию проводят концентрично дуге, выносные линии — параллельно биссектрисе угла, а над размерным числом ставят знак п (рис. 1.12,а). Можно выносные линии размера дуги располагать радиально, а при наличии нескольких концентрических дуг необходимо указывать, к какой из них относится размер (рис. 1.12,6). Для деталей, подобных изображенной на рис. 1.12, с выносные линии проводят по дугам окружностей, а размерную — радиально.



Рис.1.11

Размерные числа наносят над размерной линией возможно ближе к ее середине (рис.1.13,а). Однако при нанесении размера диаметра внутри окружности размерные числа смещают относительно середины размерных линий. Размерные числа наносят над размерной линией возможно ближе к ее середине (рис.1.13,а).



Рис.1.12

Однако при нанесении размера диаметра внутри окружности

размерные числа смещают относительно середины размерных линий. При нанесении нескольких параллельных или концентрических размерных линий размерные числа над ними рекомендуется располагать в шахматном порядке (рис.1.13,б).

Расположение размерных чисел линейных размеров при различных наклонах размерных линий показано на (рис.1.14,а). Простановка угловых размеров показана на рис.1.14,б. В зоне, расположенной выше горизонтальной осевой линии, размерные числа м порядке (рис.1.13,б).



Рис.1.13

над размерными ЛИНИЯМ стороны выпуклости, помещают co В противоположной зоне — со стороны вогнутости. В заштрихованной зоне на рис. 1.14,а,б. размерные числа указывают на горизонтальных полках (рис.1.14.с). Нанесение размеров формы поверхностей деталей. При нанесении размера радиуса перед размерным числом помещают прописную букву R. Если не требуется указывать размеры, определяющие положение центра дуги окружности, то размерную линию радиуса можно не доводить до центра и смещать ее относительно центра (рис. 1.15,а). Когда при нанесении размера радиуса дуги окружности надо указать размер, определяющий положение ее центра, то этот центр изображают в виде пересечения центровых или выносных линий.



Рис.1.14

При большом радиусе центр можно приблизить к дуге, в этом случае размерную линию радиуса показывают с изломом под углом 90° (рис. 1.15,б). При простановке нескольких размеров радиусов из одного центра размерные линии любых двух радиусов не располагают на одной прямой (рис. 1.15,с), а размерные линии, расположенные между двумя крайними, можно не доводить до центра (рис. 1.15,d).



Рис.1.15



Рис.1.16

Нанесение радиусов округлений показано на (рис. 1.16,а,б). Округления, размер которых в масштабе чертежа 1 мм и менее, на чертеже не изображают (рис. 1.16, в). Размеры одинаковых радиусов можно указывать на общей полке (рис. 1.16, г). Нанесение радиусов округлений показано на (рис. 1.16,а,б).

Округления, размер которых в масштабе чертежа 1 мм и менее, на чертеже не изображают (рис. 1.16, в). Размеры одинаковых радиу¬сов можно указывать на общей полке (рис. 1.16, г). Если радиусы округлений, сгибов и т.п. одинаковых или каких-либо радиусов преобладает, то их не наносят на чертеж изделия, а делают запись в технический требованиях: Радиусы округлений 4 мм, Внутренние радиусы сгибов 8 мм, Неуказанные радиусы 5 мм и т.п. Можно не наносить на чертеж размеры радиуса дуги окружности сопрягающихся параллельных линий (рис.1.17).



Рис.1.17

При указании размера диаметра во всех случаях перед размер¬ным числом ставят знак 0.

Минимальное количество размеров, необходимых для задания формы элементарных геометрических тел, показано на рис. 1.18: а — сферы; б — тора; в, г — призмы квадратного сечения; д — конуса; е — пирамиды; ж, з, и, к — усеченного конуса.

Перед размерным числом диаметра или радиуса сферы наносят знак 0 или R без надписи Сфера (рис. 1.18, л, м). Однако если на чертеже изображение сферы неоднозначно, то перед размерным числом диаметра (радиуса) можно наносить слово Сфера или знак О, например Сфера 018, O R 12 (рис. 1.18, л). Диаметр знака сферы равен размеру шрифта размерных чисел на чертеже.

Размеры квадрата указывают со знаком
с (см. рис. 1.18, в, г), если требования к точности расположения всех граней одинаковы. Высоту знака квадрата принимают равной высоте размерных чисел.



Рис.1.18

Некоторые угловые размеры задают значениями уклона и ко-нусности. Уклон — это тангенс угла наклона данной прямой (плос кости) к какой-либо другой прямой (плоскости). Уклон поверхности указывают непосредственно у изображения поверхности уклона или на полке линии-выноски в виде соотношения (рис. 1.19, а), в процентах (рис. 1.19, б) или в промилле (рис. 1.19, в)



Рис.1.19

Перед размерным числом, определяющим уклон, наносят знак, острый угол которого направлен в сторону уклона. Под конусностью понимают отношение разности диаметров двух поперечных сечений конуса к расстоянию между ними. Перед размерным числом, характеризующим конусность, наносят знак <, острый угол которого должен быть направлен в сторону вершины конуса (рис. 1.20).



Рис.1.20



Рис.1.21

При изображении детали в одной проекции на полке линии- выноски (рис. 1.21, а, б) наносят размер толщины (s 0,4) или длины (1 200).

Размер фаски под углом 45° наносят, как показано на рис. 1.22, а, б. Если размер фаски в масштабе чертежа 1 мм и менее, то размер указывают на полке линии-выноски, проведенной от грани (рис. 1.22, в, г).



Рис.1.22

Размеры фасок под другими углами указывают по общим правилам — линейным и угловым размерами (рис. 1.22, д — ж).

Размеры элементов деталей и их положения. Размеры, относящиеся к одному и тому же конструктивному элементу детали (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. На рис. 1.23 размеры паза шириной 8 мм, глубиной 4 мм, расположенного на расстоянии 30 мм от левой стенки детали, приведены на фронтальной проекции детали; размеры отверстия диаметром 8 мм с координатами оси 14 и 15 мм — на горизонтальной проекции. Подобная группировка размеров показана на рис. 1.24.

Целесообразно отдельно группировать размеры, относящиеся к внутренним и внешним очертаниям детали. Пример такой группировки размеров длин показан на рис. 1.25: наружных очертаний — внизу, внутренних — вверху. Иногда такую группировку выполняют на разных изображениях.



Рис.1.23

Рис.1.24

Размеры, определяющие взаимное расположение элементов предмета или его поверхностей, наносят от общей базы — края детали (рис. 1.26, а, б, г) или крайнего отверстия (рис. 1.26, в).



Рис.1.25



Рис.1.26

Вопросы для закрепления

1. Что такое Государственный стандарт ЕСКД?

2. Назовите инструменты и материалы, необходимые для выполнения чертежей. Объясните, для чего используется каждый из названных вами инструментов?

- 3. Дайте определение формата.
- 4. Какие основные форматы вы знаете?

5. Назовите основные типы линий, которые используются при выполнении чертежей. Объясните, для чего используют каждую из названных вами линий?

6. Что такое размер шрифта?

7. Какой угол наклона букв и цифр чертежного шрифта?

8. На каком расстоянии от границы формата проводят линии рамки чертежа?

9. Как располагают основную надпись на чертеже? Назовите ее габаритные размеры.

10. Что называется масштабом?

11. Что означают записи: 1:5; 1:1; 10:1?

ГЛАВА II. ОБРАЗОВАНИЕ ПРОЕКЦИЙ

Под проекцией геометрической фигуры на плоскость понимают ее изображение, полученное на этой плоскости с помощью воображаемых проецирующих лучей, подобно тому, как фигура, освещенная солнцем, отбрасывает тень на землю.

Различают два основных способа образования проекций:

Центральное проецирование (перспектива).

1. Параллельное проецирование.

2.1. Центральное проецирование

Аппарат центрального проецирования определяют *плоскость проекций* $\pi 1$ и *центр проецирования* S - точка, не принадлежащая этой плоскости (Рис.2.1). Центр проецирования берется в произвольной, но не бесконечно удаленной точке.

Центральной проекцией точки называется точка пересечения с плоскостью проекций проецирующего луча, проходящего через центр проецирования и данную точку.

Чтобы получить центральную проекцию точки A (Рис.2.1), через центр проецирования S и заданную точку проводится проецирующий луч SA до пересечения с плоскостью проекций $\pi 1$

Если точка **В** принадлежит плоскости проекций, то ее проекция совпадает с самой точкой $B^{,=}B$ (Рис.2.1).

Если проецирующий луч, проходящий через точку *C* (рис. 2.1), параллелен плоскости проекций, то принято считать, что они пересекаются в бесконечно удаленной точке Со. Эту точку называют *несобственной*.

Е1о одной проекции точки нельзя однозначно определить положение самой точки в пространстве. Так, точки Dj, D2, D3 (Puc.2.1), лежащие на проецирующем луче *SD* имеют одну туже проекцию D^2 .

Две центральные проекции точки, полученные из центров S_1 и $S_{2,0}$ однозначно определяют ее положение в пространстве (Рис.2.2)









Проекцию линии *m* можно построить, проецируя ряд принадлежащих ей точек (Рис.2.3). При этом проецирующие лучи образуют коническую
поверхность. Как видно из рис. 2.4, одна проекция линии m не определяет ее положение в пространстве, так как на конической поверхности можно разместить ряд линий (m, n, I), проекции которых совпадают (m'=n'=I).

2.2. Параллельное проецирование

Аппарат параллельного проецирования определяют *плоскость проекций* π_1 и *вектор S*, который называют *направлением проецирования* (рис.2.5). При параллельном проецировании все проецирующие лучи параллельны направлению проецирования. В зависимости от угла **a** между проецирующими лучами и плоскостью проекций (рис.2.5) параллельные проекции делятся на *косоугольные* (*d* 90°) и *прямоугольные* (*CL* = 90°).



Рис.2.5

Рис.2.6

Параллельное проецирование является частным случаем центрального проецирования, когда центр проецирования находится в бесконечно удаленной (несобственной) точке.

Параллельной проекцией точки называется точка пересечения с плоскостью проекций проходящего через данную точку проецирующего луча, параллельного направлению проецирования.

Чтобы построить параллельную проекцию точки *А* (рис. 2.5), через нее параллельно направлению проецирования *S* проводится проецирующий луч до пересечения с плоскостью проекций.

При параллельном проецировании, как и при центральном, любая точка пространства имеет одну вполне определенную проекцию. Обратное

утверждение неверно. Например, точки *B*₁, *B*₂, *B*₃ имеют одну и ту же проекцию *B*².

Однозначно определяют положение точки в пространстве ее две проекции.

Чтобы получить параллельную проекцию m^2 линии m (рис.2.6), необходимо соединить проекции принадлежащих ей точек. Проецирующие лучи, проходящие через эти точки, в своей совокупности образуют цилиндрическую поверхность. Этой поверхности может принадлежать ряд линий, все они будут иметь одну и ту же проекцию (рис. 2.6).

Только чертеж, состоящий из не менее двух проекций геометрической фигуры-оригинала, обратим - по нему можно восстановить форму оригинала, его размеры и положение в пространстве.

2.3. Основные инвариантные свойства параллельного проецирования

В общем случае геометрические фигуры проецируются на плоскость проекций с искажениями. Характер искажения проекций по сравнению с фигурой-оригиналом зависит от аппарата проецирования и положения фигуры относительно плоскости проекций.

Наряду с этим между фигурой-оригиналом и ее проекцией существует связь, заключающаяся в том, что некоторые свойства фигуры сохраняются и на ее проекции. Эти свойства называют *инвариантными* (независимыми) относительно способа проецирования. Перечислим основные инвариантные свойства параллельного проецирования:

1. Проекция точки на плоскость есть точка.

2. Проекция прямой на плоскость в общем случае есть прямая. Она вырождается в точку, если прямая параллельна направлению проецирования.

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

4. Если отрезок прямой линии делится точкой в каком-либо отношении, то и проекция отрезка делится проекцией точки в том же отношении.

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

6. Проекции отрезков параллельных прямых параллельны, и их длины находятся в таком же отношении, как и длины проецируемых отрезков.

7. Проекции двух скрещивающихся прямых линий в зависимости от направления проецирования могут пересекаться или быть параллельными.

8. При прямоугольном проецировании прямой угол проецируется без искажения (прямым углом), если одна из его сторон параллельна плоскости проекций, а другая не перпендикулярна ей.

9. Плоская фигура, параллельная плоскости проекций, проецируется на эту плоскость без искажения.

10. При параллельном перемещении фигуры или плоскости проекций изображение фигуры на этой плоскости не изменяется

Контрольные вопросы

1. Как называются основные способы образования проекций?

2. Как строится центральная проекция точки?

3. В каком случае центральная проекция прямой линии представляет собой точку?

4. В чем заключается способ проецирования, называемый параллельным?

5. Как взаимно располагаются проекции двух параллельных прямых?

6. Что означает слово "ортогональный"?

2.4. Точка и прямая

Система из трех взаимно перпендикулярных плоскостей проекций является наиболее удобной для определения положения геометрической фигуры в пространстве и выявления ее формы по ортогональным проекциям (рис. 2.7). Плоскости проекций называются: π_1 - горизонтальная плоскость проекций', π_2 ~ фронтальная плоскость проекций', π_3 - профильная плоскость проекций.

Плоскости проекций попарно пересекаются по трем взаимно

перпендикулярным прямым, которые образуют оси координат. Оси делят каждую из плоскостей проекций на *полы (полуплоскости)*. Координатные оси обозначают: *X* - *ось абсцисс; Y* - *ось ординат; Z* - *ось аппликат*. В точке пересечения осей находится *начало координат* **0.** Положительное направление осей показано стрелками.





Три плоскости проекций делят пространство на восемь частей - *октантов*. Нумерация октантов показана на рис. 2.7.

Пользоваться пространственным макетом для изображения проекций геометрической фигуры неудобно ввиду его громоздкости, поэтому его преобразуют в комплексный чертеж *(эпюр Монжа)*. Преобразование осуществляется путем совмещения плоскостей π_1 и π_3 с фронтальной плоскостью проекций π_2 (рис. 2.7).

Комплексный чертеж (эпюр) - плоский чертеж, составленный из двух или трех связанных между собой ортогональных проекций геометрической фигуры.

2.5. Проекции точки

На пространственном макете построим ортогональные проекции точки Л на три плоскости проекций (рис. 2.8). Для этого через точку Л перпендикулярно к плоскостям $\pi 1 \pi 2$, $\pi 3$ проведем проецирующие лучи. В

точках пересечения этих лучей с плоскостями проекций получим ортогональные проекции точки А: А' - горизонтальную проекцию; А" фронтальную проекцию; А " - профильную проекцию.

Преобразуем пространственный макет точки А (рис. 2.8) в ее комплексный чертеж (рис. 2.9).

Положение точки Л (рис. 2.8, 2.9) в пространстве определяют три ее координаты: Хь Хь Zа-

Координата точки - число, абсолютная величина которого равна расстоянию от точки до соответствующей плоскости проекций.





Координата ХА определяет величину расстояния от точки А до профильной плоскости проекций $\pi 3 X_A = AA^{"} - OAx = A y = A' Az$.

Координата УА определяет величину расстояния от точки А до фронтальной плоскости проекций $\pi 2$ '. $Y_A = AA' - OAy = AAx = A''Az \gg$

Координата ZA определяет величину расстояния от точки A до горизонтальной плоскости проекций $\pi I Z_A = A A' = OAz = A'' Ax = A'' Ay$.

Пусть дана точка A(60, 25, 15). Эта запись означает, что координата $X_A =$ 60 мм, $Y_A = 25$ мм, $Z_A = 15$ мм.

Независимо от положения точки в пространстве на комплексном чертеже ее горизонтальная и фронтальная проекции соединяются линией *связи*-прямой, перпендикулярной оси *X*, фронтальная и профильная проекции соединяются другой линией связи - прямой, перпендикулярной оси Z.

Точка может принадлежать одной из плоскостей проекций или находиться в одном из восьми октантов. Номер этого октанта можно определить, построив по координатам точки пространственный макет или проанализировав знаки координат точки по таблице:

Октант	Знаки координат			Октант	Знаки координат		
	X	Y	Z		X	Y	Z
Ι	+	+	+	V		+	+
II	+		+	VI		_	+
III	+			VII			—
IV	+	+		VIII		+	

Зная две любые проекции точки, можно определить ее третью проекцию.

Если известны горизонтальная (A') и фронтальная (A'') проекции точки (A) (рис. 2.10), то для определения ее профильной проекции (A''') необходимо из фронтальной проекции точки (A'') провести прямую, перпендикулярную к оси Z. На этой прямой от точки ее пересечения с осью Z (Az) отложить отрезок, равный по величине координате Y точки (YA). Откладываем вправо, если координата Y точки положительна, и влево, если отрицательна.



Точка А (рис.2.10) расположена в первом октанте, так как

положительные знаки имеют ее координаты X, Y, Z.

Точка В (рис. 2.11) расположена в третьем октанте. Координаты *T* и *Z* этой точки имеют отрицательные знаки, а координата *X* - положительный

2.6. Проекции прямой линии

Из инвариантных свойств параллельного проецирования известно, что проекция прямой на плоскость в общем случае есть прямая. Она вырождается в точку, если прямая параллельна направлению проецирования.

Для определения проекций прямой линии достаточно задать проекции двух несовпадающих точек, принадлежащих этой прямой.

Соединив прямыми одноименные проекции этих точек, получим проекции отрезка прямой. Проекции прямой обозначают строчными буквами латинского алфавита, например *a*^{*r*}, *a*^{*r*}.

В зависимости от положения прямых относительно плоскостей проекций различают:

Прямые общего положения - прямые, не параллельные ни одной из плоскостей проекций (рис. 2.12).

Прямые уровня - прямые, параллельные одной из плоскостей проекций.



Рис.2.12

Проецирующие прямые - прямые, перпендикулярные одной из

2.7. Прямые уровня

Горизонталь - прямая, параллельная горизонтальной плоскости проекций. Горизонталь обозначается буквой *h*. Горизонталь *h* и углы *d* и у наклона ее соответственно к плоскостям $\pi 2$ и $\pi 3$ проецируются на плоскость $\pi 1$ без искажения (рис.2. 13,а).



Рис.2.13

Фронталь - прямая, параллельная фронтальной плоскости проекций. Фронталь обозначается буквой V Фронталь f и углы p и у наклона ее соответственно к плоскостям $\pi 3$ и $\pi 1$ проецируются на плоскость $\pi 2$ без искажения (рис.2. 13,б).

Профильная прямая - прямая, параллельная профильной плоскости проекций. Профильная прямая обозначается буквой *р*.

Профильная прямая и углы (*XO* наклона ее соответственно к плоскостям $\pi 1$ и $\pi 2$ проецируются на плоскость $\pi 3$ без искажения (рис.

2.13,в). Фронтальная и горизонтальная проекции профильной прямой располагаются параллельно оси *Z*, или, что то же, перпендикулярно к оси *X*.

2.8. Проецирующие прямые

Горизонтально проецирующая прямая - прямая, перпендикулярная горизонтальной плоскости проекций. Горизонтальная проекция этой прямой вырождается в точку (рис.2.14,а). Так как горизонтально проецирующая прямая параллельна одновременно плоскостям, то на них она проецируется без искажения. Эта прямая одновременно является фронталью и профильной прямой.

Фронтально проецирующая прямая - прямая, перпендикулярная фронтальной плоскости проекций. Фронтальная проекция прямой вырождается в точку, а на плоскости $\pi 1$ и она проецируется без искажения (рис.2.14,б). Эта прямая одновременно является горизонталью и профильной прямой.



Рис.2.14

Профильно проецирующая прямая - прямая, перпендикулярная профильной плоскости проекции. Профильная проекция прямой вырождается в точку, а на плоскости $\pi 1$ и $\pi 2$ она проецируется без

искажения (рис.2.15). Эта прямая одновременно является горизонталью и фронталью.



Рис.2.15

2.9. Определение натуральной величины отрезка прямой способом прямоугольного треугольника

Только на комплексном чертеже отрезка прямой уровня или проецирующей прямой видна его натуральная величина. Во всех остальных случаях проекция отрезка прямой всегда меньше его натуральной величины.

На рис. 2.16,а показано, что натуральная величина (н.в.) отрезка AB прямой общего положения является гипотенузой прямоугольного треугольника ABK. В этом треугольнике катет AK параллелен плоскости проекций $\pi 1$ и равен горизонтальной проекции отрезка AB катет BK равен разности расстояний точек A и B от плоскости $\pi 1$.

Углом между прямой и плоскостью называется угол между прямой и ее проекцией на эту плоскость. Этот угол находят из прямоугольного треугольника, который строят для определения натуральной величины отрезка прямой.

Построения для определения натуральной величины отрезка прямой *АВ* и угла *a* - угла наклона прямой к горизонтальной плоскости проекций приведены на комплексном чертеже (рис. 2.16.б).



Рис.2.16

Для определения угла наклона прямой к фронтальной плоскости проекций необходимо выполнить аналогичные построения на фронтальной проекции отрезка.

В общем случае для определения натуральной величины отрезка прямой необходимо построить гипотенузу прямоугольного треугольника, одним катетом которого является горизонтальная (фронтальная) проекция отрезка, другим катетом - отрезок, равный по величине алгебраической разности координат Z (Y) крайних точек отрезка.

2.10. Деление отрезка прямой в заданном отношении

Из инвариантных свойств параллельного проецирования известно, что если точка делит отрезок прямой в данном отношении, то проекции этой точки делят одноименные проекции прямой в том же отношении. Для графического деления отрезка прямой необходимо воспользоваться теоремой Фалеса¹.

Пример. Найти проекции точки С, делящей отрезок *АВ* в отношении *А C:CB* =3:2 (рис. 2.17).





Решение. Для графического деления отрезка в заданном отношении из конца одной из его проекций (*B'*) под произвольным углом проведем вспомогательную прямую и на ней отложим 3+2=5 равных отрезков любой длины. Получим отрезок *B'Bo*. Точки *BQ* и *A'* соединим прямой. Через точку

Со проведем прямую, параллельную А'Во.

В пересечении этой прямой с проекцией отрезка $A^{2}B^{2}$ получим горизонтальную проекцию искомой точки (C^{2}). Ее фронтальную проекцию C^{*} найдем по линии связи на фронтальной проекции отрезка.

2.11. Следы прямой

Следом прямой называется точка пересечения прямой с плоскостью проекций.

Следы прямой являются точками, в которых прямая переходит из одного октанта в другой.

В общем случае прямая, например, может пересекать все три плоскости проекций и иметь три следа:

- *горизонтальный след* **Hi** - точка пересечения прямой *I* с плоскостью πI , ее координата Zu = 0;

- фронтальный след Fi - точка пересечения прямой I c плоскостью $\pi 2$ ($Y_F = 0$);

- профильный след Wi - точка пересечения прямой I c плоскостью $\pi 3$ (Xu = 0).

Прямая не имеет следа на плоскости проекций, если она параллельна этой плоскости.

Каждый след, являясь точкой, одновременно принадлежащей и данной прямой и одной из плоскостей проекций, совпадает с одноименной своей проекцией (Hi = Hi', Fi = F'', Wi = Wi''').



Рис.2.18

Пусть имеется прямая общего положения /, заданная двумя точками Aи **B**. В системе плоскостей проекций $\pi 1 - \pi 2$ построим наглядное изображение этой прямой (рис. 2.18,а). В пересечении прямой I cплоскостями проекций $\pi 1$ и $\pi 2$ определим соответственно ее следы: Hi - горизонтальный; *Fi* - фронтальный.

Фронтальная проекция горизонтального следа *Hi*" и горизонтальная проекция фронтального следа *H*' лежат на оси *X*

Отмеченные особенности позволяют сформулировать *правила* построения следов прямой на комплексном чертеже.

1. Для построения горизонтального следа прямой I необходимо в пересечении ее фронтальной проекции с осью X найти Hi" - фронтальную проекцию горизонтального следа прямой. Затем по линии связи на горизонтальной проекции прямой найти горизонтальный след и его горизонтальную проекцию (HI = Hf).

2. Для построения фронтального следа прямой I необходимо в пересечении ее горизонтальной проекции с осью X и найти Fi' — горизонтальную проекцию фронтального следа прямой. Затем по линии связи на фронтальной проекции прямой найти фронтальный след и его фронтальную проекцию (F = F").

Построение следов прямой *I* на комплексном чертеже показано на (рис. 2.18,6).

Номера октантов, которые пересекает прямая, определяют с помощью вспомогательных точек, принадлежащих прямой.

2.12. Взаимное положение двух прямых

Две прямые могут быть пересекающимися, параллельными, скрещивающимися.

Пересекающиеся прямые - две прямые, лежащие в одной плоскости и пересекающиеся в собственной точке. Точки пересечения их одноименных проекций находятся на одной линии связи (рис.2.19,а).

Параллельные прямые - две прямые, лежащие в одной плоскости и пересекающиеся в несобственной точке. Одноименные проекции отрезков параллельных прямых параллельны, и их длины находятся в таком же отношении, как и длины проецируемых отрезков (рис. 2.19,6).



Рис.2.19

Скрещивающиеся прямые - две прямые, которые не пересекаются и не лежат в одной плоскости. Точки пересечения одноименных проекций скрещивающихся прямых не лежат на одной линии связи.

Каждая точка пересечения одноименных проекций скрещивающихся прямых представляет собой проекции двух точек, одна из которых принадлежит первой прямой, а другая - второй (рис. 2.19,в).

Вопросы для закрепления

1. Как называются плоскости проекций $\pi 1$, $\pi 2$,

2. В какой последовательности записываются координаты точки ?

3. Какие знаки имеют координаты точки, расположенной в седьмом октанте?

4. Как расположена прямая в системе плоскостей *π1*, *π2*, *π2* если все три проекции отрезка этой прямой равны между собой ?

5. В каком случае проекции прямого угла на плоскости проекций $\pi 1^{1}$ $\pi 2$ равны 90°?

6. Какая координата равна нулю: а) для фронтального следа прямой,б) для горизонтального следа прямой?

ГЛАВА III. Плоскость

Плоскость является простейшей поверхностью. Она безгранична и делит пространство на две части. Часть плоскости, ограниченную контуром, называют отсеком.

3.1. Способы задания плоскости на комплексном чертеже

На комплексном чертеже плоскость может быть задана следующими способами:

- 1. Проекциями трех точек, не лежащих на одной прямой (рис. 3.1,а).
- 2. Проекциями прямой и не принадлежащей ей точки (рис.3.1,б).
- 3. Проекциями двух параллельных прямых (рис. 3.1,в).
- 4. Проекциями двух пересекающихся прямых (рис. 3.2,а).
- 5. Проекциями плоской фигуры, например треугольника (рис. 3.2,б).
- 6. Следами плоскости.

Всегда можно перейти от одного способа задания плоскости к другому.



Рис.3.1

Следом плоскости называется прямая пересечения плоскости с плоскостью проекций. След плоскости является геометрическим местом одноименных с ним следов прямых, принадлежащих плоскости.



Рис.3.2

Каждый след плоскости совпадает со своей одноименной проекцией, а две другие его проекции лежат на координатных осях (их никак не обозначают). Например, горизонтальный след плоскости совпадает со своей горизонтальной проекцией, его фронтальная проекция находится на оси X, а профильная - на оси Y (рис. 3.3,а).На двух проекционном комплексном чертеже (рис. 3.3,б) плоскость a задана проекциями ее следов.



Рис.3.3

Следы плоскости d обозначают: h_{oa} - горизонтальный след ; f_{oa} - фронтальный след; p_{oa} - профильный след.

Точками схода следов называют точки *Xa*, *Ya*, *Za*, в которых пересекаются два следа. Точки схода следов всегда располагаются на соответствующих координатных осях.

Пример 1. Построить следы плоскости О, заданной двумя пересекающимися прямыми а и b (рис.3.4)



Рис.3.4

Решение. Для построения фронтального следа плоскости f о а достаточно найти две принадлежащие ему точки Fa и Ff, - два одноименных с ним следа прямых a и b. Проведя через эти точки прямую, получаем след плоскости f_{oa} и точку схода следов X_{oa} .

Одной точкой, принадлежащей горизонтальному следу плоскости h_{oa} > будет являться точка схода следов плоскости X_{oa} . другой точкой - горизонтальный след одной из прямых, например H_b .

3.2. Положения плоскости в пространстве

В зависимости от положения плоскости относительно плоскостей проекций различают:

Плоскости общего положения - плоскости, не перпендикулярные ни к одной из плоскостей проекций.

Проецирующие плоскости - плоскости, перпендикулярные лишь к одной из плоскостей проекций.

Плоскости уровня - плоскости, параллельные одной из плоскостей проекций.

3.2.1. Проецирующие плоскости

Характерной особенностью проецирующей плоскости является то, что любые геометрические фигуры, лежащие в ней, проецируются на перпендикулярную ей плоскость проекций в виде прямых линий.





Угол *ф* между проецирующей плоскостью и каждой из двух не перпендикулярных к ней плоскостей проекций проецируется на перпендикулярную к ней плоскость проекций без искажения.





Горизонтально проецирующая плоскость - плоскость, перпендикулярная горизонтальной плоскости проекций (рис. 3.5).

Фронтально проецирующая плоскость - плоскость, перпендикулярная

фронтальной плоскости проекций (рис. 3.6).

Профильно проецирующая плоскость -плоскость, перпендикулярная профильной плоскости проекций (рис.3.7).



Рис.3.7

3.2.2. Плоскости уровня

Характерной особенностью плоскости уровня является то, что любые геометрические фигуры, лежащие в ней, проецируются на параллельную ей плоскость проекций без искажения, а на перпендикулярные ей плоскости проекций - отрезками прямой линии.





Горизонтальная плоскость — плоскость, параллельная горизонтальной плоскости проекций (рис. 3.8).

Фронтальная плоскость - плоскость, параллельная фронтальной

плоскости проекций (рис. 3.9).

Профильная плоскость - плоскость, параллельная профильной плоскости проекций (рис. 3.10).



Рис.3.9



Рис.3.10

3.3. Прямая и точка в плоскости

Точка принадлежит плоскости, если ее проекции принадлежат одноименным проекциям прямой этой плоскости. В плоскости через точку можно провести множество прямых.

Построение прямой, принадлежащей данной плоскости, основано

на известных положениях геометрии:

- 1. Прямая принадлежит плоскости, если она проходит через две точки, принадлежащие данной плоскости (рис. 3.11,а).
- 2. Прямая принадлежит плоскости, если она проходит через точку, принадлежащую данной плоскости, и параллельна прямой, лежащей в этой плоскости или ей параллельной (рис.3.11,б);



Рис.3.11

К главным линиям плоскости относят ее горизонтали и фронтали.

Горизонтали плоскости - прямые, лежащие в плоскости и параллельные горизонтальной плоскости проекций (рис. 3.12,а).

Фронтали плоскости - прямые, лежащие в плоскости и параллельные фронтальной плоскости проекций (рис. 3.12,б).

При решении задач начертательной геометрии строят проекции горизонтали

или фронтали заданной плоскости.

Если плоскость задана не следами, то сначала строят ту проекцию её горизонтали или фронтали, направление которой известно (фронтальная проекция горизонтали и горизонтальная проекция фронтали параллельны оси *X*. Вторые проекции этих линий находят из условия их принадлежности заданной плоскости (рис. 3.12, а, б).





Построение горизонтали и фронтали плоскости, заданной следами показано на рис. 3.13. В этом случае известно направление обеих проекций горизонтали и фронтали.



Рис.3.13

Все горизонтали плоскости параллельны между собой, все фронтали плоскости также параллельны друг другу.

Пример 2. Построить недостающую горизонтальную проекцию точки D, принадлежащей плоскости *a* (рис.3.14,а).



Рис.3.14

Решение. Через известную проекцию D'' точки D проведем фронтальную проекцию прямой общего положения a, принадлежащей плоскости a, Горизонтальную проекцию прямой a построим, зная, что следы прямой H_a и F_a находятся на одноименных с ними следах плоскости a. Искомую горизонтальную проекцию D^3 точки D найдем на горизонтальной проекции прямой a.

Решение задачи упростится, если вместо прямой общего положения *а* использовать горизонталь или фронталь плоскости *а* (рис. 3.14,б).

3.4. Параллельность прямой плоскости

Прямая параллельна плоскости, если в плоскости можно провести прямую, параллельную заданной прямой.

Через точку, не принадлежащую плоскости, можно провести бесконечное множество прямых, параллельных плоскости.

Пример 3. Через точку *А* провести прямую общего положения *а*, параллельную плоскости *а* (рис. 3.15).





Решение. Так как задача имеет множество решений, то в плоскости *а* строим проекции любого принадлежащего ей отрезка прямой общего положения, например *CD*. Искомые проекции прямой *а* параллельны соответствующим проекциям отрезка прямой *CD*.

3.5. Параллельность двух плоскостей

Плоскости параллельны, если две пересекающиеся прямые одной плоскости соответственно параллельны двум пересекающимся прямым другой плоскости.



Рис.3.16

Если в качестве таких прямых взять следы плоскости, то признак

параллельности двух плоскостей запишется: если два пересекающихся между собой следа одной плоскости параллельны одноименным с ними следам другой плоскости, то обе плоскости параллельны между собой.

Пример 4. Через точку **А** провести плоскость *a*, параллельную плоскости *β*, заданной параллельными прямыми *a* и *b* (рис. 3.16).

Решение. В плоскости β строим любую прямую, пересекающую прямые *a* и *b*, например *c*. Плоскость *a* зададим двумя пересекающимися в точке *A* прямыми *m* и *n*. Их проекции параллельны соответствующим проекциям двух пересекающихся прямых плоскости β (*m*["]// *a*["], *m*[']// *a*["], *n*["]// *c*["], *n*'// *c*['].

Пример 5. Через точку *А* провести плоскость *а*, параллельную плоскости *β*. Искомую плоскость *а* задать ее следами (рис. 3.17)

Решение. Направление следов плоскости *а* известно - они параллельны соответствующим следам плоскости *β*.



Рис.3.17

Необходимо найти точку, принадлежащую одному из следов плоскости *a*. Для этого через точку *A* удобно провести линию уровня плоскости *a*, например горизонталь *h*, и найти проекции ее фронтального

следа (1', 1").

Через фронтальную проекцию точки 1 строим фронтальный след искомой плоскости a ($f_o a / f o_\beta$) находим точку схода следов плоскости Xa. Через Xa строим горизонтальный след искомой плоскости a hoa//ho_β).

3.6. Перпендикулярность прямой плоскости

Прямая перпендикулярна плоскости, если она перпендикулярна двум пересекающимся прямым этой плоскости.

Если в качестве таких прямых использовать горизонталь и фронталь плоскости, то можно воспользоваться свойством проекций прямого угла.

Все горизонтали плоскости параллельны между собой, все ее фронтали также параллельны между собой. Поэтому для определения направления, в котором проходит перпендикуляр к плоскости, можно использовать любые ее горизонтали и фронтали.



Рис.3.18

Тогда признак перпендикулярности прямой плоскости запишется: прямая перпендикулярна плоскости, если ее горизонтальная проекция перпендикулярна горизонтальной проекции горизонтали плоскости, а фронтальная проекция перпендикулярна фронтальной проекции фронтали

плоскости (рис. 3.18,а).

Когда плоскость задана следами, очевиден следующий вывод: если прямая перпендикулярна плоскости, то ее горизонтальная проекция перпендикулярна горизонтальному следу плоскости, а ее фронтальная проекция перпендикулярна фронтальному следу плоскости (рис. 3.18,6).

Пример 6. Из точки *А* восставить перпендикуляр *d* к плоскости *a* (рис. 3.18,6).

Решение. Через проекции точки *А* проведем перпендикулярно соответствующим следам плоскости *а* проекции перпендикуляра *d*.

3.7. Перпендикулярность двух плоскостей

Две плоскости взаимно перпендикулярны, если одна из них проходит через перпендикуляр к другой.

Через перпендикуляр к плоскости можно провести множество плоскостей, перпендикулярных к данной плоскости.



Рис.3.19

Пример 7. Построить плоскость *a*, которая проходит через прямую *a* и перпендикулярна плоскости *β* заданной треугольником *ABC* (рис. 3.19).

Решение. Искомую плоскость *а* зададим двумя пересекающимся прямыми *a u d* Прямая *d* - перпендикуляр, восставленный из любой точки прямой *a*, например *K*, на плоскость *a*. Для определения направления проекций перпендикуляра *d* строим в плоскости *p* проекции произвольной горизонтали *h* и фронтали *f*. Фронтальная проекция *d* перпендикулярна фронтальной проекции фронтали плоскости, горизонтальная проекция *d* перпендикулярна $d^{-1} - p^{-1} - p^{-1$

3.8. Определение видимости геометрических фигур

Для увеличения наглядности чертежа невидимые линии на нем показывают штриховой линией, видимые - сплошной толстой основной линией. Видимость линии определяется видимостью принадлежащих ей точек. Закрывать точку может не только плоскость или поверхность, но и другая точка.

Для определения взаимной видимости геометрических фигур (точек, линий, плоскостей, поверхностей) используют конкурирующие точки.

Конкурирующими называют точки, принадлежащие разным геометрическим фигурам и расположенные на одной проецирующей прямой.

Пусть точки, принадлежащие разным геометрическим фигурам, расположены на общей для них проецирующей прямой. Тогда на данной плоскости проекций видимой будет проекция только той точки, которая находится ближе к наблюдателю, т.е. дальше от этой плоскости проекций. Так, видимой будет:

а) на плоскости $\pi 1$ - проекция точки, наиболее удаленной от $\pi 1$;

б) на плоскости $\pi 2$ - проекция точки, наиболее удаленной от $\pi 2$;

в) на плоскости *π3* - проекция точки, наиболее удаленной от *π3*;
Возьмем на горизонтально проецирующей прямой две конкурирующие точки
A и *B* (рис. 3.20).





На плоскости $\pi 2$ будут видимыми проекции обеих точек. На плоскости $\pi 1$ будет видимой проекция точки A, а проекция точки B - невидимой, так как точка A более удалена от $\pi 1$,чем точка B (*ZAt*>*Z*₆). Невидимую проекцию точки заключаем в скобки.

На фронтально проецирующей прямой возьмем две другие конкурирующие точки *C* и *D*. Если смотреть по направлению стрелки, то на плоскости *n*² будет видимой проекция точки *D*, а проекция точки *C* - невидимой, так как точка *D* более удалена от π 2, чем точка *C* (*Y_D t*> *Y_C*). Пример 8. Определить положение точки *D* и ее видимость относительно плоскости *a*, заданной треугольником *A B C* (рис. 3.21).

Решение. Точка **D** может принадлежать плоскости **a** или располагаться:

а) *над* или *под* плоскостью *а*, при этом горизонтальная проекция точки будет соответственно видимой или невидимой;

б) *перед* или *за* плоскостью *а*, при этом фронтальная проекция точки будет соответственно видимой или невидимой.





Рассмотрим две пары конкурирующих точек - D, L и D, M (Mx a, Lx a), расположенных соответственно на фронтально и горизонтально проецирующих прямых (L" = D", M['] = D['])

Недостающие проекции точек L и M (L'', M') найдем из условия их принадлежности плоскости a. Точка L располагается дальше от плоскости π 2, чем точка D ($YLi > Y\pi$). - Значит, точка D находится зa плоскостью a, ее фронтальная проекция будет невидимой.

Точка M располагается ближе к плоскости $\pi 1$, чем точка D (ZM < I ZD) Поэтому точка D находится *над* плоскостью a, ее горизонтальная проекция будет видимой.

Вопросы для закрепления

1. Где располагаются фронтальная проекция горизонтального следа и горизонтальная проекция фронтального следа плоскости?

2. Как определить, является ли плоскость, заданная в системе *π1* - *π***2** пересекающимися или параллельными прямыми, плоскостью общего положения или фронтально проецирующей?

3. Где располагается горизонтальная проекция любой системы точек, расположенной в горизонтально проецирующей или фронтальной плоскости?

4. Как установить видимость двух точек, принадлежащих горизонтально проецирующей прямой?

5. Как провести плоскость через прямую параллельно заданной прямой?

6. Как провести через точку плоскость, параллельную заданной плоскости?

7. Как взаимно располагаются одноименные следы двух параллельных между собой плоскостей?

8. Как располагаются проекции перпендикуляра к плоскости?

Как провести через прямую плоскость, перпендикулярную заданной

плоскости?

ГЛАВА IV.

СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ЧЕРТЕЖА

Решение задач начертательной геометрии значительно упрощается в случае частного положения геометрических фигур относительно плоскости проекций. Например, наиболее выгодным частным положением прямой линии и плоской фигуры следует считать:

а) положение, перпендикулярное к плоскости проекций;

б) положение, параллельное плоскости проекций.

Перевод геометрической фигуры из общего положения в частное можно осуществлять изменением взаимного положения геометрической фигуры и плоскостей проекций. Это достигается:

- перемещением в пространстве плоскостей проекций относительно

неподвижной геометрической фигуры;

 перемещением в пространстве геометрической фигуры относительно неподвижных плоскостей проекций.

При решении задач начертательной геометрии используются разные способы преобразования комплексного чертежа. Из них рассмотрим способ замены плоскостей проекций и способ вращения.

4.1. Способ замены плоскостей проекций

Сущность способа замены плоскостей проекций заключается в том, что одну из заданных плоскостей проекций заменяют на новую, которая в совокупности с незаменяемой плоскостью образует новую ортогональную систему плоскостей проекций. При этом положение заданных геометрических фигур в пространстве не меняется. Новую плоскость вводят так, чтобы относительно нее одна из геометрических фигур заняла частное положение.

При решении задач выполняют одну или последовательно две замены плоскостей проекций.

4.1.1. Замена одной плоскости проекций

Преобразование проекций геометрической фигуры, выполняемое способом замены плоскостей проекций, связано с преобразованием проекций принадлежащих ей точек. Поэтому рассмотрим, как изменяются проекции отдельной точки при переходе от одной системы ортогональных проекций к другой.

Пусть в системе плоскостей проекций $\pi 1 - \pi 2$ дана точка A и указаны ее проекции A' и A'' (рис. 65). В произвольном месте введем новую плоскость проекций $\pi 4$ перпендикулярную горизонтальной плоскости проекций $\pi 1$ и пересекающую ее по оси X_1 . В системе плоскостей проекций $\pi 1 - \pi 4$ горизонтальная проекция точки A(A') осталась неизменной. Из рис. 65, 66 видно, что на одинаковом расстоянии от n1 находятся точка Π и ее проекции на плоскости $\pi 2(A'')$ и $n4(A''_1) - AA' = A'''_1 A_{x^1}$.





Эго условие позволяет просто найти фронтальную проекцию точки A''_{I} в системе плоскостей $\pi_{I} - \pi_{4}$. Для этого через горизонтальную проекцию точки A^{I} проводим линию связи, перпендикулярную новой оси X_{I} , и от точки пересечения ее с осью откладываем отрезок $A''_{I}A_{xI}$ равный расстоянию от проекции A'' точки до оси X (рис. 66).

Пример 1. Определить натуральную величину отрезка *А В* и - угол его наклона к горизонтальной плоскости проекций (рис. 4.2,а).

Решение. Если прямая параллельна плоскости проекций, то она проецируется на нее без искажения. Поэтому новую плоскость π_4 . расположим параллельно отрезку прямой *AB* и перпендикулярно плоскости π_1 . В системе плоскостей $\pi_1 - \pi_4$ проекция $A''_1B''_1$ определит натуральную величину отрезка *AB*, а угол φ - угол наклона отрезка *AB*, горизонтальной плоскости проекций.

Пример 2. Определить угол *ф* наклона плоскости (I к горизонтальной плоскости проекций (рис. 4.2,б).

Решение. Введем новую плоскость π_4 так, чтобы в системе плоскостей $\pi_1 - \pi_4$ плоскость *a* стала фронтально проецирующей.



Рис.4.2

Плоскость π_4 расположим перпендикулярно к плоскостям a и π_1 . В плоскости a на ее фронтальном следе возьмем точку 1. В системе плоскостей $\pi_1 - \pi_4$ сначала найдем новую фронтальную проекцию точки 1'', а потом и сам след $f_1 a$. Угол φ определит угол наклона плоскости a к горизонтальной плоскости проекций.

Пример 3. Построить линию пересечения отсеков плоскостей, заданных треугольниками *АВС* и *DEK*. Определить видимость сторон треугольников относительно плоскостей проекций (рис. 4.3).



Рис.4.3

Решение. Способом замены плоскостей проекций переведем плоскость

одного из треугольников, например *ABC*, в проецирующее положение. Для этого построим проекции ее горизонтали h и введем плоскость проекций π_4 , перпендикулярную плоскости треугольника *ABC* и плоскости π_1 . Новая ось *X* $_1$ системы плоскостей $\pi_1 - \pi_4$ перпендикулярна h' - горизонтальной проекции горизонтали плоскости треугольника *ABC*.

Найдем проекции двух треугольников на плоскость $\pi_4 - A''_1B''_1C''_1$ и $D''_1E''_1K''_1$. Проекция треугольника $A''_1B''_1C''_1$ вырождается в прямую, совпадающую с фронтальным следом его плоскости. Плоскости заданных треугольников пересекаются по прямой линии. Одна проекция этой прямой линии известна - она совпадает с фронтальным следом плоскости треугольника *ABC* и пересекается в точках M''_1 и N''_1 с проекциями сторон $D''_1E''_1$ и

Обратными преобразованиями в системе плоскостей $\pi_1 - \pi_2$ сначала находим проекции точек M и N, а затем и линии пересечения треугольников. Видимость сторон треугольников относительно плоскостей проекций определяется с помощью конкурирующих точек или по направлению стрелок.

4.1.2. Замена двух плоскостей проекций

Изменение проекций точки *А* в процессе последовательной замены двух плоскостей проекций показано на рис. 4.4.

Сначала заменяем плоскость проекций π_2 на $\pi_4 \sim$ образуем систему плоскостей $\pi_1 - \pi_4$. затем заменяем плоскость проекций π_1 на π_5 - образуем систему плоскостей $\pi_4 - \pi_5$. Положение осей X_1 и X_2 в данном примере выбрано произвольно.

Из анализа построений, выполненных на рис. 4.4 видно, что:

а) новая плоскость проекций перпендикулярна оставшейся плоскости проекций

б) расстояние от новой проекции точки до новой оси координат равно расстоянию от заменяемой проекции точки до предыдущей оси координат.


Рис.4.4

Пример 4. Преобразовать чертеж так, чтобы отрезок *АВ* прямой общего положения в новой системе плоскостей проекций стал проецирующим (рис. 4.5).



Рис.4.5

Решение. Требуется введение двух новых плоскостей проекций: первой π_4 - параллельно отрезку *АВ*, второй π_5 - перпендикулярно ему.

В системе плоскостей $\pi_2 - \pi_4$ отрезок *AB* параллелен плоскости π_4 , поэтому на нее проецируется без искажения отрезок и угол его наклона к фронтальной плоскости проекций.

В системе плоскостей $\pi_4 - \pi_5$ отрезок *AB* стал проецирующим относительно плоскости π_5 .

Пример 5. Определить натуральный вид треугольника АВС (рис. 4.6).



Рис.4.6 4.2. Способ вращения

В общем случае при вращении геометрической фигуры все ее точки перемещаются по окружностям, плоскости которых перпендикулярны к оси вращения. Радиус вращения любой точки равен расстоянию от этой точки до оси вращения. Центр ее вращения находится в точке пересечения оси вращения с плоскостью вращения.

Если какая-нибудь из точек данной геометрической фигуры находится на оси вращения, то при вращении фигуры эта точка не изменяет своего положения в пространстве.

4.2.1. Способ вращения вокруг линии уровня

Способ вращения вокруг линии уровня удобно использовать для определения натурального вида плоской фигуры. Сущность этого способа в том, что плоскую фигуру вращают вокруг ее линии уровня (горизонтали или фронтали) до положения, параллельного соответствующей плоскости проекций. При этом плоская фигура на эту плоскость проекций проецируется без искажения.

Пример 6. Определить натуральный вид треугольника *АВС* способом вращения вокруг линии уровня (рис. 4.7).

Решение. Повернем плоскость треугольника вокруг принадлежащей ей горизонтали *h* так, чтобы плоскость заняла положение, параллельное горизонтальной плоскости проекций. В этом случае треугольник

проецируется на горизонтальную плоскость проекций без искажения, на фронтальную - в виде прямой, совпадающей с проекцией горизонтали *h*''.





Точки A и I принадлежат оси вращения h. поэтому при вращении треугольника они не меняют своего положения. Точки B и C будут вращаться соответственно в горизонтально проецирующих плоскостях a и β перпендикулярных к оси вращения h. Точку O - центр вращения точки Bнайдем в пересечении оси вращения h c плоскостью вращения a. Натуральную величину радиуса вращения R точки B определим способом прямоугольного треугольника.

Новую горизонтальную проекцию точки B''_{1} найдем в пересечении дуги окружности радиуса R. проведенной из центра O' и горизонтального следа плоскости h_{oa} . Точка C'_{1} одновременно принадлежит и прямой $B_{1}'1'$ и следу плоскости $h_{o}\beta$, т.е. находится в точке их пересечения.

4.2.2. Способ вращения вокруг оси, перпендикулярной

плоскости проекций

При вращении геометрической фигуры вокруг оси, перпендикулярной к плоскости проекций, каждая ее точка перемещается по дуге окружности, плоскость которой является соответствующей плоскостью уровня. При этом одна проекция точки перемещается по дуге окружности, другая - по прямой, параллельной оси *X*.

Пример 7. Определить натуральную величину отрезка *АВ* и угол его наклона к горизонтальной плоскости проекций (рис. 4.8).

Решение. Вращая отрезок *AB* вокруг оси *i*, перпендикулярной плоскости π_I , переведем его в положение, параллельное плоскости π_I . При этом на плоскость π_2 проецируется без искажения отрезок *AB* и угол φ - угол наклона отрезка к горизонтальной плоскости проекций. Для упрощения геометрических построений ось вращения *i* проведем через одну из концевых точек отрезка, например через точку *A*



Рис.4.8

При вращении отрезка АВ точка А не меняет своего положения, так

как принадлежит оси вращения *i*. Точку *B* перемещаем по дуге окружности так, чтобы отрезок *AB* стал параллелен плоскости π_2 , Для этого точку B''_1 повернем вокруг оси *i*' так. чтобы проекция отрезка *A*' *B*'₁ заняла положение, параллельное оси *X*. Фронтальную проекцию B'_1 найдем в пересечении следа f_{oa} плоскости ее вращения и линии связи, проведенной из точки B'_1

Контрольные вопросы

1. Сколько дополнительных плоскостей надо ввести в систему $\pi_1 - \pi_2$, чтобы определить натуральный вид фигуры, плоскость которой перпендикулярна к плоскости π_1 или к плоскости π_2 ?

2. Что служит признаком достижения плоскости фигуры горизонтального положения при выполнении преобразований комплексного чертежа?

3. В какой последовательности способом замены плоскостей проекций отрезок прямой переводится в проецирующее положение?

4. Как определяется положение центра вращения и радиуса вращения точки при ее повороте вокруг горизонтали или фронтали?

Как должна располагаться ось вращения при переводе плоскости фигуры из общего положения в горизонтально проецирующее?

4.3. Пересечение двух плоскостей

Задача построения линии пересечения двух плоскостей относится к позиционной.

Позиционными называются задачи, в которых требуется установить взаимное положение и взаимную принадлежность рассматриваемых геометрических фигур.

В результате решения позиционных задач определяются:

а) линии пересечения двух поверхностей;

б) точки пересечения линии и поверхности;

в) принадлежность точки поверхности.

Рассмотрим общий и частные случаи построения линии пересечения двух плоскостей.

4.3.1. Общий случай построения линии пересечения двух плоскостей

Две плоскости пересекаются по прямой **I**, которую строят по двум принадлежащим ей точкам или по одной точке этой прямой и ее направлению.

Для определения одной точки L_{I} , принадлежащей прямой пересечения двух плоскостей *а* и β используется следующий алгоритм:

1. Ввести вспомогательную плоскость **у** (обычно проецирующую или плоскость уровня). Если хотя бы одна из пересекающихся плоскостей задана следами, то в качестве вспомогательной удобно использовать плоскость уровня.

2. Найти прямые пересечения вспомогательной плоскости у с каждой из заданных плоскостей.

3. В пересечении полученных прямых найти искомую точку L₁.

Пример. Построить линию пересечения двух плоскостей a и β (рис. 4.9). Плоскость a задана треугольником *АВС*, плоскость β - двумя параллельными прямыми m u n.



Рис.4.9

Решение. Для определения положения точек L_1 и L_2 , принадлежащих прямой пересечения, возьмем две вспомогательные горизонтальные плоскости y_1 и y_2 . Плоскость y_1 пересечет заданные плоскости по прямым с проекциями **1**"C', **1**'C' и **2**"**3**", **2**'**3**". пересечении горизонтальных проекций этих прямых определяем горизонтальную проекцию точки L_1 . Фронтальную проекцию точки **L1** находим по линии связи на фронтальном следе вспомогательной плоскости y_1 . Для определения точки L_2 , используем плоскость y_2 . При построении горизонтальных проекций прямых пересечения плоскости y_2 плоскостями **a** и β использованы только точки **B'** и **4'**. Направление проходящих через них проекций прямых известно, так как вспомогательные плоскости y_1 и y_2 взаимно параллельны.

4.3.2. Частные случаи построения линии пересечения двух

плоскостей

Рассмотрим частные случаи построения линии пересечения двух плоскостей:

 Если следы двух плоскостей пересекаются, то прямая их пересечения проходит через точки пересечения одноименных следов плоскостей (рис. 4.10).



Рис.4.10

2. Если обе плоскости перпендикулярны одной и той же плоскости проекций, то прямая их пересечения перпендикулярна этой плоскости

проекций (рис. 4.11).



Рис.4.11

3. Если плоскости **а** и **β** проецирующие, то проекции прямой их пересечения будут находиться на соответствующих следах этих плоскостей (рис. 4.12).



Рис.4.12





4. Если одна из пересекающихся плоскостей проецирующая, а другая плоскость общего положения, то одна проекция линии пересечения совпадает с соответствующим следом этой плоскости, а вторая строится из условия принадлежности линии пересечения второй плоскости (рис. 4.13).

5..Если одна из пересекающихся плоскостей - плоскость уровня, то линия их пересечения - соответствующая линия уровня (рис. 4.14).



Рис.4.14

4.4. Пересечение прямой с плоскостью

Прямая пересекает плоскость, если она не принадлежит плоскости и ей не параллельна. Проекции точки пересечения делят соответствующие

проекции прямой на два участка, видимость которых относительно плоскости определяется с помощью конкурирующих точек.

4.4.1. Общий случай пересечения прямой с плоскостью

Если прямая *a* и плоскость *a* занимают общее положение, то алгоритм построения точки их пересечения *K* запишется:

1. Прямую **a** заключить во вспомогательную проецирующую плоскость **F** (рис. 4.15).



Рис.4.15

2. Найти прямую L пересечения вспомогательной и заданной плоскостей.

3. В пересечении полученной и заданной прямых найти искомую точку **К**.

Пример. Найти точку пересечения K прямой a c плоскостью a (m, n), определить видимость прямой относительно плоскости F (рис. 88).

Решение. Заключим прямую a во вспомогательную фронтально проецирующую плоскость у. Найдем прямую пересечения L заданной плоскости и вспомогательной. Ее фронтальная проекция L " известна - она совпадает с фронтальным следом $f_{O}y$ вспомогательной плоскости. Горизонтальную проекцию L' построим из условия принадлежности прямой *L* плоскости *a*. Для этого по известным фронтальным проекциям точек *1* и *2* пересечения прямых *m*. *n* плоскости *a* с прямой *L* найдем их горизонтальные проекции. В пересечении

L' и *а'* сначала найдем *К* затем по линии связи на *L* " найдем *К*".

Определение видимости прямой *а* относительно плоскости *а* выполним в следующей последовательности:

1) в плоскости а и на прямой *а* возьмем соответственно конкурирующие точки 1 и 3. Эти точки находятся на фронтально проецирующем луче 1 3, поэтому их фронтальные проекции совпадают (1'' = 3''). Точка 1, принадлежащая плоскости **a**, более удалена от фронтальной плоскости проекций, чем точка 3, принадлежащая прямой *a* (Y1 > Y3). Поэтому участок прямой *a*, расположенный левее точки *K* находится за плоскостью *a* - будет невидим. На фронтальной проекции прямой *a* этот ее участок отмечаем штриховой линией;

2) в плоскости а и на прямой *а* возьмем соответственно другую пару конкурирующих точек - 4 и 5. Эти точки находятся на горизонтально проецирующем луче 4 5. поэтому их горизонтальные проекции совпадают $4^{1}=5^{\prime}$). Точка 4, принадлежащая плоскости *a*, более ОТ удалена горизонтальной плоскости проекций, чем точка 5, принадлежащая прямой а (Z4 > Z5). Из этого следует, что участок прямой *a*, расположенный правее точки К находится под плоскостью а - будет невидим. На горизонтальной проекции прямой *а* этот ее участок отмечаем штриховой линией.

Вопросы для закрепления

1. Служит ли признаком взаимного пересечения двух плоскостей пересечение хотя бы одной пары их одноименных следов?

2. Как строится линия пересечения двух плоскостей, из которых хотя бы одна перпендикулярна к плоскости π1 или к плоскости π2 ?

3. Как строится линия пересечения двух плоскостей, из которых хотя бы одна параллельна плоскости π1 или плоскости π2 ?

4. В чем заключается общий способ построения линии пересечения

двух плоскостей?

5. Как определить "видимость" в случае взаимного пересечения плоскостей?

6. В чем в общем случае заключается способ построения точки пересечения прямой с плоскостью ?

7. Как определить «видимость» при пересечении прямой с плоскостью?

8. Как строится точка пересечения проецирующей прямой с плоскостью?

9. Как строится точка пересечения прямой с проецирующей плоскостью?

ГЛАВА V. МНОГОГРАННИКИ

Многогранником называют пространственную фигуру, ограниченную замкнутой поверхностью, которая состоит из отсеков плоскостей, имеющих форму многоугольников.

5.1. Многогранные поверхности

Поверхность изделия, ограниченная отсеками плоскостей, называется многогранной, а само изделие (фигуру) в этом случае называют многогранником. Каждый отсек плоскости называется гранью. Границами грани служит многоугольник, стороны которого называются ребрами и являются прямыми пересечения граней. Наибольшее применение находят многогранники, которые называют пирамидами, призмами и призматоидами.

Пирамидой называют многогранник, основанием которого является многоугольник, а боковыми гранями — треугольники с общей вершиной, называемой вершиной пирамиды (рис. 5.1).

Прямые (VG, VK, VL) пересечения боковых граней называют боковыми ребрами. Прямые пересечения боковых граней с основанием называют ребрами основания. Точки пересечения ребер называют вершинами многогранника. В обозначении пирамиды указывают вершину пирамиды и вершины основания, например, на рис. 5.1 — VOKL.





Ребра многогранной поверхности образуют ее каркас (или сетку). Построение проекций многогранной поверхности сводится к построению проекций ее каркаса (рис. 5.1, а), то есть вершин, соединенных ребрами.

При построении аксонометрического чертежа (рис. 5.1, б) в общем случае изображаются вторичная проекция V/G/K/L поверхности (обычно тонкими линиями) и ее аксонометрическая проекция V'G'K'L'. Для этого выбираются оси O x y z натуральной системы, назначается вид аксонометрии определяются аксонометрические $x \mid y \mid z'$ координаты вершин и строятся их вторичные и аксонометрические проекции, которые соединяются прямыми линиями.

Многогранник называют выпуклым, если он весь лежит по одну сторону от любой из его граней. В этом случае грани и фигуры сечения многогранника тоже являются выпуклыми многоугольниками. Отрезок, измеряемый перпендикуляром *[V0]*, опущенным из вершины пирамиды на его основание, называют высотой пирамиды. Пирамиду называют правильной, если основанием служит правильный многоугольник и высота пирамиды проходит через центр этого многоугольника (рис. 5.1 и 5.2, а).



Рис. 5.2.

Если вершина отсечена плоскостью а (*ABC*), то пирамида называется усеченной (рис. 5.2, а).

В название многогранной поверхности вводят число ее боковых граней. Например, на рис. 5.2, рис. 5.2, *а*, *в* изображена трехгранная пирамида, а на рис. 5.2, б изображена четырехгранная пирамида.

Правильная пирамида, ограниченная четырьмя равносторонними треугольниками, называется тетраэдром. У тетраэдра любая грань может служить основанием.

Если вершину V пирамиды удалить в бесконечность, то ее боковые ребра станут параллельными прямыми, а фигура — призмой (рис. 5.3).

Многогранник, основаниями которого являются многоугольники, а боковыми гранями — параллелограммы, называется призмой.

Если боковые ребра перпендикулярны основанию, призма называется прямой (рис. 5.2, а), иначе ее называют наклонной (рис. 5.2, в).

Если в основании призмы лежит правильный многоугольник, призма называется правильной. При выпуклом основании призма называется выпуклой. Сечения выпуклой призмы плоскостью будут выпуклыми многоугольниками.



Рис. 5.3.

Прямая призма, основанием которой является прямоугольник, называется параллелепипедом (рис. 5.3, б).

В название призмы вводят число ее боковых граней. Например, на рис. 5.3, а даны изображения трехгранной призмы, а на рис. 5.3, б и в — четырехгранной.

При задании каркаса призматической поверхности общего положения свободно можно задать только три вершины многоугольника одного основания и одну вершину многоугольника второго основания.

5.2. Построение сечения многогранника плоскостью

Сечением многогранника плоскостью в общем случае является плоский многоугольник. Число его сторон равно числу граней многогранника, пересекаемых секущей плоскостью. Для построения многоугольника сечения обычно используют способ граней или способ ребер.

Способом граней находят прямые пересечения каждой грани многогранника с секущей плоскостью, т.е. находят стороны сечения. Пересечение сторон определяет вершины многоугольника сечения.

Способом ребер находят точки пересечения каждого ребра многогранника с секущей плоскостью, т.е. находят вершины многоугольника сечения. Соединяя вершины, получают многоугольник сечения.

Пример 1. Построить сечение пирамиды плоскостью а (рис. 5.4).





Решение. Для определения вершин K и L треугольника сечения используем способ ребер. В этом случае решение сводится к нахождению точек пересечения ребер SA и SB с плоскостью a, т.е. к задаче на определение точки пересечения прямой с плоскостью.

Для определения точки *К*, в которой ребро *SA* пересекает плоскость а, выполним следующие действия:

1) заключим ребро *SA* во вспомогательную фронтально проецирующую плоскость /у;

2) найдем прямую 12 пересечения плоскостей y_1 и a;

3) в пересечении прямых SA и 12 найдем точку К.

Аналогичным образом найдем точку *L*. Для этого заключим ребро *SB* во вспомогательную фронтально проецирующую плоскость y_2 •

Ребро *SC* занимает частное положение относительно плоскостей проекций (*SC II* π_3), поэтому принадлежащую ему вершину *M* треугольника сечения найдем иным, чем вершины *K* и *L*, способом. Точка *L* принадлежит прямой пересечения плоскости *a* с гранью *SCB*. Эта прямая является

геометрическим местом точек пересечения с плоскостью *а* прямых, принадлежащих грани *SCB* Найдем точку *4* пересечения плоскости *a* со стороной *CB* основания пирамиды. Плоскость *a* пересекает грань *SCB* по прямой, проходящей через точку *L* и найденную точку *4*. Точка *M* получится в пересечении этой прямой с ребром *SC*.

Решение задачи на построение сечения многогранника плоскостью упрощается, если преобразовать чертеж так, чтобы в новой системе плоскостей проекций секущая плоскость заняла проецирующее положение (рис. 5.5).



Рис.5.5

Тогда одна проекция многоугольника сечения известна - она совпадает с соответствующим следом секущей плоскости. Другие его проекции находят из условия принадлежности вершин многоугольника сечения ребрам многогранника.

При определении видимости сторон многоугольника сечения следует иметь в виду очевидное правило: точка и линия, принадлежащие поверхности многогранника, видимы только в том случае, если они расположены на видимой грани.

5.4. Развертка поверхности многогранника

Построение развертки многогранника сводится к построению

натуральных величин его граней.

Развертку многогранной поверхности можно выполнить тремя способами: а) треугольников (триангуляции); б) нормального сечения; в) раскатки.

Рассмотрим наиболее универсальный из них - способ треугольников. Этот способ используется для построения разверток любых многогранных поверхностей, а также для построения приближенных и условных разверток кривых поверхностей. Способ основан на свойстве «жесткости» треугольника - три отрезка определяют единственный треугольник.



Рис.5.5

Развертка многогранника способом треугольников строится в следующей последовательности:

1) те грани многогранника, у которых число сторон больше трех разбиваются на треугольники;

2) определяются натуральные величины сторон треугольников;

3) на плоскости последовательно строятся треугольники, из которых состоят грани многогранника.

Пример 2. Построить развертку поверхности трехгранной пирамиды *SABC* (рис.5.5).

Решение. Так как основание *АВС* пирамиды лежит в горизонтальной плоскости проекций π_I , то оно проецируется на π_I в натуральную величину.

Натуральные величины ребер *SA*, *SB*, *SC* определяем способом вращения вокруг оси i, перпендикулярной плоскости π_I и проходящей через вершину *S*,

Для построения развертки поверхности пирамиды сначала на свободном поле чертежа откладываем ребро *SA* и с помощью засечек строим треугольник *SAB*, затем к нему последовательно пристраиваем треугольники *SBC*, *SAC*, *ABC*.

Вопросы для закрепления

- 1. Чем задается поверхность пирамиды на чертеже?
- Какая фигура получается в сечении пирамиды плоскостью, проходящей через вершину пирамиды?
- 3. В каком случае в сечении трехгранной пирамиды плоскостью получается четырехугольник?
- 4. В чем заключается сущность способа ребер?
- 5. В чем заключается сущность способа граней?
- 6. В какой последовательности строится развертка пирамиды способом триангуляции?
- 7. Какими способами можно определить натуральную величину ребра пирамиды?

ГЛАВА VI :ПОВЕРХНОСТЬ

Многое, что окружает нас в жизни, если смотреть с позиции геометрии, - это линии и поверхности простых и сложных форм. Поверхности широко используются в различных областях науки и техники при создании очертаний различных технических форм или как объекты инженерных исследований.

6.1. Основные понятия и определения

Поверхность как объект инженерного исследования может быть задана следующими основными способами: а) уравнением; б) каркасом; в) определителем; г) очерком.

Составлением уравнений поверхностей занимается аналитическая геометрия; она рассматривает поверхность как множество точек, координаты которых удовлетворяют уравнению вида F(x, y, z) = 0.

В начертательной геометрии поверхность на чертеже задается каркасом, определителем, очерком.

каркасном способе поверхность При задается совокупностью некоторого количества линий, принадлежащих поверхности. В качестве линий, образующих каркас, как правило, берут семейство линий, получающихся пересечении поверхности при рядом параллельных плоскостей. Этот способ используется при проектировании кузовов автомобилей, в самолето - и судостроении, в топографии и т. и.

Поверхность, образованная движущейся в пространстве линией, на чертеже может быть задана определителем поверхности.

Определителем поверхности называется совокупность геометрических фигур и связей между ними, позволяющих однозначно образовать поверхность в пространстве и задать ее на чертеже.

Способ образования поверхности движущейся в пространстве линией называют кинематическим.

Линию, образующую при своем движении в пространстве данную поверхность называют образующей (производящей).

Образующая при своем движении может изменять свою форму или оставаться неизменной. Закон перемещения образующей можно, в частности, задать неподвижными линиями, на которые при своем движении опирается образующая. Эти линии называются *направляющими*.

На чертеже при задании поверхности ее определителем строятся проекции направляющих линий, указывается, как находятся проекции

образующей линии. Построив ряд положений образующей линии, получим каркас поверхности. Пример образования поверхности кинематическим способом показан на рис. 6.1.



Рис.6.1

В качестве образующей *а* этой поверхности взята плоская кривая. Закон перемещения образующей задан двумя направляющими *m* и *n* и плоскостью *a* Образующая *a* скользит по направляющим, все время оставаясь параллельной плоскости *a*.

Различают геометрическую и алгоритмическую часть определителя поверхности. Определитель имеет следующую форму записи $\Phi(\Gamma) [A]$, где Φ - обозначение поверхности; (Γ) - *геометрическая часть определителя*, в ней перечисляются все геометрические фигуры, участвующие в образовании поверхности и задании ее на чертеже; [A] - *алгоритмическая часть определителя* - в ней записывается алгоритм формирования поверхности.

Определитель поверхности выявляется путем анализа способов образования поверхности или ее основных свойств. В общем случае одна и та же поверхность может быть образована несколькими способами, поэтому определителей. иметь несколько Обычно ИЗ всех способов может образования поверхности выбирают простейший. Например, боковая поверхность прямого кругового цилиндра может быть образована четырьмя способами (рис. 6.2):



Рис.6.2

а) как след, оставляемый в пространстве прямой при ее вращении вокруг оси *m* (рис. 6.2,а).

Определитель поверхности - Φ (a, m) [A_1],

б) как след, оставляемый в пространстве кривой линией **b** при ее вращении вокруг оси **m** (рис. 6.2,б).

Определитель поверхности - $\Phi(b, m) [A_2]$;

в) как след, оставляемый в пространстве окружностью c при поступательном перемещении ее центра O вдоль оси m, при этом плоскость окружности все время остается перпендикулярной к этой оси (рис. 6.2,в).

Определитель поверхности - $\Phi(c, m)$ [A3],

г) как огибающую всех положений сферической поверхности *р* постоянного радиуса, центр которой перемещается по оси *m* (рис.6.2,г).

Определитель поверхности- $\Phi(p, m)$ [A4].

Наиболее простым из рассматриваемых будет определитель Φ (*a*,*m*) [*A*₁].

Задание поверхности на чертеже каркасом или определителем не всегда обеспечивает наглядность ее изображения. В некоторых случаях поверхность целесообразнее задавать ее очерком.

Очерком поверхности называется проекция проецирующей цилиндрической поверхности, огибающей заданную поверхность.

По известному уравнению поверхности или ее определителю, или

очерку всегда можно построить каркас поверхности.

Многообразие поверхностей требует их систематизации. Для поверхностей, образованных кинематическим способом в основу систематизации положен их определитель.

В зависимости от вида образующей поверхности разделяются на два класса:

класс 1 - поверхности нелинейчатые (образующая - кривая линия);

класс 2 - поверхности линейчатые (образующая - прямая линия)

6.2. Поверхности нелинейчатые

Поверхности нелинейчатые подразделяют на поверхности с образующей переменного вида (изменяющей свою форму в процессе движения) и на поверхности с образующей постоянного вида.

6.2.1. Не линейчатые поверхности с образующей переменного вида

К нелинейчатым поверхностям с образующей переменного вида относятся:

1. Поверхность общего вида. Такая поверхность образуется перемещением образующей переменного вида *a* по криволинейной направляющей *m* (рис. 6.3).



Рис.6.3

2. Каналовая поверхность. Эта поверхность образуется движением плоской замкнутой линии, плоскость которой определенным образом

ориентирована в пространстве (рис. 6.4).

3. Площадь, ограниченная образующей, монотонно изменяется в процессе ее движения по направляющей. Например, каналовую поверхность имеет переходный участок, соединяющий два трубопровода разной формы. *Циклическая поверхность* - частный случай каналовой поверхности, когда образующая - окружность, радиус которой монотонно изменяется (рис. 6.5).





Примером циклической поверхности может быть корпус духового музыкального инструмента.



Рис.6.5

6.3. Поверхности линейчатые

Линейчатые поверхности образуются движением прямой (образующей) по заданному закону. В зависимости от закона движения образующей получаем различные линейчатые поверхности.

6.3.1. Линейчатые поверхности с тремя направляющими

К линейчатым поверхностям с тремя направляющими относятся:

1. Поверхность косого цилиндра. Такая поверхность может быть образована движением прямолинейной образующей по трем криволинейным направляющим (рис. 6.6,а).



Рис.6.6

2.Поверхность дважды косого цилиндроида. Эта поверхность образуется в том случае, когда две направляющие кривые, а третья - прямая линия (рис. 6.6,б).



Рис.6.7

Пример. Найти недостающие проекции точек *А*" и *В* принадлежащих поверхности однополостного гиперболоида (рис. 6.8).



Рис.6.8

Решение. Для определения недостающей проекции точки, воспользуемся признаком принадлежности ее поверхности: *точка* принадлежит поверхности, если она принадлежит какой-либо линии этой поверхности.

Для данной линейчатой поверхности при построении проекций образующей сначала задается ее горизонтальная проекция, а затем находится фронтальная. Поэтому через известную горизонтальную проекцию точки A' проводим проекцию образующей a'_2 определяем ее фронтальную проекцию a''_2 \на которой по линии связи найдем искомую фронтальную проекцию точки A''.

Для определения недостающей горизонтальной проекции точки *B*¹ выполним следующие построения:

1. Построим ряд образующих заданной поверхности $a_{1,} a_{2,} a_{3,} a_{4.}$

2. На фронтальной плоскости проекций через известную проекцию точки *B*" проведем проекцию вспомогательной линии *b*", принадлежащей заданной поверхности и пересекающей образующие.

3. По известным фронтальным проекциям точек пересечения проекции линии *b*" с образующими $a_{1}^{*}, a_{2}^{*}, a_{3}^{*}, a_{4}^{*}$ найдем горизонтальные проекции этих точек. Соединив их плавной линией, построим горизонтальную проекцию вспомогательной линии *b*. на которой по линии связи найдем искомую проекцию точки *B*.

К линейчатым поверхностям с тремя направляющими относятся, например, поверхности гребных винтов судов и пропеллеров самолетов. В архитектуре и строительстве они используются при возведении крытых зданий стадионов, рынков, вокзалов.

6.3.2. Линейчатые поверхности с одной направляющей (торсы)

Торсы являются развертываемыми поверхностями - они могут быть совмещены с плоскостью без складок и разрывов. К торсовым поверхностям относятся:

1. Поверхность с ребром возврата. Эта поверхность образуется движением прямолинейной образующей, во всех своих положениях касательной к пространственной кривой, называемой ребром возврата.



Рис.6.9

2. Цилиндрическая поверхность. Данная поверхность образуется движением прямолинейной образующей, скользящей по кривой направляющей и остающейся параллельной своему исходному состоянию (рис. 6.9,а).

3. Коническая поверхность. Эта поверхность образуется движением прямолинейной образующей, скользящей по кривой направляющей и проходящей во всех своих положениях через одну и ту же неподвижную точку *S* (рис. 6.9,б).

6.4. Поверхности вращения

Поверхностью вращения называют поверхность, получаемую вращением какой-либо образующей линии вокруг неподвижной прямой - оси вращения поверхности.

Плоскости, перпендикулярные оси вращения, пересекают поверхность по окружностям - *параллелям*. Наименьшую параллель называют *горлом*, наибольшую — экватором.



Рис.6.10

На рис. 6.10 показана поверхность вращения. Здесь образующей является плоская кривая *ABCD*, ось вращения *i* расположена в одной плоскости с этой кривой.

Линии, по которым плоскости, проходящие через ось вращения, пересекают поверхность, называют *меридианами*. Каждый меридиан разделяется на две симметричные относительно оси вращения линии, называемые полу меридианами. Меридиан, расположенный в плоскости, параллельной фронтальной плоскости проекций, называют *главным меридианом*.

Основные свойства поверхности вращения:

1. Отрезок меридиана между двумя точками поверхности есть кратчайшее расстояние между этими точками.

2. Все меридианы равны между собой.

3. Каждая из параллелей поверхности вращения пересекает меридианы под прямым углом.

4. Любая из нормалей к поверхности вращения пересекает ось вращения поверхности.

Поверхности вращения на чертеже удобно задавать очерками, проекциями ее характерных линий и точек. Фронтальным очерком поверхности вращения является фронтальная проекция главного меридиана, а горизонтальным - горизонтальная проекция экватора.





Рассмотрим основные виды поверхностей вращения:

1. Цилиндр вращения. Эта поверхность может быть получена

вращением прямой, параллельной оси вращения *i* (рис. 6.11,а).

2. *Конус вращения*. Поверхность конуса вращения может быть получена вращением прямой, пересекающей оси вращения *i* (рис. 6.11,6).



Рис.6.12

3. *Сфера*. Образующая сферы - окружность, центр которой **О** находится на оси вращения *i* (рис. 6.12,а).

4. *Тор*. Образующая тора - окружность или ее дуга. Ось вращения *i* лежит в плоскости этой окружности, но не проходит через ее центр (рис. 6.12,б).

6.5. Винтовые линейчатые поверхности

Винтовой линейчатой поверхностью называется поверхность, образуемая винтовым перемещением прямой.

Винтовое перемещение образующей *AB* характеризуется вращением ее вокруг оси *i* и одновременным поступательным движением, параллельным этой оси (рис. 6.13). Закон перемещения образующей определяется видом винтовой линии (ее направлением, диаметром и шагом) и характером перемещения образующей по направляющей.

Если образующей равен 90°, называется *прямым*, угол произвольный, отличный от 0 и 90°, то геликоид называется *косым (наклонным)*. Прямые и

косые геликоиды могут быть открытья[^] и *закрытыми*. У открытого геликоида образующая и ось вращения - скрещивающиеся прямые, у закрытого - пересекающиеся прямые. На рис. 6.13 построен каркас прямого закрытого геликоида.



Рис.6.13

Винтовые поверхности широко используются в технике. Винты, пружины, сверла, шнеки для перемещения сыпучих материалов, винтовые лестницы - все они имеют винтовые поверхности.

Вопросы для закрепления

- 1. Что такое образующая линия поверхности?
- 2. Что такое направляющая линия?
- 3. Как задаются поверхности на комплексном чертеже?
- 4. Что такое определитель поверхности?
- 5. Что такое очерк поверхности?
- 6. Как образуется однополостный гиперболоид?
- 7. Как образуются поверхности вращения?
- 8. Как определить положение точки на поверхности вращения?
- 9. Какие поверхности называются циклическими?

ГЛАВА VII. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ КРИВОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПЛОСКОСТЬЮ И ПРЯМОЙ ЛИНИЕЙ

Рассмотрим общие и частные приемы построения линии пересечения кривой поверхности плоскостью, а также приемы определения точек пересечения кривой поверхности и прямой.

7.1. Пересечение кривой поверхности плоскостью

Линия пересечения кривой поверхности с плоскостью представляет собой плоскую линию.

В общем случае для определения точек этой линии используют следующий алгоритм:

1. Ввести вспомогательную плоскость.

2. Найти линии пересечения вспомогательной плоскости с заданной поверхностью.

3. Найти прямую пересечения двух плоскостей - вспомогательной и заданной.

4. В пересечении найденных линий и прямой получим точки (чаще всего - две), принадлежащие линии пересечения поверхности с плоскостью.

5. Повторив перечисленные операции необходимое число раз, определим точки, соединив которые получим искомую линию пересечения поверхности с плоскостью.

Вспомогательные плоскости следует выбирать так, чтобы проекции линий их пересечения с поверхностью были простыми - прямыми или окружностями.

Построение линии пересечения следует начинать с определения ее *опорных точек* (высшей и низшей, точек смены видимости и др.). Способы определения опорных точек зависят от вида поверхности, положения поверхности и пересекающей ее плоскости в пространстве.

Видимость линии пересечения определяется по видимости поверхности, которой она принадлежит. Видимые участки линии пересечения находятся на видимой части поверхности, невидимые - на невидимой.

Если поверхность задана ее очерками, то точки смены видимости линии пересечения всегда лежат на очерках поверхности и делят проекцию линии пересечения на видимую и невидимую части.

При построении линии пересечения кривой поверхности плоскостью следует учитывать следующие особенности:

1. Если поверхность линейчатая, то точки, принадлежащие линии пересечения ее с плоскостью удобно определять как точки пересечения образующих поверхности (прямых) с секущей плоскостью.

2. Если поверхность проецирующая (прямой цилиндр, прямая призма), то одна проекция линии пересечения ее с плоскостью известна - она совпадает с соответствующей проекцией поверхности.

3. Если секущая плоскость проецирующая, то одна проекция линии пересечения ее с поверхностью совпадает с соответствующим следом плоскости, вторая проекция линии пересечения находится из принадлежности ее точек поверхности.

Построение линии пересечения обычно упрощается, если преобразовать комплексный чертеж так, чтобы секущая плоскость заняла проецирующее положение.

Следует отметить, что приемы построения линии пересечения кривой поверхности плоскостью и линии пересечения многогранника плоскостью одинаковы, так как любую кривую поверхность можно аппроксимировать поверхностью многогранника. Так, цилиндрическую поверхность можно аппроксимировать поверхностью призмы, коническую - пирамидой.

7.2. Пересечение поверхности вращения плоскостью

Для построения точек, принадлежащих линии пересечения поверхности вращения плоскостью целесообразно использовать вспомогательные плоскости, перпендикулярные к оси вращения. В этом случае вспомогательная плоскость будет пересекать поверхность по окружности.

Сечение поверхности вращения плоскостью является симметричной

фигурой. Ось симметрии фигуры принадлежит общей плоскости симметрии поверхности и секущей плоскости. Плоскость симметрии проходит через ось вращения поверхности и перпендикулярна секущей плоскости.

Рассмотрим пересечение плоскостью поверхности прямого кругового цилиндра и прямого кругового конуса.

В зависимости от положения секущей плоскости линиями пересечения прямого кругового цилиндра могут быть:

1. Прямая - секущая плоскость касательна к поверхности цилиндра (рис. 7.1,а).

2. Две параллельные прямые - секущая плоскость параллельна оси вращения *I* (рис. 7.1,б).

3. Окружность - секущая плоскость перпендикулярна оси вращения.



Рис.7.1



Рис.7.2

4.Э*ллипс* - секущая плоскость пересекает все образующие поверхности, т.е. не параллельна и не перпендикулярна оси вращения (рис. 7.2).

На рис. 7.2 прямой круговой цилиндр пересекается по эллипсу фронтально проецирующей плоскостью *а*. Горизонтальная проекция эллипса совпадает с горизонтальным очерком цилиндра, фронтальная - с одноименным следом плоскости *а*. Отрезки *B'' H*["] и 2['] 5['] равны соответственно длинам большой и малой осей эллипса.

Если угол между плоскостью a и осью цилиндра i равен 45°, то проекцией эллипса на плоскость π_1 является окружность.



Рис.7.3

Пример 1. Построить линию пересечения прямого кругового цилиндра плоскостью общего положения *а* (рис. 7.3).

Решение. В сечении получаем эллипс, так как секущая плоскость не параллельна и не перпендикулярна оси вращения. Ось вращения цилиндра перпендикулярна π_1 , поэтому горизонтальной проекцией искомой линии пересечения является окружность, совпадающая с горизонтальным очерком поверхности цилиндра.

Построение фронтальной проекции линии пересечения начинаем с

определения ее опорных точек. Высшую (**B**) и низшую (**H**) точки линии пересечения находим, введя вспомогательную горизонтально проецирующую плоскость y_1 так, чтобы ее горизонтальный след был перпендикулярен следу h_{oa} и проходил через ось цилиндра. Эта плоскость является общей плоскостью симметрии цилиндра и секущей плоскости **a**.

Найдя проекции линии пересечения плоскостей a и γ_{1} , сначала определим горизонтальные, а затем фронтальные проекц (B) и низшей (H) точек линии пересечения. Горизонтальные проекции точек смены видимости (A, C) известны, фронтальные проекции этих точек найдем из условия их принадлежности фронтали f плоскости a. Промежуточные точки (D, E, M, N) определим с помощью вспомогательных плоскостей γ_2 , γ_3 ,

В сечении прямого кругового конуса плоскостью может получиться точка, прямая, две прямых, парабола, эллипс, окружность. Признаками, определяющими вид сечения, могут служить значения углов $\boldsymbol{\theta}$ и $\boldsymbol{\varphi}$ наклона секущей плоскости и образующих конуса к оси вращения конуса (рис.7.4).



Рис.7.4

Рассмотрим следующие случаи.

1. Секущая плоскость проходит через вершину конуса.

В сечении конуса может получиться *точка* ($90 > 0 > \phi$) (рис. 7.4, a), *прямая* ($\theta = \phi$)(рис. 7.4,б), *две прямые* ($\phi > \theta > 0^\circ$) (рис. 7.4,в).

2. Секущая плоскость не проходит через вершину конуса.

Линиями пересечения могут быть: эллипс ($90^{\circ} > \Theta > \phi$), окружность
(**θ** = **90**°) (рис. 7.4, a), *парабола* (**θ** = **φ**) (рис. 7.4,б), *гипербола* (**φ** > **θ** >**0**°) (рис. 7.4,в).

В общем случае для построения линии пересечения прямого кругового конуса плоскостью следует находить точки пересечения образующих конуса с секущей плоскостью.

Пример 2. Построить линию пересечения прямого кругового конуса фронтально проецирующей плоскостью *а* (рис. 7.5).



Рис.7.5

Решение. В сечении получаем эллипс, так как секущая плоскость пересекает все образующие конуса и не перпендикулярна его оси вращения. Фронтальная проекция линии пересечения известна - она совпадает с фронтальным следом плоскости h_{oa} (точки B'', H'', A'', C''). Большая ось эллипса BH проецируется на плоскость π_1 без искажения. Точка B''- высшая, H''- низшая точки линии сечения. Проекция малой оси эллипса на плоскость вырождается в точку A'' = C'', расположенную в середине отрезка B''H''.

Для определения горизонтальной проекции малой оси эллипса через известную ее фронтальную проекцию проводим горизонтальную плоскость *γ*. В сечении конуса получаем окружность, на горизонтальной проекции которой находим точки *A*'.

С'. Проекции других точек линии пересечения можно найти с помощью

вспомогательных горизонтальных плоскостей.

7.3. Пересечение кривой поверхности прямой

В общем случае для построения точек пересечения кривой поверхности прямой используется следующий алгоритм:

1. Прямую заключить во вспомогательную плоскость.

2. Найти линии пересечения (одну или две) вспомогательной плоскости с заданной поверхностью.

3. В пересечении найденных линий и заданной прямой найти искомые точки пересечения.

Чтобы получить рациональное решение следует использовать наиболее простой способ определения линии пересечения вспомогательной плоскости с заданной поверхностью путем подбора положения вспомогательной плоскости или перевода заданной прямой в частное положение.

Для определения видимости прямой можно использовать метод конкурирующих точек.

В примерах, приведенных далее, преимущественно рассмотрены геометрические тела, т.е. ограниченные части пространства вместе с их границами - поверхностями.

Пример 3. Найти точки пересечения прямой *а с* поверхностью тора (рис. 7.6,а).

Решение. Заключаем прямую *а* в плоскость γ ., перпендикулярную к оси вращения тора *i* и параллельную плоскости π_2 , Плоскость у пересекает тор *по двум* окружностям. В пересечении этих окружностей прямой *а* получим искомые точки K_1 и K_2

Пример 4. Найти точки пересечения прямой *b* с поверхностью конуса (рис. 7.6,б).

Решение. Так как прямая **b** проецирующая, то одна ее проекция - точка. Она совпадает с соответствующими проекциями точек пересечения прямой с поверхностью ($\mathbf{b'} = \mathbf{K'}_1 = \mathbf{K'}_2$).

Фронтальные проекции этих точек находятся из условия их принадлежности поверхности.



Рис.7.6

Контрольные вопросы

1. Какие линии получаются при пересечении цилиндра вращения плоскостями?

2. Какие линии получаются при пересечении конуса вращения плоскостями?

3. Как строится малая ось эллипса, получаемого при пересечении конуса вращения плоскостью?

4. Как в общем случае строятся точки пересечения прямой линии с кривой поверхностью?

5. Как в общем случае строятся линии пересечения кривой поверхности плоскостью?

7.4. Пересечение двух кривых поверхностей

Две кривые поверхности пересекаются по линии, одновременно принадлежащей каждой из них. Эта линия строится по точкам. В общем случае линия пересечения двух поверхностей представляет собой пространственную кривую, которая может распадаться на две и более части.

Пусть заданы две пересекающиеся поверхности *а* и *β* (рис. 7.7).

В общем случае для построения точек *L*₁ и .*L*₂, принадлежащих линии пересечения двух кривых поверхностей, используется следующий алгоритм:

1. Ввести вспомогательную секущую поверхность - посредник у.

2. Определить линии *m* и *n* пересечения поверхности - посредника у с каждой из заданных поверхностей.

3. В пересечении линий *тип* найти искомые точки L_1 и L_2 .



Рис.7.7

Последовательно введя ряд поверхностей-посредников, найдем необходимое число точек, принадлежащих линии пересечения. Соединив в определенной последовательности найденные точки плавной линией, получим искомую линию пересечения двух поверхностей.

Видимость участков линии пересечения определяется с помощью конкурирующих точек. Видимые участки линии пересечения находятся на видимых частях пересекающихся поверхностей, невидимые - на невидимых.

Секущие поверхности-посредники выбирают такие, чтобы проекции линий их пересечения с заданными поверхностями были простыми -

прямыми или окружностями. В качестве поверхностей- посредников обычно используют плоскости или сферы.

Рассмотрим построение линии пересечения двух поверхностей способом вспомогательных секущих плоскостей.

Построение линии пересечения начинают с определения ее опорных точек (высшей, низшей, точек смены видимости и др.). Способы определения опорных точек зависят от вида пересекающихся поверхностей, их взаимного положения и положения относительно плоскостей проекций.

Высшая и низшая точки линии пересечения позволяют установить граничные положения вспомогательных секущих плоскостей.

Для уточнения вида линии пересечения находят ее промежуточные точки. При этом следует учесть, что проекции линии пересечения двух поверхностей всегда находятся в пределах контура наложения проекций этих поверхностей (заштрихованные области на рис. 7.8,а).

При построении линии пересечения двух поверхностей следует учитывать следующие особенности:

1. Если одна из пересекающихся поверхностей проецирующая, то одна проекция линии пересечения известна - она совпадает с вырожденной проекцией этой поверхности (рис. 7.8,б).

2. Если хотя бы одна из пересекающихся поверхностей линейчатая, то точки, принадлежащие линии пересечения находятся как точки пересечения прямолинейных образующих этой поверхности с другой поверхностью (рис. 7.8,б).

3: Если пересекающиеся поверхности имеют общую плоскость симметрии, то высшая (**B**) и низшая (**H**) точки линии пересечения принадлежат этой плоскости и могут быть построены точно (рис. 7.8,а). В противном случае они строятся приближенно (рис. 7.8,б).

4. Если плоскость симметрии пересекающихся поверхностей параллельна одной из плоскостей проекций, то на ней совпадают проекции видимой и невидимой частей линии пересечения (рис. 7.8,а).

5. Если обе пересекающиеся поверхности заданы проекциями их очерков, то проекции линии их пересечения касаются очерков поверхностей (точки **B''**, **H''**, **A'C'** на рис. 7.8, а и точки **D''**, **E''**, **M''**, **N''**, **A'**, **C'** на рис. 7.9). Причем точки смены видимости линии пересечения всегда находятся на очерке той поверхности, которая расположена ближе к наблюдателю.



Рис.7.8

Пример. Построить линию пересечения поверхностей конуса и сферы (рис. 7.9).

Решение. Определим опорные точки линии пересечения. Заданные поверхности имеют общую плоскость симметрии *a*, которая проходит через ось вращения конуса и центр сферы. В этой плоскости находятся высшая (*B*) и низшая (*H*) точки линии пересечения поверхностей. Для определения проекций этих точек воспользуемся способом замены плоскостей проекций - построим очерки заданных поверхностей на плоскость проекций π_4 , параллельную их общей плоскости симметрии *a*. В пересечении очерков найдем проекции высшей (*B*₁") и низшей *H*₁" точек линии пересечения

поверхностей. Исходя из принадлежности этих точек поверхности конуса, найдем их проекции в исходной системе плоскостей.

Видимость горизонтальной проекции линии пересечения определяет сфера - на ее экваторе находятся точки смены видимости *A* и *C*. Для определения этих и других точек используем общий алгоритм построения точек, принадлежащих линии пересечения двух поверхностей. При этом в качестве поверхностей-посредников используем вспомогательные секущие плоскости *у*₁, *у*₂, *у*₃.





Видимость фронтальной проекции линии пересечения определяет конус - точки смены видимости **D** и **E** находятся на главном меридиане

конуса.

Другими опорными точками линии пересечения являются точки *M* и *N* - на фронтальной плоскости проекций в этих точках линия пересечения касается очерка сферы. Горизонтальные проекции этих точек определяем в пересечении одноименных проекций главного меридиана сферы и найденной линии пересечения. Фронтальные проекции точек *M* и *N* находим из условия принадлежности их сфере.

7.5. Плоскость, касательная к поверхности

При проектировании и конструировании поверхностей строятся касательные плоскости и нормали к поверхности. Построение касательной плоскости является частным случаем пересечения поверхности плоскостью.

Плоскостью, касательной к поверхности в некоторой ее точке, называется плоскость, которой принадлежат все прямые, касательные к всевозможным кривым, проведенным на поверхности через данную точку.

В зависимости от вида поверхности элементом ее касания с плоскостью может быть точка, прямая или плоская линия.

На поверхности могут быть точки, к которым нельзя провести касательную плоскость.

Единственную точку касания с плоскостью имеет, например, поверхность сферы, параболоида и эллипсоида вращения.

По прямой линии (образующей) плоскость будет касаться поверхности конуса, цилиндра.

Касаясь в точке с поверхностью однополостного гиперболоида вращения, касательная плоскость при этом пересекает его по двум прямым.

Касательную плоскость удобно задать двумя прямыми, пересекающимися в точке касания. Каждая из этих прямых является касательной к соответствующей кривой линии, проведенной на поверхности через точку касания.

Нормалью к поверхности в данной точке называется прямая, перпендикулярная касательной плоскости и проходящая через точку

касания.

Рассмотрим примеры построения касательной плоскости к различным поверхностям.

Пример 1. Построить касательную плоскость *a* и нормаль *d* к поверхности цилиндра в точке *A* (рис. 7.10).

Решение. Элементом касания цилиндрической поверхности с плоскостью будет прямая - образующая *BC*, проходящая через точку *A*. Эта прямая - одна из двух пересекающихся прямых, определяющих касательную плоскость *a*.

В качестве второй прямой возьмем горизонталь *h*, проведенную через



Рис.7.10

точку A касательно к окружности, лежащей на поверхности цилиндра и проходящей через точку A. Учитывая, что h - горизонталь, а BC - фронталь плоскости a, находим следы плоскости a и проекции нормали d к поверхности в точке A (d'^{\perp} hoa d''^{\perp} foa) Касательная плоскость a является горизонтально проецирующей.

Вопросы для закрепления

1. В пределах какой части проекций пересекающихся поверхностей получается проекция линии пересечения?

2. Какие точки линии пересечения называют опорными?

3. Каким образом выбирается положение вспомогательных секущих плоскостей?

4. В каком случае высшая и низшая точки линии пересечения могут быть определены точно?

ГЛАВА VIII. МЕТРИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

Метрическими называются задачи, в которых определяют расстояние или угол между геометрическими фигурами или их элементами. К метрическим относятся также задачи на построение угла или отрезка с наперед заданным значением соответственно градусной или линейной величины.

8.1. Определение угла между двумя пересекающимися прямыми

Известно, что если плоскость угла параллельна плоскости проекций, то угол проецируется на нее без искажения. Поэтому если плоскость угла занимает общее положение, то для определения его натуральной величины необходимо одним из способов преобразования чертежа перевести плоскость угла в положение, параллельное одной из плоскостей проекций. Наиболее рационально использовать для этого способ вращения плоскости угла вокруг линии уровня.

Пример 1. Определить угол между двумя пересекающимися прямыми *а* и *b* (рис. 8.1).

Решение. Повернем плоскость, заданную двумя пересекающимися прямыми a и b. вокруг принадлежащей ей горизонтали h так, чтобы плоскость заняла положение, параллельное горизонтальной плоскости проекций. Тогда искомый угол проецируется на эту плоскость без искажения. Точки 1 и 2, принадлежащие оси вращения h, не меняют своего положения в процессе преобразования. Точка A вращается вокруг центра O в

плоскости *a*, перпендикулярной к оси вращения. Зная две проекции радиуса вращения точки *A* (A'O', A''O''), способом прямоугольного треугольника найдем его натуральную величину *R*, новое положение точки *A*₁ (A'_1 , A''_1). Соединив точку A'_1 с точками 1' и 2', определим натуральную величину угла φ между заданными пересекающимися прямыми.



Рис.8.1

8.2. Определение угла между двумя скрещивающимися прямыми

Мерой угла между двумя скрещивающимися прямыми служит плоский угол между двумя прямыми, проведенными из произвольной точки пространства параллельно данным скрещивающимся прямым.

Алгоритм решения задачи:

1. Взять в пространстве произвольную точку М.

2. Через точку *М* провести две пересекающиеся прямые, параллельные двум заданным скрещивающимся прямым.

3. Определить натуральную величину плоского угла между проведенными прямыми.

8.3. Определение угла между прямой и плоскостью

Углом между прямой и плоскостью называется угол между прямой и ее проекцией на данную плоскость.

Решение этой задачи значительно упрощается, если определить не угол между прямой и плоскостью (φ°), а γ° - острый угол между прямой и перпендикуляром, опущенным из любой точки прямой на плоскость: $\varphi^{\circ} = 90^{\circ}$ - γ° (рис. 8.2).



Рис.8.2

Алгоритм решения задачи :

- 1. На прямой выбрать произвольную точку М.
- 2. Через точку *М* провести прямую, перпендикулярную плоскости.

3. Используя один из способов преобразования чертежа определить натуральную величину угла γ - острого угла между заданной и проведенной прямыми.

4. Определить искомую величину угла между прямой и плоскостью: ($\varphi \circ = 90^\circ - \gamma^\circ$

Пример 2. Определить величину угла φ ° между прямой *a* и плоскостью *a*, заданной треугольником *ABC* (рис. 8.3).

Решение. Строим проекции фронтали *f* и горизонтали *h* плоскости *a*. На прямой *a* выбираем произвольную точку *M*, из которой опускаем перпендикуляр *b* на плоскость *a* (*b*^{·⊥}*h*[·];*b*^{"⊥}*f*^{''}). Величину угла γ ° между прямыми *a* и *b* определим способом вращения вокруг линии уровня. Искомая величина угла между прямой *a* и плоскостью, *a* равна: φ[°] = 90[°] - γ [°].



Рис.8.3

8.4. Определение угла между двумя плоскостями

Мерой угла между двумя плоскостями φ° служит линейный острый угол, полученный от пересечения граней двугранного угла плоскостью, перпендикулярной к его ребру.



Рис.8.4

Если ребро двугранного угла известно, то для определения величины угла необходимо преобразовать чертеж так, чтобы ребро заняло проецирующее положение (рис. 8.4). В этом случае обе грани проецируются на плоскость π_5 в виде отрезков, острый угол между которыми равен искомому углу φ ° между двумя плоскостями.

Если ребро двугранного угла неизвестно, то в этом случае угол φ° между двумя плоскостями проще определить как острый угол между двумя прямыми, проведенными из произвольной точки пространства перпендикулярно к заданным плоскостям (рис. 8.5). Углы φ° равны между собой, так как стороны углов взаимно перпендикулярны.



Рис.8.5

Пример 3. Определить угол φ ° между двумя плоскостями a и β ($m \parallel n$) (рис. 8.6)



Рис.8.6

Решение. Направление горизонтали и фронтали плоскости *a* известно, так как она задана следами. Построим горизонталь *h* и фронталь *f* плоскости *β*. Из точки *M* проведем перпендикулярно к заданным плоскостям прямые *a* $(a' \perp h'; a'' \perp f'')$ и $b(b' \perp h_{oa}; b'' \perp f_{oa})$. Далее способом вращения вокруг линии уровня найдем натуральную величину угла φ ° между заданными

8.5. Определение расстояния между двумя геометрическими фигурами

Расстояние между двумя геометрическими фигурами: точкой и прямой, двумя параллельными прямыми, плоскостью и параллельной ей прямой, плоскостями двумя параллельными измеряется отрезком перпендикуляра НИМИ. Кратчайшее расстояние между между двумя скрещивающимися прямыми равно отрезку их общего перпендикуляра, оно также равно расстоянию между параллельными плоскостями, в которых лежат скрещивающиеся прямые.



Рис.8.7

Для определения натуральной величины расстояния между двумя геометрическими фигурами удобно преобразовать чертеж так, чтобы одна или обе геометрические фигуры заняли проецирующее положение. В этом случае отрезок перпендикуляра между ними проецируется на соответствующую плоскость проекций без искажения. **Пример 4.** Определить расстояние от точки *А* до прямой *m*, заданной отрезком *BC* (рис. 8.7).

Решение. Способом замены плоскостей проекций переведем прямую mв проецирующее положение. Для этого сделаем две замены плоскостей проекций: *первую* - новую фронтальную плоскость π_4 выберем перпендикулярно плоскости π_1 и параллельно данной прямой m ($X_1 \parallel m'$), *вторую* - новую горизонтальную плоскость π_5 выберем перпендикулярно плоскости π_4 и прямой m ($X_2 m''_1$)

В системе плоскостей проекций $\pi_4 - \pi_5$ натуральная величина расстояния от точки A до прямой m будет определяться расстоянием между двумя точками: точкой A'_1 и точкой $B'_{1=}C'_1$, в которую вырождается проекция прямой m.

Так как в системе плоскостей проекций $\pi_1 - \pi_4$ прямая *m* является линией уровня, то используя свойство проекций прямого угла, можно найти точку *K* - основание перпендикуляра, опущенного из точки *A* на прямую *m*.

Вопросы для закрепления

1. Как определить расстояние от точки до прямой общего положения?

2. Как определить расстояние между параллельными прямыми?

3. Как определить расстояние между параллельными плоскостями?

4. Как найти натуральную величину плоского угла?

5. Как найти натуральную величину угла между прямой и плоскостью?

6. Как найти натуральную величину угла между двумя плоскостями?

ГЛАВА ІХ

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ

При вычерчивании деталей часто приходится иметь дело с различными геометрическими построениями. Сюда можно отнести деление прямых, окружностей на равные части, построения углов, определение центра окружности и т.д.

9.1. Деление отрезка на равные части

Рассмотрим случай деления отрезка на две равные части. Допустим, что

нам дан отрезок прямой AB (рис.9.1, а). Для того, чтобы разделить этот отрезок на две равные части, проведём из концов отрезка (точек A и B) дуги, радиусы которых берём чуть больше длины половины заданного отрезка. Эти дуги пересекаются в точках M и N (рис. 9.1, б). Соединим их. Полученная прямая MN пересекает заданную прямую AB в точке C, которая и является центром прямой AB, т.е. делит отрезок на две равные части (рис.9.1, в).



Рассмотрим случай деления отрезка прямой на несколько равных частей. Представим, что надо разделить отрезок AB на семь равных частей (рис.9.2). Для этого из любого конца прямой, например, из точки B, проводим вспомогательную прямую BC. Эта прямая проводится произвольно под любым углом. На этой прямой от точки B с помощью измерителя откладываем семь равных, произвольных по длине отрезков и отмечаем концы этих отрезков цифрами 1, 2, 3 ... 7. Соединяем точку 7 с точкой A, а из других точек поводим прямые, параллельные этой прямой. Полученные на прямой AB точки делят её на семь равных частей.



Рис.9.2

9.2. Построение и деление углов на равные части

Рассмотрим методику построения угла на (рис.9.3). Предположим, что мы имеем некоторый угол *BAC* и требуется построить новый угол, равный этому углу (рис.9.3).

Для этого из точки **A** произвольным радиусом **R** поведём дугу и найдём точки пересечения этой дуги со сторонами угла **BAC** - точки **M** и **N** (рис.9.3, а). Затем из произвольной точки **A1** (рис.9.3,б) проводим прямую **A1C1**. Из точки **A1** радиусом **R** строим дугу и находим точку **M1** - точку пересечения проведённой дуги с прямой **A1C1**. Далее из точки **M1** проводим дугу радиусом **Ri=MN** и находим точку N1 (рис.9.3,в). Соединяем полученную точку **N1** с точкой **A1** (рис.9.3,г) и получаем угол по величине заданному углу **BAC**.



Рис.9.3

А теперь рассмотрим, как можно угол разделить на две равные части (рис.9.4). Из вершины угла *BAC* - точки *A* произвольным радиусом проводим дугу и находим точки пересечения дуги со сторонами угла - точки *K* и *N* (рис.9.4, а).



Рис.9.4

Затем из этих точек радиусом, большим половины длины дуги KN проводим дуги и находим точку их пересечения - точку M (рис. 9.4, б). Соединяем точки M и A полученная прямая AM делит угол BAC на две ровные части и называется биссектрисой угла (рис.9.4, в).

Если такие же построения провести для углов *ВАМ* и *САМ*, то угол *ВАС* будет разделен на четыре части.

9.3. Деление окружности на равные части

На практике нередко приходится сталкиваться с необходимостью деления окружности на равные части. Например, при изготовлении зубчатых колёс, изготовлении фланцев с отверстиями, при построении правильных многоугольников и т.д.

Рассмотрим пример деления окружности радиусом R на три равные части (рис.9.5). Вначале деление проведем с помощью циркуля. Для этого на окружности берем произвольную точку A и из этой точки радиусом, равным радиусу окружности проводим дугу. Эта дуга пересекает окружность в двух точках 1 и 2. За третью точку принимаем верхнюю точку пересечения окружности с вертикальной осью окружности. Эти точки делят окружность на три равные части.





Рис.9.6

Теперь рассмотрим деление окружности на шесть равных частей (рис.9.6). С помощью циркуля это производится следующим образом. Из точек пересечения оси симметрии (в нашем примере взята вертикальная ось) с окружностью **1** и **4** радиусом, равным радиусу окружности проводим две

дуги и отмечаем точки пересечения этих дуг с окружностью-точки 2, 3, 5 и 6. Полученные на окружности шесть точек делят её на шесть равных частей. Соединив полученные точки прямыми линиями, получаем вписанный в окружность шестиугольник.

Рассмотрим деление окружности с помощью циркуля на пять равных частей. Одной из пяти точек деления является точка 1. Далее делим отрезок OD на две равные части (рис.9.7, а). Для этого используем правило деления отрезка прямой на две равные части. Этой точкой будет точка **A**. Затем из точки *A* радиусом *Ri=1A* проводим дугу, которая пересекает горизонтальную ось окружности в точке *B* (рис.9.7, б). Далее из точки 1 проводим дугу радиусом *R2=1B*, которая пересекает окружность в точка **2** и **5**. Приняв эти точки за центры, проводим тем же радиусом *R2* дуги, пересекающие окружность в точка **3** и **4** (рис.9.7, в).

Таким образом, окружность делится на пять равных частей. Если соединить эти точки прямыми линиями, как показано на рис.9.6 г, то получим правильный пятиугольник, вписанный в окружность.



Нахождение центров окружности и дуги и определение их радиусов Предположим, что на чертеже дана окружность, у которой не показан центр и не указан радиус и требуется их определить. Для этого поступаем следующим образом. Проводим две непараллельные хорды окружности, например *AB* и *CD* (рис.9.8,а). Затем находим центры этих хорд (используя правило деления окружности на две равные части). После этого через найденные центры хорд проводим к ним перпендикулярные прямые и определяем точку пересечения этих прямых. Полученная точка *O* будет центром окружности (рис.9.8,б). Определив центр окружности можно определить радиус окружности **R**.





9.4. Сопряжения

Сопряжение - это плавный переход от одной прямой к другой, от прямой к окружности и от одной окружности к другой.

Детали с сопрягаемыми поверхностями часто встречаются в различных отраслях промышленности, в частности, при проектировании нефтепромыслового оборудования, в машиностроении, самолётостроении, автомобильной промышленности, кораблестроении и обеспечивают высокую прочность и надёжность деталей и узлов оборудования.

Точки, по которым происходит плавный переход от одной линии к другой, называются точками сопряжения. Для построения плавного перехода необходимо знать радиус сопряжения, центр сопряжения и положения точек сопряжения.

9.4.1. Сопряжение двух прямых.

Как известно, две прямые могут пересекаться под прямым, острым и тупым углом.

На рис.9.9 показаны примеры сопряжения радиусом R двух прямых, расположенных под прямым (рис.9.9,а), острым (рис.9.9,б) и тупым углом (рис.9.9, в). Рассмотрим методику построения сопряжения двух прямых.

Вначале определяем центр сопряжения. Проводим параллельно каждой из этих прямых на расстоянии *R* вспомогательные прямые. Полученная при пересечении этих прямых точка *O* и будет центром сопряжения.



Рис.9.9

Таким образом, полученная дуга является сопряжением двух прямых.

9.4.2. Сопряжение прямой и окружности. Рассмотрим пример построения сопряжения окружности радиусом *R1* с центром в точке *O* с прямой *AB*. Радиус сопряжения *R* (рис.9.10).



Рис.9.10

Для этого из центра O проведём вспомогательную дугу радиусом R+RIДалее, на расстоянии R от прямой AB проводим дополнительную параллельную ей прямую и находим точку пересечения этой прямой с дугой - точку O1. Эта точка будет центром сопряжения. После этого находим точки сопряжения. Соединяем точки O и O1 и определяем первую точку сопряжения N1. Из точки O1 опускаем перпендикуляр на прямую AB и находим вторую точку сопряжения - точку N2. И, наконец, строим дугу сопряжения радиусом R1, с центром в точке O1 и проходящую через точки N1 и N2. **9.4.3.** Сопряжение двух окружностей. При сопряжении двух окружностей возможны два случая: внутреннее и внешнее сопряжение. Рассмотрим каждый из этих случаев. Внутреннее сопряжение. Предположим, что даны две окружности радиусами R1 и R2 с центрами соответственно в точках O1 и O2. Построим внешнее сопряжение этих окружностей с радиусом сопряжения R. Для этого из центра O1 проводим дугу радиусом R-R1, а из центра O2 дугу радиусом R-R2 (рис.9.11). Точка пересечения этих дуг - точка O, является центром сопряжения. Соединив точку O с точками O1 и O2 находим точки сопряжения N1 и N2. С помощью циркуля из центра O проводим дугу сопряжения, проходящую через точки N1 и N2.

Внешнее сопряжение. Рассмотрим построение внешнего сопряжения окружностей радиусами *R1* и *R2* с центрами соответственно в точках *O1* и *O2*. Радиус сопряжения *R*. (рис.9.12).

Для этого из центра O1 проводим дугу радиусом R+R1, а из центра O2 дугу радиусом R+R2 Точка пересечения этих дуг - точка O, является центром сопряжения. Соединив точку O с точками O1 и O2 находим точки сопряжения N1 и N2. С помощью циркуля из центра O проводим дугу сопряжения, проходящую через точки N1 и N2. Полученное сопряжение является внешним сопряжением окружностей.



Рис.9.11

Рис.9.12

Затем из этой точки опускаем перпендикуляры на данные прямые. Точки пересечения этих перпендикуляров с прямыми - точки T1 и T2

являются точками сопряжения. Из *полученного* центра сопряжения **O** с помощью циркуля проводим дугу радиусом R, которая проходит через точки сопряжения *T1* и *T2*.

9.5. Лекальные кривые

Очень часто на практике встречаются лекальные кривые. Такие кривые чертятся по заданным точкам с помощью специальных линеек - лекал. К лекальным кривым относятся синусоида, эллипс, парабола, гипербола и т.д.

На рисунке 9.13 показано построение синусоиды. Для этого заданную окружность радиусом R делим на несколько равных частей (обычно для удобства делят на 12 частей). Из точки *O1* проводим горизонтальную прямую *O1A*, длина которой равна длине окружности (L=2n R). Эту прямую тоже делим на 12 равных частей. Из полученных точек расположенных на окружности, проводим горизонтальные прямые, а из точек на прямой *AB* - вертикальные прямые, и находим точки пересечения соответствующих прямых. Полученные точки являются точками синусоиды. Плавно соединив их, получаем синусоиду.



Рис.9.13

Рассмотрим построение эллипса (рис. 9.14). Из центра **О** проводим две взаимно перпендикулярные оси эллипса. Затем из этого же центра проводим две окружности, размеры которых равны размерам большой и малой осей эллипса. Отмечаем точки пересечения диаметров этих окружностей с центровыми линиями - точки *A*, *B*, *C* и *D*.



Рис.9.14

Далее делим заданную окружность на равные части, например, как показано в примере, на 12 равных частей и отмечаем точки деления на большой и малой окружностях (точки 1, 2, 3, 4..., и 1', 2', 3', 4'...). После этого из точек, полученных на большой окружности проводим прямые, параллельные прямой *CD*, а из точек, расположенных на малой окружности, прямые, параллельные прямой AB. Точки пересечения этих прямых (*E*, *F*, *K*, *M*.), а также точки *A*, *B*, *C*, *D* соединяем с помощью лекалы и получаем эллипс.

Вопросы для закрепления

- 1. Какие геометрические построения вам известны?
- 2. Перечислите этапы деления отрезка на п равных частей.
- 3. Как разделить угол пополам?

4. Как построить центр окружности вписанной в треугольник? описанной вокруг треугольника?

5. Какие прямые делят окружность на четыре равные части?

- 6. Как разделить окружность на шесть равных частей?
- 7. Какая касательная называется внешней? внутренней?
- 8. Что называется сопряжением?
- 9. Что значит построить сопряжение?
- 10. Как построить сопряжение сторон прямого угла?

Глава Х. ВИДЫ, РАЗРЕЗЫ, СЕЧЕНИЯ

Изображение в общем случае можно рассматривать как проекцию пространственного объекта на плоскость. Изображения на чертеже в зависимости от их содержания разделяются на *виды*, *разрезы*, *сечения*.

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

10.1. Виды

Вид - изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Предметы на чертеже изображаются методом прямоугольного проецирования. Для того чтобы построить вид (проекцию) детали, её располагают между наблюдателем и плоскостью. Предположим, что нужно построить проекцию детали, представленной на рис.10.1. Для этого в качестве проецирующей плоскости принимаем фронтальную плоскость проекций **F**. Из вершин детали, а также из вершин прямоугольного отверстия мысленно проводим лучи, перпендикулярные к плоскости **F** и находим точки пересечения этих лучей с плоскостью.



Рис.10.1

Соединив эти точки, получаем проекцию детали на плоскость *F*. Так как поверхность, обращенная к наблюдателю, параллельна фронтальной плоскости, она проецируется на эту плоскость без искажений.

Если сопоставить проекцию детали с её внешним видом можно сделать следующие выводы:

1. Поверхности детали, параллельные плоскостям проекций, проецируются на эти плоскости в натуральную величину.

2. Поверхности детали, перпендикулярные плоскостям проекций, проецируются на эти плоскости в виде прямых линий.

3. Рёбра, параллельные плоскостям проекций, проецируются на эти плоскости в натуральную величину.

4. Рёбра, перпендикулярные плоскостям проекций, проецируются на эти плоскости в виде точек.

Проекция детали, полученная на рис.10.1 позволяет определить её длину и высоту, но она не даёт никакой информации о ширине. Для того, чтобы получить более полную информацию о размерах и форме детали, необходимо построить несколько видов (проекций) этой детали. Виды бывают трёх видов: *главные*, *дополнительные* и *местные*.

10.1.1. Главные виды

Изображение на фронтальной плоскости проекций принимается на чертеже в качестве главного. Предмет располагают относительно фронтальной плоскости проекций так, чтобы изображение на ней давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета.

Стандартом установлены шесть основных видов детали, которые получаются при проецировании детали на плоскости проекций. За основные плоскости проекций принимают (условно) шесть граней куба; грани совмещают с фронтальной плоскостью. Грань 6 допускается располагать рядом с гранью 4. На рис.10.2 показаны проекции детали на боковые поверхности куба.



Рис.10.2

Главный вид - изображение детали на фронтальной плоскости проекций, дающее наиболее полное представление о форме и размерах детали. Другие виды получаются на основе этого вида. Устанавливаются следующие названия видов, получаемых на основных плоскостях проекций: 1-вид спереди (главный вид); 2- вид сверху; 3- вид слева; 4 - вид справа; 5- вид снизу; 6- вид сзади. Названия видов на чертежах надписывать не следует, за исключением случая, когда виды сверху, слева, справа, снизу, сзади не находятся в непосредственной проекционной связи с главным изображением.

При нарушении проекционной связи, направление проектирования должно быть указано стрелкой около соответствующего изображения. Над стрелкой и над полученным изображением (видом) следует нанести одну и ту же прописную букву.



Рис.10.3

На рис. 10.3 показаны проекции детали в пространстве и на комплексном чертеже. Линия связи и оси на комплексном чертеже не показываются

10.1.2. Дополнительные виды

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

На рис.10.4,а показана деталь, верхнее основание которой не параллельна ни одной из плоскостей проекций. На горизонтальную плоскость проекций эта часть проецируется с искажением. Для того, чтобы спроецировать её без искажения, используются дополнительные виды. Возьмём дополнительную плоскость, перпендикулярную фронтальной плоскости проекций и параллельную поверхности верхнего основания. На эту плоскость верхнее основание детали проецируется без искажения.

Если дополнительный вид находится в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, то стрелку, указывающую направление взгляда и надпись над видом не указывают (рис.10.4,б). Если дополнительный вид не находится в проекционной связи с соответствующим изображением, необходимо указать стрелкой направления

взгляда наблюдателя и обозначить её прописной буквой (*A*, *Б*, *B*...), которая пишется параллельно основной надписи (рис.10.4,в). Над дополнительным видом делается запись «<u>*Bud A*</u>». Стандартом допускается дополнительный вид показывать на чертеже в повёрнутом виде. При этом над дополнительными видом нужно сделать запись «<u>*Bud A*</u> (повёрнуто)» (рис. 10.4 г).



Рис. 10.4

Несколько одинаковых дополнительных видов, относящихся к одному предмету, обозначают одной буквой и вычерчивают один раз.

10.1.3. Местный вид

Изображение отдельного, ограниченного места поверхности предмета называется *местным видом*.

Местный вид может быть ограничен линией обрыва, по возможности в наименьшем размере, или не ограничен. Местный вид должен быть отмечен на чертеже подобно дополнительному виду.



Рис. 10.5

На рис.10.5 изображен чертёж детали в двух проекциях. Для того, чтобы получить более полное представление о форме и размерах детали можно дополнительно показать местный вид.

10.2. Разрезы

Разрез - это изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями. На разрезе показывается то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней.



Рис. 10.6

На рис.10.6 показан процесс получения изображений предмета на плоскостях фронтальной горизонтальной И проекций. Изображение полученное на фронтальной плоскости проекций, является разрезом детали. Оно получается путём плоскостью, параллельной сечения детали фронтальной плоскости проекций. Эта плоскость называется секущей *плоскостью*. На приведённом рисунке секущая плоскость проходит через ось симметрии детали и делит её на две части. Та часть детали, которая остаётся перед секущей плоскостью мысленно отбрасывается, оставшаяся же часть проецируется на фронтальную плоскость проекций. Полученное изображение является разрезом детали. Как видно из рисунка, на разрезе показаны те части детали, которые попали на секущую плоскость и те, которые осталась за ней. Часть изображения, которая попадает на секущую плоскость, штрихуется.

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы бывают *простые* и сложные.

Разрез, полученный в результате мысленного рассечения детали одной

секущей плоскостью, называется простым разрезом.

В зависимости от положения секущей плоскости относительно плоскостей проекций, простые разрезы делятся на *фронтальные*, *профильные* и *горизонтальные*.

Фронтальный разрез - это изображение, полученное в результате мысленного рассечения детали секущей плоскостью, параллельной фронтальной плоскости проекций, и состоящее из фигуры сечения и изображения части детали, расположенной за секущей плоскостью.



Рис. 10.7.

На рис.10.7 показано построение фронтального разреза детали. Деталь мысленно рассекают секущей плоскостью, параллельной фронтальной плоскости проекций. Фигуру сечения и то, что расположено за секущей плоскостью, проецируют на плоскость **F**, получая изображение фронтального разреза.

Профильный разрез - это изображение, полученное в результате мысленного рассечения детали секущей плоскостью, параллельной профильной плоскости проекций, и состоящее из фигуры сечения и изображения части детали, расположенной за секущей плоскостью.

На рис.10.8.показано построение профильного разреза детали. Деталь мысленно рассекаем секущей плоскостью, параллельной профильной плоскости проекций. Фигуру сечения и то, что расположено за секущей плоскостью, проецируют на плоскость **P**, получая изображение профильного

разреза.



Рис. 10.8

Горизонтальный разрез - это изображение, полученное в результате мысленного рассечения детали секущей плоскостью, параллельной горизонтальной плоскости проекций, и состоящее из фигуры сечения и изображения части детали, расположенной за секущей плоскостью.



Рис. 10.9

На рис.10.9 показано построение горизонтального разреза детали. Деталь секущей мысленно рассекаем плоскостью, параллельной горизонтальной плоскости проекций. Фигуру сечения и то, что расположено за секущей плоскостью, проецируют на плоскость **H**, получая изображение горизонтального разреза. Согласно требованиям стандарта горизонтальные, фронтальные И профильные разрезы чертежах размещают на С соответствующими основными видами. На одном чертеже могут быть

несколько разрезов. Их количество должно быть минимальным, и в то же время достаточным для понятия и чтения чертежа.

Обозначение разрезов

При изображении разрезов нужно принимать во внимание некоторые требования, устанавливаемые стандартом. Если секущая плоскость совпадает плоскостью симметрии детали и изображение разреза С находится непосредственной проекционной связи с соответствующим видом, то секущая плоскость не обозначается и разрез показывается без какой-либо записи. В противном случае необходимо указывать положение секущей плоскости на чертеже. Положение секущей плоскости указывается на чертеже линией сечения. Для линии сечения применяется разомкнутая линия. Начальный конечный штрихи И не должны пересекать контур соответствующего изображения. Толщина штриховых линий в 1,5 раза больше толщины основной сплошной линии. На начальном и конечном штрихах следует ставить стрелки, указывающие направление взгляда. Стрелки должны наноситься на расстоянии 2...3 мм от конца штриха. У начала и у конца линии сечения ставят одну и ту же прописную букву. Буквы наносятся около стрелок. Разрез должен быть отмечен надписью по типу «А-A».



Рис. 10.10

На рис.10.10 показаны разрезы несимметричной детали. Секущие фронтальная и профильная плоскости обозначены соответственно <u>*А-А*</u> и <u>*B-B*</u>

и на изображениях разрезов сделаны соответствующие записи.

10.2.1. Наклонный разрез

Если секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого угла, то такой разрез называется *наклонным разрезом*.

На рис.10.11 показан пример выполнения наклонного разреза детали. Разрез производится по плоскости *А-А*. Стрелками показывается направление взгляда наблюдателя и обозначается прописными буквами. Разрез проецируется на плоскость, параллельную секущей плоскости, а затем совмещается с фронтальной плоскостью проекций.



Рис. 10.11

По стандарту допускается повернуть наклонный разрез, сделав при этом над изображением запись «<u>*A-A</u> повернуто*».</u>

10.2.2. Местный разрез

Разрез, служащий для выяснения устройства предмета лишь в отдельном, ограниченном месте, называется *местным*.

Местный разрез выделяется на виде сплошной волнистой линией. Эта линии не должны совпадать с какими-либо другими линиями изображения.

На рис.10.12 показан пример выполнения местных разрезов. В детали
имеются два отверстия: одно глухое, расположенное на одном конце детали и сквозное. Поэтому давать полный разрез детали в данном случае не имеет



Рис. 10.12

смысла. Местный разрез даёт полное представление о размерах и форме отверстия.

10.2.3. Соединение части вида детали с частью разреза

Для более полной информации о наружных и внутренних формах детали производят соединение части вида детали с частью разреза. Если деталь является симметричной по какой-то оси, то на разрезе по этой оси можно соединять половину вида и половину разреза, разделяя их штрихпунктирой тонкой линией, являющейся осью симметрии.



Рис. 10.13

Для более полной информации о наружных и внутренних формах детали производят соединение части вида детали с частью разреза. Если деталь является симметричной по какой-то оси, то на разрезе по этой оси можно соединять половину вида и половину разреза, разделяя их штрихпунктирой тонкой линией, являющейся осью симметрии. Часть разреза обычно располагают справа от оси симметрии, разделяющей часть вида с частью разреза, или снизу от оси симметрии. Линии невидимого контура на соединяемых частях вида и разреза обычно не показываются.

Если деталь является несимметричной, то на виде спереди можно соединить часть главного вида детали с частью фронтального разреза. В этом случае они отделяются друг от друга сплошной тонкой волнистой линией (рис.10.13).

10.3. Сложные разрезы

Разрез, полученный в результате мысленного рассечения детали несколькими секущими плоскостями, называется *сложным разрезом*. Сложные разрезы бывают *ступенчатые* и *ломанные*.

Ступенчатым называется сложный разрез, образованный двумя и более секущими параллельными плоскостями. Ступенчатые разрезы могут быть *фронтальными*, *профильными* и *горизонтальными*.

На рис.10.14 изображен ступенчатый разрез детали, полученный тремя фронтальными параллельными секущими плоскостями. На чертеже все изображения, полученные на секущих плоскостях, совмещаются в одну фронтальную плоскость и изображаются как простой фронтальный разрез.

Ломаным разрезом называется сложный разрез, образованный двумя и более пересекающимися плоскостями. При ломаных разрезах секущие плоскости условно вращают до совмещения в одну плоскость, при этом направление поворота может не совпадать с направлением взгляда. На рисунке 10.15 показан ломаный разрез двумя пересекающимися плоскостями.



Рис. 10.14 Рис. 10.15 10.4. Сечения

Наряду с видами и разрезами при выполнении чертёжной конструкторских работ для более полного представления о конструкторских особенностях изделия широко используют сечения.

Сечение - это изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. На сечении, в отличие от разреза, показывается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости.

На рис.10.16 показана деталь, которая разрезается секущей горизонтальной плоскостью А.





Рис. 10.16

На рис.10.17 показаны разрез и сечение этой детали. Как видно и рисунка, на разрезе кроме части изображения, попавшей на секущую плоскость, показана и та часть детали, которая расположена ниже этой

плоскости. В сечении же показана только та часть, которая попадает на секущую плоскость.



Рис. 10.17

Сечения, не входящие в состав разреза, бывают *вынесенные* и *наложенные*. **Вынесенные сечения** являются предпочтительными, потому что их можно располагать в различных местах чертежа. На чертеже вынесенные сечения изображаются сплошной толстой линией.

Наложенным сечением называется такое сечение, которое показывается непосредственно на проекции детали. Наложенное сечение изображаются сплошной тонкой линией. При этом контур изображения на месте расположения наложенного сечения не прерывается.

На рис.10.18 и 10.19 приведены примеры вынесенных и наложенных сечений. Ось симметрии наложенного или вынесенного сечения указывают штрихпунктирной тонкой линией без обозначения буквами и стрелками и линию сечения не проводят (рис. 10.18).

Для несимметричных сечений, расположенных в разрыве и наложенных сечений линию сечения проводят со стрелками со стороны наблюдателя, но не дают буквенного обозначения (рис. 10.19,б).



Рис. 10.18

Для изображения вынесенного сечения применяют разомкнутую линию с указанием стрелками направления взгляда и обозначают её одинаковыми прописными буквами с чертой внизу, например <u>А-А</u> (рис. 10.19,в)



Рис. 10.19

10.5. Условные обозначения материалов в сечениях и разрезах

При изображении разрезов и сечений те части деталей, которые непосредственно соприкасаются с секущей плоскостью, штрихуются. Вид штриховки зависит от материала изделия. Например, если деталь металлическая, то штриховка наносится в виде тонких параллельных линий под углом 45° к основной надписи по направлению влево или вправо. На одной детали все линии штриховок должны иметь одинаковое направление. Расстояние между линиями штриховок зависит от масштаба чертежа и принимается в пределах 2...10 мм. Если линии штриховки совпадают по направлению с линиями контура или осевыми линиями, то вместо 45° для наклона линий штриховки следует брать углы 30° или 60° (рис. 10.20, а, б).



Рис. 10.20

Штриховка смежных сечений двух деталей должна наноситься в противоположных направлениях, т.е. для одного сечения влево, а для другого вправо. При штриховке параллельными линиями двух, трёх и более деталей следует изменять расстояние между линиями штриховки.

Если ширина сечения меньше или равна 2 мм, то штриховку наносят в виде сплошной толстой линии (рис. 10.20, в).

Вопросы для закрепления

1. Какие изображения используются для выявления внутренней формы изделия?

- 2. Дайте определение понятию «разрез».
- 3. Какие разрезы называются простыми?
- 4. Назовите простые разрезы.
- 5. С какой целью применяют сечения?
- 6. Какие изображения называются сечениями?
- 7. Какие сечения называются наложенными, а какие вынесенными?
- 8. Как на чертеже может быть показана линия сечений?
- 9. Как обозначаются вынесенные сечения?
- 10. В каких случаях вынесенные сечения не обозначаются?
- 11. Как выделяют на чертеже фигуру сечения?
- 12. Какие особые случаи выполнения сечений вы знаете?

13. В каких случаях соединяют часть вида с частью разреза? Какой линией их разделяют?

14. В каких случаях соединяют половину вида с половиной разреза?

Какой линией их разделяют?

15. Когда не допускается совмещать половину вида с половиной разреза?

16. Дайте определение местному разрезу.

17. Какой линией ограничивают местный разрез?

18. Какие правила следует соблюдать при выполнении изображения, содержащего соединение половины вида с половиной разреза?

ГЛАВА ХІ

АКСОНОМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОЕЦИРОВАНИЕ

11.1. Виды аксонометрических проекций

Начерченные методом прямоугольного проецирования проекции детали хотя и дают информацию о её форме и размерах, но они не дают пространственного представления о детали. Для того, чтобы получить более полное представление о детали, возникает необходимость построения её наглядного, пространственного изображения. Такая проекция детали называется *аксонометрической проекцией* или просто *аксонометрией*.

Слово аксонометрия состоит из двух слов *ахоп(аксо)* - ось и *metreo* переводе с греческого означает измеряю, и в измеряю ПО ОСЯМ. Аксонометрическая проекция, при которой проецирующие лучи перпендикулярны плоскостям проекций, называется *прямоугольной*. Если проецирующие лучи наклонены К плоскостям проекций, проекция называется косоугольной.

Прямоугольные координатные оси при проецировании на аксонометрические проекции искажаются. Коэффициенты искажения по осям *X*, *Y* и *Z* обозначаются *Kx*, *Ky* и *Kz*. В зависимости от значения коэффициента искажения по осям аксонометрические проекции делятся на следующие типы:

Изометрическая проекция. Слово изометрия означает одинаковые.
При изометрии коэффициенты искажения по всем осям одинаковые, т. е. Кх
= Ky= Kz =1.

2. Диметрическая проекция. Диметрия - означает одинаковость размеров по двум аксонометрическим осям. При диметрии два коэффициента искажения равны, а третий отличный, т.е. $Kx = Ky \ \Phi \ Kz; \ Kx = Rz \ \Phi \ Ky; \ Ky = Kz \ \Phi \ Kx.$

3. Триметрическая прекция. *Триметрия* - означает, что размеры по всем трём осям различны. Поэтому и коэффициенты искажения по осям различны, т.е. *Кх* **Ф** *Ку* **Ф** *Rz*.

Изометрия, диметрия и триметрия могут быть прямоугольными и косоугольными. На практике особенно широко используются такие виды аксонометрических проекций, как прямоугольная изометрическая И косоугольная фронтальная диметрическая проекции. Выбор вида аксонометрической проекции зависит от формы детали, степени легкости построения аксонометрической проекции и от доступности полученного изображения.

11.2. Основные параметры аксонометрических проекций

Основными параметрами, характеризующими аксонометрические проекции, являются направления аксонометрических осей и коэффициент искажения по осям.

В косоугольной фронтальной диметрической проекции ось X является горизонтальной осью, ось Z - вертикальной осью, а ось Y имеет угол наклона 45°. Коэффициенты искажения по осям следующие: Kx = Kz = 1, Ky = 0,5 (рис.11.1). Это означает, что при построении аксонометрической проекции детали размеры вдоль оси Y необходимо уменьшать в два раза.

Для построения чертежа детали при такой аксонометрической проекции удобно пользоваться треугольными линейками с углами 45°, 45° и 90°.

При прямоугольной изометрической проекции углы между осями проекций равны 120° , коэффициенты искажения Kx = Ky = Kz = 0,82. Для упрощения процесса построения аксонометрической проекции Государственным стандартом предлагается коэффициенты искажения принимать ранным1(рис. 11.1).



Рис. 11.1

1.2.1. Построение аксонометрически1х проекций плоских фигур

Основу всех геометрических элементов составляют плоские фигуры различной конфигурации (многоугольники, окружности и др.). Фигура, у которой все точки принадлежат одной плоскости, называется *плоской фигурой*.

Для построения аксонометрической проекции любой детали необходимо уметь строить аксонометрические проекции плоских фигур. Рассмотрим, как строятся аксонометрические проекции некоторых плоских фигур.

Прямоугольная изометрическая проекция

В прямоугольной изометрической проекции прямые, лежащие на аксонометрических осях X, Y и Z и параллельные этим осям чертятся в истинную величину. Основываясь на это правило, рассмотрим построение прямоугольных изометрических проекций плоских фигур, лежащих на плоскостях проекций. Плоские фигуры имеют два измерения и поэтому их аксонометрические проекции строятся относительно двух осей.

11.2.2. Построение изометрической проекции прямоугольника

На рис. 11.2 показано построение изометрической проекции прямоугольника, стороны которого параллельны осям проекций. Последовательность построения следующее:

1. На плоскости *XOZ* показываем одну из вершин прямоугольника, например, точку *C*. Из этой точки проводим прямые, параллельные осям *X* и

2. На прямой, параллельной оси *X*, влево от точки *C* откладываем отрезок **n**, равный длине прямоугольника, и отмечаем точку *D*.

3. На прямой, параллельной оси **Z**, вверх от точки **C** откладываем отрезок **m**, равный высоте прямоугольника, и отмечаем точку **B**.

4. Из точки B параллельно оси X, и из точки D параллельно оси Z проводим прямые и находим точку их пересечения - точку A.



Рис. 11.2

Полученная фигура является изометрической проекцией прямоугольника во фронтальной плоскости проекций. Аналогично строятся изометрические проекции прямоугольника в горизонтальной и профильной плоскостях проекций. У горизонтальной изометрической проекции стороны прямоугольника параллельны осям *X* и *Y*, а у профильной изометрической проекции - осям *Y* и *Z*.

11.2.3. Построение изометрической проекции правильного шестиугольника

На рис.11.3 изображен правильный шестиугольник, вписанный в окружность радиусом *r*. Построим изометрические проекции этого шестиугольника. Для этого проводим аксонометрические оси *X*, *Y* и *Z*.





Рассмотрим последовательность построения плоскости ХОХ.

На плоскости *XOZ* отмечаем центр шестиугольника -точку *O1*.
Из этой точки проводим прямые, параллельные осям *X* и *Z*.

2. На прямой, параллельной оси *X* от точки *O1* влево и вправо откладываем отрезки, равные по величине радиусу **r**. Крайние точки этих прямых являются вершинами **1** и **4** шестиугольника.

3. На прямой, параллельной оси **Z** от точки **O1** вверх и вниз откладываем отрезки, равные **k**. Крайние точки этих прямых обозначим **A** и **B**.

4. Из точек *A* и *B* параллельно оси *X* отложим прямые, равные по величине *r*/2. Полученные точки 2, 3, 5 и 6 будут остальными вершинами шестиугольника

Соединив последовательно эти точки, получаем фигуру, которая является изометрической проекцией правильного шестиугольника во фронтальной плоскости. По этой же методике можно построить изометрические проекции шестиугольника в горизонтальной и профильной плоскостях проекций.

11.2.4. Построение изометрической проекции окружности

Изометрическими проекциями окружности на плоскостях проекций являются *эллипсы*. У эллипса имеются две оси, одна из которых называется большой осью эллипса, а другая - малой. При построении изометрической аксонометрии окружности оси эллипса чертятся перпендикулярно друг другу. При этом длины большой и малой осей равны *1,22D* и *0,71D* (*D* - диаметр окружности).

Так как построение эллипса - процесс сложный, его заменяют на овал.

Овал - это замкнутая геометрическая фигура, состоящая из сопряжённых друг с другом четырех симметричных дуг.

Для того, чтобы показать построение аксонометрической проекции овала, берётся окружность, вписанная в квадрат, стороны которого параллельны плоскостям проекций.

Рассмотрим построение изометрической проекции окружности, вписанной в квадрат в горизонтальной плоскости проекций (рис.11.4).

1. Выбираем точку *O1* и из этой точки проводим оси *X* и *Y*. На этих осях откладываем отрезки, равные радиусу окружности, концы которых обозначаем *A*, *B*, *C* и *D*. Из этих точек проводим прямые, параллельные осям *X* и *Y*. В результате пересечения этих прямых получается ромб. Точки *A*, *B*, *C* и *D* являются точками сопряжения дуг овала (рис. 11.4, а).

2.Обозначим вершины ромба точками *O2* и *O3*. Проводим из точки *O2* дугу радиусом R = O2A, а из точки *O3* дугу радиусом R = O3D. Получим дуги *AB* и *CD* - большие дуги овала (рис.11.4, б).

3. Соединяем точку O2 с точками A и B. Прямые O2A и O2B пересекаются с большой диагональю ромба в точках O4 и O5. Эти точки являются центрами малых дуг овала. Проводим из точки O4 дугу радиусом R1 = O4A, а из точки O5 дугу радиусом R1 = O5B. Эти дуги плавно соединяются с большими дугами овала (рис. 11.4,в). Таким образом, получаем овал, который представляет собой изометрическую проекцию



Рис. 11.4

окружности в горизонтальной плоскости. Этим же методом строятся фронтальная и профильная изометрические проекции окружности.

11.3. Косоугольная фронтальная диметрическая проекция

В косоугольной фронтальной диметрической проекции прямые, лежащие на аксонометрических осях X и Z и параллельные этим осям, чертятся в истинную величину, а прямые лежащие или параллельные оси Y чертятся в два раза меньше истинной величины. Принимая это во внимание, рассмотрим построение косоугольных фронтальных диметрических проекций плоских фигур, лежащих на плоскостях проекций.

11.3.1. Построение фронтальной диметрической проекции прямоугольника

Построение аксонометрической проекции прямоугольника, стороны которого параллельны координатным осям, начнём с построения осей косоугольной фронтальной диметрической проекции (рис.11.5).

Фронтальная плоскость проекций включает в себя две координатные оси *X* и *Z*. Имея в виду, что при построении косоугольной проекции плоской фигуры, параллельной фронтальной плоскости проекций, размеры этой фигуры не меняются, перенесём прямоугольник на фронтальную плоскость проекций в истинную величину. Получим фронтальную диметрическую проекцию прямоугольника на фронтальную плоскость проекций.

Если прямоугольник расположен параллельно горизонтальной плоскости проекций, то диметрическая фронтальная проекция прямоугольника на горизонтальную плоскость проекций строится в

следующей последовательности:





1. На плоскости *XOY* отмечаем одну из вершин прямоугольника, например вершину *B*. Из этой точки проводим прямые, параллельные осям *X* и *Y*.

2. На прямой, параллельной оси *X* влево от точки *B* откладываем отрезок, равный длине прямоугольника *n*. Получаем вершину *A*.

3. На прямой, параллельной оси *Y* в сторону положительного направления этой оси от точки **B** откладываем отрезок, равный половине ширины прямоугольника *m*/2. Получаем вершину **C**.

4. Из полученных точек *A* и *C* проводим прямые, параллельные осям *Y* и *X*. Точка пересечения этих прямых будет вершиной *D* прямоугольника *ABCD*.

Таким образом, диметрической проекцией прямоугольника на горизонтальную плоскость проекций является параллелограмм. Аналогично строим диметрическую фронтальную проекцию прямоугольника на профильную плоскость проекций.

11.3.2. Построение фронтальной диметрической проекции окружности

На рис.11.6 показано построение фронтальных диметрических проекций окружности, вписанной в квадрат. Вначале чертим оси косоугольной фронтальной диметрической проекции. Имеем в виду, что если

плоская фигура параллельна фронтальной плоскости проекций, то её диметрическая проекция на эту плоскость без каких либо изменений повторяет саму фигуру.



Рис. 11.6

То есть диметрическая проекция плоской фигуры, параллельной фронтальной плоскости проекций, есть сама фигура.

Если плоская фигура параллельна горизонтальной плоскости проекций, то её диметрическая проекция на эту плоскость строится следующим образом:

1. Строим диметрическую проекцию квадрата. Построение этой проекции проводится так же, как и для прямоугольника. Проекцией квадрата является параллелограмм.

2. Находим центр параллелограмма и из этого центра параллельно осям *X* и *Y* проводим линии симметрии. Эти линии пересекаются со сторонами параллелограмма в точках *M*, *N*, *K* и *L*. Эти точки являются точками касания эллипса с параллелограммом.

3. Для того, чтобы найти промежуточные точки эллипса, воспользуемся построенной аксонометрической проекцией на фронтальной плоскости проекций. Делим отрезок *O1M* на четыре равные части и из точек деления проводим прямые, параллельные горизонтальной оси симметрии. Отмечаем

точки пересечения этих прямых с окружностью. То есть получаем хорды окружности.

4. Делим отрезок *O1M* на горизонтальной диметрической проекции квадрата тоже на четыре равные части и из точек деления проводим прямые, параллельные оси *KL*. На этих прямых откладываем отрезки, равные длинам соответствующих хорд. Концы этих отрезков будут промежуточными точками эллипса.

5. Соединяем с помощью лекала, последовательно полученные точки, получаем эллипс. Этот эллипс является диметрической проекцией окружности на горизонтальную плоскость проекций.

Этим же методом можно поострить диметрическую проекцию окружности, вписанной в квадрат, на профильную плоскость проекций. Отметим, что полученные эллипсы имеют одинаковую форму. Они отличаются лишь по направлениям осей.

В качестве примера построения аксонометрических проекций покажем изометрическую и диметрическую проекции куба со вписанными в боковые грани окружностями (рис.11.7).

11.4. Аксонометрические проекции деталей

Обычно аксонометрия строится по заданным проекциям детали. Для того, чтобы построить аксонометрическую проекцию детали, нужно понять чертёж, по данным проекциям мысленно представить деталь, то есть нужно уметь читать чертёж. Это значит, что надо полностью разобраться во всех наружных и внутренних формах детали, правильно дать необходимые разрезы и сечения и т.д. Аксонометрическая проекция должна быть так выбрана так, чтобы её можно было легко построить.

Если деталь имеет сложную конфигурацию, то предпочтительным является выбор изометрической аксонометрической проекции. Это объясняется тем, что при этом методе проецирования размеры вдоль осей не меняются, что облегчает процесс построения.



Рис. 11.7

В ряде случаев более удобным является построение диметрической аксонометрии детали. Это, в первую очередь относится к тем деталям, в которых имеется множество отверстий, расположенных параллельно оси детали. В качестве примера можно привести такие широко используемые в технике детали, как фланцы, валы, зубчатые колеса и др. Выбор диметрической аксонометрии объясняется тем, что отпадает необходимость в построении овалов и эллипсов. Окружности проецируются в натуральную величину без изменения формы.



Рис. 11.8

На рис.11.8 показан чертёж детали, имеющей форму призмы. В детали имеются два прямоугольных сквозных и одно глухое квадратное отверстия. Деталь симметрична относительно двух взаимно перпендикулярных осей. Чертёж детали дан с разрезами. Построим аксонометрическую проекцию

такой детали. Анализ чертежа показывает, что более удобным и простым является выбор изометрической аксонометрии.

Последовательность построения аксонометрической проекции детали показан на рис.11.9.

1. Строим оси прямоугольной изометрической проекции. Затем на плоскости *XOZ* чертим фигуру, соответствующую разрезу на плоскости *ZOY* чертим фигуру, соответствующую разрезу на виде слева (рис.11.9, а).

2. На плоскости *XOZ* из вершин фигуры (изображенного разреза детали) проводим прямые, параллельные оси *Y*. На этих прямых откладываем отрезки, равные по длине истинным размерам ширины детали.

3. На плоскости **ZOY** из вершин фигуры (изображенного разреза детали) проводим прямые, параллельные оси *X* и на них откладываем отрезки, равные по длине истинным размерам длины детали.



Рис. 11.9

4. На верхней поверхности показываем призматические отверстия.

5. Находим центр квадратного отверстия. Через этот центр проводим прямые, параллельные осям *X* и *Y*. На этих прямых откладываем отрезки, равные по величине длинам сторон квадрата.

6. Из полученных точек проводим прямые, параллельные ребрам верхней

и боковых граней. Получаем изображение верхней и боковых граней (рис.11.9, б).

7. Стираем оси и лишние линии, оставшиеся линии обводим жирным карандашом (рис.11.9, в). Полученный чертёж является изометрической аксонометрией детали.

Далее рассмотрим построение диметрической проекции детали (рис.11.10). Оно проводится в следующей последовательности:

1. Строим оси косоугольной фронтальной диметрии и на плоскости *XOZ* чертим главный вид детали.

2. Через вершины главного вида проводим прямые, параллельные оси **Y**. На этих прямых откладываем отрезки прямых, равные по величине половине ширины детали.

3. Соединяем соответствующие точки прямыми, параллельными осям *X* и *Z*, получаем проекции верхних и боковых поверхностей.



Рис. 11.10

4. На передней поверхности находим положение центра отверстия. Через этот центр параллельно оси *Y* проводим центровую линию цилиндрического отверстия. Находим центр отверстия на задней поверхности детали. Расстояние между центрами равно половине глубины отверстия. Через оба центра проводим окружности, радиусом, равным радиусу окружности отверстия.

5. Стираем лишние линии, сохраняя при этом осевые линии. Обводим видимые линии жирным карандашом.

11.5. Построение разрезов в аксонометрических проекциях

Для того, чтобы получить более полную информацию о детали в

аксонометрической проекции при необходимости дают разрезы. При разрезе аксонометрической проекции штрихуется только та часть детали, которая непосредственно соприкасается с секущей плоскостью. В отличие от прямоугольного проецирования, в аксонометрических проекциях штриховка производится не под углом 45°. Направление штриховки зависит от вида аксонометрической проекции и от положения усечённой части.

На рис.11.11 показаны направления штриховок в зависимости от вида аксонометрической проекции.

Как отмечалось выше, при димметрической проецировании по направлению оси Y размеры уменьшаются в два раза. Исходя из этого, отложим на осях X и Z равные по длине отрезки, а по оси Y половину этого отрезка. Соединив концы отрезков, получим треугольники, стороны которых показывают направления штрихования по плоскостям проекций при диметрическом проецировании (рис. 11.11, а).



Рис. 11.11

При изометрическом проецировании по направлениям осей размеры не меняются. Отложим на осях X, Y и Z равные по длине отрезки. Соединив концы этих отрезков, получим треугольники, стороны которых как и в первом случае показывают направления линий штрихования (рис.11.11,б).



Рис. 11.12

На рис.11.12 приведены примеры штрихования аксонометрических проекций.

11.6. Технический рисунок

В черчении, для упрощения выполнения наглядных изображений предметов, часто пользуются техническими рисунками (рис. 11.13).



Рис. 11.13

Технический рисунок - это изображение предмета, выполненное от руки по правилам аксонометрического проецирования с соблюдением пропорций на глаз. При выполнении технического рисунка оси располагают так же, как и при аксонометрическом проецировании, размеры откладывают вдоль этих осей или параллельно им. При выполнении технического рисунка допускаются упрощения. Технический рисунок удобно выполнять на листе в

клетку.

На поверхностях фигур разрешаются показывать тени и линии

Принято тени показывать так, как будто лучи света на фигуру попадают с верней левой стороны. При этом нижняя правая сторона считается неосвещённой. Освещённая поверхность показывается тонкими линиями на некотором расстоянии друг от друга, неосвещённая часть - тонкими линиями, расположенными близко друг от друга. Направления линий освещения зависят от формы изделия. Например, у конуса - это линии, исходящие от вершины к основанию; у цилиндра - образующие на боковой поверхности. В некоторых случаях, освещенная часть остаётся белым, штрихуется только теневая часть фигуры.

Вопросы для закрепления

1. Для чего нужны наглядные изображения предметов?

2. Назовите способы построения наглядных изображений?

3. Что такое аксонометрия?

4. Как получают аксонометрический чертеж?

5. Какую проекцию называют вторичной?

6. Какие виды аксонометрии Вы знаете?

7. Чем характеризуется прямоугольная изометрия?

8. Каков масштаб изображения в стандартной прямоугольной изометрии?

9. Как построить изометрию окружности?

10. Чем характеризуют прямоугольную диметрию?

11. Каков масштаб изображения в стандартной прямоугольной диметрии?

12. Как построить диметрию окружности?

ГЛАВА ХІІ

ЭСКИЗЫ И РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ ДЕТАЛЕЙ

12.1. Упрощенности и условности в чертежах

В проектно-конструкторских работах для уменьшения объема

выполняемых работ и упрощения чертежей Государственным стандартом допускаются придерживаться некоторых условностей и упрощений.

Покажем некоторые упрощенности и условности, которые применяются в черчении.

1. Длинные предметы, имеющие постоянное (рис.12.1,а) или закономерно изменяющееся поперечное сечение (рис12.1, б) допускается изображать с разрывами. В этом случае изображение обрывается в двух местах и серединная часть отбрасывается. Оставшиеся части приближаются друг к другу. Места обрывов показываются сплошной волнистой линией. При этом надо учесть, что сокращается только лишь длина изображения, а размер наносится истинный.



Рис. 12.1

2. Если в детали имеются плоские поверхности, то при необходимости их выделения проводят диагонали сплошными тонкими линиями.

3. Если деталь или разрез симметричны, то при их изображении допускается показывать половину или чуть больше половины изображения (рис.12.2). В обоих случаях обязательно надо показывать ось симметрии, а при изображении больше половины части детали дают линию обрыва.

4. Если предмет имеет несколько одинаковых, равномерно расположенных элементов, то на чертеже достаточно показать один из этих элементов, а остальные элементы можно показать условно или упрощенно.







Рис. 12.3

Примером могут служить изображения отверстий во фланцах, зубьев в зубчатых колёсах и др. На рис.12.3 показан чертёж детали, в которой имеются четыре одинаковых отверстия. На виде сверху показано одно отверстие, а остальные три показаны условно в виде пересекающихся прямых (центры отверстий).

5. Такие элементы, как спицы, тонкие стенки, рёбра жёсткости показывают незаштрихованными, если секущая плоскость проходит вдоль оси или длинной стороны детали. Если в таких деталях имеются отверстия, углубления и т.п., то выполняют местный разрез (рис.12.4,а).

6. Отверстия, расположенные на круглом фланце и не попадающие в секущую плоскость, в разрезе показывают так, словно они находятся в секущей плоскости (рис.12.4,б).



Рис. 12.4

7. Если деталь имеет форму вала и в этой детали имеются отверстия или выемки, то сечение этой детали плоскостью допускается показывать как замкнутый элемент (рис.12.5).



Рис. 12.5

8. В некоторых случаях для более полного представления формы отверстия допускается вместо изображения проекции детали показывать только контуры этого отверстия, соответствующие этой проекции.

На рис.12.6,а изображены две проекции детали (фронтальная и профильная). Но эти проекции не дают полного представления о форме имеющегося в детали отверстия. Для получения полного представления о форме отверстия вместо горизонтальной проекции детали достаточно дать только вид сверху этого отверстия.

9. Если ось симметрии совпадает с контурной линией, тогда сечение отделяется от вида сплошной волнистой линией. При этом, если контурная линия попадает на внешнюю часть детали, то сплошная волнистая линия изображается правее оси симметрии. Если же контурная линия находится внутри детали, то сплошная волнистая линия показывается левее оси симметрии (рис.12.6,б).



Рис. 12.6

12.2. Оформление эскиза и рабочего чертежа детали

Чертеж, выполненный от руки без соблюдения масштаба, но с учётом сохранения примерных пропорций между частями изображаемого предмета, называется *эскизом*.

Эскиз воплощает в себе техническую мысль, иными словами первичную идею конструктора или исследователя. Эскизами пользуются при проектировании нового оборудования, при проведении ремонтных работ, когда требуется выполнить чертёж новой детали, а также при вычерчивании деталей с натуры или с оригинала. Таким образом, эскиз является важным конструкторским документом и должен выполняться в соответствии с требованиями стандарта.

Рекомендуется выполнять эскиз на бумаге в клетку. Это значительно облегчает процесс вычерчивания. Контурные, осевые, размерные, выносные линии проводят по линиям клеток. Центры отверстий и дуг удобно выбирать в точках пересечения клеток.

Прежде чем приступить к созданию эскиза надо подробно и внимательно ознакомиться с деталью, выяснить её назначение, уяснить геометрию детали и её частей. Далее нужно определить необходимое количество видов, которые давали бы отчетливое представление о детали, и выбрать главный вид.

Рассмотрим последовательность составления эскиза детали.

1. Чертим на листе внешнюю рамку и рамку, которая ограничивает чертёж. Показываем рамку основной надписи. После этого тонкими линиями чертятся прямоугольники, в пределах которых будут располагаться виды детали, а также осевые линии (рис.12.7, а).

2. Показываем видимые линии контура детали (рис.12.7, б).

3. Показываем с помощью штриховых линий невидимые элементы детали (рис.12.7, в).

4. Показываем необходимые разрезы (рис. 12.7, г).



Рис. 12.7

5.Проставляем размерные и выносные линии (рис.12.7, д).

8. Проставляем размеры, заполняем основную надпись. После этого подробно проверяем эскиз, где надо обводим линии и приводим её в соответствие со стандартом (рис.12.7, е).

На практике, на базе готового эскиза создаются рабочие чертежи детали. На рабочем чертеже добавляются предельные отклонения размеров, шероховатости поверхностей и другие технические требования. В учебных чертежах допускается не указывать технические требования (рис.12.8).





12.3. Построение недостающей проекции детали по двум заданным проекциям

Построение третьей проекции детали по двум заданным проекциям носит учебный характер. Оно позволяет выработать способность к пространственному мышлению, помогает лучше разобраться в конструкции детали.

Обычно, в учебном процессе задаются главный вид и вид сверху, и требуется построить вид слева, или же по заданному главному виду и виду слева строят вид сверху.

На рис.12.9 даны главный вид и вид сверху детали и требуется построить вид слева, т.е. профильную проекцию детали. Для этого в первую очередь необходимо подробно ознакомиться с конструкцией детали, создать полное представление о её геометрических формах. В зависимости от

сложности детали её всегда можно разбить на простые составляющие в виде простых геометрических фигур (цилиндр, призма, пирамида, конус, сфера и др.).

Анализ приведенного чертежа показывает, что эту деталь можно разбить на две взаимно перпендикулярные призмы. Нижняя призма имеет длину 50 мм, ширину 40 мм и высоту 15 мм. Верхняя призма имеет призматический паз размерами 10х15 мм. Размеры верхней призмы следующие: длина 30 мм, ширина 10 мм, высота 40 мм.



Рис. 12.9

На рис.12.10 показана последовательность построения недостающей третьей профильной проекции детали.

 1.Зная, что профильная проекция всегда располагается на одном уровне с фронтальной проекцией, чертим горизонтальные линии связи (рис.12.10, а).
Принимая во внимание, что данная деталь является симметричной, чертим ось симметрии профильной проекции. Затем на профильной проекции отмечаем размеры, характеризующие ширину детали (рис. 12.10, б).



Рис. 12.10

3. На профильной проекции определяем соответствующие точки пересечения горизонтальных и фронтальных линий связи и соединяем их (рис.12.10, в).

4. Убираем ненужные линии, показываем необходимые разрезы, проставляем размеры (рис.12.10, г).

Таким образом, получаем недостающую профильную проекцию детали.

Вопросы для закрепления

- 1. Что называется, эскизом?
- 2. Каким требованиям должен удовлетворять эскиз?
- 3. Чем отличается чертеж от эскиза?
- 4. Из каких основных этапов складывается работа по снятию эскиза

с натуры?

- 5. В какой последовательности выполняется эскиз?
- 6. Какие инструменты используются при обмере деталей

ГЛАВА ХІІІ

СОЕДИНЕНИЯ

13.1. Классификация соединений

Известно, что механизмы и агрегаты состоят из большого количества деталей и сборочных единиц. Каждая сборочная единица включает в себя определённые виды соединений деталей, которые по сохранению целостности при сборке можно разделить на *разъёмные* и *неразъёмные*, а по подвижности - на *подвижные* и *неподвижные*.

На рис.13.1 дана классификация применяемых на практике соединений.



Рис. 13.1

Разъёмными называются такие соединения, которые можно многократно разбирать на отдельные части и снова собирать их без разрушения самих деталей и связующих элементов. К разъёмным соединениям относятся резьбовые, шпоночные, фитинговые, клиновые и др. соединения. Количество разъёмных соединений в современных машинах и механизмах составляет 65-85% от всех соединений.

Неразъёмные соединения - это такие соединения, которые не подлежат разборке, так как одна из деталей или связующий их элемент при этом разрушается.

Примером неразъёмных соединений являются сварные, клёпаные, прессовые, клеевые и др. соединения.

При этом соединения могут быть: *неподвижными разъёмными* (резьбовые, пазовые), *неподвижными неразъёмными* (соединения запрессовкой, клёпкой), *подвижными разъёмными* (подшипники скольжения, зубья зубчатых колёс), *подвижными неразъёмными* (подшипники качения).

13.2. Разъёмные соединения

Из всех видов разъёмных соединений наиболее распространёнными являются соединения деталей, осуществляемые при помощи резьбы различных профилей.

Резьбой называется поверхность, образующаяся при винтовом движении плоского контура по цилиндрической или конической поверхности. Резьбы классифицируются по следующим признакам:

1. По назначению - крепёжные и ходовые. Крепёжные резьбы предназначены для разъёмного неподвижного соединения деталей изделия

(болтовое, шпилечное соединение деталей).

Ходовые резьбы применяются для разъёмного подвижного соединения деталей изделия. Их используют для передачи вращения, а также преобразования вращательного движения в поступательное (грузовые винты грузоподъёмных механизмов, водяные краны и др.).

2. По форме исходной поверхности - цилиндрические и конические.

3. По виду размещения на поверхности - наружные (болт, шпилька и др.) и внутренние (гайка, резьбовое отверстие под шпильку).

4. По направлению винтовой линии - левые и правые.

5. По числу заходов - однозаходные и многозаходные.

6. *По форме профиля*- треугольные, трапецеидальные, упорные, круглые, прямоугольные и др.

К основным параметрам резьбы относятся *наружный* (*d*) и *внутренний* (*di*) диаметры резьбы, *шаг* резьбы (*P*) и *угол профиля* резьбы (*a*).

Шагом резьбы называется расстояние между соседними одноимёнными элементами резьбы. Резьбы бывают с крупным и мелким шагом.

Профилем резьбы называется контур сечения витка резьбы секущей плоскостью, проходящей через ось резьбы. Угол профиля резьбы для метрической резьбы составляет 60⁰, для дюймовой резьбы - 55⁰, для трапецеидальной резьбы - 30⁰.

13.2.1. Изображение резьбы на чертеже

Правила изображения и нанесения резьбы на чертежах установлены стандартом, согласно которому она изображается следующим образом:

а) *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, сплошную тонкую линию по внутреннему диаметру резьбы проводят на всю длину резьбы без сбега. На видах, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси стержня, по внутреннему диаметру резьбы проводят диаметру резьбы проводят на всю длину резьбы без сбега. На видах, молученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси стержня, по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную 3/4 окружности, разомкнутую в любом месте (рис.13.2, а, б.).



Рис. 13.2

б) *В отверстиях* - 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 оси отверстия, по наружному диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную 3/4 окружности, разомкнутую в любом месте (рис. 13.3 a, б).



Рис. 13.3

Сплошную тонкую линию при изображении резьбы наносят на расстоянии не менее 0,8 мм от основной линии и не более величины шага резьбы.

Резьбу, показываемую как невидимую, изображают штриховыми линиями одной толщины по наружному и по внутреннему диаметру (рис.13.4).

Если в отверстии или на стержне имеется фаска, то линия резьбы должна пересекать линию границы фаски до образующей конуса фаски.





Рис. 13.5

На изображениях, полученных проецированием на плоскость, параллельную оси стержня, фаска не показывается (рис.13.5).

Границу резьбы проводят до линии наружного диаметра резьбы и изображают сплошной основной линией.

Если резьба невидимая, то границу резьбы показывают штриховой линией.

При изображении резьбы необходимо указывать тип резьбы, размеры наружного диаметра и шага. Например, обозначение М 40 х 1.5 указывает на

метрическую резьбу диаметром 40 мм и шагом 1, 5 мм.

На рис.13.6 приведены примеры обозначения на чертеже. Знаком (*) отмечены места нанесения обозначения резьбы.



Рис. 13.6

Если резьба цилиндрическая трубная или коническая, то она изображается в виде выносной линии со стрелкой на конце, упирающейся на линию резьбы (рис.13.7). На полке даётся запись типа резьбы и размер в дюймах.

Например, запись G% указывает на то, что резьба трубная цилиндрическая % дюйма. 1 дюйм равняется 25,4 мм.

Коническая резьба обозначается буквой Р (наружная резьба) или $P_{\scriptscriptstyle 5}$ (внутренняя резьба). Например, ${}^1\!/_2$ или %.



Рис. 13.7

13.2.2. Болтовое соединение

Болтовое соединение включает в себя болт, гайку, шайбу (рис. 6.10) и

скрепляемые детали.

Болт - это цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой на другом.

Существует большое количество разновидностей болтов, которые отличаются друг от друга формой и размерами головки и стержня, а также точностью изготовления. распространёнными являются болты с шестигранной головкой нормальной точности, которые выпускаются в трёх исполнениях.



Рис. 13.8

Болты с квадратной головкой в основном используются при соединении деревянных изделий, не требующих зажима головки при завинчивании. Кроме того, изготавливают болты специального назначения, имеющие полукруглую, коническую, цилиндрическую и другие формы головки.

При обозначении болта указывается вариант исполнения (исполнение 1 не указывается), диаметр резьбы, длина стержня болта, класс прочности, а также номер стандарта, по которому изготавливается болт. На учебных чертежах ограничиваются упрощенным обозначением болта. Например: Болт М 16 х 70 ГОСТ 7798-70; Болт 2 М 20 - 1,5 х 70 ГОСТ 7798-70.

Болт чертится так, чтобы его ось располагалась параллельно основной надписи чертежа.

На рис.13.9 приведён пример выполнения чертежа болта в двух проекциях.


Рис. 13.9

Размеры болта определяются следующими параметрами: $d_1=0,85d$; $_0=2d+6$; C=0,15d; h=0,7d; D=2d; R=1,5d; $D_1=0,9$; r=1...3 мм; r_1 - по построению.

Гайка - это деталь с резьбовым отверстием в центре, навинчивающаяся до упора на резьбовый конец болта или шпильки. Гайки выпускаются шестигранные, круглые, квадратные, стопорные И др. Наиболее распространёнными являются шестигранные гайки, которые изготавливаются в двух исполнениях: исполнение 1 - с двумя фасками, исполнение 2 - с одной фаской (рис.13.10).



Рис. 13.10

меры гаек определяются по следующим эмпирическим формулам: $D_1 = (0,9)$ 0,95) S; H = 0,8 d; C = 0,15d; $R = 1,5d u d_1 = 0,85 d$.

Шайба - это плоская деталь, имеющая форму кольца. Шайба устанавливается между гайкой или поверхностью болта и поверхностью детали для увеличения опорной поверхности, а также предотвращения повреждения поверхности соединяемых деталей.

Наибольшее распространение получили обыкновенные круглые шайбы.

Они бывают нормальной, увеличенной и уменьшенной толщины и изготавливаются в двух исполнениях: исполнение 1 - без фаски, исполнение 2 - с фаской (рис.13.11, а).

В целях предупреждения само отвинчивания болтов, винтов и гаек при вибрации применяются пружинные шайбы (рис.13.11,б).



Рис. 13.11

Пружинная шайба надевается на стержень крепёжной детали и располагается между скрепляемой деталью и гайкой. Наклонная прорезь пружинной шайбы при скреплении деталей стремится вдавиться в поверхность закрепляемой детали и резьбовой крепёжной детали, что затрудняет самопроизвольное вращение резьбовой крепёжной детали в сторону отвинчивания.

Наряду с этим существуют квадратные, многолапчатые, стопорные, сферические, косые и другие виды шайб.

Размеры шайбы устанавливаются в зависимости от диаметра (d) крепёжной детали (болт, винт, шпилька). Высота шайбы b = 0,15 d; наружный диаметр D=2,2 d и внутренний диаметр d=1,1d.

При обозначении шайбы указывается исполнение (исполнение 1 не указывается), диаметр стержня крепёжной детали (болт, винт, шпилька), на которую надевается шайба, номер стандарта. Например: Шайба 12 ГОСТ 11371-78; Шайба 2.12 ГОСТ 11371-78.

На рис.13.12 показано наглядное изображение болтового соединения и её проекции на плоскости проекций.



Рис. 13.12

Чертежи болтовых соединений могут быть выполнены тремя методами: по конструктивным размерам, упрощенно и условно.

При выполнении чертежа по конструктивным размерам параметры крепёжных изделий берутся непосредственно из соответствующих таблиц ГОСТа.

При упрощенном изображении параметры крепёжных изделий определяются по условным соотношениям, в зависимости от наружного (номинального) диаметра резьбы. В этом случае закругления головок болтов и гаек, а также фаски на чертеже не показываются.

Если диаметры резьбы крепёжных изделий не более 2 мм, то на чертеже они изображаются условно. На рис.13.13 показана последовательность упрощенного выполнения болтового соединения деталей.

В соединяемых деталях просверливаются отверстия диаметром d0 под болт (рис.13.13,а).

Затем на стержень болта последовательно надеваются соединяемые детали и шайба (рис.13.13,б) и с помощью гайки осуществляется крепление деталей (рис.13.13,в).

На рис.13.13, г показано упрощенное болтовое соединение деталей. Выход стержня болта за пределы гайки принимается = (0,25... 0,5) d.





13.2.3. Шпилечное соединение

На рис.13.14, а изображена шпилька и на рис.13.14, б шпилечное соединение деталей. В состав шпилечного соединения входят шпилька, гайка, шайба и скрепляемые детали.



Рис. 13.14

Шпилька - резьбовое изделие цилиндрической формы, имеющее с обоих концов резьбы, один конец которой (посадочный конец) ввинчивается Обычно шпильки В деталь. ставятся там, где по конструктивным соображениям ставить болты нежелательно И когда ПО условию эксплуатации требуется частая разборка и сборка соединения деталей, одна из которых имеет большую толщину. При обозначении шпильки на учебных чертежах указывают диаметр резьбы, шаг резьбы (для мелких шагов), длину шпильки и номер стандарта. Например: Шпилька M10x70 ГОСТ 22032-76; Шпилька M10x1,25x70 ГОСТ 22032-76

На рис.**13.15** показана последовательность выполнения шпилечного соединения. Сначала в одной из деталей с помощью сверла сверлится отверстие (рис.13.15,а) диаметром $\partial_1 = 0,85\partial$, глубиной $\mathcal{I}_2 = \mathcal{I}_1 + 0,5d$. Конец этого отверстия представляет собой конус с углом 120°.

Затем в отверстии нарезается резьба с наружным диаметром д, соответствующим диаметру резьбы шпильки. Глубина резьбы $\Pi_3 = \Pi_1 + 2\Pi$, где Π - шаг резьбы (рис.13.15,б)

Шпилька ввинчивается своим посадочным концом на всю длину резьбы, то есть конец резьбы ввинчиваемой части совпадает с линией разъёма соединяемых деталей (рис.13.15, в, г).



Рис. 13.15

В присоединяемой детали сверлится сквозное отверстие диаметром о= 1 +(1...2) мм. Затем с помощью шайбы и гайки детали соединяются между собой (рис.13.15, д, е, ж).

На рис.13.16 показан чертёж шпилечного соединения деталей в трёх проекциях.



Рис. 13.16

13.2.4. Винтовое соединение

Винт - это цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой на другом. Винты делятся на *крепёжные* (для разъёмного соединения деталей) и *установочные* (для взаимного фиксирования деталей). В отличие от болтового и шпилечного соединения при винтовом соединении гайка не используется. По форме головки винты разделяются на винты с *цилиндрической* головкой (рис.13.17, а), с *полукруглой* головкой (рис.13.17, б), с *потайной* головкой (рис.13.17, в) и др.



Рис. 13.17

На рисунке 13.18 приведены примеры различных вариантов винтовых соединений. На одной из соединяемых деталей открывается отверстие для головки и стержня винта, а на другой детали - резьбовое отверстие для завинчивания винта.



Рис. 13.18

Винт резьбовой частью ввинчивается в деталь, а головкой прижимает верхнюю деталь.

Диаметр сквозного отверстия принимается несколько больше диаметра винта. В винтовых соединениях необходимая величина завинчивания зависит от материала детали и диаметра, и принимается L1 = (1...2) d. Полная глубина отверстия L2=L1+6d; глубина резьбы в детали L3 = L1 + 2P

Шлицы винтов на виде сверху показывают условно под углом 45[°] к рамке чертежа, независимо от действительного положения (рис.13.18).

13.2.5. Трубные соединения

Этот вид соединений широко используется в различных отраслях промышленности, в частности, в нефтяной и газовой промышленности, в гидравлических, пневматических и других приборах, а также в системах газо- и водоснабжения. Соединение труб друг с другом производится с помощью специальных деталей - *фитингов*. К фитингам относятся *муфты* (рис.13.19, а,б), *угольники* (рис.13.19,в), *тройники* (рис.13,19, г), *крестовины* (рис.13.19,,д)

Муфты бывают двух видов - *прямые* (рис.13.19,а) и *переходные* (рис. 13.19, б). Прямые муфты предназначены для труб одинакового диаметра, а переходные для труб с различными диаметрами. На внутренней поверхности фитингов и на наружной поверхности трубы нарезается трубная резьба.



Рис. 13.19

Фитинги могут иметь различные конструкции, обеспечивающие соединение труб с различными диаметрами. Трубы и фитинги характеризуются величиной условного прохода отверстия трубы **Dy**, в зависимости от которого подбирают размеры конструктивных элементов фитинга. Трубу на чертеже показывают не довинченной в деталь на 2...4 мм, поэтому резьба на трубе выходит за торец детали.

В условном обозначении фитингов указывается тип фитинга, размер условного прохода и номер соответствующего стандарта.

На рис.13.20 показан пример соединения труб с условным проходом 20 мм с помощью муфты.



Рис. 13.20

13.2.6. Фланцевые соединения

В некоторых случаях, в зависимости от условий эксплуатации, соединение труб друг с другом осуществляется с помощью фланцев (рис.13.21). Обычно такие соединения встречаются в нефти- и газопроводах, в водопроводных линиях, а также в химической промышленности.

Фланцы бывают различных видов. Конструкции фланцев выбираются в зависимости от условий эксплуатации, размеров труб и давления. Они изготавливаются из стали или чугуна. Соединение фланцев производится с помощью болтов или шпилек.



Рис. 13.21

13.2.7. Соединение деталей шпонкой

Соединение деталей шпонкой предназначено для передачи вращательного движения от вала на колесо. Это достигается с помощью

шпонки - детали, которая устанавливается в паз соединяемой с валом детали (шкива, шестерни, муфты и т.д.) и предотвращает их проворачивание.

Шпонки по форме делятся на *призматические* (рис.13.22,а), *сегментные* (рис. 13.22, б) и *клиновые* (рис. 13.22, в).



Рис. 13.22

Призматические шпонки являются наиболее распространенными и выпускаются в трёх исполнениях. Конструктивные размеры шпонки (высота **h** и ширина **b**) и паза выбирают в зависимости от диаметра вала согласно стандарту.

Сегментные шпонки применяют в тех случаях, когда крутящие моменты небольшие. Клиновые шпонки используются в тихоходных механизмах и выпускаются в четырёх исполнениях.

На рис.13.23 показана последовательность шпоночного соединения детали с валом с помощью призматической (рис.13.23, а) и клиновой (рис. 13.23, б) шпонок.



Рис. 13.23

На рис.13.24 показано соединение вала с втулкой посредством призматической шпонки. Для более наглядного изображения соединения вал и втулка даны в разрезе.



Рис. 13.24

На рис.13.25 показаны чертежи элементов этого соединения – вала (рис. 13.25,а), втулки (рис. 13.25,б) и призматической шпонки (рис. 13.25,в).



Рис. 13.25

Сборочный чертёж призматического шпоночного соединения приведён на рис 13.26.

Размеры шпонок подбираются в зависимости от диаметра вала. Для того, чтобы показать шпонку в сборе, дают местный разрез.

При этом надо иметь в виду, что в продольном разрезе шпонка не штрихуется

В разрезе, перпендикулярном оси вала (разрез A-A), шпонка штрихуется.

Здесь - диаметр вала, - ширина шпонки, - высота шпонки, ₁ и ₂ - глубины пазов под шпонку соответственно на валу и в колесе, - длина шпонки.

Длина шпонки зависит от условий работы и должна быть на 4-5 мм меньше длины ступицы колеса.



Рис. 13.26

При обозначении шпонки указывают размеры сечения шпонки **b x h**, длину шпонки **L** и номер ГОСТа.

13.2.8. Шлицевые соединения

Шлицевые соединения - это многошпоночные соединения, выполненные вместе с валом, предназначенные для передачи крутящего момента.

Такие соединения широко применяются в машиностроении, имеют конструктивные и прочностные преимущества по сравнению со шпоночными соединениями.



Рис. 13.27

Каждый зуб шлицевого соединения, входя во впадину ступицы, работает как шпонка, выполненная непосредственно на валу, и является единым целым с валом.

На рис.13.27 показаны шлицевой вал и втулка, образующие шлицевое соединение.

По типу зубцов шлицевые соединения подразделяются на прямобочные

(рис. 13.28,а), эвольвенты (рис.13.28,б) и треугольные (рис. 13.28,в). Выбор шлицевого соединения зависит типа OT ИХ конструкционных И особенностей. Прямобочные шлицевые технологических соединения являются наиболее распространёнными. Обычно число зубцов в таких соединениях бывает 6, 8, 10,16 и 2 0.

Основными параметрами прямобочных шлицевых соединений являются число зубьев Z, внутренний диаметр d, наружный диаметр D и ширина зуба b.



Рис. 13.28

Шлицевые соединения на чертежах изображаются условно. На рис. 13.29,а,б показаны чертежи шлицевой втулки и шлицевого вала окружности и образующие поверхностей выступов (зубьев) на валах и в отверстиях показывают сплошными основными линиями.



Рис. 13.29

Окружности и образующие поверхностей впадин на плоскости, перпендикулярной оси вала или отверстия, изображаются сплошными

тонкими линиями. На изображениях полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную оси вала или отверстия, а также в сечениях, перпендикулярных оси вала (сечение A-A), изображают профиль одного зуба и двух впадин упрощенно без фасок или проточек. В сечении параллельной оси вала шлицы не штрихуются.

13.2.9. Соединение штифтами

Штифтами называются стальные стержни, применяемые для жёсткого соединения деталей или для сохранения их правильного взаимного положения. В первом случае штифты называются *соединительными*, а во втором случае - *установочными*. Штифты имеют цилиндрическую и коническую формы (рис.13.30).





Часто штифты применяют вместе с винтами. Сначала с помощью штифта, фиксируют положение одной детали относительно другой, а затем винтами производится прижатие деталей





Рис. 13.31

Штифт на разрезах изображают неразрезанным. Если штифт проходит через ось или вал, то на чертеже дают местный разрез. На рис.13.31, а показано наглядное изображение штифтового соединения вала (2) с корпусом (3) при помощи штифта (1), а на рис.13.31, б - чертёж этого штифтового соединения.

Основными параметрами штифтов являются длина и диаметр. Поэтому при обозначении штифтов необходимо указывать эти параметры.

13.3. Неразъёмные соединения

Среди неразъёмных соединений на практике чаще всего встречаются сварные соединения.

13.3.1. Сварные соединения

Сваркой называется процесс неразъёмного соединения деталей путём молекулярного проникновения (диффузии) металлов свариваемого изделия и электрода, находящихся в расплавленном состоянии. Соединения, получаемые путём сварки металлов, называются *сварными соединениями*.

Сварные соединения широко применяются в машиностроении, нефтегазовой и химической промышленности, в строительстве и в других областях. Сварка может производиться различными способами. Наиболее распространённым видом сварки является электродуговая сварка.

В зависимости от взаимного расположения деталей сварные соединения делятся на: *стыковые*, *угловые*, *тавровые*, *нахлёсточные*. Их соответственно обозначают буквами - С, У, Т, Н.

На чертеже все виды сварных швов изображают сплошной основной линией (видимый шов) и штриховой линией (невидимый шов). Линия выноски выводится от изображения шва. Она упирается в шов односторонней стрелкой. Если сварной шов видимый, то условное обозначение шва наносится над полкой линии-выноски, если же сварной шов невидимый, то условное обозначение наносится под полкой линии-выноски.

В условном обозначении сварного шва указываются номер стандарта, буквенно-цифровое обозначение шва, условное обозначение способа сварки,

знак и размер катета шва, а также вспомогательные знаки.

13.3.2. Соединение пайкой

Процессполучения неразъёмного соединения путём местного нагрева соединяемых деталей ниже температуры плавления, заполнения зазора между ними расплавленным припоем и сцепления их при кристаллизации шва называется *пайкой*.

Соединения пайкой широко применяются в электротехнике, приборостроении. В соединениях, получаемых пайкой, место соединения изображают сплошной тонкой линией. Для обозначения паяного соединения применяют условный знак "С", который наносится на линии-выноске.

Если шов выполняется по замкнутой линии, то в конце линии-выноски изображается окружность диаметром 3...4 мм (рис.13.32).



Рис. 13.32

13.3.3. Клеевые соединения

Склеиванием называется процесс получения неразъёмного соединения деталей за счёт соединения их клеем. Для обозначения клеевого соединения применяют условный знак "К". В остальном правила изображения клеевого соединения полностью совпадают с изображением паяных соединений (рис.13.33).



Рис. 13.33

13.3.4. Соединение заклёпками

Соединение заклёпками применяется для соединения деталей из листового и фасонного проката. Заклёпка представляет собой цилиндрический стержень с головкой.



Рис. 13.34

Наиболее широкое распространение получили заклёпки с *полукруглой* (рис.13.34,а) и *потайной* (рис.13.34,б) головками. Реже встречаются заклёпки с *полупотайной* и *плоской* головками. Длина заклёпки определяется по формуле: L= m + n + 1,5d, где m, n - толщины склепываемых деталей; 1,5 d - размер для образования головки.







Рис. 13.35

Один или несколько рядов заклёпок образуют заклёпочный шов. По числу рядов заклёпочные швы делятся на *однорядные* и *многорядные*, а по расположению заклёпок на *параллельные* и *шахматные*.

При заклёпочных соединениях детали располагают внахлёстку (рис. 13.35,а) и встык с одной или двумя накладками (рис.13.35,б). Заклёпки на разрезах изображают неразрезанными. Если на чертеже надо указать только размещение заклёпок, то вместо головок изображаются короткие осевые центровые линии.

Вопросы для закрепления

1. Какие виды соединений вы знаете? Приведите примеры.

2. Какие соединения относятся к разъемным и неразъемным соединениям?

3. В чем состоит различие между разъемными и неразъемными соединениями?

4. Что называется резьбой?

5. Какие виды соединений относятся к резьбовым?

6. Назовите основные параметры резьбы.

7. Как обозначается метрическая резьба на чертежах?

8. Какие виды неразъемных соединений вы знаете?

9. Чем различаются паяное и сварное соединения?

10. Приведите примеры разъемных соединений.

11. В каких случаях используют резьбовые соединения?

12. Какие условности используются при выполнении чертежей разъемных соединений?

Глава XIV

СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ

14.1. Основные понятия и правила оформления сборочного чертежа

В этом разделе нам предстоит ознакомиться с правилами выполнения сборочных чертежей. Для этого вначале ознакомимся с некоторыми основными понятиями и определениями.

Любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии, называется *изделием*.

Установлены следующие виды изделий: *сборочные единицы*, комплексы, комплекты.

Сборочной единицей называется изделие, составные части которого подлежат соединению между собой сборочными операциями (свинчиванием, клёпкой, сваркой, пайкой, прессовкой, развальцовкой, склеиванием, сшивкой, укладкой и т. п.). Например, станок, редуктор и т. д.

Комплекс включает в себя два и более изделий, не соединенных сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций, например, цех-автомат, бурильная установка и др.

В комплекс, кроме изделий, выполняющих основные функции, входят детали, сборочные единицы, предназначенные для выполнения вспомогательных функций, например, детали и сборочные единицы для монтажа комплекса на месте его эксплуатации и др.

Комплект состоит из двух и более изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например, комплект запасных частей и т. п.

Сборочный чертёж изделия - это конструкторский документ, характеризующий конструкцию изделия и определяющий взаимное положение входящих в эту сборку отдельных деталей и сборочных узлов.

В процессе производства каждая деталь изготавливается по рабочим чертежам. Сборочный чертёж разрабатывается после того, как начерчены чертежи отдельных деталей.

На рис.14.1,а показано наглядное изображение направляющего блока подъёмного крана, а на рис.14.1,б составляющие части этого блока в разобранном виде.

Как видно из рисунка, на корпусе (2) размещается отдельный сборочный роликовый узел. Он состоит из ролика (1), во внутреннее отверстие которого



Рис. 14.1

запрессовывается втулка (9). Ролик надевается на ось (5) и может совершать вращательное движение.

На оси проделывается паз, в которую вставляется планка (4). Планка с помощью двух винтов (7) прикрепляется к корпусу. Это предотвращает горизонтальное перемещение оси. Корпус с помощью четырёх болтов (6) и гаек (8) крепится к опоре (3).

Для каждого изделия, входящего в сборочный узел составляется соответствующая конструкторская документация.

Под конструкторской документацией подразумеваются чертежи, схемы, технические условия и спецификация, которые полностью характеризуют конструктивные особенности и принцип работы этих изделий.

Сборочный чертёж включает в себя общий вид сборочного изделия, чертежи отдельных деталей, а также документацию, необходимую для сборки и контроля работы сборочного узла.

На рис.14.2, 14.3, 14.4 и 14.5 представлены рабочие чертежи корпуса, опоры, планки и оси, входящие в состав направляющего блока.

На рис. 14.2 показан чертёж корпуса (поз.2) в трёх проекциях. На дополнительном виде «І» в увеличенном масштабе показано резьбовое отверстие под винт для крепления планки. Дополнительный вид позволяет уяснить глубину резьбового отверстия n = 12 мм и диаметр М 6.



Рис. 14.2

На рис.14.3 показан рабочий чертёж опоры (поз.3). Для того, чтобы получить полную информацию об отверстиях на фронтальной проекции детали, даны местные разрезы.

На рис.14.3 показан рабочий чертёж планки (поз.4) в двух проекциях. На фронтальной проекции дан местный разрез, позволяющий сделать вывод о том, что отверстия на планке сквозные.



Рис. 14.3

На рис14.4 приведён рабочий чертёж оси (поз.5). Из этого чертежа невозможно получить полную информацию о виде и размерах пазового отверстия под планку. Поэтому на чертеже дан разрез А-А.



Рис. 14.4

Рис. 14.5

На рис. 14.5 показан рабочий чертёж опоры (поз.3). Для того, чтобы получить полную информацию об отверстиях на фронтальной проекции

детали, даны местные разрезы.

На рис.14.4 показан рабочий чертёж планки (поз.4) в двух проекциях. На фронтальной проекции дан местный разрез, позволяющий сделать вывод о том, что отверстия на планке сквозные.

На рис.14.5 приведён рабочий чертёж оси (поз.5). Из этого чертежа невозможно получить полную информацию о виде и размерах пазового отверстия под планку. Поэтому на чертеже дан разрез А-А.

На рис.14.6 показан чертёж роликового узла, входящего в состав направляющего блока.



Рис.14.6

На сборочном чертеже показаны габаритные размеры изделия: наружный диаметр - 160 мм, ширина - 55 мм, а также внутренний диаметр - 35 мм.



На рис.14.7 показан сборочный чертёж направляющего блока.

Рис.14.7

14.2. Порядок и правила выполнения сборочного чертежа

При выполнении сборочного чертежа необходимо придерживаться следующих правил:

1. Выполнение сборочного чертежа начинается с выяснения назначения этого изделия, его устройства и принципа работы. Определяется, из каких частей и элементов состоит изделие и последовательность его сборки и разборки.

2. Исходя из рабочего положения изделия, выбирается главный вид.

3. В зависимости от степени сложности конструкции принимается масштаб, в котором чертится чертеж. По возможности, следует придерживаться масштаба М 1:1. После этого принимается формат чертежа.

4. Составление сборочного чертежа начинается с вычерчивания основной составляющей (корпуса) Чертёж части изделия. корпуса выполняется на базе эскиза тонкими линиями. Остальные элементы сборочного изделия чертятся в той последовательности, в которой они собираются. Так как в сборочном чертеже детали соприкасаются друг с

другом по наружным контурам, то линия их соприкосновения представляет собой единую для соприкасающихся элементов линию. В конце тонкие линии обводятся.

5. Штриховку смежных сечений деталей на сборочном чертеже выполняют в противоположных направлениях и под углом 45° или со сдвигом штрихов или с изменением расстояния между штрихами.

6. Сварное, паяное, клеевое и другие изделия из однородного материала в сборке с другими изделиями в разрезах и сечениях штрихуют как монолитный предмет (в одну сторону) с изображением границ между частями такого изделия сплошными основными линиями.

7. При вычерчивании пружин на сборочных чертежах согласно стандарту следует иметь ввиду следующие допущения:

- винтовая пружина, показанная в разрезе лишь изображениями сечений витков, условно считается непрозрачной в пределах зоны между штрихпунктирными линиями, проеденными через сечения витков. Линии изображаемых деталей, расположенных за пружиной, доводят только до штрихпунктирной линии (рис.14.8, а);

- если диаметр сечения пружины больше 2,5 мм, то в разрезе она изображается заштрихованной (рис. 14.8, б);

- если же диаметр сечения пружины меньше или равен 2,5 мм, то она закрашивается (рис. 14.8, а);

- если диаметр проволоки равен или меньше 2 мм, то пружина на чертеже изображается условно линией, толщиной 0,6 ... 1,5 мм (рис. 14.8, в).

8. Болты, винты, шайбы, заклёпки, шпонки, стержни, сплошные валы, шпиндели, рукоятки и др. изображают в продольных разрезах не рассеченными.

9. Если толщина детали менее 2 мм, то допускается на сборочном чертеже такие детали закрашивать.

10. На сборочном чертеже движущиеся детали показывают в основном в рабочем состоянии. Крайнее и промежуточное положение механизма или

отдельных его частей изображают штрихпунктирной тонкой линией с соответствующими размерами.

11. Начальное положение этого элемента изображается сплошной тонкой линией (рис. 14.8,г).

12. Если на чертеже имеются одинаковые по размерам и формам элементы, то нет необходимости показывать их все. Достаточно изобразить только один из них.

На рис. 14.8, д показан уплотнительный узел, в котором крышка (поз.2) соединяется с корпусом с помощью шести болтов (поз.3), гаек (поз.4) и шайб (поз.5). На чертеже крепёжные детали показаны один раз на двух видах. Количество крепёжных деталей отображается в спецификации.

13. После доскональной проверки чертежа все линии обводятся.

14. Далее проставляются необходимые размеры (габаритные, монтажные, присоединительные, установочные, эксплуатационные и др.).

.Затем все входящие в состав сборочного чертежа изделия нумеруются. Нумерация позиций изделий производится согласно спецификации. Простановка номеров позиций изделий производится на линиях-выносках, которые не должны пересекаться друг с другом. Линии- выноски проводятся от деталей.

Место на детали, откуда берёт начало линия-выноска, обозначается точкой. Для облегчения чтения сборочного чертежа номера позиций проставляются вертикально или горизонтально. Позиции деталей желательно указывать в цифровой последовательности.

Если на чертеже в одном месте имеется группа одинаковых изделий, то допускается проводить одну выносную линию с несколькими параллельными полками, на которых проставляются позиции деталей данной группы.

На рис. 14.8, д на одной линии-выноске проставлены позиции трёх стандартных изделий - болта, гайки и шайбы.

15. В конце заполняется основная надпись чертежа и составляется

спецификация на изделие.







14.3. Спецификация

Спецификация - это документ, определяющий состав сборочной единицы. Она облегчает чтение сборочного чертежа и необходима для комплектования конструкторских документов на данное изделие. Спецификация выполняется на формате A4 согласно ГОСТ 2.104-03. В спецификации указываются входящие в это изделие сборочные единицы, детали, стандартные изделия, материалы.

На рис.14.9 приведен пример составления спецификации направляющего блока.

В графе «Обозначение» даётся буквенно-числовое обозначение сборочного чертежа, сборочных единиц и деталей.

Стандартные изделия и материалы не обозначаются и записывают в



Рис.14.9

спецификации в разделе «Стандартные изделия» с теми обозначениями, которые им присвоены соответствующими стандартами. Крепёжные изделия записывают в алфавитном порядке наименований.

В графе «Наименование» даются названия разделов и наименования отдельных изделий.

В графе «Количество» указывается количество отдельных элементов в

изделии.

В графе «Формат» указывается номер формата каждой детали, в графе "Позиция" - номер позиции детали на чертеже.

Если чертёж выполнен на нескольких листах, то для быстрого нахождения каждого изделия удобно в графе «Зона» указывать их месторасположение.

Графа «Примечание» служит для указания дополнительной необходимой информации о каждом конкретном изделии.

В некоторых случаях допускается составлять спецификацию не как отдельный документ, а на сборочном чертеже (рис.14.6).

14.4. Размеры в сборочных чертежах

На сборочном чертеже, в соответствии с его назначением, наносят размеры, необходимые для правильного размещения деталей относительно друг друга, а также для установки всей сборочной единицы. Обязательными для сборочного чертежа являются габаритные, монтажные, установочные, эксплуатационные и присоединительные размеры. Размеры отдельных деталей на сборочном чертеже не наносят.

Габаритные размеры определяют высоту, длину и ширину изделия или его наибольший диаметр. Если один из размеров является переменным вследствие перемещения движущихся частей изделия, то на чертеже указывают размеры при крайних положениях подвижных частей.

Монтажные размеры - это размеры, которые служат для правильного размещения деталей друг относительно друга. Например, расстояния между осями валов редуктора, размеры между центрами отверстий под болты, которые соединяют две сборочные единицы и др.

Присоединительные размеры - размеры, определяющие величины элементов, по которым данное изделие присоединяют к другому изделию.

Установочные размеры указывают положение узла в изделии. Эти размеры необходимы для того, чтобы правильно установить и закрепить узел. Примером установочных размеров могут служить размеры

окружностей и диаметры отверстий под болты, расстояние между осями фундаментных болтов и т. п.

Эксплуатационные размеры - это основные расчётные и конструктивные размеры характеризующие изделие. Например, диаметры проходных отверстий, размеры резьбы на присоединительных элементах, размеры под ключ и т. п.

Характерные размеры - это те размеры, которые конструктор при проектировании считает необходимым указать на сборочном чертеже, чтобы их затем сверить с размерами, проставленными на рабочих чертежах деталей.

В основном все размеры на сборочных чертежах являются справочными.

14.5. Деталирование сборочного чертежа

Сборка любого изделия в производственных условиях производится по сборочному чертежу. В учебном процессе по сборочному чертежу вычерчиваются отдельные детали, входящие в этот чертёж.

Выполнение рабочих чертежей деталей по сборочному чертежу называется *деталированием*.

Для того, чтобы выполнить деталирования сборочного чертежа, необходимо в первую очередь прочитать этот чертёж, т.е. создать полное представление об изделии. Прочитать сборочный чертёж - это значит:

 понять форму, назначение и взаимодействие каждой детали сборочного чертежа;

2) выяснить, как расположены детали друг относительно друга, и способы их соединения;

3) установить устройство изделия и принцип его работы.

При чтении сборочного чертежа вначале необходимо внимательно его изучить, выяснить его состав. Для этого нужно ознакомиться со спецификацией, установить наименование, количество и другие сведения о составных частях изделия. По соответствующим номерам позиций в спецификации определяется положение каждой детали, выявляются в общих

чертах формы и размеры этих деталей. При этом нужно иметь в виду, что в сборочном чертеже одна и та же деталь штрихуется в одном направлении, а смежные детали - в различных направлениях. Определяются условности и упрощения, примененные в сборочном чертеже, а также типы соединений отдельных элементов сборки.

Процесс деталирования производится с соблюдением некоторых правил в следующей последовательности:

1. Необходимо ознакомиться со сборочным чертежом, обратив при этом внимание на форму деталей, их назначение и взаимодействие.

2. Мысленно расчленить изделие на отдельные детали.

3. Выявить стандартные и прочие изделия, на которые не составляются рабочие чертежи.

4. Для каждой детали определить главный вид, а затем число изображений для каждой детали. Число изображений должно быть минимальным, но в то же время достаточным для определения формы и размеров детали.

5. Для каждой детали в зависимости от размеров и сложности выбрать формат и необходимый масштаб.

Выполнение рабочих чертежей желательно начинать с простых по форме деталей.

После выполнения чертежа необходимо проставить все размеры. Затем заполняется основная надпись, в которой указывают наименование детали, обозначение, материал, масштаб изображения и др.

В качестве примера рассмотрим деталирования обратного клапана, наглядное изображение которого представлено на рис.14.10.

Обратные клапаны применяются в трубопроводах для предотвращения движения жидкости или газа в обратном направлении.

Обратный клапан состоит из корпуса (1), шпинделя (2), пружины (3), клапана (4), штуцера (5) и прижимной гайки (7). Между корпусом и

штуцером предусмотрена резиновая прокладка (6), обеспечивающая

герметичность соединения. На рис.14.11 показаны отдельные детали клапана.







На рис.14.12 показан сборочный чертёж обратного клапана. Обычно на основной надписи сборочного чертежа указывается его масштаб.



Рис.14.12

Для того, чтобы определить размеры отдельных элементов, пользуются

масштабным треугольником. Построение масштабного треугольника показано на рис.14.13.



Рис.14.13

Проводим оси *X* и *Y*. Точка *O* является началом координат. По оси *X* откладываем прямую *м*, соответствующую одному из размеров, указанных на сборочном чертеже, а по оси *Y* прямую *n*, соответствующую численному значению этого отрезка.

Из концов этих отрезков проводим прямые, перпендикулярные осям X и Y, и находим точку их пересечения - точку A. Соединяем точку A с началом координат. Полученная прямая OA называется масштабной прямой чертежа.

Используя эту прямую, можно найти размеры всех элементов чертежа. Например, чтобы определить размер элемента, который не указан на чертеже, откладываем длину этого отрезка по оси *X* отрезок *м*₁.

С конца этого отрезка проводим прямую, перпендикулярную оси X до пересечения с масштабной прямой. Точку пересечения обозначим A1. Из точки A1 проводим прямую, параллельную оси X до пересечения с осью Y. Отрезок n_1 показывает численное значение выбранной прямой.

Для определения истинных размеров стандартных изделий, а также некоторых элементов наряду с масштабной прямой, необходимо



пользоваться и справочными материалам.

Рис.14.14

Например, для определения размеров отверстий под болт, шпильку, размеров под ключ и т.д. вначале с помощью масштабной прямой определяются приблизительные размеры этих элементов, а затем полученные размеры корректируются по справочным материалам в соответствии со стандартом.

Как видно из сборочного чертежа, обратный клапан состоит из 7 деталей, одна из которых (гайка - позиция 7) является стандартным изделием.

В процессе деталирования чертятся чертежи корпуса, шпинделя, клапана, штуцера, пружины и прокладки. Чертёж гайки не чертится.

На рис.14.14-14.15,а,б,в показаны чертежи этих деталей. При их вычерчивании в зависимости от размеров и степени сложности выбраны соответствующие форматы, основные и дополнительные виды.

На рис. 14.15, г показана спецификация обратного клапана.



Рис.14.15

Вопросы для закрепления

1. Перечислите виды изделий.

2. Что называют специфицированным изделием?

3. В чем разница между чертежом общего вида изделия и его сборочным чертежом?

4. Каковы особенности сборочных чертежей?

5. Какие условности и упрощения применяют при выполнении сборочного чертежа изделия?

6. В какой последовательности нужно выполнять сборочный чертеж с натуры?

7. Какие размеры проставляют на сборочных чертежах?

8. Что собой представляет спецификация? Как она заполняется?

9. Как наносят номера позиций на сборочных чертежах?

10. Какова последовательность чтения сборочного чертежа?

11. Что понимают под деталированием сборочного чертежа?

12. Как выбирают главный вид детали при выполнении ее рабочего чертежа по чертежу сборочному?

13. Как определяют размеры элементов детали при деталировании?

ГЛАВА XV. СХЕМЫ

15.1. Общие сведения о схемах

В современной технике работа многих агрегатов и систем определяется совокупностью действий различных механических, гидравлических, пневматических и электрических устройств. Изучение работы таких систем по рабочим чертежам вызывает определённые трудности. Поэтому при составлении чертежно-конструкторской документации на эти устройства наряду с рабочими чертежами составляются и специальные схемы.

Схемами называются конструкторские документы, на которых отдельные элементы изделия, их расположение И взаимная СВЯЗЬ показываются условно. Схема является особым типом чертежей, на которых при помощи условных графических и цифровых обозначений определяется принцип работы устройства.

Виды и типы схем, их обозначение и технические требования к ним регламентируются соответствующим государственным стандартом. В зависимости от характера входящих в устройство элементов и связи между ними схемы делятся на виды, каждый из которых обозначается буквой:
кинематические - К, электрические - Э, гидравлические - Г, пневматические - П.

По назначению схемы делятся на следующие 7 типов: структурные схемы (обозначается цифрой 1), функциональные схемы (2), принципиальные схемы (3), схемы соединения (4), схемы подключения (5), общие схемы (6) и схемы расположения (7).

Структурные схемы позволяют получить общие сведения об изделии и определяют взаимосвязь основных частей изделия.

Функциональные схемы позволяют пояснить процессы, протекающие в изделии или в его части.

Принципиальные схемы дают информацию о составе элементов изделия и связи между ними.

Схемы соединений (*монтажные схемы*) показывают соединения составных частей изделия и выявляют провода, кабели, трубопроводы и их арматуру.

Схемы подключения показывают внешнее подключение изделия.

Общие схемы определяют составные части комплекса и соединение их между собой на месте эксплуатации.

Схемы расположения определяют относительное расположение составных частей изделия.

Наряду с этим, на практике встречаются и *комбинированные схемы*, которые содержат элементы разных видов. Комбинированная схема обозначается буквой *C*, а её наименование определяется видом и типом комбинированных схем: схема электрогидравлическая принципиальная.

В конструкторской документации схемы обозначаются в зависимости от их вида и типа. Например, **Э3** - схема электрическая принципиальная, **К1** - схема кинематическая структурная и т. д.

Чтобы правильно, быстро и легко читать схемы, они должны быть выполнены с соблюдением определённых требований:

1. При разработке схемы масштаб не учитывается.

2.Элементы схемы выполняются графически в соответствии со стандартом. В некоторых случаях отдельные элементы изображаются упрощённо или в виде прямоугольных фигур.

3. В схемах основные элементы выполняются сплошной толстой линией. Толщина линий связи принимается в пределах 0,2.1 мм. Расстояние между соседними линиями должно быть не более 3 мм, а между отдельными элементами не менее 2 мм.

4. Схемы должны быть максимально компактными и удобными для чтения.

5.Элементы в схемах, образующие отдельные функциональные группы, могут отделяться друг от друга штрихпунктирной линией.

6. Если в состав чертежа входят элементы, образующие отдельные независимые принципиальные схемы, то они отделяются друг от друга тонкими линиями.

7. Все надписи в схемах должны выполняться чертёжными шрифтами.

15.1.1. Кинематические схемы

Кинематические схемы служат для изучения принципа работы машин и механизмов, выполнения кинематических расчётов, определения направления вращения, числа оборотов, а также при сборке, испытании, наладке.

Кинематические схемы выполняются в виде развёртки, т.е. все оси и валы условно располагаются в одной плоскости. На кинематических схемах валы, стержни, оси и т.п. изображаются сплошными основными линиями, а элементы - тонкими линиями.

В табл.15.1 приведены наглядные и схематические изображения элементов, используемых при составлении кинематических схем.

На рис.15.1 показана принципиальная кинематическая схема коробки скоростей токарного станка.

Кинематическая схема выполняется в следующей последовательности:

1. Выбирается формат чертежа, чертятся границы формата и основная

надпись.

2. Определяются типы условных обозначений элементов, используемых в кинематической схеме.

Наименование	Наглядное изображение	Условное обозначение
Электродвигатель		(M)
Подшипники скольжения и качения: а) радиальный; б) упорный	a) δ)	a) 6)
Соединение детали с валом: а) свободное при вращении; б) подвижное при вращении	a) 5)	a) 6)
Муфта сцепления		
Гайка на винте, передающем движение: а) неразъёмная; б) разъёмная	a) 5)	a) ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~
Плоскоременная передача		
Зубчатые передачи: а) цилиндрическая; б) коническая		
	a) б)	6)

Табл.15.1

3. Чертятся валы, и коробки скоростей токарного станка. При этом необходимо соблюдать примерное соотношение размеров межосевых расстояний валов. На концах валов показываются подшипники скольжения.

4. На валах чертятся зубчатые колёса.

5. Затем показываются электродвигатель, элементы ременной передачи, муфты сцепления и другие элементы.

6. После этого чертёж внимательно перепроверяется. При наличии

неточностей они устраняются.

7. Линии чертежа приводятся в соответствие со стандартом.

8. Все элементы кинематической схемы нумеруются. Валы нумеруют римскими цифрами, остальные элементы арабскими т.д.). Порядковый номер элемента проставляется на полке линии-выноски. Под полкой линии-выноски указывают основные характеристики и параметры кинематического элемента.

9. В конце заполняется основная надпись чертежа. Так как разработанный чертёж является принципиальной кинематической схемой, он обозначается по схеме:КС.01.00.00К3.



Рис.15.1

15.1.2. Электрические схемы

Современные станки, автоматические линии, приборы имеют различные электрические устройства, для пояснения которых составляют электрические схемы. Электрические схемы выполняются в соответствии с правилами, установленными в соответствующих стандартах. Существует несколько стандартов, которые определяют условные графические обозначения элементов, применяемых в электрических схемах. В таблице 15.2 приведены условные обозначения некоторых из них.

Наименование	Графическое изображение	Наименование	Графическое изображение
Резистор а) постоянный б) переменный		Конденсатор а) постоянный б) переменный	(1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)
Транзистор	\$ \$ 9 4,5	Усилитель	<u>7</u>
Диод		Репродуктор	
Выключатель		Сигнальная лампа	- 068
Катушка индуктивности		Антенна	Ϋ́
Трансформатор		Заземление	<u> </u>



изображаются в Элементы изделия электрических схемах В соответствии с размерами, установленными стандартом. Если размеры элементов не регламентированы стандартом, то они изображаются Элементы пропорционально другим элементам. В схемах должны располагаться так, чтобы схема легко читалась и была удобна в применении. Линии электрической связи обычно выполняются толщиной 0.3...0.4 мм. На схеме должны быть указаны характеристики входных и выходных цепей (напряжение, род тока, частота и др.).

На электрических схемах рядом с условным графическим изображением элемента показывается его буквенное обозначение. Например: *Р* - резистор,

C - конденсатор, *T* - транзистор, *Д* - диод, *B* - вольтметр и др. Если в изделии имеется несколько однотипных элементов, то после буквенного обозначения элемента указывается его порядковый номер, например, *P1*, *P2*, *P3*..или 1,2,3. Если в изделие входит только один элемент данной группы, то порядковый номер в его позиционном обозначении можно не указывать.



Рис.15.2

На рисунке 15.2 показана принципиальная электрическая схема.

15.1.3. Гидравлические и пневматические схемы

Гидравлические и пневматические устройства и системы управления широко используются в различных отраслях промышленности. Поэтому при разработке технической документации часто приходится сталкиваться с различными гидравлическими и пневматическими схемами. В табл.15.3 приведены некоторые графические условные обозначения, используемые в гидравлических и пневматических схемах. Схемы выполняются в соответствии с требованиями государственных стандартов.

_					
N	Наименование	Обозначение	N!	Наименование	Обозначение
1	Линии связи		15	Н ормально открытый регулирующий орган	Ф
2	Трубопроводы высокого давления		16	Клапан предохрани- тельный	
3	Соединение линий связи	+ +	17	Регулятор давления пне вматический	
4	Перекрещивание линий связи	\rightarrow	18	Обратный клапан	-\$-
5	Подвод жидкости под давлением	-	19	Насос постоянной производительности	Q
6	Слив воздуха из системы		20	Компрессор	¢
7	Подвод воздуха (газа) под давлением	\downarrow	21	Гидромотор	٢
8	Выпуск воздуха (газа) в атмосферу	\rightarrow	22	Пневмомотор	\bigcirc
9	Бак под атмосферным давлением		23	Ручной насос	-Ø-
10	А ккумулятор пневмати- ческий (баллон, ресивер, воздухо сборник)	Q	24	Насос шестерённый	\odot
11	Аккумулят ор гидравличе ский	Ą	25	Насос ротационный	\otimes
12	Фильтр для жидкости или воздуха	\Leftrightarrow	26	Цилиндр гидравли- ческий и пневмати- ческий	
13	Фильтр - влагоот дели - тель	\diamond	27	Цилиндр гидравли- ческий и пневмати- ческий	
14	Н ормально закрытый регулирующий орган	Ę	28	Цилиндр односто- ронний	

Табл.15.3

При составлении таких схем пользуются условными обозначениями для изображения агрегатов гидро и пневмо систем: насосов, гидроприводов,

различных гидравлических и пневматических устройств.

На рис.15.3 показана аксонометрическая схема гидравлической тормозной системы автомобиля. С помощью этой схемы можно понять принцип работы тормозной системы. При нажатии на педаль тормоза (1) приходит в движение поршень гидроцилиндра, который сжимает жидкость, находящуюся в цилиндре (2). В результате этого жидкость под давлением через шланги (3) передается к рабочим цилиндрам (4). Рабочие цилиндры, в свою очередь, с помощью поршней передают необходимую нагрузку к тормозным колодкам (5). После того, как отпускается тормоз, рабочая жидкость в системе под действием давления со стороны пружин (6) через шланги возвращается к главному цилиндру и далее в ёмкость (7).



Рис.15.3

На рис.15.4 показана гидравлическая схема тормозной системы автомобиля с принятыми условными обозначениями отдельных элементов.

На рис.15.5 изображена принципиальная гидравлическая схема механизма подачи жидкости (эмульсии) для охлаждения режущего инструмента оборудования и детали.



Рис.15.4



Рис.15.5

На рис.15.6 - принципиальная пневматическая схема механизма подачи сжатого воздуха пневматического оборудования.



Рис.15.6

Обе схемы выполнены в соответствии с требованиями стандарта. Цифровые обозначения линий (трубопроводов) на схемах даются последовательно. начиная от входа в систему. Направление движения жидкости и воздуха в линиях указывается соответственно стрелками

Вопросы для закрепления

- 1. Какой документ называют схемой?
- 2. Какие виды и типы схем Вы знаете?
- 3. Какие требования предъявляет стандарт к оформлению схем?
- 4. Каковы особенности выполнения электрических схем?
- 5. Каковы назначения и последовательность выполнения кинематических схем?

6. Можно ли уменьшать или увеличивать условные графические обозначения в схемах?

- 7. Может ли быть задан масштаб для исполнения схемы?
- 8. Какие дополнительные данные допускается указывать на поле электрической схемы?

Глава XVI. КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

16.1. Основные понятия и определения пакет программ AutoCAD

Компьютерная графика - это специальная область информатики, изучающая методы и средства создания хранения и обработки изображений с помощью программно - аппаратных вычислительных комплексов.

Она охватывает все виды и формы представления изображений, доступных для восприятия человеком либо на экране монитора, либо в виде копии на внешнем носителе. Визуализация данных находит применение в самых разных сферах человеческой деятельности. Например: медицина (компьютерная томография), научные исследования (визуализация строения вещества, векторных полей и других данных), опытно - конструкторские разработки.

Представление данных на мониторе компьютера в графическом виде впервые было реализовано в середине 50-х годов для больших ЭВМ, применяющихся в научных и военных исследованиях. С тех пор графический способ отображения данных стал неотъемлемой принадлежностью подавляющего большинства компьютерных систем.

В зависимости от способа формирования изображений компьютерную графику принято подразделять на растровую, векторную и фрактальную.

Растровая графика - базовым элементом изображения является точка, при этом особую важность имеет понятие <u>разрешения</u>, выражающее количество точек, приходящихся на единицу длины. Разрешение измеряется в количестве точек на дюйм (dpi). 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. Такой подход характерен 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 строят как простейшие регулярные структуры, так и сложные изображения, имитирующие природные ландшафты и трехмерные объекты.

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.

Трехмерная графика нашла широкое применение в таких областях, как научные расчеты, компьютерное моделирование физических объектов, инженерное проектирование.

На стыке компьютерных, телевизионных и кинопроизводсвенных технологий зародилась и стремительно развивается сравнительно новая область компьютерной графики и анимации.

Хотя компьютерная графика служит всего лишь инструментом, ее структура и методы основаны на передовых достижениях фундаментальных и прикладных наук: математике, физике, химии, биологии, статистики, программировании и многих других. В свою очередь применение компьютерной графики позволяет развиваться многим наукам и отраслям производства.

В данном курсе лекций нас будет интересовать та область компьютерной графики, которая позволяет создавать конструкторскую документацию.

Во главе функционирования и развития многих отраслей производства стоит проектно - конструкторская деятельность. Любое промышленное изделие имеет два вида существования: внутри предприятия (от проектирования до изготовления) и вне его (с момента реализации и до истечения срока эксплуатации в конкретных условиях). Очевидно, что прежде чем изготовить некий материальный объект (автомобиль, станок, подшипник и т. д.), проектировщик (конструктор) должен наглядно

изобразить этот объект, который предметно пока не существует, а является пока лишь продуктом его интеллектуальной деятельности. Техническое творчество тесно связанно с наукой и с производством. Конструктор обязан знать и использовать данные физических, математических и других научных дисциплин, при этом должен учитывать возможности современного производства. Кроме того, конструкторская деятельность тесно связанна с эстетическим восприятием окружающего мира, так как он обязан обеспечить своему изделию современный дизайн.

Проектно - конструкторские разработки условно можно разделить на два этапа: эскизное проектирование и оформление. При эскизном проектировании (как правило, с использованием прототипов) определяется принцип действия разрабатываемого изделия, а при оформлении выполняется полный комплект документации для его изготовления.

Процесс разработки, какого - либо изделия трудоемок и занимает большой промежуток времени.

Появление на рынке достаточно дешевой микропроцессорной Автоматизированного возникновению Системы техники привело К Проектирования (САПР), основоположником которой является Айвен Сазерленд (Массачусетский технологический институт). Естественно, что в условиях жесткой любого конкуренции коллектив предприятия заинтересован в сокращении сроков проектирования, в качестве, В надежности, в безопасности, в эстетичности выпускаемой продукции.

САПР обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными разработками:

1. Сокращается время выполнения чертежа.

Конструктор, использующий САПР, может выполнять чертежи в среднем в три раза быстрее, чем, работая за кульманом.

2. Повышается точность выполнения чертежа.

Точность чертежа, выполненного вручную определяется остротой зрения конструктора, точностью инструментов, толщиной карандаша и т. д. На

чертеже, построенном с помощью программных средств, все размеры выдерживаются точно.

3. Повышается качество конструкторских документов.

Качество изображения на обычных чертежах полностью зависело от мастерства конструктора, тогда как печатающие устройства вычерчивают линии, строго соблюдая определенную толщину, текст, четко обозначенный стандартом, независимо от индивидуальных способностей человека. Кроме того, качество документа повышается, так как не приходится пользоваться стиральной резинкой.

4. Возможность многократного использования чертежа, или его элементов.

5. Ускорение расчетов и анализа проектирования

В настоящее время существует много различных программ, позволяющих быстро и точно выполнять все проектные расчеты (прочностные, кинематические и т.п.), компоновку и технологические процессы сборки изделия.

6. Сокращение затрат на усовершенствование.

7. Современные программные средства, позволяют испытывать проектируемое изделие с помощью имитации на компьютере условий эксплуатации.

Все средства электронной вычислительной техники, позволяющие создавать системы автоматизированной разработки и выполнения конструкторской документации (системы АКД) можно разделить на следующие категории:

Вычислительные средства, состоящие из одной или нескольких
 ЭВМ, обладающие способностью хранить и обрабатывать информацию;

 средства ввода информации, допускающие ввод как графической (например, чертеж), так и текстовой информации;

3) графические средства вывода, включающие устройства получения твердых копий и динамические устройства, для получения изображений,

которые можно изменять в любой момент.

Вычислительные средства можно разделить условно по назначению:

1. Большие ЭВМ. Это самые мощные компьютеры. Их применяют для обслуживания очень крупных предприятий и даже целых отраслей народного хозяйства. На базе таких суперкомпьютеров создают вычислительные центры, которые обслуживает большая группа людей.

2. Мини - ЭВМ. Это компьютеры большой производительности, которые используются предприятиями, научными учреждениями, высшими учебными заведениями. Такие компьютеры управляют производственными процессами. Например: в механическом цехе компьютер может управлять правильным распределением заготовок, управлять ритмичной работой станков и т. д.

3. Микро - ЭВМ. Компьютеры данного класса применяются на любых предприятиях, обслуживаются небольшим количеством людей, часто выполняют вспомогательные операции.

4. Персональные компьютеры. Они предназначаются для обслуживания одного рабочего места. Несмотря на свою невысокую стоимость и небольшие размеры, современные персональные компьютеры (ПК) обладают большой производительностью. В свою очередь ПК можно условно разделить на бытовые и профессиональные.

Состав любой вычислительной системы называется конфигурацией Аппаратные и программные средства принято рассматривать отдельно. Поэтому отдельно рассматривают аппаратную конфигурацию системы и их программную конфигурацию.

Персональный компьютер - универсальная техническая система, его аппаратную конфигурацию (состав оборудования) можно изменять по мере надобности. Тем не менее, существует понятие базовой конфигурации, которую считают типовой. В нее входит четыре основные устройства:

1) системный блок;

2) монитор;

3) клавиатура;

4) мышь.

Системный блок представляет собой основной узел, внутри которого установлены наиболее важные компоненты (материнская плата, жесткий диск, процессор, оперативная память, DVD-ROM).

Монитор - устройство визуального представления данных. Клавиатура - клавишное устройство управления персональным компьютером, служит для ввода данных, а также команд управления.

Мышь - устройство управления манипуляторного типа. С помощью мыши компьютер изменяет свойства объектов и приводит в действие элементы управления компьютерной системой.

УСТРОЙСТВА ВВОДА ДАННЫХ включают в себя алфавитноцифровые, функциональные клавиатуры. Для ввода графических данных служат сканеры, графические планшеты (дигитайзеры), цифровые фотокамеры.

УСТРОЙСТВА ВЫВОДА ДАННЫХ включает в себя помимо монитора принтер и графопостроитель. Для получения твердой копии изображения конструкторской документации наиболее удобным является графопостроитель, обладающий большим рабочим полем, точностью и скоростью черчения.

Программы - это упорядоченные последовательности команд, которые позволяют с помощью компьютера решать определенные типовые задачи.

Программное и аппаратное обеспечение в компьютере работает в неразрывной связи и непрерывном взаимодействии. Работа программы основана на управлении аппаратными устройствами компьютера.

Программное обеспечение можно условно разделить на следующие уровни:

• Базовый уровень. Самый низкий уровень программного обеспечения. Оно отвечает за взаимодействие с базовыми аппаратными средствами и, как правило, входит в состав базового оборудования. Хранятся

базовые программные средства в специальных микросхемах, называемых постоянно запоминающими устройствами ПЗУ.

• Системный уровень. Системный уровень - переходный. Программы, работающие на этом уровне, обеспечивают взаимодействие прочих программ компьютерной системы с базовыми программными средствами. Совокупность программного обеспечения системного уровня образует ядро операционной системы компьютера.

• Служебный уровень. Основное назначение служебных команд (утилит) состоит в автоматизации работ по проверке, наладке и настройке компьютерной системы.

• Прикладной уровень. Программное обеспечение прикладного уровня представляет собой комплекс прикладных программ, с помощью которых на данном рабочем месте выполняются конкретные задания.

Среди обширного класса программ, предназначенных для создания и обработки графических изображений, нас будут интересовать лишь те, которые осуществляют автоматизацию проектно - конструкторских работ. Применяются они в машиностроении, приборостроении, архитектуре. Называют такие программы системами автоматизированного проектирования. Кроме чертежно - графических работ эти системы позволяют проводить простейшие расчеты и выбор готовых конструктивных элементов из общирных баз данных.

Все программы, предназначенные для конструкторских разработок, можно разделить на специализированные (проектирование трубопроводов, моделирование литейного процесса) и универсальные.

В настоящее время уже получили достаточно широкое распространение так называемые универсальные системы проектирования «высокого уровня», такие как Pro/ ENGINEER (США), T- FLEX CAD, Inventory (фирма Autodesk), СПРУТ (Россия), Mechanical Desktop (фирма Autodesk), Solid Works 96 и другие. Наконец системы «низкого уровня» -AutoCAD, MiniCAD (США), КОМПАС (Россия).

Назначение программ высокого уровня - трехмерные системы. Проектирование происходит на уровне твердотельных моделей с привлечением конструкторско-технологических библиотек. Кроме того, математический аппарат позволяет выполнять необходимые расчеты, а средства анимации позволяют имитировать перемещение в пространстве рабочих частей проектируемого изделия, т. е. осуществлять виртуальное функционирование механизма.

Строго говоря, системы «низкого уровня» в САПР имеют весьма ограниченное применение.

Это графические редакторы, которые предназначены для выполнения графических работ, т.е. данные программы позволяют использовать компьютер в качестве «электронного кульмана». 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 модели, выполнять в автоматическом режиме расчеты и моделирование некоторых узлов и даже сборочных единиц.

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

Общие сведения об AutoCAD

<u>AutoCAD</u> — 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.

Разработанная фирмой Autodesk и появившаяся на рынке в конце

1982г. система AutoCAD получила необычайно широкое распространение. AutoCAD является постоянно развивающейся средой.

Разработчики системы стараются сохранить преемственность, как в командах, так и в общей структуре. Ранние версии системы AutoCAD- 10,11 предназначены для работы в DOS, а версии 12,13,14 и 2007, 2008, 2009- в Windows. Последние версии отличаются значительным увеличением скорости работы и уменьшением объемов используемой памяти. Общение с компьютером происходит в диалоговом режиме.

Запуск Auto CAD реализуется различными способами, в зависимости от версии. Для последних версий запуск осуществляется через Windows.

После запуска AutoCAD пользователь может открыть одно из рабочих окон «Классический AutoCAD» или «3D моделирования». При окна «Классический **AutoCAD**» система открытии создает новый неименованный рисунок. Пользователь может либо приступить к формированию графических объектов, либо загрузить ранее созданные объекты, записанные в отдельные файлы.

Рабочий стол

Рабочий стол можно разделить на отдельные зоны:

- 1) графическая зона;
- 2) падающее меню;
- 3) стандартная панель инструментов;
- 4) панель свойств объектов;
- 5) панели различных инструментов;
- 6) окно командных строк;
- 7) строка состояния (рис.16.1).



Рис. 16.1

Графическая зона - она занимает самою большую область и находится в центре экрана, именно в этой зоне и будет выполняться какоелибо изображение. В левом нижнем углу находится пиктограмма пользовательской системы координат. Направления стрелок совпадают с положительным направлением осей. В нижней части рабочей зоны можно осуществить переключение из одного пространства в другое МОДЕЛЬ (MODEL)<-> ЛИСТ (Layout).

Падающее меню - самая верхняя строка, с помощью которой выполняются основные операции. Общение пользователя с компьютером команд. Команды набираются осуществляется помощью либо С на клавиатуре, либо выбираются мышью из экранного или падающего меню. Левая кнопка мыши применяется для выбора команды и указания точки на экране, а правая - для выполнения действия типа ENTER. Строка падающего меню, может быть изменена путем включения или выключения тех или иных пунктов. Падающее меню состоит из заголовков, при нажатии на которые мышью осуществляется раскрытие или выпадения определенного меню. Так,

например заголовок «Черчение» включает в себя меню основных команд создания примитивов.

Стандартная панель инструментов - вторая строка, находится под падающем меню и содержит ряд наиболее важных кнопок, с помощью которых осуществляется управление процессом создания графического изображения.

Панель свойств объекта - третья строка сверху, находится под стандартной панелью инструментов, определяет текущий слой, цвет, тип и толщину линии, размерный стиль и стиль текста, а также позволяет менять эти параметры.

Панели различных инструментов - при первой загрузки размещается в виде столбцов слева, содержит пиктограммы, обозначающие различные команды, создания примитивов. Панели инструментов могут быть закрепленными с фиксированным местоположением и плавающими. Плавающие панели можно перемещать по графическому полю и менять размер, а также сделать закрепленной, если отбуксировать ее за пределы графического поля.

Командная строка обычно расположена перед строкой состояния и служит для ввода команд и ведения диалога с AutoCAD. Она может быть закрепленной и плавающей. При наличии в окне команд более одной строки, можно осуществлять перемещение по строкам с помощью полосы прокрутки.

Строка состояния - находится внизу и содержит координаты курсора и кнопки включения/выключения режимов черчения.

Система AutoCAD работает в диалоговом режиме. Диалог осуществляется с помощью специальных команд.

Команды условно можно разделить на группы:

- 1) команды создания примитивов или команды черчения;
- 2) команды оформления чертежей или рисунков;
- 3) команды редактирования;

4) служебные команды.

Для создания графических изображений можно использовать и функциональные клавиши:

F1 - вызов справочной системы AutoCAD;

F2 - переключение между текстовым и графическим окнами;

F3 - включение/отключение текущих режимов объектной привязки;

F5 - переключение изометрических плоскостей;

F6 - включение/отключение динамической системы координат;

F7 - включение/отключение сетки;

F8 - включение/отключение режима **О**РТО;

F9 - включение/отключение шага;

F10 - включение/отключение режима полярного отслеживания.

Как уже отмечалось выше, вызов команд осуществляется из меню или при помощи пиктограмм панелей инструментов. Помимо этого при выполнении определенных команд, часто компьютер выполняет запросы, и пользователь должен сделать определенный выбор, в зависимости от которого будет выполнен тот или иной вариант выбранной команды. Контекстное меню обеспечивает быстрый доступ к списку опций для текущей команды. Контекстное меню появляется при нажатии правой клавиши мыши.

Диалоговые окна

Большое удобство при работе в системе AutoCAD представляют Диалоговые окна. Они содержат многочисленную информацию о командах и их опциях при выполнении какой-либо операции. Для ввода данных в диалоговых окнах предусмотрены следующие элементы управления:

 Переключатели - позволяют выбрать один из нескольких взаимоисключающих параметров после щелчка мышью на кружке; он помечается черной точкой;

 Флажки - позволяют включать и выключать параметры, не исключающие друг друга (галочка в квадратике);

3) Командные кнопки - позволяют выполнять то или иное действие

(при щелчке мышью по надписи, которая заканчивается многоточием, раскрывается вложенное диалоговое окно);

4) Счетчики - позволяют менять числовые значения параметров;

5) Закладки - позволяют выбирать конкретные диалоговые окна, из которых состоит данное диалоговое окно (представляют собой кнопки с надписями в верхней части окна);

6) Списки - представляет собой совокупность параметров, которые могут быть выбраны пользователем.

7) **Текстовые поля -** позволяют вводить текстовые строки (если текстовое поле не заполнено, то достаточно перевести курсор в область поля, нажать левую клавишу мыши и набрать текст).

 8) Окна просмотра - предназначены для отображения текущего выбора.

Приступая к созданию чертежа, часто бывает необходимо установить границы изображения, это осуществляется с помощью команды ЛИМИТЫ, которую можно найти в падающем меню, открыв закладку «Форматы». В AutoCAD границы рисунка определяются координатами двух точек в мировой системе координат (левый нижний угол, правый верхний угол) При задании координат можно включить контроль соблюдения границ, тогда AutoCAD отвергает все попытки ввести точки с координатами, выходящими за пределы установленных границ.

Для сохранения чертежа, созданного в течение одного сеанса необходимо в верхней строке выбрать «Файл», а затем выбрать «Сохранить как»; при этом появится диалоговое окно, в котором необходимо выбрать папку, в которой будет сохранен созданный чертеж.

Для выхода из системы можно мышью выбрать кнопку «Закрыть» - крестик в правом верхнем углу или выбрать в меню «Выход».

Ввод координат

Поскольку в системе AutoCAD создание любого графического примитива основано на задании последовательности точек, любая точка

определена координатами.

В AutoCAD существуют две системы координат - Мировая система координат (МСК) и Пользовательская система координат (ПСК). Ось Х мировой системы координат направлена горизонтально, ось У - вертикально, а ось Z - перпендикулярно плоскости XY. Началом координат является точка пересечения осей Х и Ү. Первоначально она совмещается с левым нижним углом рисунка. В любой момент активна только одна система координат, которую принято называть *текущей*. Основное отличие MCK (WCS) от ПСК(UCS) заключается в том, что мировая система может быть только одна (для каждого пространства модели и листа), и она неподвижна. Применение ПСК не имеет практически никаких ограничений, она может быть расположена в любой точке пространства под любым углом к МСК. Разрешается определять, сохранять и восстанавливать неограниченное количество ПСК. Узловые точки и базовые направления, определяемые режимами ШАГ, СЕТКА и ОРТО, поворачиваются вместе с ПСК. В отличие от предыдущих версий AutoCAD 2007 позволяет присваивать каждому видовому экрану свою пользовательскую систему координат. ПСК по умолчанию совпадает с МСК. Задание и все операции с изменениями ПСК осуществляются с помощью команды или диалогового окна.

Ввод координат может осуществляться двумя способами:

1) непосредственно с *клавиатуры*, путем задания численных значений;

2) с помощью графического маркера (курсора), который может свободно перемещаться по экрану с помощью мыши, координаты задаются нажатием левой клавиши. При этом в строке состояния происходит отображение числовых значений координат.

Ввод координат с клавиатуры возможен в виде абсолютных и относительных координат. Ввод абсолютных и относительных координат возможен в следующих форматах:

1) прямоугольных (декартовых) координат *X*, *Y*;

2) полярных координат r < A, где r - радиус; A - угол от предыдущей точки. Угол задается в градусах против часовой стрелки. Значение 0 соответствует положительному направлению оси *OX*;

3) относительных координат, задают смещение от последней введенной точки. При вводе точек в относительных координатах можно использовать любой формат записи в абсолютных координатах: @dx, dy - для прямоугольных, @r < A - для полярных. AutoCAD запоминает координаты последней введенной точки. Ввод символа «@» означает ввод относительных координат «@0,0» или «@0< любой угол», то есть нулевое смещение от последней точки.

В трехмерном пространстве ввод координат осуществляется подобно вводу в двухмерном пространстве. В дополнение к координатам x и yзадается координата z. Можно использовать абсолютные и относительные координаты, а также цилиндрические и сферические которые схожи с полярными в плоской системе.

При работе в трехмерном пространстве все системы координат формируются по правилу правой руки. Это правило определяет положительное направление оси Z при известных направлениях осей X и Y, а также положительное направление вращения вокруг любой из осей трехмерных координат.

При создании чертежей в AutoCAD часто приходиться проводить прямые линии. Построение прямых можно осуществлять в двух режимах полярном и ортогональном. В полярном режиме прямые проводятся под любым углом, в ортогональном - только параллельно осям текущей системы координат. Переключение режимов осуществляется функциональной клавишей *F8* или кнопкой ОРТО (**ORTHO**) в строке состояния.

16.2. Команды создания примитивов

Команды создания примитивов - это группа команд, с помощью которых изображаются на экране простые элементы, такие как точка, прямая, окружность и. т.д.

Примитивом в компьютерной графике называется геометрический элемент, воспринимаемый системой, как единое целое.

С помощью этих команд и формируется графическое изображение.

Команда ТОЧКА (**POINT**) определяет положение опорного узла для объектной привязки или относительное смещение в процессе геометрических построений. Точка на рабочем поле может быть задана не явно (не видна на экране) или в виде специального символа. Форму символаточки и его размер можно задать относительно размера экрана, либо в абсолютных единицах. Символ выбирается в специальном диалоговом окне, которое находится в группе команд «Формат» (рис. 16.2).

В командной строке появится запрос: Укажите точку:

🗛 Отоб	ражени	е точек		
		+	\times	-
\bigcirc	\bigcirc	\oplus	\boxtimes	\bigcirc
$\boxed{\cdot}$		⊕	\square	
			\square	\square
Размер точки: 5.0000 %				
 Относительно экрана В абсолютных единицах 				
ОК Отмена Справка				

Рис. 16.2

Необходимо задать координаты, которые можно задать как мышью, так и с клавиатуры. Точка на плоскости определяется координатами *X* и *Y*,

Данная команда имеет несколько модификаций: Одиночная, Несколько, Поделить (деление отрезка точкой на равные части), Разметить (ряд точек на отрезке на заданном расстоянии).

Команда ОТРЕЗОК (**LINE**)

В командной строке появятся запросы:

Первая точка: Указать точку(1).

Следующая точка или [Отменить]: Указать точку(2).

Следующая точка или [Замкнуть/Отменить]: Указать точку(3).

Далее запрос будет повторяться циклически до тех пор, пока не будет введена в действие клавиша ENTER или правая клавиша мыши, что означает завершение команды.

В результате на дисплее появится изображение ломаной линии, при этом каждый отрезок будет восприниматься компьютером как отдельный примитив. Команда ОТРЕЗОК имеет две опции, которые можно выбрать из контекстного меню:

Отменить - стирает последний сегмент ломаной линии.

Замкнуть - автоматически проводит сегмент, соединяя последнюю и первую точки.

Команда ПРЯМАЯ (XLINE) - задает бесконечную прямую по

двум точкам, через которые проходит эта прямая.

Запросы:

Укажите точку или [Гор/Вер/Угол/Биссект/Отступ]:

Данная команда имеет несколько модификаций:

Гор - построение горизонтальной прямой, проходящей через заданную точку.

Вер - построение вертикальной прямой, проходящей через заданную точку.

Угол- построение прямой по точке и углу.

Биссект - построение бесконечной прямой, проходящей через указанную вершину угла и делящей его пополам.

Отступ - построение бесконечной прямой параллельно выбранному линейному объекту.

Команда ЛУЧ (**RAY**) -строит множество лучей по двум точкам. Запросы:

Начальная точка: Указать точку(1).

Через точку: Указать точку(2), через которую должен проходить луч.

Примитивы линия построения и луч отличаются от примитива отрезок тем, что прямая строится автоматически в обе стороны до границ экрана, а луч в одну сторону до границ экрана. Эти примитивы удобно использовать для вспомогательных построений.

Команда МЛИНИЯ (**MLINE**) строит совокупность параллельных (не более 16) ломаных линий.

По одной команде может быть нарисована последовательность сегментов мульти линии (рис. 16.3).



Рис. 16.3

Запросы:

Начальная точка или [Выравнивание/Масштаб /Стиль]: Указать точку или задать опцию.

Следующая точка или [Отменить]: Указать точку(1).

Следующая точка или [Замкнуть/Отменить]: Указать точку (2) или задать опцию.

Расстановка элементов производится указанием смещения каждого из них относительно исходной точки. Смещение может быть положительным и отрицательным. При построении мульти линии используют стиль мультилинии. Стиль создается в диалоговом окне, которое вызывается из падающего меню «Формат». Каждый элемент может иметь свой цвет и тип линии.

Стиль определяет как свойства мульти линии целиком, так и свойства каждой составляющей: заполнение мульти линии цветом, количество ломаных линий, вид концевых элементов, величину угла наклона концевого элемента к мульти линии, тип линии и цвет каждой линии.

Особое место в среде AutoCAD занимает примитив - ПОЛИЛИНИЯ это связанная последовательность прямолинейных и дуговых сегментов, изображенных между соседними вершинами и воспринимаемая системой, как единое целое (рис. 16.4).



Рис. 16.4

Из этого определения вытекает ряд новых свойств, которых не было у ранее рассмотренных нами примитивов. Прежде всего, поли линия, даже состоящая из множества сегментов, воспринимается компьютером как один объект.

Вторым важным свойством полилинии является то, что ее сегменты могут обладать различной шириной, причем начальная и конечная ширина может быть не одинаковой.

Полилиния - это примитив, на основе которого в AutoCAD создаются «производные» примитивы: эллипс, многоугольник, кольцо. С полилинией, которая является связанной последовательностью точек-вершин, могут быть проделаны следующие операции:

1) добавление нового сегмента и удаление существующего;

2) изменение начальной и конечной ширины существующих сегментов;

3) автоматическое выполнение фасок и сопряжений указанных параметров;

4) сглаживание поли линии дугами окружностей;

5) преобразование поли линии в сплайн;

6) «расчленение» поли линии: преобразование в более простые примитивы - дуги и отрезки;

7) преобразование отрезков и дуг в поли линии с последующим их редактированием;

вычисление площади, ограниченной полилейней, и ее периметра.

Команда ПОЛИНИЯ (PLINE)

Запросы:

Начальная точка: Указать точку.

Следующая точка или [Дуга /Замкнуть /Полуширина /Длина /Отменить /Ширина]: Указать точку или задать опцию.

Команда ПЛИНИЯ может работать в двух режимах: в режиме линии или в режиме дуги. Дуговые сегменты полилинии можно задавать любым из способов, описанных для команды ДУГА.

Запросы команды ПОЛИНИЯ повторяются циклически. Цикл заканчивается после ввода ENTER на очередной запрос команды.

Команда КРУГ (CIRCLE) Соловоляет строить окружности Запросы:

Центр круга или [3T/2T/ККР (радиус)]: Указать точку или задать опцию.

Центр круга - строит окружность по центру и радиусу (диаметру);

3Т - строит окружность по трем точкам, лежащим на окружности;

2Т - строит окружность по двум точкам на диаметре;

ККР - строит окружность по двум касательным и радиусу.

Команда ДУГА (ARC) С – строит дуги.

Запросы:

Начальная точка дуги или [Центр]: Указать точку(1) или задать опцию.

Вторая точка дуги или [Центр/Конец]: Указать точку(2) или задать

опцию. р

Конечная точка дуги: Указать точку(3).

3 точки - по трем точкам, лежащим на дуге;

Н, Ц, К- по начальной точке, центру и конечной точке;

Н, Ц, Угол - по начальной точке, центру и углу;

Н, Ц, длина - по начальной точке, центру и длине хорды.

Дуга строится против часовой стрелки от начальной точки, причем по умолчанию строится меньшая из двух возможных дуг (та, что меньше 180°). Если же вводится отрицательное значение длины хорды, то будет нарисована большая дуга;

Н, К, Угол - по начальной, конечной точкам и углу;

Н, К, Напр. - по начальной, конечной точкам и направлению (угол наклона касательной из начальной точки);

Н, К, Рад - по начальной, конечной точкам и радиусу. AutoCAD всегда строит меньшую дугу против часовой стрелки;

Ц, Н, К - по центру, начальной точке и длине хорды;

Ц, Н, Угол - по центру, начальной точке и углу;

Прод. Дуг - как продолжение предшествующей линии или дуги. По умолчанию принят способ вычерчивания дуги по трем лежащим на ней точ-кам.



-позволяет строить эллипс

Структура запросов при построении эллипса в ортогональных координатах:

Конечная точка оси эллипса или [Дуга/Центр]: Указать точку(1).

Вторая конечная точка оси: Указать точку(2).

Команда ЭЛЛИПС (**ELLIPSE**

Длина другой оси или [Поворот]: Задать значение длины, указать точку (3) или ввести угол поворота.

Конечная точка - задание первой оси по двум точкам. Угол поворота первой оси задает поворот всего эллипса. Первой может строиться как большая, так и малая ось эллипса. Длина второй оси отсчитывается от середины первой оси до конечной точки (3) второй оси. Поворот относительно главной оси задается точкой (3) или значением угла от 0 до 89,4.

Дуга - строится эллиптическая дуга. Угол поворота первой оси задает поворот всей эллиптической дуги. Первой может строиться как большая, так и малая ось эллиптической дуги.

Центр - построение эллипса по указанной точке центра.

Команда КОЛЬЦО (**DONUT**) • строит «закрашенные» круги и кольца. Кольцо строится по внутреннему и внешнему диаметрам и центру и представляет собой замкнутую широкую поли линию, состоящую из дуговых сегментов.

Запросы:

Внутренний диаметр кольца <0.5000>: Задайте внутренний диаметр кольца или нажмите ENTER, чтобы задать значение диаметра основания по умолчанию.

Внешний диаметр кольца <1.0000>: Задайте внешний диаметр кольца или нажмите ENTER, чтобы задать значение диаметра основания по умолчанию.

Центр кольца или <выход>: Укажите точку.

Последний запрос выдается циклически и позволяет строить последовательность колец одинакового размера, но с разным положением центра. Для окончания следует нажать ENTER.

Если внутренний диаметр равен нулю, рисуется закрашенный круг.

Команда СПИРАЛЬ (HELIX) -строит цилиндрические конические винтовые линии.

Запросы:

Число витков = 3.0000 (по умолчанию)

Наклон витков = ПРЧС (по умолчанию)

Центральная точка основания: Указать точку.

Радиус основания или [Диаметр]<1>: Задайте радиус основания, введите д, чтобы задать диаметр или нажмите ENTER, чтобы задать значение радиуса основания по умолчанию.

Радиус верхнего основания или [Диаметр] <1>: Задайте верхний радиус, введите д, чтобы задать диаметр или нажмите ENTER, чтобы задать значение верхнего радиуса по умолчанию.

Высота спирали или [Конечная точка оси /Витки /высота витка /Наклон] <1>: Задайте высоту спирали или введите опцию.

Первоначально значение радиуса основания по умолчанию установлено равным 1. В процессе работы над чертежом в качестве значения, по умолчанию для радиуса основания всегда используется ранее введенное значение радиуса для любого элементарного тела или спирали.

Значение по умолчанию для верхнего радиуса всегда совпадает со значением радиуса основания.

С помощью контекстного меню можно изменять свойства спирали (рис. 16.5), например:

Число витков (Витки).

Высота витка.

• Направление кручения - по часовой стрелке (ПОЧС) или против

часовой стрелки (ПРЧС).



Рис. 16.5

Спираль можно использовать в качестве траектории для команды СДВИГ. Например, при сдвиге круга вдоль траектории спирали может быть создана твердотельная модель пружины.

Если для радиуса в основании и радиуса при вершине задать равные значения, будет создана цилиндрическая спираль. Если для радиуса в основании и радиуса при вершине задать разные значения, будет создана коническая спираль.

Если задать высоту витка, равной 0, создается плоская двумерная спираль.



Запросы команды для построения многоугольника:

Число сторон <текущее>: Ввести значение от 3 до 1024 или нажать ENTER.

Укажите центр многоугольника или [Сторона]: Указать точку (1) или нажать с.

Задайте опцию размещения [Вписанный в окружность/ Описанный вокруг окружности] <текущий>: Ввести в или о или нажать ENTER.

Вписанный в окружность - строится правильный многоугольник, вписанный в окружность (вершины многоугольника лежат на окружности).

Радиус окружности: Указать точку (2) или задать значение.

При указании радиуса при помощи устройства указания одновременно задаются и радиус, и угол поворота многоугольника. При вводе радиуса с клавиатуры нижняя сторона многоугольника строится в соответствии с текущим углом поворота шаговой привязки.

Описанный вокруг окружности - строится правильный многоугольник, описанный вокруг окружности (радиус определяет расстояния от центра до середины сторон).

Радиус окружности: Задать расстояние.

Построение вписанного многоугольника и описанного вокруг окружности показано на рис. 16.6.



Рис. 16.6

Сторона - строит правильный многоугольник заданием конечных точек

одной из его сторон.

Первая конечная точка стороны: Указать точку (1).

Вторая конечная точка стороны: Указать точку (2).

Команда ПРЯМОУГ (RECTANG) Строит прямоугольник, как замкнутую полилинию.

Запросы:

Первый угол или [Фаска/Уровень/Сопряжение/Высота/Ширина]: Указать точку (1) или задать опцию.

Второй угол или [Площадь/Размеры/поворот]: Указать точку (2) или

задать опцию.

Первый угол - построение прямоугольника по двум противоположным углам.

Фаска - задает размеры фаски для прямоугольника.

Запросы:

Длина первой фаски прямоугольников <текущая>: Задать расстояние или нажать ENTER.

Длина второй фаски прямоугольников <текущая>: Задать расстояние или нажать ENTER.

Заданные значения становятся текущими размерами фаски, которые используются при последующих вызовах команды ПРЯМОУГ.

Уровень - задает уровень для прямоугольника (уровень определяет высоту по z, на которой будет находиться прямоугольник в пространстве).

Сопряжение - задает радиус сопряжения для прямоугольника.

Высота - задает трехмерную высоту для прямоугольника (фактически прямоугольник преобразуется в каркас призмы).

Ширина - задает ширину полилинии для прямоугольника.

Введенное значение становится текущей шириной полилинии, которая используется при последующих вызовах команды ПРЯМОУГ.

Площадь - создает прямоугольник с использованием значений площади, а также значений длины или ширины. Если параметр "Фаска" или "Сопряжение" включен, эффекты фаски или сопряжения на углах прямоугольника включаются в площадь.

Размеры - построение прямоугольника по заданным значениям длины и ширины.

Поворот - создает прямоугольник под заданным углом поворота

Команда СПЛАЙН (SPLINE) — - строит гладкую кривую по заданным определяющим точкам и направлению касательных в начальной и
конечной точках (рис. 16.7).

Запросы;

Первая точка или [Объект]: Указать точку (1) или ввести о.

Следующая точка: Указать точку(2).

Следующая точка или [Замкнуть / Допуск] <касательная в начале>: Указать точку (3) или задать опцию.



Рис. 16.7

Допуск - изменяет значение допуска, используемое для построения сплайна. Кривая перестраивается в соответствии с измененным значением. В процессе построения сплайна значение допуска можно неоднократно изменять, однако величина отклонения кривой от каждой из определяющих точек всегда равна текущему значению допуска.

Если задать нулевое значение допуска, сплайн будет проходить точно через определяющие точки. Придание допуску положительных значений позволяет кривой отклоняться от определяющих точек на заданную величину (рис. 16.8). Далее СПЛАЙН возвращается к предыдущему запросу.

Объект - преобразование сглаженных сплайнами 2D и 3D полилиний в эквивалентные им сплайны. В зависимости от установки системной переменной DELOBJ, исходные объекты могут быть удалены или оставлены в чертеже.

Выберите объекты для преобразования в сплайны...

Команда ОБЛАСТЬ (REGION) Создает область существующих объектов, которые образуют замкнутую границу. Граница может состоять из

отрезков, полилиний, окружностей, дуг, эллипсов и сплайнов. Объекты границы должны быть представлены либо одним замкнутым объектом, либо замкнутой последовательностью объектов. Область - это плоское тело, которое можно штриховать, тонировать. Можно анализировать такие свойства, как площадь, момент инерции, центр масс.

Запрос:

Выберите объекты: Выбрать объекты любым способом и нажать ENTER.

Команда ОБЛАСТЬ удаляет использованные для создания области исходные объекты, если системная переменная DELOBJ имеет значение 1. Если исходные объекты были заштрихованы, ассоциативность штриховки теряется. Для восстановления ассоциативности необходимо заново выполнить штриховку области.



Рис. 16.8

Команда КОНТУР (**BOUNDARY**) — - создает контур из сущест-вующих пересекающихся объектов, образующих замкнутую область или полилинию вокруг указанной точки. При этом используется диалоговое окно Создание контура (рис. 16.9). Для создания контура необходимо выбрать объекты, участвующие в образовании контура (рис. 16.10). Выбор осуществляется точкой, внутри

Блок представляет собой группу объединенных примитивов, записанных в отдельный файл и воспринимаемых компьютером как один приметив. Блок может содержать любое количество графических примитивов. Перечислим преимущества использования блоков.

Блоки хранятся замкнутой линии.

👪 Создание контура 🛛 💽 🔀		
🖳 Указание точек		
🔽 Определение островков		
Сохранение контуров		
🗹 Сохранение контуров		
Тип объекта: Полилиния 💌		
Набор контуров Текущий видовой экран 🗸 氏 Создать		
ОК Отмена Справка		

Рис. 16.9

В КОНТУР входят только те объекты, которые можно использовать для создания области или замкнутой полилинии при формировании нового набора контуров.



Рис. 16.10

Команда ОБЛАКО (**REVCLOUD**) _ создает полилинии с

дуговыми сегментами, используемых в качестве облаков для пометок.

1. отдельно от остального чертежа; и один и тот же блок может вставляться в чертеж многократно, что позволит сократить время создания чертежа.

2. Рисунок, состоящий из блоков, можно быстро и эффективно редактировать путем вставки, перемещения и копирования целых блоков в любом масштабе и под любым углом, а не отдельных геометрических объектов.

3. Можно создавать библиотеку типовых и стандартных элементов и использовать ее в своей работе, что значительно ускоряет процесс проектирования.

4. Значительно экономится память компьютера, так как чертеж, составленный из готовых блоков, позволяет хранить в памяти только точки вставки блоков.

Команда БЛОК (BLOCK) -создает блок, который доступен только в текущем чертеже. В каждом файле чертежа имеется область данных, называемая таблицей описаний блоков. В ней содержатся все описания блоков. Именно отсюда извлекается информация для формирования вхождений блоков в чертеж.

Для получения блоков, которые можно применить при создании любых чертежей в AutoCAD, используется команда ПБЛОК (WBLOCK).

Команда **ПБЛОК (WBLOCK)** служит для записи блока в отдельный файл с заданным именем. Выводится данная команда с командной строки или через экранное меню.

При создании БЛОКА или ПБЛОКА на экране появляется соответствующее диалоговое окно (рис. 16.11)

Имя, присваиваемое блоку, может содержать до 255 символов и состоять из букв, цифр, пробелов и любых специальных символов, не

используемых операционной системой или этой программой в других целях. Для ПБЛОКА задается не только имя, но и папка (путь), где этот блок будет храниться.

Задание базовой точки вставки блока. По умолчанию используется значение 0,0,0.

Можно задать базовую точку мышью, выбрав точку одного из примитива, входящего в блок.

Выбор объектов, которые будут входить в блок, осуществляется любым способом (курсором, рамкой).

Блоки могут состоять из объектов, изначально находящихся на разных слоях и имеющих различные цвета, типы линий и веса линий. Хотя вставляемый блок всегда размещается на текущем слое, для каждого объекта, входящего в блок, сохраняется информация об исходных слоях, цветах и типах линий.

🔛 Описание блока 🛛 💽 🔯	🔤 Запись блока на диск 🔹 💽 🔀
Иня: Базовая точка Выбрать объекты У. 0.0000 У. 0.0000 Сставить Оставить Оставить Оставить Оставить Оставить Оставить Объекты не выбраны Имасштаб Дойны Одинаковый масштаб	Источник данных Блок: Весь чертеж Объекты Базовая точка Сбъекты Базовая точка Сбъекты Сосоно
Пояснение: Гиперссылка Открыть в редакторе блоков ОК Отмена Справка	Размещение Имя файла и путь: Е:ХНаши документы/НАС/new block.dwg С Диймы измерения: Диймы ОК. Отмена Спраека

Рис. 16.11

Пользователь может сохранять исходные свойства объектов блока или использовать настройки текущего слоя и текущее значение цвета, типа и веса линий.

Включение блока в текущий чертеж осуществляется командой **ВСТАВЬ (INSERT),** которая выводит на экран дисплея диалоговое окно

(рис. 16.12). В окне необходимо указать имя блока или найти его с помощью кнопки «ОБЗОР», точку вставки - координаты точки включения, которая совмещается с базовой точкой. Значения масштаба и угла поворота вводятся, если данные параметры меняются при вставке.

🚇 Вставка блока		? 🔀
Имя: ЭКСП	🕑 Обзор.	
Путь:		
Точка вставки Указать на экране	Масштаб — Указать на экране	Угол поворота Указать на экране
X: 0	X: 1	Угол: О
Y: 0	Y: 1	Единицы блока
Z: O	Z: 1	Ед.изм: Миллиметры
	🔲 Равные масштабы	Козфф: 1
🔲 Расчленить	ОК	Отмена Справка

Рис. 16.12

При включение блока в чертеж AutoCAD обрабатывает его как графический примитив. Для обеспечения работы с его отдельными составляющими блок необходимо разбить. Для этого в AutoCAD существует команда **РАСЧЛЕНИТЬ (EXPLODE)** - разбить блок на части. Данную команду можно осуществить непосредственно при вставке, при этом следует включить соответствующий флажок в диалоговом окне. Часто бывает необходимо внести определенные изменения в ранее созданные блоки, сохраняя их как единые конструкции. Для этого существует специальная

Редактор блоков используется для определения функции динамического изменения описания блока. В редакторе блоков можно добавить параметры и операции, которые определяют настраиваемые свойства и функцию динамического изменения. В редакторе блоков имеется специальная область, в которой можно рисовать и изменять геометрию, как и в области рисования.

При создании чертежей, рисунков, таблиц часто бывает необходимо вставлять текст. (рис.16.13)

🏊 Редактирование	описания блока	? 🗙
Блок для создания или Плита <Текущий чертеж> Плита pp ЭКСП	изменения Предварительный просмотр от стание	4
	ОК Отмена Сг	травка

Рис. 16.13

Команда ТЕКСТ однострочный (DTEXT) М позволяет создать одну или несколько строк текста. Каждая строка заканчивается при нажатии клавиши ENTER. Каждая строка является отдельным объектом, который можно перемещать, форматировать или редактировать иным образом.

Команда ТЕКСТ многострочный (МТЕХТ) **А** позволяет создавать многострочную надпись, которая будет восприниматься как один примитив и редактируется целиком.

В AutoCAD можно задавать различные типы текста (стили), что обеспечивается командой СТИЛЬ (STYLE), которая выводит диалоговое окно Текстовые стили (рис. 16.14).

АиtoCAD поддерживает Unicode character-encoding стандарт. Шрифт Unicode содержит 65535 символов для многих языков. Все шрифты SHX AutoCAD представлены в стандарте Unicode. Кроме собственных шрифтов (SHX) в AutoCAD можно использовать шрифты True Type, поскольку шрифты SHX не поддерживаются Windows. Для стилей, разработанных третьими фирмами и не имеющих эквивалента True Type, AutoCAD поставляет до восьми различных True Type шрифтов, называемых шрифтами заместителями (proxy fonts). Поэтому возможно несоответствие изображения текста в окне команды **MTEXT** (MTEKCT) и на реальном рисунке.

стиль1	 Новый Переименова 	ать Удалить Отме	ни
Шрифт Имя шрифта:	Начертание:	Высота:	зка
™r GOST type A	Обычный 😪	5.0000	
	NUDMPT		
Эффекты		Образец	
опользовать большо Эффекты Перевернутый	Степень растяжения: 1.0000	Образец	
использовать оольшо Эффекты Перевернутый	Степень растяжения: 1.0000		

Рис. 16.14

Команда ЭСКИЗ (SKETCH) - позволяет вставлять в рисунки эскизы, выполненные «от руки» .Эскизное рисование используется при построении линий неправильной формы и при оцифровке бумажных оригиналов с помощью дигитайзера.

Эскизы состоят из множества прямолинейных сегментов. Каждый из сегментов может представлять собой либо отдельный объект, либо сегмент полилинии. Минимальная длина или приращение сегментов задается пользователем. При этом малая длина сегментов обеспечивает точность построений, но при этом значительно увеличивается размер файла чертежа. Поэтому данное средство следует применять только в случае крайней необходимости.

Для эскизного рисования слбедует выбрать сплошную линию (Continuous) и предварительно отключать режим ОРТО и ШАГ.

16.3. Команды оформления чертежей, рисунков

Операции штриховки и простановки размеров можно отнести к завершающим операциям оформления чертежа.

Штрихование в компьютерной графике - это заполнение указанной области по заданному образцу.

Штрихование выполняется в системе AutoCAD с помощью команды

ШТРИХ (НАТСН) Которая отображает на компьютере диалоговое окно.

Штриховка и градиент (рис. 16.15).

В диалоговом окне можно определить тип и образец штриховки.

Образцы, определяемые пользователем, строятся с учетом текущего типа линий чертежа. Образец пользователя - это образец, описанный в файле РАТ, расположенном пользователем по стандартному пути поиска. Угол поворота и масштаб образца задаются пользователем.

Образцы штриховки по умолчанию хранятся в файле acad.pat или acadiso.pat, прилагаемом к программе.

Команда ШТРИХ хранит выбранный образец в системной переменной HPNAME. Опция "Образец" доступна только для стандартного типа штриховки.

Угол и масштаб можно задать не только для пользовательского, но и для выбранного образца штриховки. Угол штриховки задается относительно оси X текущей ПСК.

Масштаб определяет степень растяжения (сжатия) стандартного или пользовательского образца штриховки.

Для образцов, определенных пользователем, можно нанести вторую штриховку, повернутую относительно первой на 90 градусов, создавая штриховку крест-накрест. Эта опция доступна, только если на вкладке "Штриховка" выбран тип "Пользовательская".

Исходная точка штриховки определяет начальную точку для создания штриховки. Некоторые образцы штриховки (например, штриховку в виде кирпичей) необходимо выровнять относительно определенной точки на контуре штриховки. По умолчанию, все исходные точки штриховки соответствуют текущей исходной точке ПСК.

Ітриховка Градиен	π	Контуры
Тип и массив		Добавить: точки
Тип:	Стандартный 🐱	выбора
Образец:	ANSI31	иооавить: выорать объекты
Crowner	V777777777	и Исключение
Структура.	VIIIIIA	островков
пользователя	×	Восстановить контур
Угол и масштаб		🔍 Просмотр набора
Угол:	Масштаб:	
0	1	Настройка
T I MARKAN AND AND AND AND AND AND AND AND AND A		Ассоциативная
Крест-накрест	Относительно листа	Создавать отдельные
Интервал:	1	Порядок прорисовки:
Толщина пера по ISO:	~	Поместить за контуром 🗸
Исходная точка ш	гриховки	
• Использовать	текчшию исходнию точки	Копирование своиств
О Чказанная исх	одная точка	
Тя Шелкни	ге, чтобы задать новчю	
нсходну	о точку	
По умолчан	нию до контура	
Слева в	янизу 🕙 🚛	
Исходную т	гочку по умолчанию	

Рис. 16.15

Команда ШТРИХ может создавать ассоциативную и не ассоциативную штриховку. Ассоциативная штриховка имеет связь со своей границей и может меняться при изменении последней. Не ассоциативная штриховка не зависит от контура границ.

Для определения области штриховки необходимо в диалоговом окне указать кнопку Добавить: точки выбора, при этом AutoCAD запросит внутреннюю точку. Необходимо указать точку внутри замкнутого контура. Для штриховки нескольких контуров необходимо выбрать несколько внутренних точек (рис. 16.16).

Если контур не замкнут или точка находится не внутри контура, на экране появится сообщение об ошибке определения области штриховки.

Контур штриховки можно выбрать с помощью кнопки Добавить: выбор объектов, при этом необходимо указать замкнутый контур. Если контур состоит из отдельных пересекающихся объектов, то необходимо создать полилинию или область.



Рис. 16.16

Важным этапом в оформлении чертежей является простановка размеров.

Размер - это особая конструкция, которая содержит следующие составные элементы: размерную линию, стрелки, выносные линии, размерный текст и т. д.

Несмотря на то, что размер состоит из многих элементов, в AutoCAD все составные части записываются в отдельный блок, и рассматриваются компьютером, как один примитив.

Перечислим основные свойства размера.

1. Размер является непоименованным блоком, поэтому команды редактирования работают с размером, как с единым целым.

2. Размерный текст может включать в себя, кроме значения размера, текст, введенный пользователем при проставлении размера.

3. Размер может быть ассоциативным и не ассоциативным. Если при вводе размерного текста вы не меняете измеренное AutoCAD значение (ассоциативный размер), то оно остается связанным с базой размера (не фиксировано) и может меняться в процессе масштабирования. Если вы вводите свой размерный текст (не ассоциативный размер), то в процессе масштабирования значение размера остается неизменным.

4. Поскольку размер является блоком, он может быть расчленен на составные примитивы. При этом ассоциативный размер перестает быть

ассоциативным

В системе AutoCAD предусмотрена возможность редактирования размерных блоков, для этого существует диалоговое окно Диспетчер размерных стилей. Размерный стиль - это поименованная совокупность значений всех размерных переменных, определяющий вид размера на чертеже. Все размеры проставляются с использованием текущего стиля. При загрузке системы устанавливается стиль ISO - 25, определяемый набором параметров размера (расстоянием между размерными линиями, размером текста и стрелок, шрифтом текста и т. д.) В падающем меню, в группе команд «Размер» находится диалоговое окно «Диспетчер стилей размеров», с помощью которого можно установить новый стиль или изменить существующей.

Для простановки размеров в падающем меню выбираем панель инструментов Размер, в которой находятся основные команды, позволяющие грамотно и рационально выполнить простановку размеров на чертеже

В зависимости от положения размерной линии, AutoCAD обеспечивает несколько видов простановки линейных размеров. сколько размеров геометрических элементов при их непосредственном указании (рис.16.17).



Рис. 16.17

Команда РЗМДУГА(DIMARC) измерить измерить

И

показать длину дуги или дугового сегмента полилинии.

Команда **РЗМИЗЛОМ (DIMJOGGED)** позволяет создавать размеры радиусов с изломом, также называемые "укороченными размерами радиуса", в том случае, если центр дуги или круга располагается за пределами листа и его истинное положение не может быть показано. Исходную точку размера можно задать в более удобном месте, называемом переопределением положения центра.

16.4. Команды редактирования и служебные команды

В процессе проектирования чертежа конструктором много времени тратится на редактирование. Применение системы AutoCAD позволит значительно сократить временные затраты повысить И точность построений. Существенной геометрических особенностью автоматизированного проектирования является использование прототипов создаваемого изделия. Чем больше используются ранее разработанные конструкции, тем быстрее создаются новые. Это сравнительно легко функций редактирования, предоставляемые осуществить помощью С системой AutoCAD, которые позволяют:

1) удалять фрагменты изображения;

2) восстанавливать случайно удаленные фрагменты;

 перемещать или поворачивать изображения или отдельные примитивы относительно друг друга;

4) копировать отдельные элементы и располагать их в указанном месте;

5) увеличивать или уменьшать объекты;

6) создавать зеркально-симметричное изображение;

 изменять свойства (принадлежность к слою, тип линии, цвет) созданных объектов;

8) сопрягать линии и строить изображение фаски;

9) обрезать и удлинять линии;

10) делить объекты на равные части или размечать на сегменты с заданным интервалом;

11) разъединять блоки или полилинии на составные части;

12) редактировать полилинии (сглаживать, изменять свойства и т.д.);

13) растягивать фрагменты изображения;

14) проводить линии, расположенные на заданном (постоянном) расстоянии относительно других.

Большинство команд редактирования сосредоточено в экранном меню РЕДАКТ 1 и РЕДАКТ 2, падающем меню «Изменить» или на панелях инструментов.

Способ выбора объектов для редактирования осуществляется двумя способами.

В AutoCAD можно сначала выбрать объекты, а затем ввести команду для работы с ними (режим предварительного выбора), или можно сначала ввести команду, а затем выбрать объекты в ответ на ее запрос: Выбери объекты.

Объекты выбираются либо с помощью курсора, либо с помощью рамки.

Команда СТЕРЕТЬ (ERASE) _____-удаляет примитивы, выбранные любым из перечисленных способов. Для восстановления объектов, удаленных последней командой, применяется команда ОЙ (OOPS).

Команда ПЕРЕНЕСТИ (**MOVE**) перемещает геометрические объекты в поле чертежа в ответ на запросы:

Выберите объекты: Выбрать объекты любым способом и нажать ENTER по завершении работы.

Базовая точка или [Перемещение]<Перемещение>: Указать базовую точку или ввести п.

Вторая точка или <считать перемещением первую точку>: указывается новое положение базовой точки или нажать ENTER.

Командой КОПИРОВАТЬ (СОРУ)

-осуществляется

многократное копирование созданных объектов. Запросы компьютера аналогичны при выполнении команды ПЕРЕНЕСТИ, однако запрос нового положения базовой точки может повторятся многократно.

Команда **ПОВЕРНУТЬ (ROTATE)** - осуществляет поворот одного или нескольких выбранных объектов на определенный угол.

При вводе команды в командной строке появляется сообщение:

Текущие установки отсчета углов в ПСК: ANGDIR=против ч/с ANGBASE=0, т. е. по умолчанию отсчет происходит от оси X против часовой стрелки.

Запросы:

Выберите объекты: Выбрать объекты любым способом и нажать ENTER по завершении.

Базовая точка: Укажите точку.

Угол поворота или [Копия/Опорный угол] <0>: Введите угол, укажите точку, введите к или введите о.

Угол поворота - определяет, на какой угол объект поворачивается вокруг базовой точки. Ось, вокруг которой поворачиваются объекты, проходит через указанную базовую точку и параллельна оси Z текущей ПСК.

Копия - создает копии выбранных объектов для поворота.

Опорный угол - поворачивает объекты с указанного угла на новый, абсолютный угол

Запросы:

Опорный угол <последний опорный угол>: Задать угол числовым значением или указанием двух точек, определяющих положение сторон.

Новый угол или [Точки] <последний новый угол>: Задать новый аб-

солютный угол числовым значением или указанием двух точек.

При повороте объекта типа «видовой экран» границы видового экрана остаются параллельными границам области рисования.

Команда СИММЕТРИЯ (MIRROR) -создает зеркальное отражение существующих изображений относительно выбранной оси, удаляя или сохраняя при этом оригиналы. Команда работает в плоскости, параллельной ХҮ (рис. 16.18).



Рис. 16.18

Запросы:

Выберите объекты: Выбрать объекты любым способом; по окончании выбора нажать ENTER.

Первая точка оси отражения: Укажите точку (1).

Вторая точка оси отражения: Указать точку (2).

Две указанные точки становятся конечными точками линии, относительно которой объекты отражаются зеркально.

По умолчанию старые объекты сохраняются.

По умолчанию, при зеркальном отражении текстового объекта

направление текста не изменяется. Чтобы изменить направление текста на обратное, следует установить значение 1 для системной переменной MIRRTEXT.

Необходимо помнить, что при создании изображений, содержащих штриховку, команду СИМЕТРИЯ необходимо выполнять перед командой ШТРИХ.

Команда МАСШТАБ (SCALE) — позволяет выполнить

пропорциональное увеличение/уменьшение размеров выбранных объектов.

Запросы:

Выберите объекты: Выбрать объекты любым способом и нажать ENTER по завершении выбора объектов.

Базовая точка: Указать точку (Масштабирование выбранных объектов производится относительно базовой точки; это означает, что ее положение не изменяется).

Для увеличения объектов следует задать значение, большее 1. Для уменьшения объектов следует задать значение в диапазоне 0 - 1 (значения задаются в десятичных числах). Кроме того, увеличивать или уменьшать объекты можно посредством перемещения курсора, удерживая нажатой левую кнопку мыши.

Копия- создает копии выбранных объектов и масштабирует их (рис. 16.19).

Масштаб или [Копия/Опорный отрезок]: Укажите масштаб, введите к или введите о.



Рис. 16.19

Опорный отрезок - выполняет масштабирование выбранных объектов

Команда РАСТЯНУТЬ (STRETCH) — позволяет изменять объект относительно существующей и новой длины опорного отрезка. ты, увеличивая или уменьшая их размеры как в одном направлении, так и с сохранением пропорций. Кроме того, некоторые объекты можно растягивать, перемещая их конечные точки, вершины или определяющие точки.

1. Объекты, которые частично находятся в секущей рамке, растягиваются.

2. Объекты, которые полностью включены в секущую рамку, или выделены отдельно, перемещаются, а не растягиваются.

Для растягивания объекта нужно указать базовую точку и точку перемещения.

Команда **МАССИВ** (**ARRAY**) - позволяет создавать несколько копий указанных объектов, размещенных в прямоугольном или круговом порядке. При вводе команды открывается диалоговое окно, в котором можно выбрать одну из модификаций:

Прямоугольный - создается прямоугольный массив путем размножения выбранных элементов с заданным количеством рядов и столбцов, образующих прямоугольную матрицу.



Рис. 16.20

Круговой - создается массив путем указания центральной точки, вокруг которой по кругу строятся копии выбранных объектов. В зависимости от выбора способа копирования по сетке, будет меняться содержание диалогового окна. На рис. 16.20 показано диалоговое окно для формирования прямоугольного массива.

На рис. 16.21 показано диалоговое окно для формирования кругового массива.

🗛 Массив	? 🛛
Прямоугольный массив	Выбор объектов
Центр: Х: 217 Ү: 105	Выбрано объектов: 1
Способ построения: Число элементов и Угол закрашивания	
Число элементов: 6 Угол закрашивания: 360 🕄	+
Угол между элементами: 60	
Совет Соответствует повороту против часовой стрелки. Отрицательное значение соответствует повороту по часовой стрелке.	ОК Отмена
✓ Поворачивать элементы массива	Просмотр < Справка

Рис. 16.21

На рис. 16.22 изображен: а) прямоугольный массив; б) круговой массив.



Рис. 16.22



- частичное удаление отрезка,

полосы, дуги и двухмерной полилинии относительно режущей кромки ромки (рис. 16.23)

Команда **ОБРЕЗАТЬ (TRIM)**



Рис. 16.23

Команда УДЛИНИТЬ (EXTEND) — - удлиняет линии до указанной кромки.

Если задано несколько граничных кромок, то объект удлиняется до первой.

Команда **РАЗОРВАТЬ (BREAK)** – разбивает объект на части.

Если для выбора объекта используем прямое указание, то первая определенная курсором точка является точкой начала разрыва. Если выбираем указание в скобке, то на запрос надо ввести Первая точка.

Вторая точка необязательно должна быть на объекте, AutoCAD находит ближайшую на нем. Если вторая точка разрыва совпадает с первой то стирания части примитива не происходит, а объект делится на два объекта такого же типа.

При использовании команды для разрыва окружности удаляется дуг от первой до второй точки в направлении против часовой стрелки.

Команда СОЕДИНИТЬ (JOIN) - позволяет объединить два объекта или несколько, ранее составляющее единое целое или предположительно могут составлять единое целое. Объекты могут иметь

зазор. Можно также создать замкнутые круги и эллипсы из дуг и эллиптических дуг. Можно соединять следующие объекты:

- **.** Дуги.
- Эллиптические дуги.
- Отрезки.
- Полилинии.
- Сплайны.

Объект, к которому необходимо присоединить подобные объекты, называется исходным объектом. Объекты, которые необходимо присоединить, должны находиться в одной плоскости.

Команда СОПРЯЖЕНИЕ (FILLET) -позволяет выполнять сопряжение отрезков, дуг, окружностей или линейных сегментов двухмерной полилинии дугой заданного радиуса.

Сопрягаемые объекты могут принадлежать одному слою, тогда линия сопряжения строится в данном слое, в противном случае линия сопряжения проводится в текущем слое.



Рис. 16.24

Если выбранные объекты - отрезки или линейные сегменты двухмерной полилинии, AutoCAD удлиняет или подрезает их до пересечения. Затем в зависимости от выбора режим отрезки обрезаются или

нет. На рис.16.24 показаны возможные варианты сопряжения двух геометрических отрезков

Запросы:

Текущие настройки: Режим = С ОБРЕЗКОЙ, Радиус сопряжения = 10.0000.

Выберите первый объект или [отменить/полилиния/радиус/Обрезка/ Несколько]: Выберите объект любым способом или задайте опцию.

Выберите второй объект или нажмите клавишу Shift при выборе, чтобы создать угол: - Выберите второй объект или нажмите клавишу SHIFT при выборе, чтобы создать угол.

При сопряжении полилинии (рис. 16.25) AutoCAD строит дуги сопряжения во всех точках пересечения линейных сегментов двумерной полилинии.



Рис. 16.25

Сопрягаемые линейные сегменты двухмерной полилинии не обязательно являются смежными — между ними могут находиться другие сегменты. В последнем случае команда СОПРЯЖЕНИЕ удаляет промежуточные сегменты, заменяя их сопрягающими линиями.

При сопряжении двух окружностей, двух дуг, отрезка и окружности, отрезка и дуги правила построения такие же, как для двух отрезков, но можно построить несколько вариантов сопряжения, в зависимости от выбора места плавного соединения.

AutoCAD выбирает дугу сопряжения, конечные точки которой ближе всего к месту выбора сопрягаемых объектов.

На рис. 16.26 показаны возможные варианты сопряжения отрезка, дуги и двух окружностей. Местоположение дуги сопряжения зависит от выбора точек на сопрягаемых элементах. При построении плавного соединения с дугой сопряжения отрезки, дуги и сегменты полилинии могут обрезаться и удлиняться. Окружности не обрезаются.



Рис.15.26

Последний введенный радиус сопряжения запоминается как часть файла рисунка и выводится в командную строку при повторном использовании команды СОПРЯЖЕНИЕ. Если значение радиуса равно нулю, то происходит слияние линий в одну точку.

Если значение радиуса округления отлично от нуля, то компьютер вставит дуги сопряжения в каждую вершину, в которой сходятся два линейных сегмента. Если линейные сектора полилинии соединены дугой, но в продолжении могут пересекаться, то дуга удаляется, отрезки продлеваются до пересечения и затем сопрягаются.

Сопряжение нельзя построить для сегментов очень коротких, для расходящихся сегментов, соединенных дугой. При этом выдается сообщение: Неверно.

Можно построить сопряжение для параллельных отрезков, прямых, лучей, где радиус сопряжения выбирается автоматически равный половине расстояния между линиями кающихся отрезка на указанном расстоянии от точки пересечения и соединить эти отрезки новым линейным сегментом.

Команда ФАСКА (СНАМБЕВ)

– позволяет обрезать два

пересекающихся отрезка на указанном расстоянии от точки пересечения и соединить эти отрезки новым линейным сегментом.

Запросы:

(Режим С ОБРЕЗКОЙ) Параметры фаски: Длина1 = 0.0000, Длина2 = 0.0000.

Выберите первый отрезок или [отменить/полилиния/Длина/Угол/Обрезка/ Метод/Несколько]: Д Выбрать объекты любым способом или задать опцию.

Определяет первую из двух кромок для определения 2D фаски или снятия фаски кромки трехмерного твердотельного объекта.

Выбрать второй отрезок или нажать клавишу Shift при выборе, чтобы создать угол: Использовать любой способ выбора объекта, или нажать и удерживать клавишу SHIFT и выбрать объект, чтобы создать острый угол.

При выборе линий или полилиний их длины регулируются для соответствия длине линии фаски. Можно удерживать нажатой клавишу SHIFT при выборе объектов для замены значения текущих расстояний фаски на 0.

Если выбранные объекты являются линейными сегментами двухмерной полилинии, они должны быть либо смежными, либо разделенными одним сегментом. Если они разделены другим сегментом полилинии, команда ФАСКА удалит сегмент, разделяющий их, и заменит его фаской.

Значением первой длины катета фаски по умолчанию является последняя заданная длина. Значение второй длины по умолчанию совпадает со значением первой длины, при этом получаются симметричные фаски с углом 45°. Если вы хотите задать фаску другими параметрами, то выбор Угол позволяет задать длину для первой линии и угол наклона фаски относительно первой линии.

Выбор Метод позволяет выбрать один из методов задания размеров

фасок - длиной двух катетов или длиной одного катета и углом.

При выполнении команды можно обрезать линии с помощью выбора Обрежь или не обрезать - Не обрежь.

Если оба отрезка располагаются на одном и том же слое, то и фаска будет изображена в том же слое. Если отрезки расположены в разных слоях, то фаска будет строиться в текущем слое. При задании катетов, равных нулю, линии, определяющие контуры детали, сойдутся в одну точку.

Для построения фасок на полилинии необходимо сделать выбор Полилиния. Выбранные сегменты должны быть смежными или разделенными одним сегментом.

Команда **РАСЧЛЕНИТЬ** (**EXPLODE**) **Разбивает сложный** примитив на отдельные элементы.

После выполнения команды цвет, тип и вес линий расчлененного объекта может измениться. Другие результаты расчленения имеют отличия, определяемые типом расчленяемого составного объекта. Ниже приведены сведения о конкретных объектах и их расчленении.

Для расчленения объектов с одновременным изменением их свойств используют команду ВЗОРВАТЬ.

2D и компактные полилинии

Ширина полилинии и данные о касательных игнорируются. После расчленения широких полилиний полученные отрезки и дуги располагаются по осевой линии полилинии.

3D полилинии

Расчленяются на отрезки. Полученные отрезки наследуют исходный тип линий.

3D тела

Выполнение расчленения плоских граней на области. Неплоские грани расчленяются на поверхности.

Дуга

Дуги в неоднородно масштабированных блоках при расчленении преобразуются в эллиптические дуги.

Блок

Расчленение одного уровня вложенности блоков. Полилинии или вложенные блоки, содержащиеся в блоке, не расчленяются. Их расчленение необходимо выполнить отдельно.

Блоки с равными коэффициентами по осям X, Y и Z расчленяются на составляющие объекты. Если блок вставлен с различными масштабными коэффициентами по осям X, Y и Z, результат расчленения непредсказуем.

Если неоднородно масштабированные блоки содержат объекты, которые невозможно расчленить, они группируются в неименованный блок (обозначаемый префиксом "*E") и снабжаются ссылкой как неоднородно масштабированные. Если не удалось расчленить ни один объект блока, то данное вхождение блока остается нерасчлененным. Так, тела, ACIS-тела и области из неоднородно масштабированного блока не расчленяются.

При расчленении блока с атрибутами значения атрибутов удаляются; остаются только их описания.

Не могут быть расчленены блоки, вставленные командой MB СТАВИТЬ, внешние ссылки и их зависимые блоки.

Круг

Круги в неоднородно масштабированных блоках при расчленении преобразуются в эллипсы.

Выноски

Расчленяются на отрезки, сплайны, фигуры (стрелки), блоки (стрелки, блоки пояснений), многострочный текст и рамки допусков (в зависимости от типа выноски).

Многострочные тексты

Расчленяются на отдельные текстовые объекты.

Мультилинии

Расчленяются на отрезки и дуги.

Многогранные сети

Сети с одной вершиной расчленяются на точки. Сети с двумя вершинами расчленяются на отрезки. Сети с тремя вершинами расчленяются на трехмерные грани.

Область

Расчленяются на отрезки, дуги и сплайны.

Команда ПОДОБИЕ (**OFFSET**) позволяет создавать геометрические объекты, с заданным смещением, подобные изображенному на дисплее (рис.16.27).

Запросы:

Текущие настройки: Удалить исходные=Нет Слой=Источник OFFSETGAPTYPE=0.

Укажите расстояние смещения или [Через/Удалить/Слой] <30.0000>:

Задать расстояние смещения (Смещение задается с помощью устройства указания или вводом с клавиатуры).

Выберите объект для смещения или [Выход/Отменить] <Выход>: Выберите исходный объект.

Укажите точку, определяющую сторону смещения, или Выход./Несколько/ Отменить]: Укажите сторону смещения. Показать курсором в какую сторону смещать (вправо или влево, внутрь или наружу).

Задаваемое смещение должно быть больше нуля, если строится фигура, подобная широкой полилинии, то смещение будет задаваться от осевой линии.

При изображении подобных дуг или окружностей смещение может быть задано неправильно (например, получается отрицательный радиус), тогда появится сообщение:

Невозможно провести с таким смещением .

При выборе примитива, отличного от отрезка, дуги, двухмерной

полилинии, эллипса, эллиптической дуги, прямой, луча или сплайна, появится сообщение:

Не могу создать объект, подобный данному.



Рис. 16.27

позволяет



редактировать

полилинии:

1) объединять любое количество соседних отрезков, дуг и двухмерных полилиний в единую полилинию;

2) разбить полилинию на две;

3) задать ширину полилинии, изменить ширину отдельных сегментов;

4) переместить выбранные вершины полилинии и добавить к ней новые вершины;

5) замкнуть открытую полилинию или разъединить замкнутую;

6) сгладить все изломы и изгибы или заменить участки ломаной линии гладкой кривой.

Запросы:

Выберите полилинию или [Несколько]: Выбрать объекты любым способом или ввести н.

Дальнейшие запросы в командной строке зависят от того, какой

объект выбран: 2D полилиния, 3D полилиния или 3D полигональная сеть.

Если выбранный объект является линией или дугой, отобразится следующий запрос:

Выбранный объект - не полилиния.

Сделать его полилинией? <Y>: Ввести д или н или нажать клавишу ENTER.

При ответе д такой объект преобразуется в двухмерную полилинию, состоящую из одного сегмента. Полученную полилинию можно отредактировать. Этой операцией можно пользоваться для объединения отрезков и дуг в полилинию. Если значение системной переменной PEDITACCEPT равно 1, то такой запрос не выдается, и выбранный объект автоматически преобразуется в полилинию.

Несколько - Возможность выбора нескольких объектов.

Выбор 2D полилинии - отобразится следующий запрос:

Задайте опцию [Замкнуть/ Добавить/ Ширина/ Вершина Сгладить/ Сплайн/ Убрать сглаживание/Тип лин /Отменить]: Задать опцию или нажать ENTER для завершения команды.

Если полилиния в текущий момент замкнута, опция "Замкнуть" заменяется опцией "Разомкнуть". 2D полилинии можно редактировать только в том случае, если направление нормали параллельно оси Z текущей ПСК.

Замкнуть - создать замыкающий сегмент полилинии, соединяющий его последний сегмент с первым. Полилиния считается открытой, пока ее не замкнуть с помощью параметра "Замкнуть".

Открыть - удалить замыкающий сегмент полилинии. Полилиния считается замкнутой до ее размыкания с помощью параметра "Открыть".

Добавить - добавить отрезок, дугу или другую полилинию, какойлибо конец которой совпадает с концом данной полилинии, а также отменить сглаживание для полилиний, сглаженных дугой. Конец добавляемого объекта должен точно совпадать с одной из конечных точек полилинии, за исключением случаев, когда в ответ на первый запрос команды ПОЛРЕД была выбрана опция "Несколько". Эта опция позволяет объединять несоприкасающиеся полилинии, если их конечные точки лежат на расстоянии, не превышающем заданное.

Ширина - задать новую единую ширину для всей полилинии.

Для изменения начальной и конечной ширины отдельных сегментов можно воспользоваться также параметром "Ширина" опции "Редактировать вершину".

Вершина - редактировать вершины. Можно осуществлять выбор и перенос вершин и другое редактирование вершин и прилегающих сегментов. Первая вершина полилинии помечается на экране крестиком (X). Если для этой вершины задана касательная, то ее направление указывается стрелкой.

В командной строке выдаются следующие запросы:

[След/Пред/Разорвать/Вставить/Перенести/РеГен/Выпрямить/Касател ьная/Ширина/ вы Ход] <текущая>: Задать опцию или нажать ENTER.

При нажатии ENTER выполняется одна из опций по умолчанию ("След" или "Пред").

Сгладить - заменить существующую полилинию гладкой кривой (сгладить все вершины). Кривая состоит из дуг, соединяющих каждую пару вершин. Для достижения нужного эффекта система вставляет в полилинию дополнительные вершины. Если результат не устраивает, то можно использовать ключ Вершина, добавить новые вершины, а затем повторить операцию сглаживания.

Сплайн - создать кривую, скругляющую вершины полилинии. Вершины являются как бы каркасом для построения кривой, которая обязательно проходит через первую и последнюю точки, если полилиния не замкнута. К промежуточным точкам кривая может подходить достаточно близко, но не касаться их. Такие кривые называются **В-сплайнами**. Сплайны могут быть квадратичными и кубическими. На рис. 16.28 показано различие между сглаживанием с помощью дуг и сплайнами.



Рис. 16.28

Типом сплайна управляет системная переменная SPLINETYPE: значение 5 соответствует квадратичному В-сплайну, значение 6 - кубическому Всплайну.



Рис. 16.29

Если исходная полилиния содержит дуговые сегменты, то при формировании сплайна они спрямляются. Если ширина сегментов полилинии различная, то ширина сплайна будет плавно меняться от значения ширины в первой вершине к значению ширины в конечной вершине (рис. 16.29).

Каркасы сплайнов обычно не высвечиваются на экране, но при желании их можно увидеть, установив системную переменную SPLFRAME равную 1 (по умолчанию она равна 0).

Качеством сплайновой аппроксимации управляет системная переменная SPLINESEGS. По умолчанию она равна 8. Большее значение переменной соответствует большему числу сегментов, которые будут нарисованы.

Убрать сглаживание - удаляет сглаживание. Удаляет любые дополнительные вершины, вставленные, при операции сгладь, и выпрямляет все сегменты полилинии.

Типлин - задает способ генерации типа линии в вершинах полилинии. Значение **Откл** означает генерацию заданного типа линии. Данная операция не действует для полилиний с сегментами переменной ширины. Режимом генерации типа линии для новых полилиний управляет системная переменная PLI- NEGEN.

Отменить - отменяется действие операций редактирования до наступления состояния, существовавшего в начале сеанса ПОЛРЕД.

Большинство команд действуют как на сплайн или сглаженную кривую, так и на первоначальную полилинию. Команда ПОДОБИЕ создает полилинию, соответствующую сплайну. Команды ПОДЕЛИТЬ, РАЗМЕТИТЬ, ПЛОЩАДЬ, ШТРИХ, СОПРЯЖЕНИЕ и ФАСКА действуют только на сплайн, каркас для них не доступен.

Служебные команды

Служебные команды - это команды, которые помогают организовать работу в системе AutoCAD наиболее быстро и рационально.

Построение чертежа на компьютере неразрывно связано с понятием

слой, ранее незнакомое конструкторам. СЛОЙ (LAYER) - это особая прозрачная среда, которой присущ свой тип линии и цвет. При наложении нескольких слоев друг на друга, если линии не совпадают, мы получим чертеж, на котором будут присутствовать построения, принадлежащие всем слоям.

Каждому слою присваивается имя, которое может содержать до 31 знака, включая буквы, цифры и специальные символы. Слой может быть видимым **Вкл.** и невидимым **Откл.** Изображаются на дисплее только те примитивы, которые принадлежат видимому слою; однако примитивы в невидимых слоях являются частью чертежа и участвуют в регенерации. Слой может быть замороженным или размороженным. Замораживание означает отключение

видимости слоя и исключение примитивов, принадлежащих данному слою в регенерации. Слой может быть также блокированный или разблокированный - примитивы на блокированном слое остаются видимыми, но их нельзя редактировать. Блокированный слой можно сделать текущим, менять цвет и тип линии. Для определенного слоя может быть запрещен вывод на печать (например слой, в котором выполняются вспомогательные построения).

Каждый слой имеет свои:

1) цвет Color примитивов;

2) тип линии **Linetype** - данным типом линии будут изображаться все примитивы, принадлежащие слою;

3) ширину линии Lineweight.

При создании нового рисунка автоматически выводится слой с именем **0**, которому присваивается белый цвет и тип линии CONTINUOUS (НЕПРЕРЫВНЫЙ). Невозможно удалить слои 0 и DEFPOINTS, слои с объектами (включая объекты в определениях блоков), текущий слой, а также слои, зависимые от внешних ссылок.

Слои в частично открытых чертежах также рассматриваются в качестве ссылочных и не могут быть удалены.

При создании нового слоя можно использовать диалоговое окно Диспетчер свойств слоев (рис.16.30).

Нажатием кнопки **Создать слой** создаются слои с именами Слой1, Слой2 и т.д., белым цветом и типом линии CONTINUOS (НЕПРЕРЫВНЫЙ), которые можно изменить. Для установки цвета и типа линии используются соответствующие диалоговые окна Выбор цвета и Выбор типа линии.

Все вновь создаваемые в **AutoCAD** объекты размещаются на текущем слое. Для того чтобы сделать слой текущим, необходимо установить курсор на нужный слой и мышью выбрать кнопку **Текущий** или путем выбора из раскрывающегося списка управления слоями в строке свойств объектов.



Рис. 16.30

В процессе создания чертежа удобно пользоваться сеткой.

Команда **CETKA** (**GRID**) - выдает изображение координатной сетки с любым требуемым интервалом. Она помогает приблизительно оценить относительные размеры объектов. Сетка не является частью чертежа, а предназначена только для визуальной координации и никогда не выводится на принтер. Для управления видимостью сетки используется клавиша **<F7>**, или соответствующая кнопка в строке состояния.

Команда ШАГ (SNAP) - обеспечивает дискретное перемещение курсора, с любым задаваемым интервалом. Опция «Аспект» Позволяет задавать различные интервалы шаговой привязки по X и по Y.

Устанавливается сетка изометрической привязки, В которой положения привязки изначально располагаются под углами 30 и 150 градусов. В случае изометрической привязки параметр "Аспект" не может Линейчатая принимать разные значения. сетка не совпадает С изометрической сеткой привязки.

Режим ШАГ обеспечивается клавишей **<F9>** или соответствующей кнопкой в строке состояния.

Команда **ОРТО** (**ORTHO**) - позволяет рисовать прямые и перемещать геометрические объекты только параллельно осям текущей системы координат.

Управление данной командой осуществляется клавишей **<F8>** или кнопкой в строке состояния.

При выполнении чертежей и других графических документов точные геометрические построения требуют умения восстанавливать перпендикуляры, проводить касательные, делить отрезки пополам, находить конечные точки. Для этого в **AutoCAD** существует специальное средство.

Объектная привязка - особый механизм, позволяющий быстро определять нужную точку на чертеже при построении геометрического образа, или строить линии в заданном направлении (параллельно, перпендикулярно и.т.д.).

Команда **ПРИВЯЗКА** (**OSNAP**) . устанавливает режим объектной привязки.

Механизм объектной привязки срабатывает, когда AutoCAD запрашивает точку. На экранном курсоре появляется специальный символ - мишень. С помощью этого символа происходит поиск кандидатов объектной привязки.

При выводе команды ПРИВЯЖИ появляется запрос:

Режимы объектной привязки:

Возможны следующие режимы:

Конточка - привязка к ближайшей конечной точке линии или дуги, границы области или трехмерного тела.

Середина - средняя точка прямой, дуги.

Центр - центр окружности, дуги, эллипса (указать окружность, дугу, эллипс).

Узел - привязка к точечному элементу.

Квадрант - привязка к точке квадранта дуги, эллиптической дуги, эллипса или круга (точка, лежащая на пересечении осевой линии и окружности).

Пересечение - пересечение двух прямых, прямой с дугой или окружностью, двух окружностей, сплайнов, областей и т.д..

Продолжение - создание временной вспомогательной линии, являющейся продолжением объекта, над конечной точкой которого проходит курсор.

Тв ставки - привязка к точке вставки текста, атрибута, формы, определение атрибута или блока.

Ближайшая - привязка к точке на прямой, дуге или окружности, которая оказалась ближайшей к курсору.

Кажущееся пересечение - привязка к точке предполагаемого пересечения (пересечения линий в пространстве нет, а на экране мы видим точку пересечения). Данная привязка работает с кривыми и границами областей, но не работает с границами и углами трехмерных тел. Реализует два режима: поиск видимой на экране точки пересечения элементов или их продолжения.

Нормаль - привязка к точке на прямой , окружности , эллипсе, сплайне или дуге, которая образует совместно с данной точкой нормаль к
этому объекту.

Касательная - привязка к точке на окружности или дуге, которая при соединении с данной точкой образует касательную.

Все режимы объектной привязки могут быть использованы в любой комбинации. Команда осуществляется в последовательности, перечисленной выше. Текущие режимы объектной привязки можно задать через диалоговое окно Режимы рисования (рис. 16.31).

В процессе формирования сложных чертежей экранное поле засоряется - накапливаются маркеры (если включены), при стирании или переносе объектов исчезают совмещенные с ними части других объектов изображение на дисплее постепенно теряет качество.



Рис. 16.31

Команда **ОСВЕЖИТЬ** (**REDRAWALL**) - обновляет текущий видовой экран, удаляя маркеры.

При переопределении гарнитуры шрифта, режима закрашивания, значительном изменении вида и других операциях иногда требуется не только обновить вид, но и перестроить изображение на виртуальном экране. При регенерации, кроме перерисовки изображения, происходит пересчет экранных координат всех объектов базы данных рисунка.

Команда РЕГЕН (REGEN) - регенерирует изображение

(перестраивает изображение по геометрическому описанию чертежа).

Иногда в процессе работы возникает необходимость полной регенерации рисунка с пересчетом экранных координат всех объектов. В этом случае **AutoCAD** выполняет регенерацию автоматически с выдачей соответствующего сообщения.

Выполняя чертеж большого размера, который содержит много линий, бывает необходимо увеличить отдельный фрагмент, не меняя абсолютных размеров всего чертежа или уменьшить размеры, чтобы в поле видового экрана попало все изображение.

Команда **ПОКАЗАТЬ** или **ЗУМИРОВАТЬ** (**ZOOM**) — позволять управлять размером вида на экране.

Вызвать различные режимы можно из падающего меню Вид.

Прозрачный режим команды ПОКАЗАТЬ недоступен во время выполнения команд ТЗРЕНИЯ, ДВИД, ПАН и ВИД или в процессе работы самой команды ПОКАЗАТЬ.

Возможны следующие режимы:

Все - выполняется зумирование до лимитов сетки или текущих границ (в зависимости от того, что больше). Для 3D видов команда "ПОКАЗАТЬ Все" эквивалентна команде "ПОКАЗАТЬ Границы". На экране отображаются все объекты, даже если чертеж выходит за лимиты сетки.

При использовании опции "Все" команды ПОКАЗАТЬ в прозрачном режиме следует помнить о том, что эта опция всегда производит регенерацию чертежа.

Центр - зумирование с помощью рамки, определяемой центральной точкой и коэффициентом увеличения или высотой. Задание небольшого значения высоты приводит к увеличению изображения. Задание большего значения приводит к уменьшению изображения.

Масштаб - позволяет задать числовой коэффициент изменения масштаба изображения. Масштабирование вида используется тогда, когда необходимо увеличить, или уменьшить изображение на точно заданную

величину. При этом необходимо указать коэффициент экранного масштабирования одним из трех способов:

- 1) относительно полного вида;
- 2) относительно текущего вида;
- 3) относительно единиц пространства листа.

Если ввести значение с символом х (латинское) на конце, коэффициент будет исчисляться относительно текущего изображения. Например, в результате ввода 2х каждый объект будет выведен на экран с размером вдвое большим, чем его текущий размер.

Если после ввода значения набрать символы хл (х латинское, л русское), коэффициент масштаба будет исчисляться относительно единиц пространства листа. Например, в результате ввода 0.5хл пространство модели уменьшится вдвое относительно пространства листа. Можно создать лист с видовыми экранами, каждый из которых будет отображать объекты с разным масштабом.

При вводе только цифрового значения масштабный коэффициент вычисляется относительно лимитов чертежа. (Данная опция используется редко.) Например, в результате ввода числа 2 объекты чертежа будут увеличены вдвое по отношению к тому, как они выглядели бы в лимитах чертежа.

Рамка - увеличивает часть изображения, которая задается рамкой. При этом курсором отмечают два противоположенных угла рамки.

Назад - возвращается к предыдущему виду. AutoCAD хранит в памяти все операции редактирования и может восстановить последовательно по одному все виды, которыми мы пользовались в текущем сеансе.

Динамика - динамическое задание области отображения. Используется для изменения вида без регенерации рисунка. Перемещать видовое окно по рисунку и изменять его размеры можно с помощью устройства указания. При перемещении устройства указания область, ограниченная рамкой со знаком «Х» в центре, передвигается по полю

чертежа без изменения размеров. Если нажать на левую клавишу, появится знак «^»; при этом, перемещая курсор, можно изменять размеры области изображения. Нажатием клавиши **<ENTER>**, зафиксированный в рамке вид увеличивается до видового экрана.

Границы - отображение области, которая содержит все примитивы данного чертежа.

Реальное время - изменение масштаба изображения в режиме реального времени. Пользователь может изменять размер изображения путем перемещения курсора по видовому экрану вверх или вниз. Поместив курсор в середину изображения и не отпуская левую кнопку мыши, можно получить двукратное увеличение, перемещением курсора в верхнюю часть видового экрана. Перемещение курсора вниз до нижней границы позволяет получить двукратное уменьшение. Если отпустить кнопку мыши действие данного режима приостановится. Для выхода из режима следует использовать клавиш <ENTER> или <Esc.

Объект - максимальное увеличение одного или нескольких выбранных объектов по центру области рисования. Объекты можно выбирать до или после вызова команды ПОКАЗАТЬ.

Команда ПАН (PAN) -обеспечивает возможность интерактивного панорамирования изображения. AutoCAD позволяет просмотреть любую часть изображения, без изменения масштаба, как бы перемещая экран по плоскости чертежа.

Команда ЛИМИТЫ (LIMITS) позволяет установить границы для создаваемого рисунка в пространстве модели или в пространстве листа. Она может быть вызвана из падающего меню «Формат». В AutoCAD границы рисунка выполняют три функции:

1) определяют диапазон изменения координат точек;

2) контролируют рисунок в пределе координатной сетки;

3) определяют, какая часть рисунка отображается на экране по

команде ПОКАЖИ ВСЕ.

Границы рисунка - это две двухмерные точки с координатами х и у (по оси z границы не устанавливаются) в мировой системе координат: координаты левого нижнего и правого верхнего углов, определяющие прямоугольную область.

Запросы команды:

Переустановка лимитов пространства модели:

Левый нижний угол или [Вкл/Откл] <0.0000,0.0000>: задает новое значение левого нижнего угла, или опцию, или ENTER.

Вкл - включается контроль соблюдения границ. **AutoCAD** позволяет вводить только точки, определенные заданной границей.

Откл - отключается контроль соблюдения границ изображения.

Точка - задается новое значение левого нижнего угла и выдается запрос на ввод правого верхнего угла.

Лимиты должны полностью удовлетворять размерам создаваемой модели. Например, если она имеет размеры 150х200х50 мм, значения лимитов должны превышать первые две цифры. В пространстве листа лимиты обычно задают размерами листа бумаги. Следовательно, поле сетки (если она включена) должно вмещать скомпонованный чертеж, включая графические объекты, размерные обозначения, основную надпись. Если формат листа равен 210х297мм, следует установить десятичный формат единиц и определить лимиты заданием точек (0,0) - левый нижний угол прямоугольника, (210, 297) - правый верхний угол.

Вопросы для закрепления

1. Укажите основные области применения компьютерной графики.

2. Что изучает компьютерная графика?

3. Перечислите основные направления в компьютерной графике.

4. Какой интерфейс пользователя называют графическим?

5. В чем отличие текстового интерфейса пользователя от графического?

6. Какое назначение конструкторской графики?

7. На какие категории делят компьютерную графику по способам представления изображений?

8. Что является основным элементом растрового изображения?

9. Что является основным элементом в векторной графике?

10. Какую графику называют вычисляемой графикой?

11. В каких единицах измеряется разрешение экрана?

13. Где и в каких областях применяют растровую графику?

14. Где и в каких областях применяют векторную графику?

15. Какие достоинства векторной графики?

16. Что такое «графические примитивы» в графических редакторах?

17. Какое назначение текстовых инструментов в редакторах?

18. Какие программы называются графическими редакторами?

19. На какие категории делят графические редакторы?

20. Для чего предназначен пакет AutoCAD?

21. Какие единицы измерения использует AutoCAD?

22. В каком месте на экране выводятся текущие координаты?

23. Какие вы знаете команды масштабирования?

24. Каким образом устанавливаются параметры сетки и дискретного шага мыши?

25. Каким образом провести гладкую кривую через заданный набор точек?

26. Каким образом можно изменить характеристики объекта, например, тип линии?

27. Объясните понятие «базовая точка».

28. Как можно скопировать и переместить объект? Можно ли сделать несколько копий одной командой?

29. Что значит масштабировать объект? Относительно какой точки будет выполняться масштабирование?

30. Какой командой можно выполнить поворот объекта?

Глава XVII

РАЗРАБОТКА И ВЫПОЛНЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ ЧЕРТЕЖЕЙ В СРЕДЕ AUTOCAD

Правила оформления чертежей, а также их содержание зависят от ряда факторов, знание которых позволяет выпускать конструкторскую документацию высокого качества, удовлетворяющую запросам современного производства.

17.1. Выполнение чертежа детали

Детали можно распределить на несколько групп по некоторым общим признакам: геометрическому, конструктивному, технологическому и т.д.

Так, рассматривая деталь по геометрическому признаку, за основу принимают ее форму, т.е. поверхности, которыми она ограничена (многогранник; деталь, ограниченная поверхностями вращения или другими кривыми поверхностями; деталь комбинированной формы).

Рассматривая деталь по конструктивному признаку, за основу принимают ее назначение.

Рассматривая деталь по технологическому признаку, за основу принимают технологический процесс ее изготовления (обработка резанием, литье, ковка, штамповка и т.д.).

Все перечисленные признаки находятся во взаимосвязи между собой и влияют друг на друга. Действительно, форма детали и ее назначение часто определяют технологию изготовления и наоборот. Например, плоскую деталь целесообразно вырубать из листового материала; некоторые тонкостенные детали - штамповать; деталь, изготавливаемую из чугуна, отливать с последующей механической обработкой.

Таким образом, приступая к выполнению чертежа детали, целесообразно рассматривать ее форму с учетом технологии изготовления и назначения.

Правильным выбором различных изображений обеспечивается наглядность и удобство чтения чертежа.

В большинстве случаев деталь изображают на чертеже в том положении, в котором она будет находиться в механизме.

Детали, рабочее положение которых может меняться, изображают на чертеже в соответствии с преобладающим размещением их в процессе изготовления. Так, детали, ограниченные поверхностями вращения и обрабатываемые путем наружной обточки или расточки - валы, оси, центры, шпиндели, штоки, втулки, гильзы, стаканы, шкивы, поршни и др., следует располагать на чертеже в том положении, которое они занимают во время обработки точением, т.е. их геометрическая ось должна быть горизонтальна.

Количество изображений - видов, разрезов, сечений, выносных элементов и т.д. - зависит от степени сложности детали. Важно помнить, что их количество должно быть минимальным, но достаточным для полного представления о форме и размерах изделия.

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

В соответствии со стандартами ЕСКД на чертеже детали указывают:

1) обозначения размеров;

2) обозначения предельных отклонений размеров;

 обозначения предельных отклонений геометрической формы и расположения поверхностей;

4) обозначение шероховатости поверхностей деталей;

5) обозначения покрытий и показателей свойств материала готовой детали;

6) технические требования к материалу, размерам и форме детали и другие данные, которым она должна соответствовать перед сборкой.

В основной надписи чертежа детали указывают материал детали в соответствии с обозначением, установленным стандартом на материал.

Выполнение чертежа детали в среде AutoCAD аналогично выполнению его вручную, с помощью чертежных инструментов (циркуля,

линейки, карандаша и т.д.) с той лишь разницей, что роль инструментов отводится компьютеру.

Перед началом работы необходимо выполнить ряд подготовительных операций:

1. Задать формат чертежа, например формат A4 (Команда: ЛИМИТЫ).

Установить режим вывода на экран сетки, например с шагом в 10 мм.

3. Загрузить необходимые типы и размер шрифтов, используя диалоговое окно Текстовые стили, которое можно выбрать из падающего меню «Формат».

4. Загрузить необходимые типы линий. Команда Типы линий находится в падающем меню и выводится через диалоговое окно Диспетчер типов линий. Для конструкторской документации чаще всего используются непрерывные (continuous), штрихпунктирные (осевые) и пунктирные (невидимые) линии.

5. Создать необходимые слои.

Слово **Послою** означает, что примитив будет создаваться в соответствии с типом линии, определенным для текущего слоя. Слово Поблоку означает, что примитивы будут изображаться сплошными (continuous) линиями. Объединенные в блок, эти примитивы принимают тип линии, установленный для слоя, которому принадлежит точка вставки блока.

Определенный тип линии может быть присвоен любому примитиву также с помощью строки свойств объектов, но изображать различными типами линий можно только отрезки, дуги, круги и двухмерные полилинии. Все остальные примитивы выполняются непрерывным типом линии.

Длина штрихов и пробелов, составляющих штрих пунктирную линию измеряется в условных единицах. Начальная установка масштаба типа линии для каждого рисунка - одна условная единица. В процессе работы можно менять масштаб изображения линии с помощью команды Л МАСШТАБ

(LTSCALE).

🖫 Диспетчер тип	юв линий			? 🕨
Фильтры типов линий Показать все типы линий Текущий тип линий: Послою			Загрузить) Текущий	Удалить Вкл подробности
Тип линий	Внешний вид	Пояснение		
Поблоку Сопtinuous невидимая2 осевая2		— — Continuous — Невидимая (.5x) Осевая (.5x)		
		ОК	Отмена	Справка

Рис. 17.1

Запрос:

Новый масштаб <по умолчанию>:

Ответом на запрос должен быть положительный масштабный коэффициент, после изменения которого, изображение на экране регенерируется.

Для выполнения простых чертежей можно пользоваться одним слоем, но для более сложных построений целесообразно использовать несколько слоев.

Назначение слоев следующее:

1.й слой - слой, содержащий осевые линии (тип линии для слоя осевая или осевая2 с более мелким масштабом;

2.й слой - слой вспомогательных построений;

3-й слой - слой основных линий чертежа;

4-й слой - слой для создания штриховки. Создается если конфигурация поля штриховки достаточно сложная.

Целесообразно обвести данное поле полилинией и затем заштриховать. Для наглядности построений каждому слою можно присвоить свой цвет.

После того, как подготовительные операции закончены, можно приступать непосредственно к выполнению чертежа.

Первый этап: в слое 0 формируем внутреннюю рамку чертежа и основную надпись, которую затем записываем в отдельный блок, что позволит использовать рамку и основную надпись многократно.



Рис. 17.2

Второй этап: используя слой 1, проводим все осевые линии; причем можно провести общую осевую для главного вида и вида сверху, а затем, с помощью команды РАЗОРВИ, разбить ее на две (рис. 17.2).

Третий этап: в слое 2 выполняем все построения. Чертим окружности; затем проводим линии связи (вспомогательные линии) для половины главного вида, если деталь симметричная (рис. 17.3).

Четвертый этап: изображение контуров детали выполняем в слое 0, используя команду **ПЛИНИЯ** и привязки. Привязки помогают точно указывать путь для построения полилинии (рис. 17.4). Затем устанавливаем толщину основных линий - 1мм. Используя команду **ЗЕРКАЛО**, отображаем конуры детали относительно оси симметрии.







Рис. 17.4

Пятый этап: для выполнения штриховки используем слой 0 и команду **ШТРИХ**. Закончив формирование основных линий и штриховки, можно

выключить слой вспомогательных построений и включать его только в том случае, если в дальнейшем понадобиться внести изменения в

конфигурацию детали.



Рис. 17.5.

Шестой этап: простановку размеров можно выполнять в слое 0 или в отдельном слое, если в дальнейшем чертеж детали будет использоваться для выполнения сборочного чертежа. Предварительно устанавливаем высоту шрифта размерного текста, длину стрелок и т.д. В заключение проставляем шероховатость поверхностей, допуски и вписываем текстовую информацию (Рис. 17.5).

17.2. Создание трехмерных моделей в системе AutoCAD создание поверхностных моделей

Двухмерное компьютерное проектирование активно развивалось до 1990 года. Однако плоское проектирование все-таки неестественно для человека и требует достаточно сложной подготовки. Мы живем в окружении трехмерных объектов и мыслим в трехмерном пространстве. Нам легче воспринимать виртуальную объемную модель, нежели воображать трехмерное тело при прочтении плоского чертежа. Развитие вычислительных систем позволило вывести технологии проектирования на новый уровень.

Трехмерное моделирование открывает ряд новых возможностей:

1. Конструктору не приходится переводить свои замыслы из трехмерного пространства на плоский чертеж.

2. Возможность увидеть конструируемое изделие таким, каким оно будет в действительности, прежде чем оно будет запущенно в производство.

3. 3D- модель можно использовать для решения расчетных задач (анализ напряжений, перемещений, гидродинамики).

4. 3D- модель можно использовать для оформления технической документации и в рекламных проектах.

5. Автоматическая генерация основных и дополнительных видов на плоскости (создание чертежей).

6. Экспорт модели в анимационные приложения и программы.

Очень важно понимать отличие трехмерной модели от аксоно - метрического рисунка:

 на аксонометрическом рисунке мы можем видеть изображение объекта, выполненного с одной точки зрения. Трехмерная модель позволяет видеть объект с любой стороны;

на плоском экране мы получаем плоское отображение модели,
однако в памяти компьютера модель характеризуется реальной объемной
формой;

3) для твердотельной модели мы можем автоматически выполнять сечения плоскостью, определить массу, объем и другие параметры.

Система **AutoCAD** предоставляет широкие возможности работы в трехмерном пространстве. Работа в трехмерном пространстве - это сочетание рисования, редактирования и установки видов и видовых экранов. При

формировании трехмерной модели на плоском экране получается лишь мнимый образ трехмерного объекта. Однако в памяти компьютера объект характеризуется реальной трехмерной формой. Работу в среде AutoCAD пространстве возможно осуществлять В ДВУХ режимах: модели И пространстве листа. В пространстве модели формируется трехмерная или двухмерная модель разрабатываемого объекта. Если пользователь работает двухмерными объектами, ему особой только В плоскости С нет необходимости переходить в пространство листа. Работа осуществляется на перекрывающихся видовых экранах. Пространство не листа ЭТО пространство AutoCAD, необходимое для того, чтобы отобразить сфорпространстве перекрывающихся мированную В модель объекта В (плавающих) видовых экранах. Если бы не использовалось пространство бы загромождать пространство листа, пришлось модели ненужной информацией, которая необходима лишь для формирования графических документов. Внутренняя рамка, основная надпись и другая графическая и текстовая информация не имеет отношения к реальной модели и требуется только для твердой копии чертежа. Пространство листа строго двумерно, и видеть его можно только в направлении, перпендикулярном плоскости изображения. Переключение экрана из пространства модели в пространство листа возможно осуществить мышью с помощью кнопки Модель / Лист в строке состояния нижней части Рабочего стола AutoCAD.



Рис. 17.6.

Команда **ТЗРЕНИЯ** (**VPOINT**) - позволяет условно вводить местоположение глаза наблюдателя относительно создаваемых объектов.

Вывод данной команды возможен с помощью падающего или экранного меню по следующей схеме: Вид^31) виды^ Задание точки зрения. При этом открывается диалоговое окно (рис. 17.6).



Рис. 17.7.

В данном случае «точка зрения» определяется с помощью двух углов, один из которых задается в плоскости *XY* относительно оси *X*, а другой - относительно плоскости *XY* «вверх» (рис. 17.7)



Рис. 17.8.

Второй путь: Вид[^]31) виды Точка зрения. В этом случае на дисплее появится условное изображение развернутого глобуса и три взаимно перпендикулярные оси.

Центральная точка на условном глобусе обозначает северный полюс, внутренняя окружность - экватор, внешняя окружность - южный полюс. Перекрестие показывает положение точки зрения (рис. 17.8).

Угол направления взгляда в плоскости XY определяется положением перекрестия внутри условного глобуса, а угол между направлением взгляда и плоскостью XY - ее расстоянием от центра компаса. В соответствии с положением точки зрения на развертке изменяется ориентация координатных осей.

Передвигая с помощью мыши перекрестие и контролируя расположение координатных осей, можно быстро установить требуемый вид.

Третий путь: Вид *3D* виды Стандартные виды. В данном случае можно создать один из шести основных видов или один из четырех аксонометрических: вид сверху; вид снизу; вид слева; вид справа; вид спереди (главный вид); вид сзади;

Команда КАМЕРА (**CAMERA**) ¹⁰⁰ позволяет увидеть любой объект или часть его в перспективе (центральное проектирование).

Запросы:

Текущие настройки камеры: Высота=50 Фокусное расстояние=50 мм.

Задайте положение камеры: Ввести значение или указать точку.

Задайте положение цели:

Задайте опцию[?/Имя/Положение/Высота/Цель/Объектив/Сечение/ виД /выХод]<выХод>:

? - Выводит на экран список определенных в настоящее время камер или добавляет в список имя новой камеры.

Имя - присваивает камере имя.

Положение - указывает положение камеры.

Высота - изменяет высоту камеры.

Цель - указывает целевой объект камеры.

Объектив - изменяет фокусное расстояние камеры.

Сечение - определяет переднюю и заднюю секущие плоскости и устанавливает их значения.

Вид - устанавливает текущий вид в соответствии с установками камеры.

В AutoCAD существует три типа трехмерных моделей - каркасные, поверхностные и твердотельные, которые обладают определенными достоинствами и недостатками. Для каждого типа применяются определенные редактирования. Поэтому методы создания И при формировании пространственных моделей не следует создавать отдельные составные части, моделирования. В AutoCAD применяя различные ТИПЫ имеются ограниченные преобразования возможности тел поверхности, В a поверхностей в каркасные модели. Обратные преобразования невозможны.

Каркасная модель представляет собой трехмерный объект, состоящий из точек (вершин) и линий (ребер). Эта модель проста в построении, но с ее помощью можно представить лишь ограниченный класс деталей, в которых аппроксимирующие поверхности в основном - плоскости. Модели данного типа представляют собой как бы скелетное описание пространственных объектов (рис. 17.9,а). В **AutoCAD** каркасные модели формируются путем размещения плоских объектов в любом месте трехмерного пространства. Такое размещение возможно осуществить различными способами:

ввод значений трехмерных точек (X,Y,Z) при построении объекта;
ввод новых плоскостей построений путем установки новой пользовательской системы координат;

перемещение в пространстве ранее созданного плоского объекта.

3)

Кроме перечисленных способов можно применять трехмерные полилинии и сплайны .

Однако каркасное моделирование - моделирование самого низкого уровня и имеет ряд серьезных ограничений. На основе такой модели можно

получать, например, проекции объекта на чертеже; но не всегда можно получить правильные изображения, а также сечения. В отличие от твердотельной модели, в каркасной модели нельзя отличить видимые грани от невидимых. Операцию по удалению скрытых линий можно выполнить только вручную, стиранием каждой отдельной линии. Но такое редактирование приведет к «разрушению» всей модели.

Поверхностная модель определяется с помощью точек, линий и поверхностей. Следовательно, ее можно рассматривать как модель более высокого уровня (рис. 17.9,б).



Рис. 17.9.

AutoCAD строит поверхности на базе многоугольных сетей. Поскольку грани сети плоские, представление криволинейных поверхностей производиться путем их аппроксимации. Поверхности, составленные из плоских участков, будем называть сети.

Если объект представлен поверхностной моделью, то всегда можно определить область между ребрами - грани. Эту область, включая ее границы, рассматривают как единое целое, что значительно упрощает описание объекта, позволяет производить автоматическую штриховку, копирование и другие преобразования.

Несмотря на целый ряд достоинств метода поверхностного моделирования, его применение ограничено из-за ряда недостатков. Например, невозможно применять разрезы, логические операции.

Твердотельное моделирование - это самое современное и наиболее совершенное средство создания компьютерных трехмерных моделей. Твердотельная модель описывается объемом, который она занимает, и, следовательно, обеспечивает полное и однозначное определение трехмерной геометрической формы (рис. 17.10)



Рис. 17.10.

Построение трехмерной модели можно осуществить в рабочем пространстве «Классический AutoCAD», а также в пространстве «3D моделирование». Рабочие пространства представляют собой наборы меню, инструментальных панелей, сгруппированных и упорядоченных специальным образом для создания среды рисования, отвечающей целям конкретной задачи.

При использовании рабочего пространства отображаются только необходимые для конкретной задачи меню, инструментальные панели и палитры. Кроме этого, в некоторых рабочих пространствах автоматически отображается пульт управления - специальная палитра с управляющими панелями, характерными для конкретной задачи.

Например, при создании 3D моделей можно использовать рабочее пространство «3D моделирование», содержащее только ориентированные на работу с 3D объектами инструментальные панели, меню и палитры (рис. 17.11). Элементы интерфейса, не являющиеся необходимыми для 3D

моделирования, скрываются, максимально освобождая область экрана, доступную для работы.

ໝ AutoCAD 2007 - [Чертеж1.dwg]	- B 🗙
🦉 Файл Правка Вид Слияние Формат Сервис Черчение Размеры Изменить Окно Справка	- 8 ×
3D маделирование 🛛 🧱 🕷 📄 候 🖬 🗞 🗭 🎯 🎐 🦗 🗅 🎓 🖌 👉 🗸 - 🔪 - 💐 🔍 🔍 👯 🔢 🏤	💐 🔛 📕 😰 🛛 😻 🔽 📿 👁 🔞 🖬 O
1262.0957, 74,9088, 0.0000 WAF CETKA OPTO [OTC-IOOARP_INPUBR3KA OTC-OFSEKT [ANCK_AUH] BEC 🖬 🔛 💈	× d' → U

Рис. 17.11.

Команды создания поверхностных моделей

Моделирование поверхностных объектов с помощью сетей применяется в случаях, когда можно игнорировать их физические свойства, такие как масса, объем, центр масс, момент инерции и т.п. (они сохраняются только в твердотельных моделях), но желательно иметь возможность подавления скрытых линий, раскрашивания и тонированы (эти средства неприменимы к каркасным моделям).

Сети применяются также для создания геометрии с необычными образцами сетей, например, *3D* топологическая модель горной местности.

Команду **3D CETb (3DMESH)** рекомендуется использовать при построении сложных поверхностей, которые не могут быть описаны математически.

Запросы:

Размер сети в направлении М: Ввести значение от 2 до 256. Размер сети в направлении N: Ввести значение от 2 до 256. Полигональная сеть определяется матрицей, размер которой определяется числом *M* и *N*. Число вершин, необходимых для описания сети, равно произведению *M* и *N*.

Положение вершины (0, 0): Ввести 2D или 3D координаты.

Положение каждой вершины сети определяется парой *m* и *n*, т.е. номером ряда и номером столбца. Задание вершин начинается с вершины (*0*,*0*). Первой меняется величина n.

Вершины *М* и *N* могут находиться на произвольном расстоянии друг от друга.

Полигональные сети *3D* СЕТЬ всегда открыты в направлениях *M* и *N*. Замкнуть сеть можно с помощью команды PEDIT.



Рис. 17.12.

Команда **П-ВРАЩ** (**REVSURF**) создает сеть, образованную вращением определяющей кривой вокруг выбранной оси (рис. 17.12). Определяющая кривая задает *Л*-направление сети. Если выбран круг или замкнутая полилиния, то полученная сеть будет замкнута в направлении *N*. Ось вращения определяется вектором от первой вершины полилинии к последней вершине. Все промежуточные вершины игнорируются. Ось вращения задает направление *M* сети.

Команда **П-КРОМКА** (EDGESURF) строит сеть по четырем пространственным или плоским линиям (рис. 17.13).



Рис. 17.13.

Необходимо выбрать четыре смыкающиеся кромки, определяющие участок сети. Ограничивающие кривые могут представлять собой отрезки, дуги, сплайны, а также разомкнутые двумерные и трехмерные полилинии. Кромки должны смыкаться в конечных точках и образовывать топологически прямоугольный контур.

Кромки могут быть выбраны в любом порядке. Первая кромка (SURFTAB1) определяет направление *M* генерируемой сети (от конечной точки, ближайшей к точке указания, к другому концу). Две кромки, смежные с первой (SURFTAB2), задают направление *N* сети.



Рис. 17.14

Команда **П-СДВИГА (TABSURF)** строит поверхность с помощью образующей и направляющей линии (рис. 17.14). Определяющая кривая задает аппроксимированную поверхность многоугольной сети. Определяющей кривой может быть отрезок, дуга, круг, эллипс, а также 2D или 3D полилиния. Построение сети начинается в точке определяющей кривой, ближайшей к точке выбора.

Команда **П-COE**Д (**RULESURF**) строит поверхность по двум направляющим линиям (рис. 17.15). Два указанных объекта определяют кромки сети соединения. Ими могут быть точки, отрезки, сплайны, дуги, круги или полилинии. Если одна граница замкнута, то и другая граница также должна быть замкнутой. Одной из границ может быть точка, а другой - разомкнутая или замкнутая кривая; однако точкой может быть только один из определяющих объектов. Отсчет вершин начинается с конечных точек кривых, ближайших к точкам их указания.



Рис. 17.15

17.3. Создание трехмерных моделей в системе AutoCAD создание твердотельных моделей

Безусловными преимуществами твердотельной модели являются:

- 1) полное определение объема и формы;
- 2) обеспечение автоматического удаления невидимых (скрытых)

линий;

3) возможность получения сложных форм на основе логических операций сложения, вычитания и пересечения.

4) автоматизированное построение трехмерных разрезов проектируемого изделия, что особенно важно при анализе сложных сборочных единиц;

5) получение значений массы, площади поверхности, центра тяжести, момента инерции для любой детали или изделия в целом, которые необходимы для прочностных расчетов или экспортирования в такие приложения, как системы числового программного управления;

наличие разнообразной палитры цветов, управление цветовой гам мой, получение тоновых эффектов - всего того, что способствует ка чественному получению изображения формы;

7) несмотря на кажущую сложность, их легче строить и редактировать.

Один из методов твердотельного конструирования основан на построении модели ИЗ набора базовых твердотельных примитивов, находящихся в библиотеке системы. Каждый примитив определен некоторой формой (параллелепипед, цилиндр переменного сечения, шар и т.п.), точкой привязки, исходной ориентацией и изменяемыми размерами. При построении тела имеют внешний вид, аналогичный каркасным моделям, до тех пор, пока к ним не применены операции подавления скрытых линий, раскрашивания и тонирования. Модификация тел осуществляется путем сопряжения их граней и снятия фасок.

Процесс твердотельного проектирования можно разделить на несколько этапов.

В ходе первого этапа проектировщик получает информационную модель в виде информации (словесного описания, идеи или рисунка).

В ходе второго этапа информационная модель преобразуется в модель данных путем условного разделения детали на простейшие базовые тела.

На третьем этапе базовые тела с заданными размерами и координата-

ми расположения характерных точек (параллелепипед, тор, сфера, цилиндр и т. д.) формируются на экране дисплея и записываются в память компьютера - модель хранения.

В ходе четвертого этапа происходит образование геометрических форм создаваемой детали (виртуальная модель) путем логических операций пересечения, объединения и вычитания базовых примитивов.

На пятом этапе выполняется редактирование модели или ее визуализация, т. е. придание ей реалистичного вида. Сначала выполняется построение фасок и сопряжений, затем деталь, представленную в каркасном виде с помощью визуального стиля «Реалистичный», раскрашивают. Кроме этого можно создать определенную подсветку и фон. В результате из виртуальной модели формируется твердотельная модель.

Простейшие тела, из которых строятся сложные трехмерные объекты, называют твердотельными примитивами.

Команда ЯЩИК (ВОХ) Позволяет формировать твердотельный ящик (призму, куб).

Запросы команды:

Указать первый угол или [Центр]: Задать точку или ввести ц для обозначения центра.

Указать второй угол или [Куб/Длина]: Указать второй угол ящика или ввести опцию.

Если значение Z для указанного второго угла ящика отличается от значения для указанного первого угла, подсказка высоты не выводится на экран.

Задать высоту или [2Точки] < значение по умолчанию>: Задать высоту или ввести **2***P* для опции моделирования по 2 точкам.

При вводе положительного значения высоты цилиндр строится в положительном направлении оси Z текущей ПСК. Если значение высоты отрицательно, построение производится в отрицательном направлении оси Z

текущей ПСК.

Центр - построение ящика по указанной точке центра.

Куб - построение ящика, стороны которого имеют равные длины.

Длина - построение ящика с заданными значениями длины, ширины и высоты. Длина соответствует оси *X*, ширина оси *Y*, а высота оси *Z*.

Команда КЛИН (WEDGE) создает твердотельный клин. Основание клина всегда формируется параллельно плоскости *XOY* текущей системы координат, а грань с наклонным ребром вдоль оси *X* (рис. 17.16).

Запросы команды:

Первый угол или [Центр]: Указать точку или ввести ц для задания центра.

Другой угол или [Куб/Длина]: Указать второй угол клина или задать опцию.

Если для второго угла клина задано значение **Z**, отличающееся от значения для первого угла, запрос на указание высоты не выводится.



Рис. 17.16

Высота или [2Точки] <по умолчанию>: Указать высоту или задать опцию 2*T* для двух точек.

При вводе положительного значения высота отсчитывается в положительном направлении оси **Z** текущей ПСК. При вводе отрицательного значения высота отсчитывается в отрицательном направлении оси Z текущей ПСК.

Центр - построение клина по указанной центральной точке.

Куб - построение равностороннего клина.

Длина - построение клина с заданными значениями длины, ширины и высоты. Длина соответствует оси X, ширина оси Y, а высота оси Z. Выбор точки для указания длины задает также вращение в плоскости XY, в которой выполняется поворот.

Команда КОНУС (СОЛЕ) - создает твердотельный или усеченный

конус, основание которого ограничивает окружность или эллипс. Основание лежит в плоскости *XY* или в плоскости параллельной ей, текущей системы координат, а вершина располагается по оси *Z*.

Запросы команды:

Задать точку центра основания или [3T/2T/Ккр/Эллиптический]: Задать точку или ввести опцию.

Задать радиус основания или [Диаметр] <значение по умолчанию>: Задать радиус основания, ввести *d*, чтобы задать диаметр, или нажать ENTER, чтобы задать значение радиуса основания по умолчанию.

Задать высоту или [2Точки/Конечную точку оси/Радиус при вершине] <значение по умолчанию>: Задать высоту, ввести опцию или нажать ENTER, чтобы задать значение высоты по умолчанию.

Опцию "Радиус при вершине" используют для создания усеченного конуса.

Первоначально значение радиуса по умолчанию не установлено. В ходе сеанса построения значением радиуса основания по умолчанию всегда является предварительно введенное значение радиуса основания для любого элементарного тела.

3T - определяет длину окружности основания и базовую плоскость конуса с помощью задания трех точек.

2T - определяет диаметр основания конуса путем указания двух точек.

Ккр - определяет основание конуса по задаваемым касательным к двум объектам

Эллиптический - задает эллиптическое основание конуса.

Команда ЦИЛИНДР (CYLINDER) позволяет формировать твердотельный цилиндр, основание которого ограничивает окружность или эллипс. Основание лежит в плоскости *XY* или в плоскости параллельной ей, текущей системы координат, а вершина располагается по оси *Z*.

Запросы команды аналогичны запросам предыдущей команды. Опция Конечная точка оси - задает положение конечной точки для оси цилиндра. Эта конечная точка является точкой центра верхней грани цилиндра. Конечная точка оси может быть расположена в любой точке *3D* пространства. Конечная точка оси в данной опции определяет не только длину, но и ориентацию цилиндра.

Команда ШАР (SPHERE) — позволяет создавать твердотельный шар.

Шар располагается таким образом, что его центральная ось параллельна оси **Z** текущей системы координат.

Запросы команды:

Центр или [3Т/2Т/ККР]: Указать точку или задать опцию.

3T - определяет образующую окружность шара и базовую плоскость с помощью задания трех точек.

2T - определяет диаметр образующей окружности шара путем указания двух точек.

Ккр - определяет образующую окружность шара по задаваемым касательным к двум объектам.



Рис. 17.17

Команда **TOP** (**TORUS**) -позволяет формировать твердотельный тор. Для создания модели тора необходимо ввести значение радиуса тора (направляющей окружности), определяющего расстояние от оси вращения до центра образующей окружности, а затем радиус образующей окружности. Ось вращения параллельна оси **Z** текущей системы координат.

Если радиус тора больше радиуса образующей окружности, то будет формироваться тело открытого тора (рис. 17.17); если радиус тора меньше, радиуса образующей, то получим закрытый тор (рис. 17.18).



Рис. 17.1 8

Рис. 17.19

Радиус тора может иметь отрицательное значение, но при этом радиус образующей окружности должен быть больше радиуса тора по абсолютной величине и иметь положительное значение. В данном случае получим тело вращения. При этом образующей является дуга окружности, ограниченная осью вращения, с центром, расположенным по другую сторону от оси (рис. 17.19).

основании которой лежит правильный многоугольник.

Команда **ПИРАМИДА** (**РУRAMID**)

Запросы:

4 стороны (по умолчанию) Описанная (по умолчанию)

Центральная точка основания или [Кромка/Стороны]: Указать точку или задать опцию.

Выводится один из указанных ниже запросов:

Радиус в основании или [Вписанная] <по умолчанию>: Указать радиус в основании, ввести і для замены пирамиды на вписанную или нажать клавишу ENTER для выбора радиуса в основании по умолчанию.

Первоначально значение радиуса в основании по умолчанию не задано. В сеансе черчения значение радиуса в основании по умолчанию всегда равняется предыдущему заданному значению радиуса в основании любого элементарного тела.

После задания радиуса в основании и указания на то, является ли пирамида вписанной или описанной, выводится следующий запрос:

Высота или [2Точки/Конечная точка оси/Радиус верхнего основания] <значение по умолчанию>: Задать высоту, ввести опцию или нажать клавишу ENTER, чтобы задать значение высоты по умолчанию.

Опция "Радиус верхнего основания" используется для создания усеченной пирамиды.

Кромка - указывается длина одной кромки основания пирамиды; пользователь задает две точки.

Стороны - указывается число сторон для пирамиды. Возможен ввод значения от 3 до 32.

Первоначально число сторон пирамиды устанавливается равным 4. В сеансе черчения значение числа сторон по умолчанию всегда равняется предыдущему введенному значению количества сторон.

2Точка - указывается, что высота пирамиды равняется расстоянию

между двумя указанными точками.

Конечная точка оси - указывается местоположение конечной точки для оси пирамиды. Данная конечная точка является вершиной пирамиды. Возможно расположение конечной точки оси в любом месте **3D** пространства. Конечная точка оси определяет длину пирамиды и ее положение в пространстве.

Команда **ПОЛИТЕЛО (POLYSOLID)** - позволяет строить тело с прямоугольным профилем (рис. 17.20). Горизонтальной проекцией данного тела будет **2D**-полилиния. Политело может содержать прямолинейные и криволинейные сегменты, но профиль всегда является прямоугольным по умолчанию.



Рис. 17.20

Тело можно строить с помощью команды ПОЛИТЕЛО точно так же, как полилинию. Системная переменная PSOLWIDTH определяет для тела ширину по умолчанию. Системная переменная PSOLHEIGHT определяет для тела высоту по умолчанию.

Команда ПЛОСКПОВ (PLANESURF) - позволяет создать

плоскою поверхность с помощью любого из указанных ниже методов:

1) Выбрать один или несколько объектов, образующих один или несколько замкнутых областей.

2) Указать противолежащие углы прямоугольника.

Команда **ВЫДАВИТЬ (EXTRUDE)** позволяет формировать трехмерные тела методом выдавливания плоских примитивов (созданием высоты). Прежде чем ввести команду, необходимо создать контур выдавливаемого тела и, если это необходимо, траекторию перемещения Допускается контура. получать тела выдавливанием ИЗ следующих примитивов.

- Отрезки.
- Дуги.
- Эллиптические дуги.
- Двумерные полилинии.
- Двумерные сплайны.
- Окружности.
- Эллипсы.
- Плоские трехмерные грани.
- Двумерные фигуры.
- Полосы.
- Области.
- Плоские поверхности.
- Плоские грани на телах.

Чтобы выбрать грани на твердотельных объектах, следует нажать и удерживать клавишу CTRL, а затем выбирать эти подобъекты.

Нельзя выдавить объекты, входящие в блоки, а также полилинии с пересекающимися сегментами.

Если заданная полилиния имеет ширину, эта ширина игнорируется, и полилиния выдавливается из центра своего пути. Если выбранный объект

имеет толщину, эта толщина игнорируется.

С помощью одной команды можно выдавить сразу несколько геометрических объектов. Направление выдавливания определяется траекторией заданием глубины и угла конусности. Глубина может или иметь положительное и отрицательное значение, и может быть направлена вдоль оси Z (рис. 17.21). При неправильном задании угла конусности образующие поверхности могут сойтись в одну точку, до того, как будет достигнута указанная высота выдавливания. Траектория выдавливания задается отрезком, дугой окружности или плоской полилинией; при этом угол конусности всегда равен 0. Команда ВЫДАВИТЬ применяется для формирования моделей деталей, имеющих сложную форму. Если контуры выдавливаемого тела состоят из отдельных отрезков, дуг, сплайнов, то необходимо сначала с помощью команд ОБРЕЗАТЬ, УДЛИНИТЬ получить четкие точки соединения отдельных примитивов, а затем с помощью редактирования преобразовать данные примитивы в одну полилинию или область.



Рис. 17.21

Команда ВРАЩАЙ (**REVOLVE**) Создает трехмерные тела или поверхности с помощью вращения двухмерных (плоских) примитивов вокруг оси. (Рис.17.22)

Запросы:

Текущая плотность каркаса: ИЗОЛИНИИ=4.

Выберите объекты для вращения: Использовать метод выбора объекта.

Начальная точка оси вращения или Объек[^]X/Y/Z] <Объект>: Указать точку, нажать клавишу ENTER, чтобы выбрать объект для оси или ввести опцию.

Конечная точка оси: Указать точку.

Угол вращения или [Начальный угол] <360>: Указать угол или нажать ENTER.

С помощью команды ВРАЩАТЬ можно создать новое тело или поверхность вращением замкнутой или разомкнутой кривой вокруг оси. Можно вращать несколько объектов.



Рис. 17.22

С помощью команды **ВРАЩАТЬ** можно создать новое тело или поверхность вращением замкнутой или разомкнутой кривой вокруг оси. Можно вращать несколько объектов.

Пользователю разрешается выбирать объекты для вращения перед за-

пуском команды.

Возможно вращение указанных ниже объектов:

Отрезки.

Дуги.

- Эллиптические дуги.
- Двумерные полилинии.
- 2D сплайны.
- Окружности.
- Эллипсы.
- Плоские 3D грани.
- Двумерные фигуры.
- Полосы.
- Области.
 - Плоские грани на телах или поверхностях.

Для выбора граней на телах необходимо нажать и удерживать нажатой клавишу CTRL и далее выбирать эти подобъекты.

Объекты внутри блоков вращать нельзя. То же относится и к самопересекающимся полилиниям. Команда ВРАЩАТЬ не учитывает ширину полилинии и вращает ее от центра пути полилинии.

Положительное направление вращения определяется по правилу правой руки.

При положительном значении угла вращение объектов происходит против часовой стрелки. При отрицательном значении угла вращение объектов происходит по часовой стрелке.

Объекты поворачиваются на указанный угол.

В качестве оси можно использовать указанные ниже объекты:

• Отрезки.

• Линейные сегменты полилинии.

• Линейные кромки тел или поверхностей.
Оси *X*, *Y*, *Z*.

Для выбора ребер на телах необходимо нажать и удерживать нажатой клавишу CTRL и далее выбирать эти ребра.

Команда СДВИГ (SWEEP) используется для создания нового тела или поверхности посредством сдвига разомкнутой или замкнутой плоской кривой (профиля) вдоль разомкнутой или замкнутой 2D или 3D траектории.



Рис. 17.23

Команда СДВИГ вычерчивает тело или поверхность заданного профиля вдоль указанной траектории (рис. 17.23). Команду СДВИГ можно использовать сразу для нескольких объектов при условии, что все они находятся в одной плоскости.

Команда **ПОСЕЧЕНИЯМ** (LOFT)



позволяет создавать новые тела

Или поверхности, с помощью ряда поперечных сечений (рис. 17.23). Поперечные сечения определяют профиль (форму) результирующего тела или поверхности. Поперечные сечения (в общем случае, кривые и линии) могут быть разомкнутыми (например, дуга) или замкнутыми (например, окружность).



Рис. 17.24

Команда ПОСЕЧЕНИЯМ изображает тела или поверхности в пространстве между поперечными сечениями. При использовании команды ПОСЕЧЕНИЯМ следует указать как минимум два поперечных сечения.

Команда СЕЧЕНИЕ (SECTIONPLANE) - позволяет получать изображение сечения тела в виде области или неименованного блока. Сечение - это результат пересечения выбранного тела и заданной плоскости (рис. 17.25).



Рис. 17.25

По умолчанию секущая плоскость задается тремя точками. Можно задать плоскость плоскостью другого объекта, плоскостью текущего вида, осью Z или одной из плоскостей, параллельных координатным плоскостям XY,YZ или XZ. Сечение автоматически помещается в текущий слой.

Формирование сложных форм с помощью логических операций.

Детали, применяемые в машиностроении и других областях техники,

как правило, представляют собой тела сложной формы, при создании моделей которых перечисленные выше примитивы являются лишь базисными элементами. Процесс формирования модели сложной формы происходит с помощью операций объединения, вычитания и пересечения базисных элементов. Данные логические операции выполняются с помощью соответствующих команд.

Команда ОБЪЕДИНЕНИЕ (UNION) — - позволяет из нескольких объектов (трехмерных или двухмерных областей) формировать один (рис. 17.26), в том числе из не имеющих общего объема или площади (то есть непересекающихся).



Рис. 17.26

Команда ВЫЧИТАНИЕ (SUBTRACT)

позволяет вычитать один

объект из другого. В качестве объектов можно рассматривать тела или области (рис. 17.27).



Рис. 17.27

Команда **ПЕРЕСЕЧЕНИЕ** (**INTERSECT**) позволяет создавать новые области или тела, которые получаются в результате пересечения нескольких объектов (рис. 17.28).



Рис. 17.28

17.4. Редактирование и визуализация трехмерных объектов

Редактирование трехмерных объектов

Команды ПЕРЕНЕСТИ, ПОВЕРНУТЬ, СИММЕТРИЯ, МАССИВ

могут быть использованы для редактирования, как в двухмерном, так и в трехмерном пространстве. Но существуют команды, аналогичные данным предназначенные только для трехмерного редактирования.

Команда **ЗDПЕРЕНЕСТИ (ЗDMOVE**) - отображает инструмент ручки перемещения (рис. 17.29) в 3D виде и перемещает объекты на указанное

расстояние в заданном направлении пространства.



Рис. 17.29

Инструмент ручки перемещения позволяет перемещать выбранный набор объектов без ограничений или с ограничением позицией оси или плоскости.

После выбора объектов, которые необходимо переместить, следует поместить инструмент ручки в любое место в *3D* пространстве. Данное местоположение (обозначаемое центральным прямоугольником или базовой ручкой) определяет базовую точку для перемещения и на время изменяет позицию в координатах ПСК (данное изменение действует только в процессе перемещения выбранных объектов).

Далее следует указать новые координаты базовой точки или перемещение.

Можно использовать инструмент ручки перемещения для ограничения перемещения позицией оси. Следует удерживать курсор на ручке оси, пока отображаемый вектор не совпадет по расположению с осью, и далее нажать левую кнопку мыши на рукоятке оси.

При последующем движении курсора выбранные объекты перемещаются только вдоль указанной оси (рис. 17.30). Можно нажать левую кнопку мыши или ввести значение для обозначения расстояния смещения от базовой точки.

Две указанные точки задают направляющий вектор, который определяет, на какое расстояние и в каком направлении должны быть

перемещены выбранные объекты.

Можно использовать инструмент ручки перемещения для ограничения перемещения позицией плоскости.



Рис. 17.30

Следует удерживать курсор на точке, в которой сходятся две линии, отходящие от рукояток оси (эти линии определяют плоскость), пока линии не станут желтыми, а затем нажать левую кнопку мыши на данной точке (рис. 17.31).



Рис. 17.31

При последующем движении курсора выбранные объекты и подобъекты перемещаются только вдоль указанной плоскости. Можно нажать левую кнопку мыши или ввести значение для обозначения расстояния смещения от базовой точки.

Команда **3D**ПОВЕРНУТЬ (**3DROTATE**) ⁽³⁾ предназначена для поворота тела вокруг оси.

Направление возрастания угла определяется значением системной пе-

ременной ANGDIR. Если ANGDIR равна 0, возрастание угла происходит при движении против часовой стрелки; если 1- по часовой стрелки.

Инструмент ручки вращения позволяет вращать объекты и подобъекты без ограничений или с ограничением позиций оси (рис. 17.32).



Рис. 17.32

После выбора объектов, которые необходимо вращать, следует поместить инструмент ручки в любое место в 3D пространстве. Данное местоположение (обозначаемое центральным прямоугольником [или базовой ручкой] инструмента ручки) определяет базовую точку для перемещения и на время изменяет позицию в координатах ПСК в процессе поворота выбранных объектов.

Удерживайте курсор на рукоятке оси на инструменте ручки, пока рукоятка оси не станет желтой и не появится вектор, а затем нажмите левую кнопку мыши. Введите значение или нажмите левую кнопку мыши для обозначения угла вращения (рис. 17.33).



Рис. 17.33

Команда **ЗDBЫРАВНИВАТЬ** (**3D** ALIGN) позволяет так переместить и повернуть объект, чтобы выровнять его с другим объектом (рис. 17.34).



Рис. 17.34

Для исходного объекта можно указать одну, две или три точки. Затем можно указать одну, две или три точки для места назначения. Выбранный объект перемещается и поворачивается так, что совпадают базовые точки и оси *X* и *Y* исходного объекта и места назначения выравниваются в **3D** пространстве. Команда 3DALIGN работает с динамической ПСК (ДПСК). Если место назначения представляет собой плоскость на существующем твердом объекте, пользователь может определить плоскость места назначения одной точкой на динамической ПСК.

С помощью команды **3D ЗЕРКАЛО (MIRROR3d)** создается зеркальное отображение трехмерных объектов относительно плоскости (рис. 17.35).

Возможны следующие варианты:

Объект - отображение относительно выбранного плоского объекта. Такими объектами могут быть отрезки, окружность, дуга или сегмент двухмерной полилинии.

Последняя - отображение относительно плоскости, использовавшейся в предыдущем действии отображения.



Рис. 17.35

Вид - отображение относительно плоскости текущего видового окна и проходящей через заданную точку.

XY, YZ, XZ - отображение относительно плоскости, параллельной плоскости *XY, YZ* или *XZ* и проходящей через заданную точку.

Zось - отображение относительно плоскости, заданной двумя точками, первая из которых лежит в плоскости, а вторая определяет положение нормали к плоскости.

З точки - отображение относительно плоскости, задаваемой тремя точками.

Команда **3D MACCUB (3DARRAY)** - позволяет создавать прямоугольный и круговой массивы объектов в трехмерном пространстве. Отличается данная команда от аналога в двухмерном пространстве тем, что при создании прямоугольного массива, кроме числа столбцов и строк, задается число этажей (уровней), которые располагаются в направлении оси **Z** (рис. 17.36).



Рис. 17.36

При создании кругового массива вместо центра вращения задают ось вращения по двум точкам.

Команда **ФАСКА (CHAMFER)** может осуществлять снятие фасок не только для двухмерных объектов, но и для твердотельных моделей. Фаски снимают на пересечении смежных граней тел.

При использовании команды необходимо выбрать базовую поверхность, указать размеры фаски и выбрать ребро, по которому будет сниматься фаска.

Команда СОПРЯЖЕНИЕ (FILLET) также применяется для редактирования твердотельных моделей. Сопряжение позволяет осуществить плавное скругление граней. Для этого следует задать радиус и затем указать последовательно ребра, для которых необходимо выполнить сопряжение.

Команда **PA3PE3** (**SLICE**) - позволяет разделить тело на два других (рис. 17.37); при этом можно удалить одну часть, полученную при делении. Для этого на запрос «Укажите точку с нужной стороны от плоскости» необходимо выбрать ту часть, которую следует оставить. Если необходимо оставить обе части, полученные при делении, то следует выбрать запрос «Обе стороны».

Новые тела наследуют слой и цвет исходного тела. Задавать секущую плоскость можно так же, как в команде 3D ЗЕРКАЛО.



Рис. 17.37

Часто в процессе создания сложных конструкций, необходимо не только видеть модель с разных точек зрения, но и оценить ее форму и

конфигурацию в движении. Для этого в системе AutoCAD существует ряд специальных команд.

Команда **3D ОБЛЕТ(3DFLY**)

текущем видовом экране. Пользователь может выйти из плоскости XY, как бы пролетая сквозь модель или облетая вокруг нее. Для задания направления облета можно использовать находящиеся на клавиатуре четыре клавиши со стрелками или клавиши W (вперед), A (влево), S (назад) и D (вправо), или мышь.

активизирует режим облета в

Команда 3D ОБХОД (3DWALK) работает аналогично команде 3DОБЛЕТ.

Команда **ЗДОРБИТА(ЗДОRВІТ** активизирует на текущем видовом экране вид «*3D* зависимая орбита». Команда позволяет манипулировать всеми объектами чертежа или только выбранными.

Точка цели в команде ЗДОРБИТА остается неподвижной, а положение камеры (т.е. наблюдателя) перемещается относительно нее. Однако с точки зрения пользователя она появляется, как если бы 3D модель поворачивалась по мере перетаскивания курсора мыши. Таким образом, пользователь может задать любой вид модели.

Появляется значок курсора 3D орбиты. При перемещении курсора горизонтально камера перемещается параллельно плоскости *XY* в Мировой системе координат (МСК). При перемещении курсора вертикально камера перемещается вдоль оси *Z*.

Команда **ЗДСОРБИТА(ЗДГОRВІТ**) *2* активизирует вид *«ЗД свободная орбита»* в текущем видовом экране. Команда позволяет манипулировать всеми объектами чертежа или только выбранными.

Вид, на котором действует режим *3D* Свободная орбита, помечается орбитальным кольцом. Геометрически оно представляет собой большой круг, разделенный на квадранты четырьмя малыми кругами. Если в контекстном

меню опция «Включить автоприцел орбиты» отключена, цель вида остается неподвижной. Положение камеры, т.е. наблюдателя, перемещается вокруг цели. Точкой цели считается центр орбитального кольца; в общем случае он не совпадает с геометрическим центром совокупности рассматриваемых объектов. В отличие от команды ЗДОРБИТА, команда ЗДСОРБИТА не ограничивает вид вдоль оси *XY* или по направлению **Z**.

активизирует вид «3D непрерывная орбита» в текущем видовом экране. Для того чтобы начать перемещение объектов, следует нажать кнопку мыши в области изображения и, не отпуская ее, переместить мышь в определенную сторону. Объекты начинают вращаться заданном В направлении. Скорость вращения объектов определяется скоростью перемещения курсора.

Для смены направления вращения вида по орбите следует повторить запускающую операцию, перемещая мышь уже в другую сторону. Пользователь имеет возможность управлять визуализацией вида в процессе его вращения, используя для этого контекстное меню.

Визуализация твердотельной модели

В процессе создания объемной модели, необходимо добиваться максимальной достоверности изображения создаваемых объектов. Реклама, программы, презентации, дизайнерские всевозможные анимационные проекты - все требует качественной визуализации сформированных в AutoCAD моделей. Это предусматривает следующие операции: удаление скрытых линий; раскрашивание и тонирования поверхностей, которым присвоены цвет И свойства определенных материалов; подсветка изображения из одного или нескольких источников света.

Созданные модели обычно отображаются в виде каркаса. При таком представлении поверхность тела аппроксимируется ребрами граней и образующими линиями искривленных поверхностей. Количество образующих линий, отображаемых на поверхностях, задается значением системной переменной ISOLINES. По умолчанию она равна 4. Изменение количества

образующих можно осуществить в диалоговом окне «Настройка» по следующей схеме: Сервис Настройка Экран Число образующих в поверхностях.

Сложные объемные модели часто оказываются перегруженными большим количеством линий, что затрудняет их чтение и просмотр. Можно облегчить эту задачу. Удалив скрытые (невидимые с данной точки зрения) линии.

Удаление скрытых линий осуществляется с помощью команды СКРЫТЬ (HIDE). Команда СКРЫТЬ выводится из падающего меню: Вид СКРЫТЬ или Вид Визуальные стили **3D** скрытый. При удалении невидимых линий, изображение твердотельного объекта генерируется.

Команда **РЕЖИМ РАСКР(VSCURRENT)** строит раскрашенное изображение модели в текущем видовом журнале. При выполнении данной команды скрытые линии удаляются автоматически. Команда может быть введена как с командной строки, так и с помощи падающего меню: Вид Визуальные стили.

2D каркас

Объекты представляются в виде отрезков и кривых (как кромки граней и тел). Видны растровые и OLE-объекты, учитываются типы и веса линий.

3D каркас

Объекты представляются в виде отрезков и кривых (как кромки граней и тел). На экран выводится цветной объемный знак ПСК.

3D скрытый

Объекты представляются в *3D* каркасном виде; линии, относящиеся к задним граням, не отображаются.

Реалистичный

Грани многоугольников на **3D** виде раскрашиваются цветом; переходы граней сглаживаются с помощью цветовых оттенков. Модели передаются оптические свойства материала, из которого предположительно будут ее изготавливать.

Концептуальный

Грани многоугольников на **3D** виде раскрашиваются цветом; переходы граней сглаживаются с помощью цветовых оттенков. При раскрашивании используются переходы между холодными и теплыми цветами. Этот эффект менее реалистичен, но он лучше отображает подробности модели, выделяет ребра.

Чтобы виртуальные модели выглядели более достоверно, поверхностям объектов придают оптические свойства различных материалов. Для этого необходимо открыть диалоговое окно «Материалы» (рис. 17.38) или использовать команду МАТЕРИАЛ (РМАТ). Диалоговое окно выводится по схеме: Вид, Тонирования, Материалы.

В AutoCAD существует библиотека наиболее часто используемых материалов. Кроме этого можно создать свой материал, подбирая для него такие показатели, как коэффициент преломления, блеск и.т.д.

Важным элементом достоверности является моделирование освещения трехмерного объекта.

Система AutoCAD обладает широкими возможностями моделирования освещения, основанные на алгоритме трассировки луча, которое, позволяет генерировать эффекты отражения, рефракции и ещё точнее - строить тени при раскрашивании.

В процессе создания трехмерного объекта, по умолчанию, освещение подается из двух точек, которые перемещаются вслед за движением модели. Все грани модели освещаются таким образом, чтобы визуально они могли отличаться друг от друга. Таким образом, нет необходимости создавать или располагать источник света самостоятельно. Однако иногда, для того чтобы выделить отдельные элементы конструкции, можно добавлять различные виды освещения, которые могут создать дополнительный эффект при просмотре модели.

Точечный источник

Точечный источник света испускает лучи во всех направлениях.

Интенсивность освещения при его использовании снижается пропорционально расстоянию.

Прожектор

Прожектор направленный Имеется испускает конус света. возможность управлять направлением размером света И конуса. Интенсивность освещения при его использовании снижается пропорционально расстоянию. Прожекторы применяют для выборочной подсветки отдельных элементов и областей модели.

×	Материалы, имеющиеся на
	S S S S S
	Редактор материалов - Матери 🔗
	Шаблон Реалистичные
	Диффузный:
	Блеск:
	Казффициент
	Степень
	Самосвечение:
	✓ Текстура рассеяния
	Текстура
	Выбор из

Рис. 17.38

Удаленный источник

Удаленный источник света испускает параллельные лучи только в одном направлении. Для задания направления распространения света в любом

месте видового экрана задаются точки ОТКУДА и КУДА. Обозначения источников света не отображаются при освещении от удалённого источника.

Пользователь может создавать, перемещать и настраивать источники света. Для этого необходимо в падающем меню выбрать один из способов создания источника по схеме: Вид, тонирования, свет. (рис. 17.39).



Рис. 17.39

Чтобы добавить фон к изображению модели, необходимо создать именованный вид, назначить виду фон, а затем восстановить этот вид, чтобы фон стал видимым.

Создать именованный вид можно по схеме: Вид → Именованные виды → Создать. При этом откроется диалоговое окно (рис. 17.40), в котором необходимо ввести имя вида, а затем выбрать опцию «Переопределение фона».

🌉 Создать вид		? 🗙	
Имя вида: Шар	51		
Категория вида:		~	
Границы			
💿 Текущий экран	🔿 Задать окно 🛛 🕅		
Параметры			
Сохранить с видом снимок слоев			
ПСК:	💊 Мировая	~	
Псевдоразрез:	<her></her>	~	
Визуальный стиль:	Текущий	~	
Фон			
Переопределить стандартный Фон			
Текущее			
переопределение:Нет			
	ОК Отмена С	правка	

Рис. 17.40

Создать. При этом откроется диалоговое окно (рис. 17.40), в котором необходимо ввести имя вида, а затем выбрать опцию «Переопределение

фона».

В открывшемся диалоговом окне можно выбрать один из способов создания фона.

Тело - сплошной одноцветный фон, выбранный из палитры цветов. **Градиент** - градиент цветового перехода между тремя цветами верхний, средний, нижний. Изображение - фон в виде растровой картинки.

На рис. 17.41 показан фон, созданный с помощью опции «Градиент».



Рис. 17.41

Вопросы для закрепления

1. Какие цветовые модели используются в компьютерной графике?

2. Какие основные цвета в цветовой модели RGB?

3. Для какой цветовой модели красный (Red), зеленый (Green) и синий (Blue) цвета являются основными?

4. В каких единицах измеряется разрешение изображения ?

5. Какие цветовые компоненты в цветовой модели СМҮК?

6. Сколько достаточно выделить памяти на предоставление цвета пикселя для кодирования двухцветного (черно-белого) изображения?

7. Сколько различных цветовых оттенков можно закодировать при выделении одного байта памяти?

8. С какой целью применяют сжатие изображений?

9. Какие алгоритмы используются для сжатия рисунков, диаграмм, отсканированных фотографий и иллюстраций?

10. Какое назначение основного цвета в палитре цветов графических редакторов?

11. Каким образом создается новый слой?

12. Как защитить слой от случайного уничтожения информации?

13. Какая команда позволяет копировать выбранные объекты для вставки в другой чертеж с точным указанием точки копирования и вставки?

14. Какой командой надо пользоваться для выполнения сопряжения?

15. Сколько основных этапов имеет процесс моделирования?

16. Какие панели относятся к панелям 3D моделирования?

17. Укажите 3D примитив системы AutoCAD?

18. Какая команда осуществляет выделение всех объектов на чертеже?

19. При выборе какого пункта открывается список из трёх инструментов AutoCAD, используемых для просмотра трёхмерных объектов с любых сторон, под любыми углами?

Литература:

1. N.D.Bhatt. Engineering Drawing. Plane end solid geometry. 51- edition. Anand 388001 Gujarat, India. 2012.

2. Shah M.B., Rana B.C. Engineering Drawing. India. 2009.

3. Hawk M.C. Theory and problems of Descriptive Geometry. USA. New York. McGraw Hill Book Company. 1962.

4. Герасимов В.А. Начертательная геометрия. Учеб.пос. для ВУЗов – М.: Брянск, 2008.

5. Simmons C.H. (Colin H.), Maguire D.E. (Dennis E.). Manual of engineering drawing. UK. 2009.

6. Сторчак Н.А. Синьков А.Б. «Компьютерная графика» учебное пособие для ВУЗов–Волгоград, 2009.

7. Чекмарев А.А. Инженерная графика. Учебник для ВУЗов – М.: ИНФРА-М, 2014.