



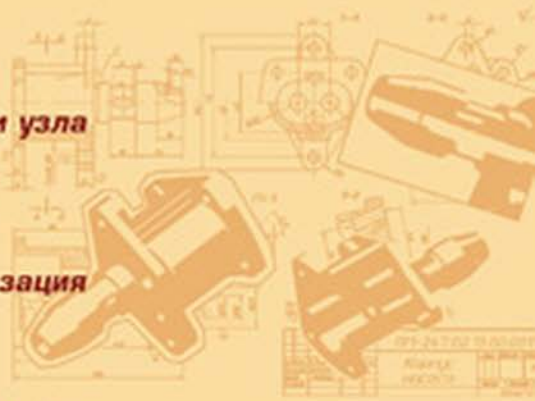
3D-технология построения чертежа. AutoCAD

3-е издание

.....

- Построение пространственных моделей деталей
- Автоматическое построение видов, разрезов и сечений
- Создание чертежа детали по 3D-технологии
- Создание объемной модели узла
- Автоматизация построения сборочного чертежа
- Фотореалистичная визуализация деталей и узлов

line
solview



Solids Editing

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



**А. Л. Хейфец
А. Н. Логиновский
И. В. Буторина
Е. П. Дубовикова**

3D-технология построения чертежа. AutoCAD 3-е издание

*Допущено Министерством образования Российской Федерации
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлениям подготовки дипломированных специалистов
в области техники и технологии*

Санкт-Петербург
«БХВ-Петербург»

2005

УДК 681.3.06(075.8)
ББК 32.973.26-018.2я73
Х35

Хейфец А. Л., Логиновский А. Н., Буторина И. В., Дубовикова Е. П.

Х35 3D-технологии построения чертежа. AutoCAD. —
3-е изд., перераб. и доп. / Под ред. А. Л. Хейфеца. — СПб.:
БХВ-Петербург, 2005. — 256 с.: ил.

ISBN 5-94157-592-0

Рассмотрены основы компьютерной 3D-технологии выполнения чертежа на базе пакета AutoCAD. Приведены примеры построения пространственных моделей различной сложности. Показано, как по пространственной модели в автоматическом режиме получить изображения, из которых формируется чертеж детали и узла: виды, разрезы, сечения, — и оформить чертеж в соответствии со стандартами. Приведены основы построения фотореалистичных изображений.

Содержатся примеры выполнения контрольно-графических работ по курсу инженерной графики.

Приведенные материалы отражают новые подходы в обучении инженерной графике.

*Для студентов и аспирантов инженерных и строительных специальностей,
а также преподавателей кафедр графики*

УДК 681.3.06(075.8)
ББК 32.973.26-018.2я73

Группа подготовки издания:

Главный редактор	<i>Екатерина Кондукова</i>
Зам. главного редактора	<i>Игорь Рыбинский</i>
Зав. редакцией	<i>Григорий Добин</i>
Редактор	<i>Андрей Смышляев</i>
Компьютерная верстка	<i>Натальи Смирновой</i>
Корректор	<i>Наталья Першакова</i>
Дизайн обложки	<i>Игоря Цырульниковца</i>
Зав. производством	<i>Николай Тверских</i>

Лицензия ИД № 02429 от 24.07.00. Подписано в печать 03.06.05.

Формат 70×100¹/₁₆. Печать офсетная. Усл. печ. л. 20,64.

Тираж 3000 экз. Заказ №

"БХВ-Петербург", 194354, Санкт-Петербург, ул. Есенина, 5Б.

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукцию № 77.99.02.953.Д.006421.11.04
от 11.11.2004 г. выдано Федеральной службой по надзору
в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ГУП "Типография "Наука"
199034, Санкт-Петербург, 9 линия, 12

ISBN 5-94157-592-0

© Хейфец А. Л., Логиновский А. Н., Буторина И. В., Дубовикова Е. П., 2005
© Оформление, издательство "БХВ-Петербург", 2005

Содержание

Введение.....	1
2D- и 3D-технологии построения чертежа	1
О данном учебном пособии	2
Предварительная подготовка	3
Коллегам — преподавателям графики	4
Соглашение по записи действий.....	5
Глава 1. Плоский контур.....	7
1.1. Содержание работы	7
1.2. Контур "Коромысло"	7
Предварительные настройки для 2D-чертежа	8
Разметка.....	9
Элементы контура	11
Сопряжения элементов контура	13
Редактирование контура	14
1.3. Основы простановки размеров	14
Настройка размерных параметров. Размерный стиль	15
Ассоциативные размеры	15
Примеры простановки размеров	16
Редактирование размеров	16
1.4. Оформление чертежа	17
Выход на лист	17
Выбор формата чертежа, построение рамки и штампа.....	18
Открытие видового окна, задание масштаба.....	18
1.5. Контур "Прокладка"	19
1.6. Контуры корпусной детали.....	23
1.7. Крюк	26
Глава 2. Построение пространственной модели.....	29
2.1. Содержание работы	29
2.2. Конструирование детали	30
2.3. Настройки для пространственных построений	34
2.4. Разметка модели. Геометрические вычисления.....	35
Точечные фильтры и объектное слежение	39

2.5. Создание элементов модели.....	39
Наружные элементы	40
Внутренние элементы	42
2.6. Редактирование модели.....	43
Глава 3. Виды, простые разрезы, аксонометрия.....	45
3.1. Некоторые положения ЕСКД.....	45
3.2. Построение основных видов и простых разрезов	48
Дополнительные настройки	48
Исходное видовое окно	49
3.3. Построение проекций командами <i>SOLVIEW</i> и <i>SOLDRAW</i>	50
Вид сверху	51
Ортогональные проекции и простые разрезы.....	51
3.4. Вынос проекций на лист.....	54
Новый лист	54
Вынос на лист через буфер обмена.....	54
Вынос на лист созданием блока.....	55
3.5. Редактирование изображений.....	55
Ребро жесткости	56
Совмещение половины вида с половиной разреза.....	56
Местный разрез.....	59
3.6. Компоновка чертежа.....	59
3.7. Простановка размеров	61
Размерные цепи.....	62
Диаметр как линейный размер.....	63
Размеры с односторонней стрелкой.....	64
3.8. Построение аксонометрической проекции	64
Аксонометрические виды	65
Пространственная модель разреза.....	66
Аксонометрическая проекция.....	67
Штриховка сечений в аксонометрии	68
3.9. Завершение чертежа.....	69
Заполнение основной надписи	69
Корректировка толщины линий контура	69
Корректировка шага прерывистой линии	70
3.10. Вывод чертежа на печать	70
Чертеж формата A4, версия AutoCAD 2004.....	71
Чертеж формата A4, версия AutoCAD 2005.....	72
Чертеж формата A3	73
Вывод на печать из файла	73
Глава 4. Ступенчатый разрез. Наклонное сечение.....	75
4.1. Содержание работы.....	75
4.2. Особенности построения ступенчатого разреза	77

4.3. Построение модели	80
Подготовительные операции.....	80
Наружная форма модели	81
Внутренняя форма.....	86
Итоговая модель	86
4.4. Построение проекций командой <i>SOLPROF</i>	87
4.5. Построение видов и простых разрезов командами <i>SOLVIEW</i> и <i>SOLDRAW</i>	89
Проекция вида сверху.....	89
Проекция вида спереди	90
Профильные разрезы	90
Редактирование изображений	91
4.6. Построение ступенчатого разреза	91
4.7. Истинный вид наклонного сечения.....	93
Построение сечения командой <i>SECTION</i>	94
Построение сечения командами <i>SOLVIEW</i> и <i>SOLDRAW</i>	94
Оформление наклонного сечения	94
4.8. Завершение чертежа.....	95
АксонOMETрическое изображение.....	95
Выносить проекции на лист или завершать в окнах?	96
Глава 5. Ломаный разрез.....	97
5.1. Содержание работы.....	97
5.2. Особенности выполнения ломаного разреза	100
5.3. Построение модели	102
Анализ формы детали	102
Предварительные настройки.....	103
Построение элементов модели	103
5.4. Построение ломаного разреза.....	110
Простые разрезы	110
Монтаж изображений	112
5.5. Аксонометрия ломаного разреза	113
5.6. Завершение работы	114
Глава 6. Дополнительные и местные виды.....	115
6.1. Содержание работы.....	115
6.2. Назначение и построение дополнительных и местных видов	118
6.3. Построение модели	119
Анализ формы.....	119
Предварительные настройки.....	120
Основание	120
Паз "ласточкин хвост"	121
Усеченная призма.....	121
Арочная ниша в стойке	122
Завершение модели.....	123

6.4. Построение проекций.....	124
6.5. Оконный вариант построения чертежа	127
Монтаж комбинированных изображений	127
Компоновка чертежа. Проекционная связь	129
Масштабирование проекций.....	130
Другие особенности оконного варианта.....	131
Глава 7. Рабочий чертеж корпусной детали.....	133
7.1. Содержание работы.....	133
7.2. Чтение чертежа узла.....	134
7.3. Построения в истинных размерах.....	136
7.4. Модель корпуса.....	137
Предварительные настройки.....	137
Основание корпуса.....	138
Камера	139
Фланец.....	140
Штуцер	141
Наклонные отверстия в корпусе	144
7.5. Построение рабочего чертежа.....	145
Корректировка положения модели	147
Вид спереди с местными разрезами.....	147
Местный разрез на виде сверху.....	149
Вид слева с профильным разрезом	150
Наклонное сечение	151
Выносные элементы.....	153
Компоновка чертежа.....	154
Завершение чертежа.....	156
Очистка файла	156
7.6. О построении сопряжений пространственной модели.....	157
Глава 8. Объемная сборка, чертеж узла.....	161
8.1. Содержание работы.....	161
8.2. Крышка корпуса.....	162
8.3. Пробка	168
8.4. Пружина	170
Пружина сжатия.....	171
Пружина растяжения	172
8.5. Зубчатые колеса.....	175
Прямозубые цилиндрические колеса.....	176
Косозубое цилиндрическое колесо	178
8.6. Вал в сборе.....	180
8.7. Болт и гайка.....	182
8.8. Сборка узла.....	183
Загрузка деталей в файл сборки	183
Загрузка корпусной детали.....	184

Установка деталей в корпус	185
Построение "по месту". Прокладка	188
Контроль сборки на основе вспомогательных сечений.....	189
Объемный разрез узла.....	192
8.9. Чертеж узла	193
Глава 9. Фотореалистичная визуализация	197
9.1. Подготовка модели и общие настройки	198
9.2. Освещение и тень.....	200
Настройка значка источника	200
Первый источник света	200
Режим построения тени.....	202
Второй и третий источники света	202
9.3. Предварительная визуализация	203
9.4. Материалы	204
Выбор материалов из библиотеки	204
Присвоение материалов.....	205
Присвоение граням различных материалов	206
9.5. Фон	206
9.6. Корректировка свойств материала	207
9.7. Сохранение и просмотр растровых изображений	208
9.8. Композиция	209
9.9. О фотореалистичной визуализации узла	211
Предварительная визуализация в режиме закраски	211
Визуализация Render.....	212
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	213
Приложение 1. Программа построения сети	215
Приложение 2. Варианты заданий	225
Литература	242
По пакету AutoCAD	242
По инженерной графике	242
Предметный указатель	243

Введение

Инженерная графика является одной из базовых дисциплин в инженерной подготовке студентов. Преподавание ее в большинстве вузов ведется на основе традиционных методов и программ, основанных на применении карандаша и линейки, тогда как практика проектирования на предприятиях и в фирмах полностью ориентирована на компьютерные методы построения чертежа. Поэтому внедрение новых методов обучения инженерной графике, основанных на применении компьютерных технологий, является актуальной задачей.

Настоящее пособие отражает многолетний опыт преподавания инженерной графики ряду специальностей ЮУрГУ и ЧГАУ (г. Челябинск). Основу излагаемых методов составляют компьютерные 3D-технологии проектирования и построения чертежа.

2D- и 3D-технологии построения чертежа

Различают 2D- (двухмерную) и 3D- (трехмерную) технологии проектирования и построения чертежа (D — от англ. *dimension*, размерность).

По 2D-технологии конструктор строит проекции создаваемого объекта, т. е. его плоские изображения — виды, разрезы, сечения и др. Проектирование идет одновременно с созданием чертежа объекта. 2D-технология основана на начертательной геометрии. Это традиционная, вековая технология и сегодня является основной. Лист бумаги, карандаш и кульман составляют весь арсенал ее технических средств. Распространены и компьютерные варианты 2D-технологии, в которых компьютер применяется как электронный кульман, позволяющий разгрузить конструктора от рутинной графической работы по проведению линий требуемой толщины, выполнению надписей определенным шрифтом, стрелочек нужной формы и т. п., но не более.

Сущность 3D-технологии проектирования состоит в том, что конструктор сразу строит реалистичную, наглядную, виртуальную модель детали, узла или здания, собирая ее из объемных примитивов (призма, цилиндр, конус и т. д.), а также примитивы на основе вращения или перемещения плоского контура), не прибегая к построению чертежа. Модель формируется на экране, ее можно осмотреть со всех сторон, разрезать, получить произвольное сечение, отредактировать форму. С помощью программных средств модель можно нагрузить и выполнить ее прочностной расчет. Для архитектурных объектов — построить перспективу, фотореалистичное изображение и т. д. Этот естественный для человека вариант проектирования стал реально воз-

можным в последние десять лет благодаря компьютерной графике, позволяющей достаточно просто создавать трехмерные виртуальные модели объектов и наглядно отображать их на экране.

Чертежи по 3D-технологии получают после того как модель создана, т. е. на завершающей стадии проектирования и, в значительной мере, в автоматическом режиме. "Система" сама строит необходимые виды, разрезы, в первом приближении проставляет размеры, хотя за конструктором остается задача определить оптимальное содержание чертежа. Тем самым осуществляется интеллектуальная разгрузка проектировщика.

3D-технология на базе современной компьютерной техники и программного обеспечения активно входит в практику проектирования. Рынок программных продуктов наполнен пакетами САПР (система автоматизированного проектирования), реализующими 3D-технологии. Это AutoCAD, Mechanical Desktop, Inventor, Solidworks, Компас 3D. Пакеты для строителей и архитекторов: ArchiCAD, Architectural Desktop и др. Их внедрение в России идет весьма активно. Несомненно, что по мере подготовки специалистов, владеющих новыми методами работы, 3D-технология станет преобладающим методом конструирования и проектирования.

Особое место среди программных продуктов занимает AutoCAD (*Automated Computer Aided Drafting and Design* — Автоматизированное компьютерное черчение и проектирование). AutoCAD — продукт фирмы Autodesk. Это наиболее распространенный в мире и доступный в России пакет САПР, изучение которого сегодня должно входить в базовую подготовку инженера. На основе пакета AutoCAD легко освоить новые методы проектирования и построения чертежа. После AutoCAD можно без особых проблем перейти к работе в других пакетах САПР.

О данном учебном пособии

Учебное пособие предназначено для освоения компьютерных методов построения чертежа по 3D-технологии. Инструментальной базой является пакет AutoCAD (не ранее версии AutoCAD 2002, предпочтительна версия AutoCAD 2005). Пособие применяется в курсе инженерной графики при обучении ряда специальностей университета ЮУрГУ и ЧГАУ, которым предоставлен достаточный объем компьютерного времени.

Пособие содержит материалы для выполнения четырех основных заданий курса.

Первое задание — "Плоский контур" (гл. 1) — позволяет освоить приемы построений на плоскости.

Второе задание — "Проекционное черчение" (гл. 2—6). Содержит четыре работы, выполнение которых позволяет освоить 3D-методы построения изо-

изображений, образующих чертеж детали — виды, разрезы сечения. Каждая работа начинается с создания пространственной компьютерной модели и заканчивается получением ее чертежа, готового к выводу на печать.

Третье задание — "Детализирование" (гл. 7, 8), в нем рассматривается построение моделей и рабочих чертежей характерных машиностроительных деталей с позиций 3D-технологии.

Четвертое задание — "Объемная сборка и сборочный чертеж" (гл. 8) — показывает, как построить модель узла и на ее основе получить чертеж этого узла.

В гл. 9 приведены основы фотореалистичной визуализации объектов в пакете AutoCAD на примере машиностроительных деталей и узлов.

В *Приложении 1* приведена программа построения сети на основе плоско-параллельного перемещения контура по произвольной траектории с одновременным вращением контура. Программа написана на языке AutoLISP. Дан пример ее применения для построения наглядной модели косозубого цилиндрического колеса.

В *Приложении 2* приведены варианты задания "Проекционное черчение", в наибольшей мере соответствующие изложению материала в гл. 2—6.

Задания выполняются в пакете AutoCAD. Необходимо по аналогии, в изложенной последовательности, выполнить чертежи своих вариантов заданий. Все чертежи выводятся на печать и предоставляются в виде отчета. Фотореалистичные визуализации предъявляются в виде растровых файлов.

Занятия проводятся в компьютерном зале по два часа в неделю. Требуется также самостоятельная работа за компьютером в дополнительное время. Общий минимально необходимый объем компьютерного времени в неделю 4—6 часов.

Предварительная подготовка

Предполагается, что студент имеет предварительную подготовку по информатике и черчению в рамках школьной программы.

Пособие не содержит подробного описания команд и интерфейса пакета AutoCAD. Эти вопросы мы рекомендуем изучить по работам [1—3], в которых следует проработать главы 1, 2, 4. Указанные главы лучше всего изучить предварительно, для них достаточно двух-трех занятий. Можно обращаться к ним параллельно с выполнением заданий данного пособия.

Подробное изложение команд пакета AutoCAD, методов их применения и интерфейса можно найти в справочной службе этого пакета, о том как ей пользоваться см. [1—3, *разд. 1.6*], или в многочисленной литературе, например, [4, 5].

Коллегам — преподавателям графики

Многие считают, что в условиях ограниченного времени, выделяемого на изучение графических дисциплин, а также дефицита преподавательских кадров, нет возможности вводить новые методы обучения, ориентированные на компьютерные технологии. Считается также, что компьютерным технологиям научат выпускающие кафедры. Однако этого не происходит, и студенты в той или иной мере осваивают новые методы работы самостоятельно, без должной методической поддержки и глубины.

Обучать новым методам построения чертежа должны кафедры графики. Этому способствует доступность компьютера как современного инструмента для работы (сегодня домашние компьютеры имеют 60—90% студентов), широкое оснащение университетов компьютерными залами. Внедрение компьютерных технологий в учебный процесс кафедр графики не только является требованием времени, но способствует повышению рейтинга кафедр, росту интереса студентов к освоению графических дисциплин.

В связи с изложенным становится актуальной задача разработки новых методов обучения базовым графическим дисциплинам [1]. Приводимое учебное пособие показывает новое наполнение традиционных заданий курса инженерной графики и методы их выполнения.

Если обучение компьютерной 2D-технологии построения чертежа на кафедрах графики уже ведется, то новые эффективные методы 3D-технологии еще не нашли отражения в учебном процессе, за исключением нескольких кафедр (ЮУрГУ, НГТУ, ЧГАУ). Основу 3D-технологии построения чертежа составляет построение реалистичной модели. Каждый преподаватель знает, что наличие наглядной модели существенно облегчает построение ее чертежа. В связи с этим, что может быть лучше динамичной (можно вращать на экране и рассмотреть со всех сторон) объемной модели, полученной самим студентом? Умение строить модели формируется за два-три занятия и совершенствуется в процессе выполнения заданий.

Замечено, что 3D-технологии способствуют освоению черчения студентами, в том числе и со слабой общей подготовкой, ибо построение компьютерных моделей у них не вызывает трудностей, а получение чертежа на основе модели во многом носит формальный характер, поскольку построение проекций, разрезов сечений автоматизировано. Для таких студентов в особой мере имеет значение внешняя привлекательность компьютерных технологий — работа за компьютером, цвет и динамика формируемых моделей и чертежей и т. д.

Известны сомнения преподавателей, связанные с ограниченным объемом часов, выделяемых на графические дисциплины: как в это время еще и

учить компьютерным технологиям черчения? Во-первых, решительно сокращать (но не исключать совсем) применение карандаша и линейки, считая, что если мы в университете научим современным технологиям построения чертежа, то карандаш и линейку студент освоит и сам (ведь есть еще и школьная программа черчения). Во-вторых, нужен рост квалификации преподавателей в области компьютерной графики и разработка новых методик обучения. В-третьих, назрела необходимость корректировки учебных программ по базовым графическим дисциплинам в направлении внедрения компьютерных технологий.

Базовым пакетом для кафедр графики, несомненно, является AutoCAD. Это следует из широты его возможностей, распространенности и доступности.

Соглашение по записи действий

Для краткости изложения мы будем применять сокращенную запись действий, например:

☐ **Draw** (Рисование) \ **Line** (Отрезок) \ 100,100 \ 200,100 \ 200,200 \ 100,200 \ **Close** (Замкни).

Расшифруем приведенную запись. Знак ☐ служит приглашением к действию. Жирным шрифтом выделены названия разделов меню и других элементов интерфейса. Согласно записи в главном меню следует указать **Draw**, после того, как этот раздел меню раскроется, указать в нем строку **Line**. Далее, с клавиатуры, через запятую, набрать 100,100 (это координаты начальной точки отрезка) и завершить ввод, нажав клавишу <Enter> — на это указывает косая черта. Затем набрать с клавиатуры следующую пару цифр, вновь <Enter> и т. д. В заключение ввести из контекстного меню, вызываемого правым щелчком мыши, имя опции **Close**.

Учитывая, что с выходом новых версий пакета содержание меню изменяется, а имена команд остаются неизменными, будем зачастую указывать имя команды, приводимое в начале записи, шрифтом Courier. Имя команды нужно ввести с клавиатуры и нажать <Enter>. Например:

☐ line \ 200,100 \ 400,100 \ 300,250 \ **Close**.

Будем также применять варианты записи с указанием кнопок панелей инструментов.

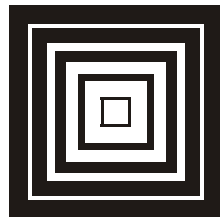
Если нужно выбрать на экране объект или назначить точку экрана, будем применять термин "укажите". Щелчок правой кнопкой мыши, применяемый для вызова контекстного меню или завершения выбора, будем называть ПЩ (правый щелчок) или П-щелчком.

Для краткости будем приводить только английские имена команд. Тем, кто работает в локализованной русской версии, нужно при вводе с клавиатуры к имени команды и ее опций добавлять нижний дефис, например, `_line`.

Пособие разработали: профессор А. Л. Хейфец — главы 7, 8, 9, приложение 1 и общая редакция; доцент А. Н. Логиновский — главы 1, 2, 3; доцент И. В. Буторина — главы 5, 6; старший преподаватель Е. П. Дубовикова — глава 4.

С авторами можно связаться по адресу **heifets@yandex.ru**.

Глава 1



Плоский контур

AutoCAD содержит обширный набор средств, делающий его идеальным электронным кульманом, автоматизирующим графические работы. В данной главе рассмотрены примеры построений на плоскости. Получаемые изображения могут быть одной из проекций чертежа по 2D-технологии или контуром для получения объемной модели (например, путем выдавливания или вращения).

1.1. Содержание работы

Цель работы

Изучить команды построения и редактирования графических примитивов AutoCAD, средства объектной привязки, последовательность построения и оформления чертежа.

Порядок выполнения работы

1. Изучите (повторите) приведенные ниже примеры.
2. Постройте плоский контур в соответствии с полученным заданием.
3. Проставьте размеры элементов контура.
4. Представьте результат работы в виде чертежа.

Пример выполнения задания приведен на рис. 1.1. Многочисленные варианты заданий можно найти в литературе, например, [7].

1.2. Контур "Коромысло"

Рассмотрим последовательность построения чертежа, показанного на рис. 1.1. Предполагается, что студент знает, как загрузить пакет AutoCAD и начать работать над новым чертежом. Иначе повторите соответствующий раздел в учебном пособии [1—3, разд. 1.1]. Итак:

□ загрузите пакет и откройте новый рисунок.

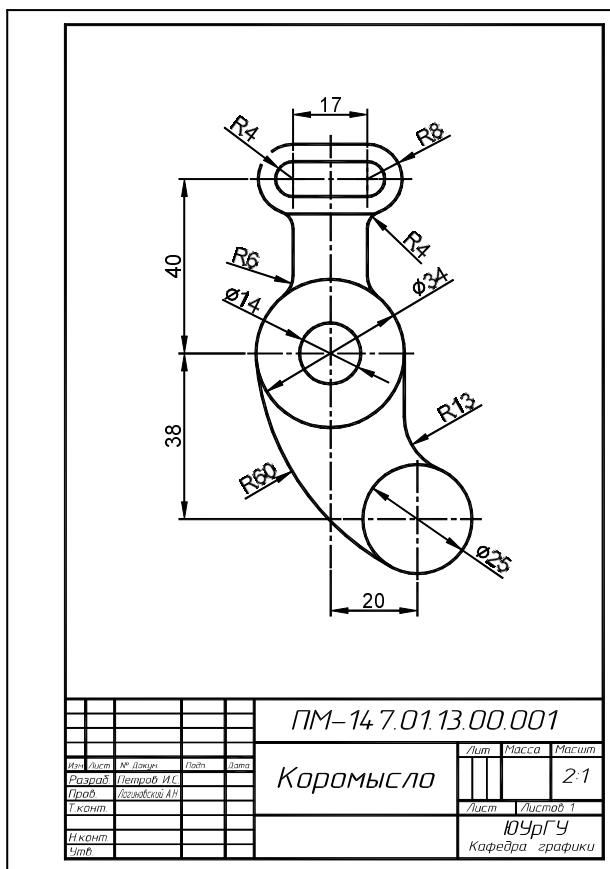


Рис. 1.1. Чертеж к заданию "Плоский контур"

Предварительные настройки для 2D-чертежа

Выполняемое задание фактически является построением несложного чертежа по традиционной 2D-технологии. Последовательность предварительных настроек в этом случае подробно изложена в [1—3, разд. 3.1]. Кратко повторим эту последовательность.

Построение контура будем выполнять в пространстве модели, а оформление чертежа — в пространстве листа. Сейчас настроим пространство модели:

□ убедитесь, что активна закладка **Model** (Модель), или укажите ее.

Задайте *лимиты* пространства модели как условные границы прямоугольной области, в которой размещается объект.

Для выполняемого контура эта область ориентировочно, с запасом, имеет размеры 150×150 мм:

□ `limits \ 0,0 \ 150,150 \ ПЩ;`

□ `zoom \ All (Все)` или кнопка .

Настройте панели инструментов. Убедитесь, что на экране присутствуют основные панели: **Standard** (Стандартная панель инструментов), **Properties** (Свойства объектов), **Layer** (Слои), **Draw** (Черчение) и **Modify** (Изменение). Если присутствуют другие панели, закройте их, освобождая экран. Расположите панели по краям экрана: первые три горизонтально в верхней части экрана, остальные — вертикально слева и справа.

О работе с панелями инструментов см. [1—3, *разд. 1.3*]. В частности, для вызова или удаления панелей выполните следующее:

□ щелкните правой кнопкой мыши по одной из существующих на экране панелей. В возникшем контекстном меню укажите имя панели, которую требуется вывести на экран или удалить с экрана.

Задайте слои. Назначение и работа со слоями рассмотрены в [1—3, *разд. 2.12*]. Сейчас понадобятся три новых слоя. Для их создания и настройки выполните:

□ `layer` или пункт меню **Format** (Формат) \ **Layer** (Слои) или укажите кнопку  панели управления слоями) \ в открывшемся окне **Layer Properties Manager** (Свойства слоев) создайте новые слои с именами *Контур*, *Оси*, *Размеры*, *Штамп* и *Окно* \ присвойте слоям различный цвет \ для слоя *Контур* установите толщину линии 0.5...0.8, для слоя *Оси* загрузите и установите тип линии **Center** (По центру), сделайте этот слой текущим \ **ОК**.

Разметка

Разметка предусматривает определение основных соотношений, проведение осей, вспомогательные построения и т. д.

В рассматриваемом примере разметка сводится к построению осевых линий (рис. 1.2):

□ включите режим ортогональных построений, указав кнопку **ORTHO** (ОРТО) в статусной строке или нажав клавишу <F8>;

□ убедитесь, что текущим является слой *Оси*, иначе установите его текущим (рис. 1.3);

□ приблизительно посередине экрана, воспользовавшись командой `LINE` или указав кнопку , проведите отрезки вертикальной *b* и горизонтальной *f*

осевых линий (рис. 1.2). Длину отрезков можно задать произвольно, с запасом. Для разметки удобнее применить конструктивные линии "бесконечной длины" — для этого служит команда `XLINE` .

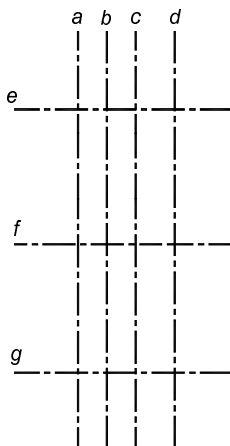


Рис. 1.2. Разметка осей

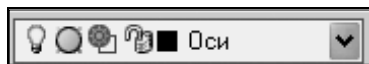


Рис. 1.3. Фрагмент панели **Layers**, где показан текущий слой **Оси**

Остальные оси можно размножить с помощью команд `COPY` или `OFFSET`. Применим второй вариант:

- ☐ `offset` или укажите кнопку  \ задайте расстояние сдвига 40 \ укажите горизонтальную ось f \ укажите точку выше оси как направление создания подобной линии \ ПЩ — построена ось e ;
- ☐ ПЩ (повтор предыдущей команды) \ задайте расстояние равным 38 \ выберите ось f и укажите точку ниже этой оси \ ПЩ — построена ось g ;
- ☐ на основе оси b постройте оси a , c и d , задав для первых двух смещение, равное 8.5, а для третьей — 20 (см. рис. 1.1).

Убедитесь, что созданные осевые линии имеют свойства слоя, на котором они расположены, т. е. являются штрихпунктирными и имеют цвет слоя.

Элементы контура

Установите в качестве текущего ранее созданный слой *Контур*:

- ❑ в панели **Layers** найдите окно свойств текущего слоя (см. рис. 1.3). В нем указан текущий слой — сейчас это слой *Оси*. Укажите стрелку "вниз", в раскрывшемся списке укажите строку с именем нужного слоя *Контур* — это имя должно остаться в окне после закрытия списка.

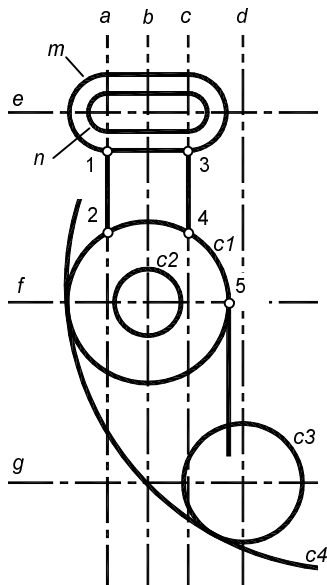


Рис. 1.4. Построение элементов контура

Начнем с построения контуров *m*, *n* — два прямоугольника с закруглениями (рис. 1.4). Для удобства задания размеров перенесем начало координат в точку пересечения осей *a* и *e*. Перенос осуществляется командой `ucs`, задающей так называемую *пользовательскую систему координат* (ПСК) (подробно о ПСК см. [1—3, разд. 2.5]). Точку пересечения осей нужно указывать с применением объектной привязки [1—3, разд. 2.4]:

- ❑ укажите кнопку  или введите команду `ucs \ O` — опция **Origin** (Начало) \ сочетание клавиш `<Shift>+ПЩ` \ в возникшем контекстном меню укажите привязку **Intersection** (Пересечение) \ подведите курсор к пересечению осей *a* и *e*, дождитесь подтверждения объектной привязки и укажите точку пересечения.

Результат

Пиктограмма осей перешла в указанную точку. В этой точке сейчас находится начало координат (0,0).

Строим внутренний контур n длиной 25 высотой 8:

- ❑ `rectang` (прямоугольник) или укажите кнопку  \ `F` — опция **Fillet** (Закругление) \ "Specify fillet radius: " (Введите радиус закругления) — введите 4 \ "Specify first corner point:" (Определите первый угол) —4,—4 \ "Specify other corner point:" (Определите другой угол) — вторую точку задайте приращением координат, введя @25,8 — построен прямоугольник со скруглениями в угловых точках.

Наружный контур m создадим смещением внутреннего на 4 мм с помощью команды `OFFSET`:

- ❑ `offset` \ 4 — это величина смещения \ укажите построенный прямоугольник и точку вне его \ ПЩ.

Построим концентричные окружности $c1$, $c2$ и $c3$, центры которых определены разметкой как точки пересечения осевых линий. Для создания окружности применим команду `CIRCLE`:

- ❑ `circle` или укажите кнопку  \ с объектной привязкой **Intersection** укажите центр окружности как пересечение осей f и b \ радиус задайте равным 7;
- ❑ создайте остальные окружности с радиусами 17 и 12.5.

Проверьте толщину линий созданных элементов:

- ❑ укажите кнопку **LWT** (BEC) в статусной строке — элементы должны принять толщину, установленную на слое *Контур*. Для последующих построений рекомендуем отключить толщину линий, повторно указав кнопку **LWT**.

Построим отрезки контура 1-2, 3-4 (см. рис. 1.4). Для этого командой `BREAK` разорвем осевые линии a и c в точках 1, 2, 3 и 4, а затем переведем образовавшиеся отрезки на слой *Контур*:

- ❑ `break` или укажите кнопку  \ укажите произвольную точку осевой линии a \ `F` — опция **First point** (Первая точка) \ объектной привязкой **Intersection** укажите точку 1 \ вторую точку разрыва задайте на месте первой следующим образом: @0,0;
- ❑ то же повторите в точках 2, 3 и 4, но здесь примените второй вариант той же команды, вызываемый по кнопке ;
- ❑ укажите созданные отрезки 1-2 и 3-4 — они должны выделиться \ в окне панели **Layers** установите слой *Контур* \ снимите выделение отрезков,

нажав дважды клавишу <Esc> — отрезки приняли свойства слоя, на который их перенесли, т. е. изменили цвет, тип линии и толщину.

Проведите отрезок из точки 5, как показано на рис. 1.4:

- `line \` укажите с объектной привязкой **Intersection** или **Quadrant** (Квadrант) точку 5 \ в режиме **ORTHO** переместите курсор вниз и укажите нижнюю конечную точку отрезка вблизи окружности Ø25, вне ее или внутри \ ПЩ.

Сопряжения элементов контура

Плавные сопряжения элементов по окружности выполняются либо построением касательной окружности, для этого в команде `CIRCLE` имеются опции вычисления точек касания, либо командой `FILLET`.

Построим окружность `c4` радиусом 60 (см. рис. 1.1, 1.4), касательную к сопрягаемым окружностям `c1` (Ø34) и `c3` (Ø25). Касательную окружность позднее обрежем, оставив дугу сопряжения. Положение касательной окружности определяется точками указания сопрягаемых окружностей. Поэтому, если в итоге будет построена касательная окружность иного положения, чем на рис. 1.3, то измените точки указания:

- `circle \` опция **Ttr** (Касательная, касательная, радиус) \ укажите точку в левом верхнем секторе окружности `c1` и точку в левом нижнем секторе окружности `c3` \ задайте радиус 60.

Сопряжения в точках 1..4 выполним командой `FILLET`. В точках 1 и 3 команду нужно применить с опцией **No trim** (Не обрезать), а в точках 2 и 4 — с опцией **Trim** (Обрезать). Для сопряжения в точках 1 и 3 необходимо предварительно, командой `EXPLODE`, расчленив контур *m* на отрезки прямых и дуги:

- `explode` или кнопка  \ укажите наружный прямоугольник \ ПЩ;
- `fillet` или кнопка  \ `R` — опция **Radius** \ 4 \ `T` — опция **Trim** (опция, уточняющая режим сопряжения) \ `N` — опция **No trim** (Не обрезать) \ укажите отрезок и дугу прямоугольника в районе точки 1 \ ПЩ — повтор команды \ укажите отрезок и дугу в районе точки 3;
- `fillet \ R \ 6 \ T \ T` \ укажите окружность Ø34 рядом с точкой 2 со стороны сопряжения и отрезок 1-2 \ ПЩ \ укажите окружность Ø34 рядом с точкой 4 и отрезок 3-4;
- `fillet \ R \ 13` \ укажите отрезок рядом с точкой 5 и окружность Ø25 вблизи точки сопряжения.

Редактирование контура

Подрежем линии контура, применив команды редактирования TRIM и BREAK:

- ☐ trim или укажите кнопку  \ укажите в качестве режущих кромок окружности Ø34 и Ø25 \ ПЩ \ укажите окружность Ш60 со стороны удаления \ ПЩ;
- ☐ подобным образом обрежьте отрезки вблизи точек 1 и 3.

Подрежьте осевые линии, они должны выступать за контур на 3...5 мм:

- ☐ break или кнопка  \ укажите точку в месте обрыва линии \ укажите точку за линией со стороны обрыва.

Редактировать осевые линии можно "ручками" [1—3, разд. 2.3]:

- ☐ включите режим **ORTHO**;
- ☐ укажите линию — возникли ручки, переместите конечную ручку в нужное положение.

1.3. Основы простановки размеров

Согласно ГОСТ 2.307 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. Размерные линии предпочтительно наносить вне контура изображения. Выносные линии должны выходить за концы стрелок на 1...5 мм. Минимальное расстояние между параллельными размерными линиями должно быть 7 мм, а между размерной и линией контура — 10 мм. Необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий.

Команды простановки размеров сосредоточены в главном меню **Dimension** (Размеры). Для удобства работы выведите на экран одноименную панель инструментов (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Панель инструментов простановки размеров **Dimension**

Настройка размерных параметров.

Размерный стиль

Простановка размеров в новом чертеже начинается с настройки размерных параметров. К ним относятся величина стрелок, шрифт и высота размерного числа, отступ выносных линий от контура изображения, зазор между размерной линией и текстом, точность и др. Параметры объединены в *размерный стиль*. Чертеж может содержать несколько размерных стилей. В новом рисунке содержится исходный размерный стиль, как правило, ISO-25, настройки которого не соответствуют требованиям ГОСТ 2.307.

Создадим свой размерный стиль, взяв за основу исходный. В новом стиле отменим отступ выносной линии от контура, скорректируем величину стрелок и выступ выносной линии, изменим тип шрифта и снизим точность проставляемого размерного числа:

- ☐ **dimstyle** или укажите кнопку  \ возникло диалоговое окно **Dimension Style Manager** (Диспетчер размерных стилей), в котором укажите кнопку **New** (Новый) \ задайте имя нового стиля, например, 1 \ **Continue** (Продолжить) — в верхней части окна появились закладки, указывая которые можете настроить требуемые параметры;
- ☐ укажите закладку **Lines and Arrows** (Линии и стрелки) \ в группе **Extension Lines** (Выносные линии) задайте **Extend Beyond Dim Lines** (Выступ линии за размерную) в интервале 2...4 \ задайте **Offset From Origin** (Отступ выносной линии от контура) равным 0 \ в группе **Arrowheads** (Параметры стрелок) задайте **Arrow Size** (Размер стрелки) от 4 до 5 \ **OK**;
- ☐ укажите закладку **Text** (Текст) \ задайте **Text Style** (Стиль текста), указав в нем тип шрифта **Arial** или **Tahoma, Romans, GOST type B** \ установите **Text Height** (Высота шрифта) в интервале 3...5 \ **OK**;
- ☐ укажите закладку **Primary Units** (Основные единицы) \ **Precision** (Точность) равно 0 \ **Round off** (Округление) равно 0 \ **OK**;
- ☐ укажите **Set Current** (Установить текущим) \ **OK** — создан и установлен текущим новый размерный стиль.

Ассоциативные размеры

Возможны различные варианты простановки размера. Первый вариант: при выполнении команды указываются две начальные точки выносных линий, а затем положение размерной линии. Второй вариант: после нажатия <Enter> или ПЩ выбирается объект, на который ставится размер, например — отрезок, и требуется указать только положение размерной линии. В обоих вариантах система считывает размер с изображения и выводит его значение в командную строку в виде предложения, заключенного в угловые скобки. При

согласии с предложением достаточно указать положение размерной линии. Третий вариант: при несогласии с предложением нужно задать опцию `t (Text)`, набрать свой текст и затем указать положение размерной линии.

Между указанными вариантами имеется существенное отличие. Если принято предложение о значении размерного числа (это первые два варианта), то образуется *ассоциативный* размер, неразрывно связанный с изображением. При масштабировании изображения будет меняться численное значение размера, и это надо учитывать, вводя соответствующий линейный масштаб. Если число введено с клавиатуры (третий вариант), то оно не зависит от изменений объекта.

Примеры простановки размеров

Руководствуясь приведенными правилами, приступим к простановке размеров. Проставим размеры контура в соответствии с образцом на рис. 1.1:

❑ перейдите на слой *Размеры*;

❑ `dimlinear` или кнопка  (линейный размер) \ с объектной привязкой укажите концы верхней и средней горизонтальных осевых линий (см. рис. 1.1) \ отведите курсор влево примерно на 10...12 мм и укажите щелчком левой кнопки мыши положение размерной линии — проставили размер 40;

❑ `dimcontinue` или кнопка  (продолженный размер) \ укажите конец нижней горизонтальной оси \ ПЩ — проставили размер 38;

❑ `dimradius` или кнопка  (радиус) \ укажите одну из дуг сопряжения и перемещением курсора определите положение размера \ зафиксируйте положение щелчком левой кнопки мыши;

❑ `dimdiameter` или кнопка  (диаметр) \ укажите точку окружности \ укажите положение размерной линии.

Подобным образом проставьте все размеры на чертеже плоского контура.

Редактирование размеров

Для изменения размерных параметров, например, величины стрелок или особенностей размещения стрелок и текста, нужно скорректировать настройку размерного стиля, которым проставлены размеры, и обновить размеры:

❑ `dimstyle`  \ выполните корректировку размерных параметров стиля — размеры данного стиля обновлены с новыми значениями размерных параметров;

Если требуется единообразно изменить размер стрелок, высоту шрифта и выступ выносных линий за размерные, например — увеличить все в 1.5 раза, то целесообразно изменить глобальный размерный масштаб:

- ☐ `dimstyle` \ укажите закладку **Fit** \ **Use Overall Scale Of** (Глобальный размерный масштаб) 1.5.

Для изменения размерного текста:

- ☐ **Modify** (Редакт) \ **Object** (Объект) \ **Text** (Текст) \ указать редактируемый размер \ в возникшем окне текстового редактора ввести новый текст \ **OK** — покинуть редактор \ ПШ — прервать команду.

Для изменения положения размерной линии, выносной линии или положения размерного числа применяют редактирование с помощью ручек:

- ☐ укажите какой-либо размер — возникли ручки;
- ☐ укажите нужную ручку и переместите ее в новое положение.

1.4. Оформление чертежа

Чертеж можно завершать в пространстве модели, где построен объект (плоский контур). Однако оптимальным является тот вариант, при котором вопросы компоновки, масштабирования и окончательного оформления чертежа решаются в пространстве листа (см. [1—3, гл. 6]). На листе создаются видовые окна, через которые объект или его фрагменты отображаются из пространства модели в нужном масштабе.

Выход на лист

Для перехода в пространство листа:

- ☐ в нижней части экрана, в строке закладок укажите закладку **Layout1**;
- ☐ если возникло окно настроек страницы листа, согласитесь с предложенными в окне настройками и **OK** — покиньте окно;

Результат

Вы перешли в режим, предназначенный для вывода на печать. В углу экрана показана пиктограмма ПСК, имеющая вид треугольника. Изображение контура видно через дежурное видовое окно.

- ☐ удалите дежурное видовое окно. Для этого, находясь в пространстве листа, сдвиньте изображение так, чтобы стала видна рамка окна, и сотрите окно командой `ERASE` — чертеж временно исчез.

Выбор формата чертежа, построение рамки и штампа

Для выполняемого чертежа подходит формат А4. Предположим, имеется файл с именем *a4.dwg*, содержащий рамку и штамп формата А4. Тогда достаточно применить команду `INSERT` (вставить):

- ☐ создайте и сделайте текущим слой *Штамп*;
- ☐ `Insert` (Вставка) \ `Block` (Блок) \ в диалоговом окне укажите **File** (Файл) \ найдите и укажите файл *a4* \ **ОК**;
- ☐ укажите точку вставки (0,0) \ согласитесь с остальными предложениями диалогового окна \ **ОК** — рамка и основная надпись вставлены на лист.

Открытие видового окна, задание масштаба

Чтобы увидеть объект из пространства модели (в нашем случае вычерченный контур), нужно создать на листе новое видовое окно. Границы окна совместим с границами рабочей зоны чертежа. Новое видовое окно создается командой `VPORTS`:

- ☐ сделайте текущим слой *Окно*;
- ☐ `vports` \ в рабочей зоне чертежа укажите два противоположных угла создаваемого окна — возникло изображение объекта из пространства модели;
- ☐ активизируйте созданное окно, например, дважды щелкните по нему левой кнопкой мыши или укажите кнопку **Paper** в статусной строке.

Результат

Перекрестие курсора должно перемещаться только внутри окна, а вне его границ принимать вид стрелки.

Масштаб чертежа определяется отношением истинных размеров объекта, задаваемых при его построении в пространстве модели, к размерам отображения на листе. Для задания масштаба чертежа, определяемого по отношению к пространству листа, можно применить команду `ZOOM`, добавив к значению суффикс `XP` (латинским шрифтом):

- ☐ `zoom` \ `s` — опция **Scale** (Масштаб) \ `2XP` — объект из пространства модели отображается на листе в масштабе 2:1.

Другие варианты задания масштаба приведены в [1—3, *разд. 6.5*].

Далее командой `PAN` панорамируйте (перемещайте) изображение внутри окна. Для корректировки размеров окна выйдите на лист, укажите рамку окна

и ручками отредактируйте размеры окна. Командой `MOVE` можно перемещать на листе все окно с его содержимым.

Для того чтобы рамка видового окна была не видна, нужно, чтобы она либо совпадала с границей рабочей зоны формата чертежа, либо ее нужно поместить на новый слой и заморозить его.

В завершение заполните основную надпись, применив команду `DTEXT`, см. [1, разд. 2.9].

1.5. Контур "Прокладка"

В AutoCAD имеются эффективные средства, ускоряющие построение изображений с повторяющимися элементами. Это команды `MIRROR` (Зеркало) и `ARRAY` (Массив). Применение этих команд рассмотрим при построении прокладки, показанной на рис. 1.6.

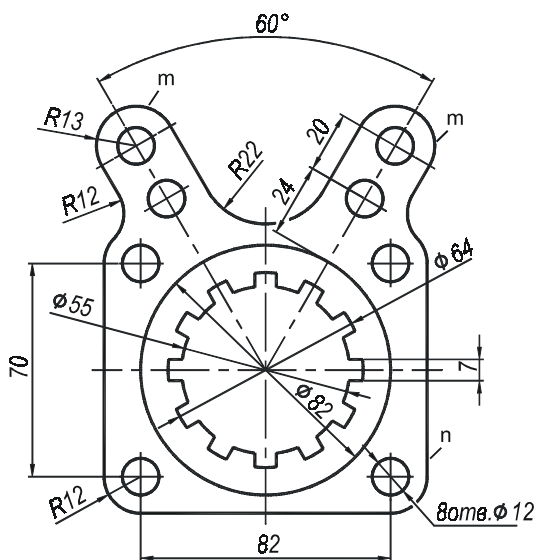


Рис. 1.6. Плоский контур "Прокладка"

Прокладка образована наружным и внутренним контурами. Наружный контур содержит два сектора *m* и прямоугольник *n* со скруглениями в углах. Секторы расположены симметрично относительно вертикальной оси, угол между осями секторов равен 60°. По углам прямоугольника выполнены четыре крепежных отверстия. Секторы и прямоугольник сопряжены дугами окружностей R12 и R22. Внутренний контур образован центральным отверстием со шлицевыми пазами.

- Выполните предварительные настройки так же, как и в предыдущем примере. В том числе проведите две взаимно перпендикулярные оси и установите ПСК в точку их пересечения.

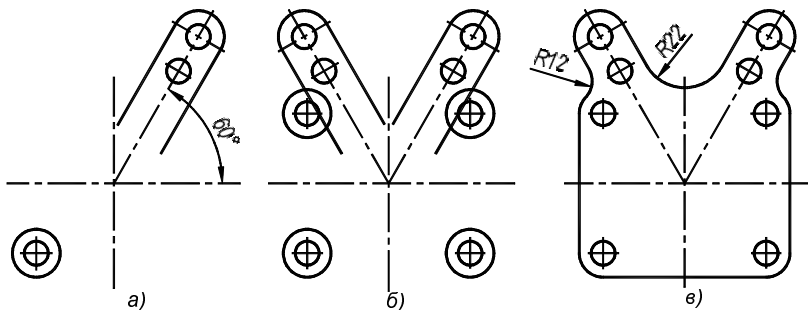


Рис. 1.7. Построение наружного контура прокладки:
а — исходные элементы; б — зеркальное отображение и массив отверстий;
в — сопряжения

Правый сектор

Построение сектора (рис. 1.7, а) существенно упрощается, если повернуть оси координат на 60° :

- `ucs \ z` (опция вращения ПСК вокруг оси Z) или кнопка  \ 60 — угол поворота против часовой стрелки;
- перейдите на слой *Оси*;
- `line \ 0,0 \ 103,0 \ ПЩ` — построена продольная ось сектора;
- `line \ 85,—15 \ 85,15 \ ПЩ \ ПЩ \ 65,—7 \ 65,7 \` построены поперечные оси отверстий;
- перейдите на слой *Контур*;
- `circle \ 65,0 \ 6 \ ПЩ \ 85,0 \ ПЩ` — построены два отверстия радиусом 6, расположенные вдоль оси сектора;
- `pline \ 25,13 \ 85,13 \ а` — опция **Arc** (Дуга) \ @26<—90 \ L — опция **Line** \ 25,—13 \ ПЩ — построен наружный контур сектора.

Восстановите ПСК с горизонтальным положением оси X и началом в точке пересечения осей:

- `ucs \ p` — опция **Prev** (Предыдущая ПСК) или кнопка .

Левый сектор

Получим его с помощью команды **MIRROR** — зеркальным отображением правого, относительно вертикальной оси (рис. 1.7, б):

- **mirror** или укажите кнопку  \ выберите все элементы правого сектора, включая оси \ ПЩ \ с объектной привязкой **Endpoint** укажите конечные точки вертикальной оси \ ПЩ.

Наружный контур

Построим две концентрические окружности с осями в левой нижней части контура (см. рис. 1.7, а). Размножим эту группу элементов, создав из них прямоугольный массив командой **ARRAY** (см. рис. 1.7, б), и проведем отрезки прямых, касательных к окружностям массива. Выполним сопряжения контура дугами окружностей (рис. 1.7, в):

- **ucs** \ **o** \ —41,—35 — начало координат перенесено в центр отверстий;
- на слое *Оси* постройте два отрезка — оси отверстий;
- вернитесь на слой *Контур* и постройте две окружности с центром в точке (0,0) радиусами 6 и 12;
- **array** или укажите кнопку  \ задайте тип массива **Rectangular** (Прямоугольный) \ выберите окружности и их оси \ задайте количество рядов равным 2 \ количество столбцов равно 2 \ расстояние между рядами равно 70 \ расстояние между столбцами 82 \ **OK** — получено четыре группы отверстий (см. рис. 1.7, б);
- **line** \ с объектной привязкой **Quadrant** или **Tangent** (Касательная) укажите сопрягаемые окружности \ ПЩ — построен отрезок касательной прямой (см. рис. 1.7, в);
- постройте еще два касательных отрезка применительно к другим парам окружностей;
- **fillet** \ **R** \ 22 \ укажите отрезки в месте их сопряжения дугой R22 \ ПЩ — повтор команды \ **R** \ задайте радиус 12 \ укажите в левой части контура окружность и отрезок в месте их сопряжения дугой R12 \ ПЩ — повтор команды \ укажите такие же элементы в правой части контура;
- командами **TRIM** и **ERASE** удалите ненужные линии и сегменты контура.

Объединение сегментов контура

Это можно выполнить командами **REGION** (область) или **PEDIT** (редактирование полилиний):

- сделайте текущим слой *Контур* и временно заморозьте слой *Оси*;



- `region` или укажите кнопку  \ укажите сегменты наружного контура по порядку их следования — создана единая линия контура, ее цвет и толщина соответствуют слою *Контур*.

Признаком создания единой линии является появление в командной строке сообщения "1 Region created" (1 область создана). При указании контура он выделяется как единая линия. Если объединения не произошло, найдите и устраните разрывы или пересечения элементов контура.

Второй вариант объединения:

- `pedit` \ укажите один из сегментов контура \ согласитесь с предложением преобразовать его в полилинию \ `J` — опция **Join** (Добавление) \ укажите остальные сегменты \ ПЩ;
- разморозьте слой *Оси*.

Шлицевое отверстие

Построим профиль одного шлицевого паза, затем размножим его как круговой массив из 12 элементов (рис. 1.8):

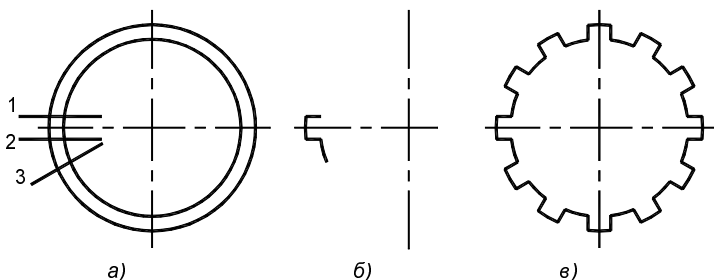


Рис. 1.8. Шлицевое отверстие:
а — разметка; б — единый паз; в — круговой массив

- убедитесь, что ПСК имеет начало в точке пересечения осей и ось *X* расположена горизонтально;
- `circle \ 0,0 \ d \ 64 \ ПЩ` — повтор команды `\ 0,0 \ d \ 55` — построены окружности наружной и внутренней поверхностей пазов (см. рис. 1.8, а);
- `line \ -34,3.5 \ -15,3.5 \ ПЩ` — построен отрезок 1;
- `copy \ укажите отрезок 1 \ ПЩ \ 0, -7` — это координаты вектора перемещения \ ПЩ \ ПЩ — построен отрезок 2;
- `copy \ вновь укажите отрезок 1 \ ПЩ \ 0,0 \ ПЩ \ ПЩ` — построен дубликат отрезка 1;

- ❑ `rotate` \ укажите отрезок 1 или его дубликат \ ПЩ \ "Base point:" 0,0 \ "Rotation angle:" 30 \ построен отрезок 3;
- ❑ `trim` \ ПЩ \ укажите удаляемые сегменты — на экране должны остаться элементы, соответствующие профилю одного шлица: две дуги и два отрезка (см. рис. 1.8, б);
- ❑ `array` \ **Polar Array** (Круговой массив) \ укажите элементы профиля одного шлица \ 0,0 — центр массива \ 12 — количество элементов массива \ 360 — угол заполнения массива \ режим **Rotate Items as Copied** (Поворачивать при копировании) \ **ОК** — построено шлицевое отверстие (см. рис. 1.8, в);
- ❑ `circle` \ 0,0 \ d \ 82 — окружность Ø82;
- ❑ объедините элементы внутреннего контура в единую область или полилинию.

1.6. Контуры корпусной детали

Приведенные на рис. 1.9—1.11 контуры предназначены для построения корпусной детали, рассматриваемой в гл. 7. В то же время они являются характерными, их форма качественно повторяется во многих примерах.

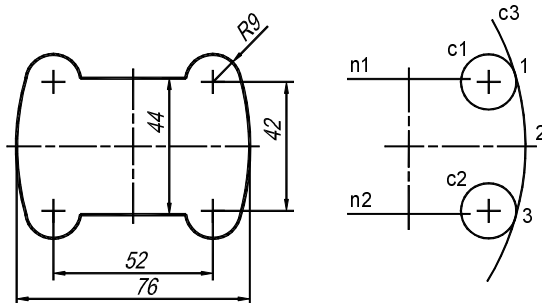


Рис. 1.9. Контур основания

Контур основания

Особенностью контура (рис. 1.9) является сопряжение окружностей $c1$ и $c2$ дугой окружности $c3$, которая должна проходить через заданную точку 2:

- ❑ постройте вертикальную и горизонтальную оси разметки и перенесите начало координат в точку их пересечения;

- ❑ `circle \ 26,21 \ 9` — окружность *c1*;
- ❑ `circle \ 26,-21 \ 9` — окружность *c2*;
- ❑ `circle \ 3P` (опция построения окружности по трем точкам) \ для указания первой точки включите объектную привязку **Tangent** \ подведите курсор к окружности *c1* в ожидаемой точке касания и, дождаввшись подтверждения объектной привязки, укажите точку `1 \ 38,0` — это координаты точки 2 \ третью точку окружности задайте так же, как первую точку — построена окружность сопряжения *c3*;
- ❑ командой `LINE` постройте горизонтальные отрезки *n1* и *n2* на расстоянии 21 мм от оси *X*;
- ❑ `trim \ П` — щелкните, что означает выбор всех линий в качестве режущих кромок \ укажите сегменты окружностей и отрезков, подлежащие обрезке \ ПЩ — получена правая часть контура;
- ❑ зеркально отобразите правую часть контура относительно вертикальной оси разметки.

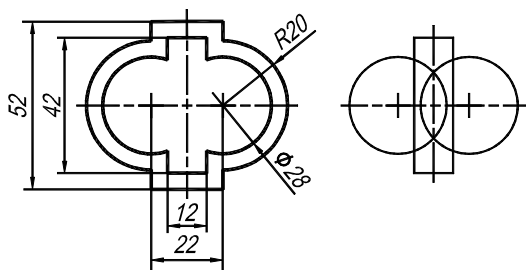


Рис. 1.10. Наружный и внутренний контуры камеры

Контуры камеры

Построим внутренний контур (рис. 1.10), который формируется из двух окружностей и прямоугольника:

- ❑ постройте оси разметки и перенесите начало координат в точку их пересечения;
- ❑ `circle \ 11,0 \ D` (опция задания диаметра) \ 28 — правая окружность;
- ❑ `circle \ -11,0 \ D \ 28` — левая окружность;
- ❑ `rectang \ -6,-21` — это левый нижний угол прямоугольника \ `D` — опция **Dimensions** (Размеры) \ "Specify length:" — задайте длину равной 12 \ "Specify width:" — задайте ширину равной 42 \ ПЩ;

- `trim` \ ПЩ \ укажите сегменты окружностей и прямоугольника, подлежащие обрезке \ ПЩ.

Для построения наружного контура учтем, что он смещен относительно внутреннего на постоянную величину 5 мм. Поэтому применим команду `OFFSET`, предварительно объединив сегменты внутреннего контура в единую полилинию:

- `pedit` \ укажите один из сегментов контура \ согласитесь с предложением преобразовать его в полилинию \ `J` (опция `Join`) \ укажите остальные сегменты \ ПЩ — внутренний контур стал единой полилинией;
- `offset` \ задайте смещение равным 5 \ укажите внутренний контур и точку вне его \ ПЩ.

Контур фланца

Контур образован дугами четырех окружностей и отрезками прямых линий, касательных к этим окружностям (рис. 1.11). Построив окружности по приведенным размерам, проводим касательные прямые:

- `line` \ `<Shift>+ПЩ` \ выберите привязку **Tangent** \ подведите курсор к первой ожидаемой точке касания, дождитесь подтверждения объектной привязки и щелкните левой кнопкой мыши \ таким же образом задайте вторую точку касания \ ПЩ — отрезок касательной построен;
- постройте еще три отрезка касательных прямых, два из них можно получить зеркальным отображением.

В завершение командой `TRIM` удалите внутренние сегменты исходных окружностей и командой `PEDIT` (или `REGION`) объедините сегменты контура.

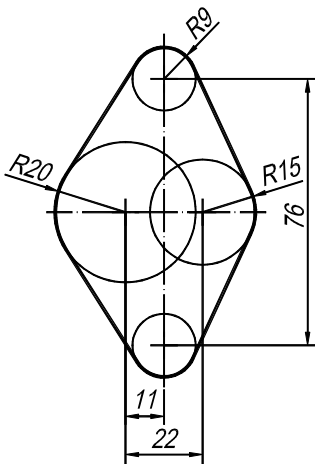


Рис. 1.11. Контур фланца

1.7. Крюк

Рассмотрим пример весьма сложных геометрических построений (рис. 1.12, а). Крюк содержит наружный и внутренний контуры, а также хвостовик с резьбой. Особенностью контуров являются многочисленные плавные сопряжения окружностей.

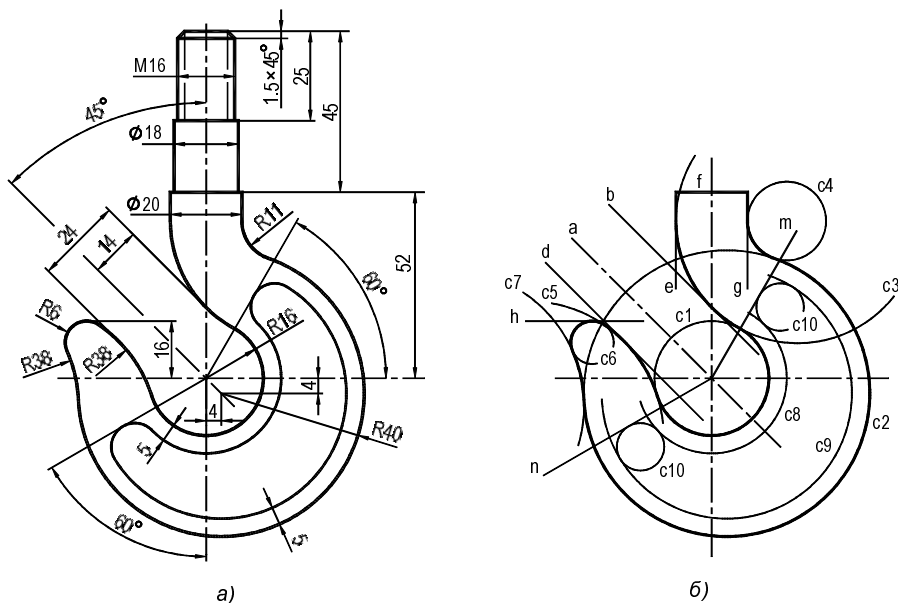


Рис. 1.12. Контур "Крюк" (а) и его построение (б)

- ❑ Откройте новый файл. Выполните предварительные настройки, проведите две взаимно перпендикулярные осевые линии, установите ПСК в точку пересечения осей.

Строим наружный контур (рис. 1.12, б):

- ❑ `circle \ 0,0 \ 16` — окружность *c1* (рис. 1.12, б);
- ❑ `circle \ 4,4 \ 40` — окружность *c2*.

Для построения прямой *a* применим команду `XLINE`, которая создает линию бесконечной длины, удобную для выполнения разметки. Позднее края этой линии можно обрезать, преобразовав ее в обычный отрезок `LINE`. Прямые *b* и *d* получим командой `OFFSET` смещением прямой *a* на 14 и 10 мм:

- ❑ `xline (конструктивная линия) \ 0,0 \ 4,4` — прямая *a*;

- ❑ `offset \ 14` — это величина смещения \ укажите прямую *a* \ укажите точку правее прямой *a* — построена прямая *b*;
- ❑ `offset \ 10` \ укажите прямую *a* \ укажите точку слева от прямой *a* — построена прямая *d*.

Строим верхнюю часть контура, примыкающую к хвостовику. Она определяется прямыми *e*, *f*, *g* и окружностями *c3*, *c4*. Окружность *c3* имеет радиус 11 мм, касается отрезка *g* и окружности *c2*. Окружность *c4* касается отрезков *b*, *e* и окружности *c1*:

- ❑ `circle \ Ttr` (Две точки касания и радиус) \ укажите отрезок *g* \ укажите окружность *c2* вблизи предполагаемой точки касания \ 11 (это радиус окружности) — построена окружность *c3*;
- ❑ **Draw** (Рисование) \ **Circle** (Окружность) \ **Tan, Tan, Tan** (Три точки касания) \ укажите отрезки *b*, *e* и окружность *c1* вблизи предполагаемых точек касания — построена окружность *c4*.

Переходим к построению "клюва", определяемого окружностями *c5*, *c6*, *c7*:

- ❑ `circle \ Ttr` \ укажите отрезок *d*, окружность *c1*, введите радиус 38 — построена окружность *c5*;
- ❑ `line \ -50,16` \ в режиме **ORTHO** сместите курсор вправо и введите 30 \ ПЩ — построен вспомогательный горизонтальный отрезок *h*;
- ❑ `circle \ Ttr` \ укажите отрезок *h*, окружность *c5*, введите радиус 6 — построена окружность *c6*;
- ❑ `circle \ Ttr` \ укажите окружность *c6*, окружность *c2*, введите радиус 38 — построена окружность *c7*.

В завершение удалите лишние сегменты контура:

- ❑ `trim \ ПЩ` \ указывайте сегменты, подлежащие обрезке \ ПЩ;
- ❑ `erase` \ сотрите остальные лишние сегменты окружностей и отрезков.

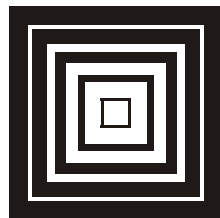
Строим внутренний контур:

- ❑ `line \ 0,0 \ @50<60` \ ПЩ — вспомогательный отрезок *m*;
- ❑ `line \ 0,0 \ @50<210` \ ПЩ — вспомогательный отрезок *n*;
- ❑ `offset \ 5` \ укажите окружность *c1* \ укажите точку вне окружности *c1* — построена окружность *c8*.

Далее командой `OFFSET` постройте окружность *c9*. Командой `CIRCLE` постройте две окружности *c10*, касательные к окружностям *c8*, *c9* и прямым *m* и *n*. Обрежьте и удалите лишние сегменты контура.

В завершение командой `PEDIT` или `REGION` объедините сегменты контуров. Самостоятельно постройте хвостовик с резьбой. Проставьте размеры и добавьте рамку формата А4 с основной надписью.

Глава 2



Построение пространственной модели

В этой главе и *гл. 3* рассмотрено выполнение первой работы задания "Проекционное черчение". Цель работы — изучить основы построения чертежа по 3D-технологии. В частности — построение пространственной модели, простых видов и разрезов. Предлагаемое задание интересно тем, что деталь, для которой создается чертеж, необходимо предварительно сконструировать, проявив фантазию в сочетании с пространственным мышлением и здравым смыслом. В этой главе приведен первый этап выполнения работы — построение модели. Получение чертежа — в *гл. 3*.

2.1. Содержание работы

Дано

Один из основных видов: вид спереди или сверху, и габаритный прямоугольник на месте второго вида (рис. 2.1).

Требуется

1. Сконструировать деталь, соответствующую заданным изображениям, и построить ее пространственную модель.
2. Построить чертеж детали, применив 3D-технологию. Чертеж должен содержать:
 - виды спереди, сверху, слева;
 - два простых разреза (фронтальный, профильный или горизонтальный) и местный разрез;
 - размеры;
 - аксонометрическое изображение детали с разрезом;
 - чертеж необходимо оформить в соответствии с требованиями ЕСКД (Единой Системы Конструкторской Документации) и вывести на печать.

На рис. 2.1 приведены исходные данные одного из вариантов задания¹. Ниже рассмотрено выполнение этого варианта задания. Результатом работы является чертеж детали, представленный в гл. 3 на рис. 3.2.

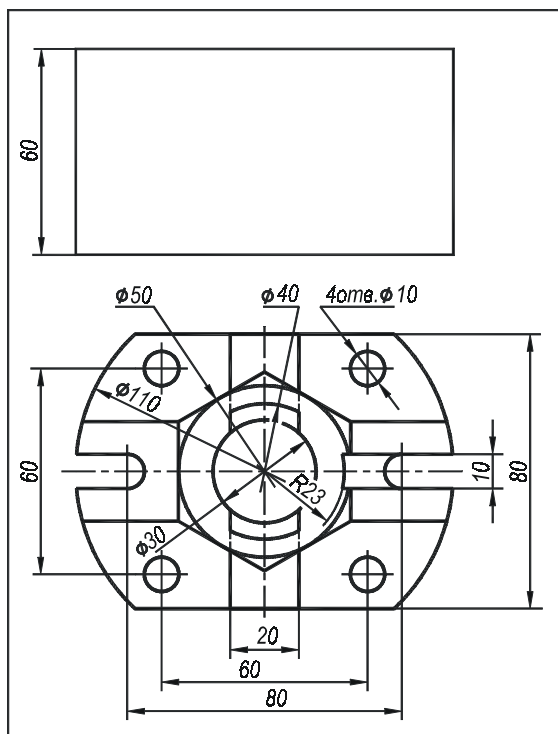


Рис. 2.1. Исходные данные работы
"Виды, простые разрезы, аксонометрия"

Задание следует выполнять в последовательности, соответствующей изложенным выше требованиям. Для этого изучите приведенный пример выполнения (желательно повторить его), затем по аналогии выполняйте свой вариант задания.

2.2. Конструирование детали

Так как одна ортогональная проекция, заданная в исходных данных, не определяет однозначно форму детали, то возникает множество вариантов реше-

¹ Другие варианты приведены в *Приложении 2*.

ния задачи о конструировании ее формы. При конструировании руководствуйтесь следующими рекомендациями.

1. Необходимо предложить такое решение, при котором деталь содержит отверстия, пазы и углубления, требующие на чертеже применения разрезов.
2. Каждая линия, заданная на исходном изображении, должна соответствовать очерку какого-либо геометрического элемента на детали или линии пересечения элементов детали. Нужно учесть, что сплошная линия отражает видимый контур, а штриховая — невидимый, т. е. отверстия, углубления. В то же время сконструированная деталь не должна содержать элементов, которые приводили бы к дополнительным линиям видимого или невидимого контура на заданном изображении.
3. Представьте форму разрабатываемой детали как совокупность простых геометрических элементов. Все элементы должны воспроизводиться как *solids-примитивы*² [1—3]. Ими могут быть призма, цилиндр, сфера, конус, тор, т. е. те примитивы, которые предусмотрены в AutoCAD. Более сложные элементы представьте как тела, получаемые вращением или выдавливанием плоского контура. Модель детали формируется путем объединения (команда *UNION*), вычитания (*SUBTRACT*) или пересечения (*INTERSECT*) созданных элементов.
4. Для корректировки формы модели примените команды редактирования. Это команда *SLICE* (Разрез), позволяющая отрезать плоскостью часть элемента, команды *FILLET* (Сопряжение) и *CHAMFER* (Фаска), команда *SOLIDEDIT* (Редтел) редактирования твердотельной модели, позволяющая, в частности, перемещать или поворачивать грани модели.
5. Предложите несколько вариантов модели и выберите оптимальный. Не рекомендуется излишне усложнять форму модели (помните, что вам ее чертить).
6. Модель первоначально отразите в виде аксонометрического рисунка, основываясь на школьном курсе черчения и рисования, и согласуйте с преподавателем. После этого приступайте к ее построению, как *solid-объекта* AutoCAD.

Рассмотрим пример конструирования детали для варианта, приведенного на рис. 2.1. Из множества возможных решений на рис. 2.2 показаны два варианта. Существенным отличием между ними является наличие сферы (рис. 2.2, *а*) или конуса (рис. 2.2, *б*). Имеется и ряд других отличий.

Сопоставьте форму моделей, показанных на рис. 2.2, с исходными данными задания на рис. 2.1. Для каждой линии исходного изображения найдите со-

² Для *solid-примитивов* и моделей применяют также термин "твердотельные" или "тела".

ответствующий ему элемент и линию контура предложенной модели. Решите также обратную задачу: для каждого элемента модели найдите соответствующие ему линии контура в исходных данных.

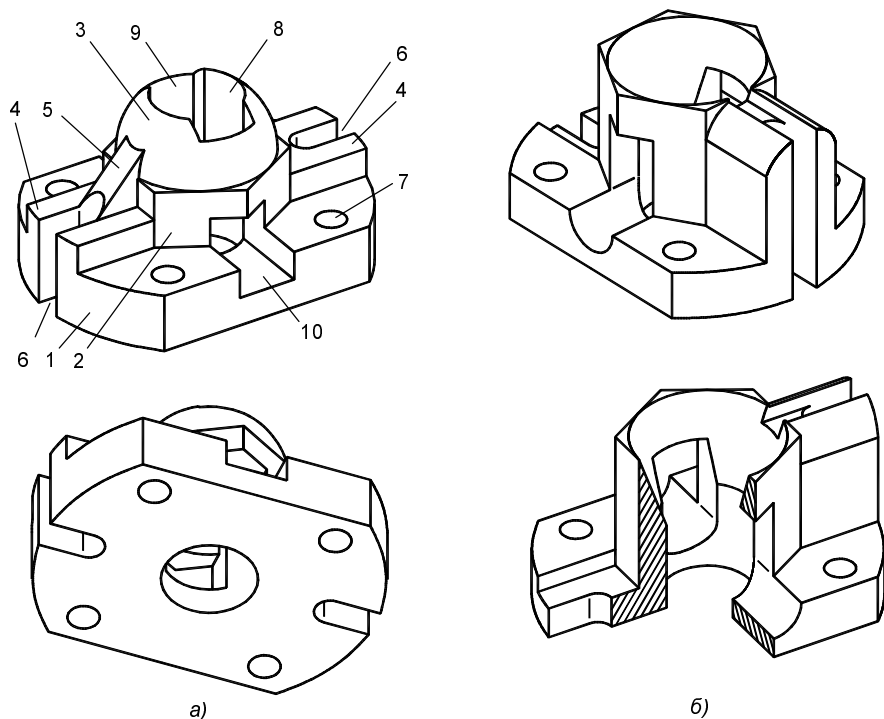


Рис. 2.2. Два варианта конструирования модели:
а — вариант со сферой; б — вариант с конусом

Вариант со сферой

В соответствии с очерком вида сверху, показанным на рис. 2.2, а, деталь содержит основание 1, представляющее собой параллелепипед, срезанный с двух сторон цилиндром. Согласно заданию, длина параллелепипеда составляет 110 мм, ширина 80 мм, цилиндр имеет $\varnothing 110$ мм. Высота основания в задании не указана. Ее значение принято равным 20 мм, что позволяет при высоте всей модели, равной 80 мм, разместить на основании другие элементы.

На основании, в центре детали, располагается шестиугольная призма 2, над ней — полусфера 3. Их размеры определяются окружностью $\varnothing 50$, заданной на исходном чертеже.

К призме 2 по бокам примыкают два призматических выступа 4, ширина которых равна длине стороны шестиугольника. С наружной стороны детали эти выступы, как и основание 1, срезаны цилиндром $\varnothing 110$ мм. К правому выступу, а также к шестиугольной призме и сфере, примыкает так называемое ребро жесткости 5 — тонкая клиновидная призма толщиной 10 мм. Найдите этот размер на исходных данных и соответствующее ему ребро жесткости на модели.

Основание 1 и призмы 4 содержат два продольных щелевидных паза 6 шириной 10 мм, заканчивающихся цилиндрическими сопряжениями. По углам основания имеются четыре сквозных крепежных отверстия 7, имеющие $\varnothing 10$ мм.

В центре детали, по оси шестигранной призмы и полусферы, проходит сквозное вертикальное цилиндрическое отверстие 8, имеющее $\varnothing 30$ мм, соответствующее окружности того же диаметра, заданной на исходном чертеже (см. рис. 2.1). Вдоль отверстия 8 расположены два призматических паза 9 шириной 20 мм, срезанные цилиндром $\varnothing 40$ мм.

Поперек всей детали, по ее поперечной оси, проходит прямоугольное отверстие 10 шириной 20 мм. Оно заглублено в основание 1, пересекает призму 2, выходит в цилиндрическое отверстие 8 и пазы 9.

Вариант с конусом

Вместо сферы предложено коническое заглубление в шестигранной призме (рис. 2.2, б). Ось конуса совпадает с вертикальной осью призмы. Верхнее основание конуса имеет $\varnothing 50$ мм, нижнее — $\varnothing 30$ мм. Призматические выступы 4 заменены с одной стороны на призматическое углубление в основании, с другой — на призму с продольным цилиндрическим сопряжением, вдоль которого проходит продольный прямоугольный паз, заменяющий клиновидное ребро 5 предыдущего варианта.

Изменена форма поперечного отверстия 10. Его верхняя часть осталась призматической. Высота отверстия обеспечивает его пересечение с поверхностью конуса по окружности заданного размера $\varnothing 40$ мм. Нижняя часть отверстия 10 предложена в виде полуцилиндра. В рассматриваемом варианте отпала необходимость в пазах 9, поскольку соответствующие линии на заданном виде сверху реализуются при пересечении отверстия 10 с поверхностью конуса.

Приведенные варианты являются равноценными по форме и сложности реализации. На их основе нетрудно представить другие комбинированные варианты. Можно предложить и существенно иные решения.

В качестве примера для последующего изложения задания возьмем вариант со сферой (см. рис. 2.2, а).

2.3. Настройки для пространственных построений

Последовательность настройки среды для пространственных построений подробно рассмотрена в [1, *разд. 4.1*]. Она предусматривает настройку пространства модели и пространства листа. Приведем основные действия по настройке.

- ❑ Загрузите пакет и откройте новый рисунок.
- ❑ Настройте режим работы в пространстве модели. Для этого убедитесь, что в нижней части экрана активна закладка **Model** (Модель). Задайте для пространства модели шаг 1, сетку 5 и лимиты 150×110, соответствующие, с некоторым запасом, габаритным размерам проектируемой детали. Отобразите заданную область на весь экран (`zoom \ All (Все)`).
- ❑ Перейдем в пространство листа. Укажите закладку **Layout 1**. Если появилось диалоговое окно с настройками режима печати, то согласитесь с его предложениями (укажите **OK**) — эти настройки выполним позднее, перед выводом на печать готового чертежа.
- ❑ Удалите на листе дежурное видовое окно. Если рамки окна не видно, то это значит, что она совпадает с границами экрана. В этом случае панорамируйте экран так, чтобы рамка стала видна, и удалите окно командой `ERASE`, указав рамку.
- ❑ Задайте лимиты на листе, соответствующие формату А3, т. е. 420×297, и отобразите лимиты на экране, выполнив: `zoom \ All (Все)`.
- ❑ Если на экране отображается лист бумаги с тенью, то отключите это, выполнив: **Tools** (Сервис) \ **Options** (Настройка) \ откройте закладку **Display** (Дисплей) и в группе **Layout Elements** (Элементы закладок) выключите переключатели **Display Printable Area** (Показывать область печати) и **Display Paper Background** (Показывать основу листа).
- ❑ Задайте два новых слоя с именами *Разметка* и *Модель*.
- ❑ Создайте на листе три видовых окна: окно вида сверху, окно вида спереди и окно аксонометрии: **View** (Вид) \ **Viewports** (Видовые экраны) \ **New** (Новые) \ в диалоговом окне укажите вариант **Three: Right** (Три окна, большое окно справа) \ в поле **Setup** (Установки) введите режим трехмерных построений **3D**.
- ❑ Выведите панели инструментов **Solids** (Твердотельные объекты), **Solids Editing** (Редактирование твердотельных объектов) и расположите их в правой части экрана.
- ❑ Чтобы проверить выполненные настройки, постройте какой-либо solid-объект, например, параллелепипед (рис. 2.3): `box \ 10,10,0 \ 120,80,30`.

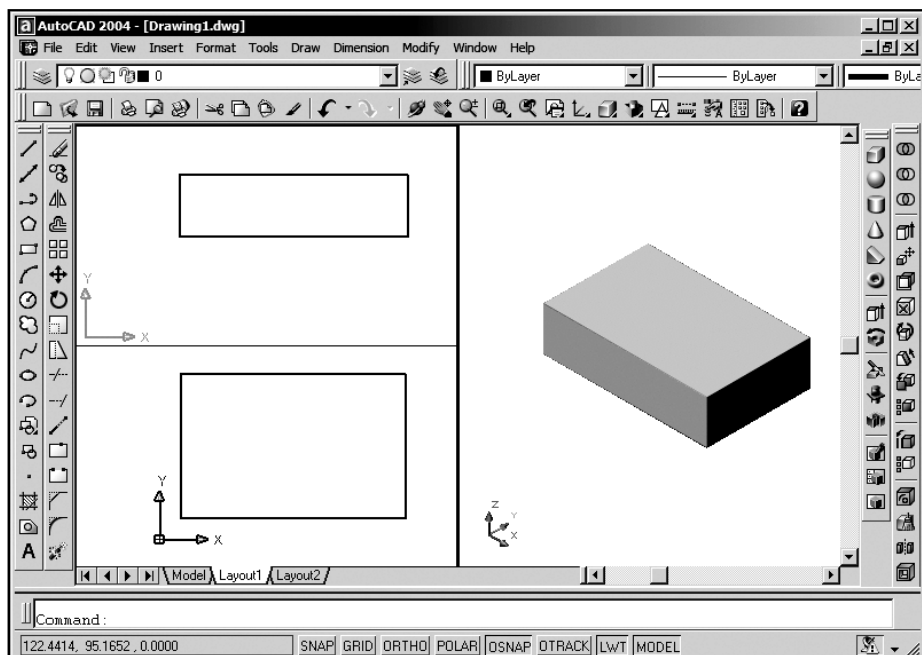


Рис. 2.3. Вид экрана после выполненных настроек

2.4. Разметка модели. Геометрические вычисления

После формирования образа детали приступаем к созданию ее реалистичной модели как объекта AutoCAD. Сначала требуется выполнить разметку. В простейшем случае разметка сводится к построению осей симметрии всей модели. Могут потребоваться геометрические построения для определения некоторых размеров создаваемой модели, так называемые *геометрические вычисления*, оценка пропорций и взаимного положения элементов модели.

Рассмотрим разметку и геометрические вычисления для модели, показанной на рис. 2.1, а.

Центр сферы

При конструировании детали было принято, что окружность $\varnothing 50$ на виде сверху (см. рис. 2.1) соответствует наличию сферы, а окружность $\varnothing 30$ — горизонтальному сечению этой сферы плоскостью, выполненному на высоте 60 мм (см. рис. 2.2, а). Требуется по диаметру сферы и ее горизонтальному сечению определить высоту точки S центра сферы (рис. 2.4, а).

Задача может быть решена аналитически на основе теоремы Пифагора. Искомая высота:

$$(60 - \sqrt{(25^2 - 15^2)}) = 40.$$

Однако проще (особенно, если значения не такие удачные, как в приведенном выражении) и нагляднее выполнить геометрические построения, воспроизводящие действия циркулем и линейкой. Только эти инструменты в AutoCAD имеют несоизмеримо более высокую точность, которая задается командой **UNITS** (единицы измерения) и может достигать восьмого знака после запятой.

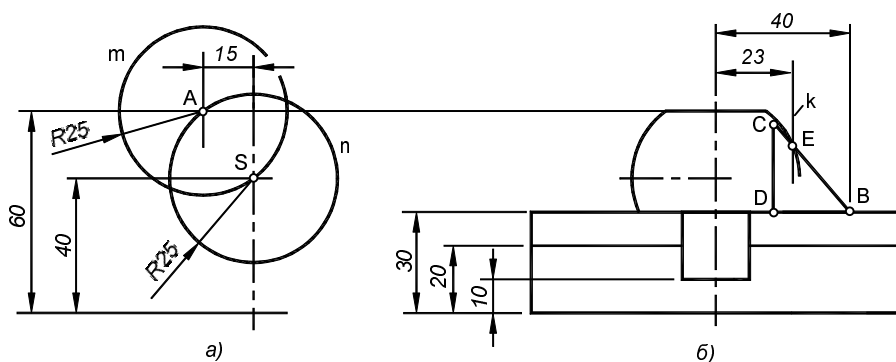


Рис. 2.4. Вертикальная разметка модели:
а — определение точки *S* как центра сферы;
б — высота элементов и разметка ребра жесткости

Итак, для нахождения точки *S* центра сферы:

- ❑ перейдите на слой *Разметка*. Увеличьте во весь экран окно вида спереди и через это окно перейдите в пространство модели;
- ❑ проведите вертикальную осевую линию: `line \ 0,—5 \ 0, 65 \ ПЩ`;
- ❑ постройте окружность *m* с центром в точке *A* (—15,60) радиусом 25: `circle \ —15,60 \ 25`.

Точка пересечения окружности *m* с осевой линией определит искомый центр сферы, точку *S*. Определим координаты точки *S*:

- ❑ `id` — это команда определения координат точки \ включив объектную привязку **Intersection** (Пересечение), укажите точку *S* \ нажмите клавишу <F2>;

Результат

Экран перешел в текстовый режим. В нижней части экрана выведены координаты найденной точки, в частности, ее высота $Y = 40.00$.

- ❑ верните экран в графический режим, повторно нажав клавишу $\langle F2 \rangle$;
- ❑ постройте очерк сферы — окружность `n: circle \` с объектной привязкой укажите точку `S \ 25` — радиус.

Вертикальная разметка модели

Показана на рис. 2.4, б. Высота шестигранной призмы 2 (см. рис. 2.2, а) определяется высотой точки S , найденной выше, и составляет 40 мм. Высоты остальных элементов заданы следующими: высота основания 1 составляет 20 мм, обе призмы 4 высотой по 30 мм, нижний уровень поперечного квадратного отверстия 10 принят 10 мм.

Контур ребра жесткости

Им является прямоугольный треугольник BCD (см. рис. 2.4, б). Опорными точками контура являются точки B и E . Точка B определяется согласно исходным данным по глубине паза 6, а также принятой высоте призмы 4. Точка E определяется значением радиуса $R23$ (см. рис. 2.1) и находится на пересечении вспомогательной прямой k и очерка сферы:

- ❑ `copy \` укажите вертикальную ось сферы `\ ПЩ \ 23,0` — это вектор перемещения `\ ПЩ` — построена прямая k ;
- ❑ `line \ 40,30` — это координаты точки $B \setminus$ с объектной привязкой **Intersection** укажите точку $E \setminus$ ПЩ.

Вершины C и D нужно задать так, чтобы ребро внедрялось в сферу на глубину, обеспечивающую его полное погружение в сферу:

- ❑ укажите кнопку  и увеличьте изображение вблизи точки E ;
- ❑ **Modify** (Редакт) `\ Lengthen` (Увеличить) `\ ПЩ \` в контекстном меню укажите **DY** (опция динамического удлинения) `\` укажите отрезок BE вблизи точки E и, перемещая курсор, удлините его как показано на рис. 2.4, б.
- ❑ `line \` объектной привязкой **Endpoint** (Конечная) укажите точку $C \setminus$ точку D можно задать с объектной привязкой **Perpendicular** `\` для замыкания контура укажите начальную точку контура B с объектной привязкой **Endpoint**;
- ❑ командой `REGION` или `PEDIT` объедините стороны треугольника в единый контур.

Горизонтальная разметка модели

Показана на рис. 2.5. Она выполняется в плоскости основания будущей модели.

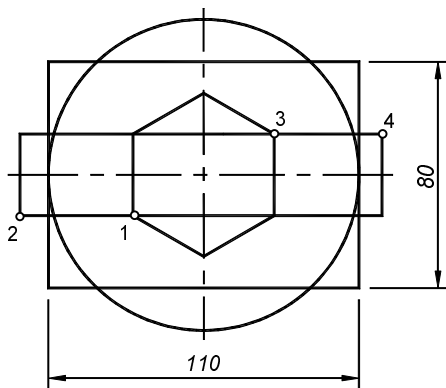


Рис. 2.5. Горизонтальная разметка

Согласно заданию (см. рис. 2.1) необходимо построить шестиугольник, описанный вокруг окружности $\varnothing 50$ и являющийся основанием шестигранной призмы 2 (см. рис. 2.2, а). Для создания призматических элементов 4 потребуется прямоугольник с вершинами в точках 2 и 4, причем глубина этих точек задается вершинами 1 и 3 шестиугольника. Потребуется также габаритный прямоугольник 110×80 основания модели и окружность $\varnothing 110$ основания цилиндра, срезающего элементы модели. Строим оси:

- ☐ убедитесь, что текущим является слой *Разметка*;
- ☐ отобразите окно вида сверху на весь экран и активизируйте его;
- ☐ включите режим **ОРТНО** (ОРТО);
- ☐ проведите осевые линии и установите ПСК в точку их пересечения.

Шестиугольник основания призмы:

- ☐ `polygon \ количество сторон 6 \ центр 0,0 \ с — опция Circumscribed (Описанный вокруг окружности) \ перемещая курсор вертикально вверх, отследите в статусной строке значение 25.`

Прямоугольник основания модели и окружность цилиндра:

- ☐ `rectang \ -55,-40 \ 55,40;`
- ☐ `circle \ 0,0 \ 55.`

Точечные фильтры и объектное слежение

Ширина прямоугольника с вершинами в точках 2 и 4 (см. рис. 2.5) должна быть равна стороне построенного ранее шестиугольника. То есть Y -координаты точек 2 и 4 должны быть равны тем же координатам точек 1 и 3. Для задания точек 2 и 4, на основе точек 1 и 3, можно применить либо *точечные фильтры*, либо автоматическое *объектное слежение*. Рассмотрим оба варианта.

Точечные фильтры

Это средство, позволяющее при задании точки заимствовать отдельные координаты у ранее построенной точки. В данном примере для точки 2 нужно взять координату Y вершины 1, т. е. применить точечный фильтр ".y". То же относится к заданию точки 4 на основе точки 3. Построим прямоугольник с вершинами в точках 2 и 4 используя точечные фильтры:

- ❑ `rectang \ <Shift>+ПЩ \ Point Filters` (Точечные фильтры) \ укажите строку `.Y \` объектной привязкой **Endpoint** укажите точку 1 \ "need X" (требуется X координата) — переместите курсор влево и укажите точку слева от габаритного прямоугольника, либо задайте `—60 \ <Shift>+ПЩ \ Point Filters \ .Y \` с объектной привязкой **Endpoint** укажите точку 3 \ задайте 60 — построен прямоугольник требуемой ширины с угловыми точками 2 и 4.

Объектное слежение

OTRACK решает те же задачи, что и точечные фильтры:

- ❑ включите в качестве постоянной объектную привязку **Endpoint**. Включите слежение, указав в статусной строке кнопку **OTRACK**;
- ❑ `rectang \` подведите, *не нажимая кнопки мыши*, курсор к вершине 1 и дождитесь подтверждения объектной привязки \ сместите курсор влево — должно происходить слежение в виде прерывистой горизонтальной линии \ в режиме слежения отведите курсор влево на 5...10 мм за габаритный прямоугольник и нажмите левую кнопку мыши — задана точка 2 \ коснитесь вершины 3, сместите курсор вправо на 5...10 мм за габаритный прямоугольник и укажите вершину 4.

2.5. Создание элементов модели

Приступим к созданию элементов модели и на их основе формированию всей модели. Сначала построим элементы наружной формы и объединим их, получив наружную заготовку. Затем построим элементы внутренней формы и вычтем их из наружной заготовки, создавая в ней пазы и отверстия.

Наружные элементы

Основание модели 1 и призмы 4 создадим из двух параллелепипедов и цилиндра (рис. 2.6, а). Эти элементы можно строить как solids-примитивы **Box** и **Cylinder**, либо применить полученные при разметке (см. рис. 2.5) контуры для выдавливания командой **EXTRUDE**. Перед выдавливанием контура нужно убедиться, что он является единым. Для этого достаточно указать контур, который должен выделяться как единый объект. Иначе объедините линии контура командой **REGION** (Область).

Параллелепипеды нужно объединить командой **UNION**, а затем единую призматическую форму пересечь с цилиндром, применив команду **INTERSECT**, т. е. взять их общую часть (рис. 2.6, б). Итак:

- ❑ сделайте текущим слой *Модель*, перейдите в видовое окно вида сверху или окно аксонометрии, убедитесь, что ПСК установлено в плоскости основания модели, начало координат находится на пресечении осей;
- ❑ **box** или укажите кнопку  панели инструментов **Solids** \ —55,—40 — это левый нижний угол параллелепипеда \ 55,40,20 — это правый верхний угол;
- ❑ **extrude** или укажите  \ укажите построенный при разметке прямоугольник, имеющий вершины в точках 2 и 4 (см. рис. 2.5) \ 30 — высота призмы \ ПЩ;
- ❑ **extrude** \ укажите окружность Ø110 (см. рис. 2.5) \ высота 35 \ ПЩ (или другой вариант: **cylinder**  \ 0, 0 \ радиус 55 \ высота 35);
- ❑ **union** или кнопка  панели **Solids Editing** \ укажите два созданных параллелепипеда \ ПЩ;
- ❑ **intersect** или укажите  \ укажите цилиндр и объединенные параллелепипеды \ ПЩ.

Результат

На экране возникла фигура, показанная на рис. 2.6, б.

Шестигранная призма и сфера:

- ❑ **extrude** \ укажите шестиугольник, построенный при разметке (см. рис. 2.5) \ высота 40 \ ПЩ;
- ❑ **sphere** или укажите кнопку  \ центр сферы в точке 0,0,40 \ радиус равен 25 — см. рис. 2.6, в.

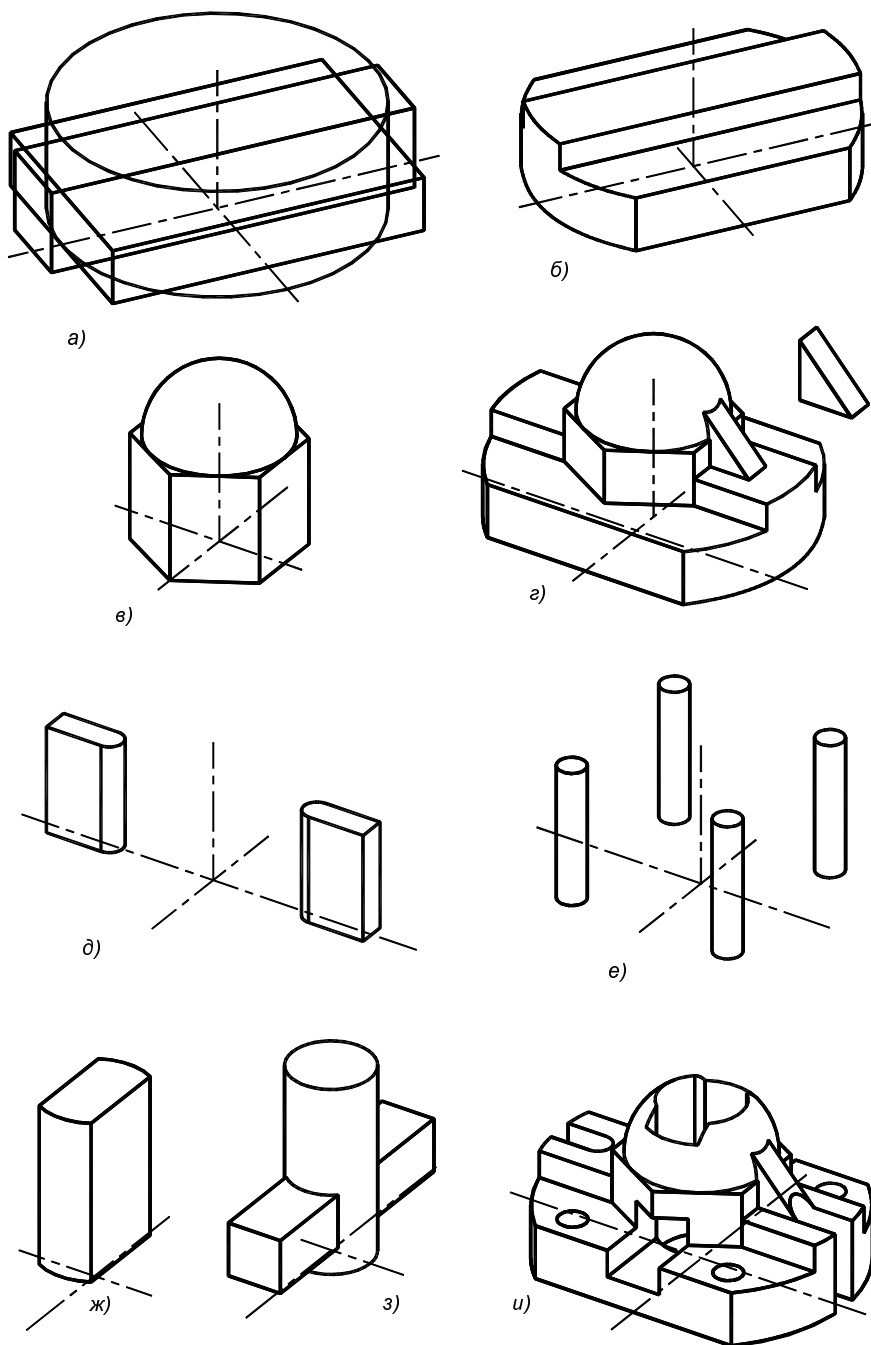


Рис. 2.6. Построение элементов модели и ее формирование

Ребро можно построить либо по найденным при вертикальной разметке (см. рис. 2.4, б) размерам как объект **WEDGE** (Клин) — кнопка , либо выдавливанием треугольника, построенного при разметке:

- **extrude** \ в окне вида спереди укажите треугольник *BCD* \ ПЩ \ 10.

Перейдите в окно вида сверху и переместите клин в требуемое положение:

- **move** \ укажите ребро \ с объектной привязкой укажите точку *B* \ 40, —5,30.

Объединим наружные элементы:

- **union** \ укажите основание, шестигранную призму, сферу и ребро \ ПЩ.

Результат

Создана наружная форма модели, показанная на рис. 2.6, г.

Внутренние элементы

Формируем элементы, вычитание которых из объема модели создаст в ней два боковых шелевидных паза (рис. 2.6, д). Каждый элемент получен из параллелепипеда с двумя закругленными ребрами:

- **box** \ —60,—5 \ —35,5,50 — построен параллелепипед, соответствующий размерам левого паза;
- **fillet** или кнопка  \ укажите первое закругляемое ребро \ радиус закругления равен 5 \ укажите второе ребро \ ПЩ — выполнено цилиндрическое сопряжение элемента по указанным ребрам;
- **mirror** или укажите кнопку  \ укажите созданный элемент \ ПЩ \ с объектной привязкой **Endpoint** укажите конечные точки поперечной оси модели — построен второй элемент (рис. 2.6, д).
- **subtract** (Вычитание)  \ укажите модель \ ПЩ \ укажите элементы пазов \ ПЩ.

Для создания крепежных отверстий в основании построим четыре цилиндра (рис. 2.6, е) как четыре сверла:

- **cylinder** или укажите  \ —30,—30 — это центр отверстия \ радиус равен 5 \ высота равна 30;
- **array** или укажите кнопку  \ в окне настройки параметров массива задайте **Rectangular Array** (Прямоугольный массив) \ "Select Objects" — укажите цилиндр \ задайте **Rows** (Ряды) равным 2 \ **Columns** (Колонки) задайте 2 \ **Row Offset** (Расстояние между рядами) равно 60 \ **Column**

Offset (Расстояние между колонками) равно 60 \ **OK** — построены четыре цилиндра диаметрами 10 мм;

- ☐ `subtract` \ укажите модель \ ПЩ \ укажите цилиндры \ ПЩ — "просверлены" крепежные отверстия.

Для построения центрального отверстия создадим цилиндр и срежем его двумя плоскостями (рис. 2.6, ж):

- ☐ `cylinder` \ 0, 0,10 \ радиус 20 \ высота 100 \ ПЩ;

- ☐ `slice` или укажите кнопку  \ укажите цилиндр \ **YZ** (опция, определяющая плоскость среза) \ 10,0 — точка среза \ 0,0 — точка внутри оставаемой части элемента — срезана правая часть цилиндра;

- ☐ `slice` \ укажите элемент \ **YZ** \ -10,0 \ 0,0 — срезана левая часть.

Цилиндр, формирующий центральное вертикальное отверстие детали (рис. 2.6, з):

- ☐ `cylinder` \ 0,0 \ радиус 15 \ высота 100 \ ПЩ.

Параллелепипед, формирующий поперечное квадратное отверстие (см. рис. 2.6, з):

- ☐ `box` \ -10,—45,10 \ 10,45,30.

Вычитаем элементы, формирующие центральное отверстие и поперечный паз:

- ☐ `subtract` \ укажите модель \ ПЩ \ укажите вычитаемые элементы \ ПЩ.

Результат

Модель построена (рис. 2.6, и).

2.6. Редактирование модели

Что делать, если обнаружена ошибка пространственной формы созданной модели, ее несоответствие заданным условиям?

При обнаружении ошибки в текущем сеансе работы, т. е. если вы не выгрузили пакет, можно применить откат действия и вернуться к моменту работы, предшествующему неверному шагу. Затем заново выполнить отмененные действия. Однако при откате может пропасть и полезная часть работы.

Основной путь редактирования solid-модели связан с применением команды **SOLIDEDIT**. Она имеет множество опций, позволяющих перемещать и поворачивать грани. Опции расположены в меню **Modify** (Редакт) \ **Solids Editing** (Редактирование тел). Удобно пользоваться панелью инструментов **Solids**

Editing. Примеры редактирования моделей можно найти в [1—3, *разд. 9.4*] и в справочной системе пакета:

- ❑ `solidedit \` нажмите клавишу <F1> — появится справочная информация по применению команды, содержащая многочисленные наглядные примеры редактирования.

На рис. 2.7 показан пример редактирования модели командой `SOLIDEDIT`. Опцией **Rotate** (Вращать) выполнен поворот грани 1 на 30°. Опцией **Offset** (или **Move**) грани 2 и 3 смещены вниз до совмещения в единую плоскость. Опцией **Move** крепежное отверстие 3 перемещено ближе к центру модели. Другое крепежное отверстие 4 удалено применением опции **Delete**.

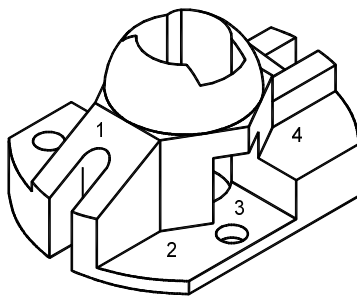
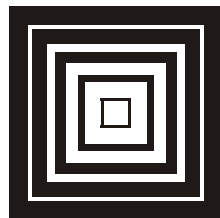


Рис. 2.7. Пример редактирования модели

При существенных нарушениях формы можно отрезать часть модели командой `SLICE` и заменить ее новым элементом с последующим объединением модели. В сложных случаях часть детали можно удалить вычитанием параллелепипеда. Неправильно выполненные паз или отверстие можно "заглушить" параллелепипедом или цилиндром, а затем прорезать заново.

Глава 3



Виды, простые разрезы, аксонометрия

После того как создана пространственная solid-модель детали, приступим к построению ее чертежа. Изображения, необходимые для чертежа, создаются на основе модели почти автоматически, применением ряда команд. Но в полной мере AutoCAD чертеж не строит, им нужно "руководить". Поэтому кратко приведены основные правила оформления чертежа в соответствии с существующей системой стандартов.

Чертеж модели, созданной в предыдущей главе, как образец выполнения задания, приведен на рис. 3.2.

3.1. Некоторые положения ЕСКД

При построении чертежа необходимо следовать требованиям Единой Системы Конструкторской Документации (ЕСКД) [5—11], которая определяет требования к выполнению и оформлению чертежа. Рассмотрим некоторые из них, связанные с построением изображений на чертеже.

Согласно ГОСТ 2.305-68 изображения предметов на чертеже создают методом прямоугольного проецирования. В качестве изображений могут быть виды, разрезы и сечения. *Вид* — изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. *Разрез* — изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями. *Сечение* — изображение фигуры, получающейся в плоскости сечения предмета.

Виды, полученные проецированием на шесть граней куба (предмет располагается внутри куба), называются *основными*. Из них наиболее часто применяются виды спереди (главный вид), сверху и слева. Остальные основные виды — справа, снизу и сзади. Виды, полученные при проецировании на другие плоскости, не параллельные основным плоскостям проекций, называют *дополнительными*.

Разрезы разделяются на *простые*, полученные одной секущей плоскостью, и *сложные*, полученные несколькими плоскостями. Если секущая плоскость

параллельна плоскости проекций, то разрез носит название данной плоскости, например, горизонтальный, фронтальный, профильный разрезы. Эти разрезы могут быть расположены на месте соответствующих основных видов. Допускается соединять половину вида и половину разреза, каждая из которых является симметричной фигурой. Разделяющей линией служит ось симметрии, т. е. штрихпунктирная линия.

Разрез обозначают, например, как А–А. Положение секущей плоскости указывают разомкнутой линией (рис. 3.1). Если секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета, а изображение разреза расположено на месте одного из основных видов, то разрез и секущую плоскость не обозначают.

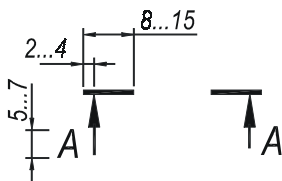


Рис. 3.1. Обозначение плоскости разреза или сечения

Разрез, служащий для выяснения устройства предмета лишь в отдельном, ограниченном месте, называется *местным*. Местный разрез ограничивается на виде сплошной тонкой волнистой линией.

Рассмотрим, как изложенные требования ЕСКД учтены при выполнении чертежа детали (рис. 3.2). Деталь расположена так, что вид спереди в наибольшей мере, в сравнении с остальными видами, раскрывает форму детали. Для передачи внутренней формы выполнен полный фронтальный разрез, который помещен на место вида спереди. Поскольку секущая плоскость этого разреза совпадает с фронтальной плоскостью симметрии детали, а разрез выполнен на месте вида спереди, то данный разрез на чертеже не обозначен.

Обратите внимание, что на фронтальном разрезе ребро жесткости не заштриховано, хотя оно попало в секущую плоскость. Это особенность выполнения разрезов: тонкие элементы в продольном разрезе показываются незаштрихованным.

На месте вида слева выполнено комбинированное изображение, состоящее из половины вида слева и половины профильного разреза. С учетом требований ЕСКД половина вида находится в левой части, а половина разреза — в правой. Совмещение произведено по осевой линии. Поскольку секущая плоскость не является плоскостью симметрии детали, то плоскость и изображение разреза обозначены. Найдите на виде сверху разомкнутую линию А–А и соответствующее обозначение разреза над его изображением.

Чтобы показать, что крепежные отверстия основания являются сквозными и цилиндрическими, потребовался еще один разрез, так как секущие плоскости двух предыдущих разрезов не проходят через эти отверстия. С этой целью выполнен местный разрез на виде слева. Найдите его на чертеже (см. рис. 3.2).

Согласно требованиям задания на чертеже проставлены размеры, выполнено аксонометрическое изображение с пространственным разрезом. Изображена рамка и основная надпись.

3.2. Построение основных видов и простых разрезов

Для solid-модели AutoCAD автоматически строит виды и разрезы. Предусмотрено два варианта их построения. Первый — применением команды **SOLPROF**, которая построит проекцию, содержащую все линии видимого и невидимого контура. Разрез данная команда не создает. Его можно получить самостоятельно на основе линий контура. Подробнее о команде **SOLPROF** см. *разд. 4.4*.

Второй вариант — командами **SOLVIEW** и **SOLDRAW**, которые формируют все требуемые для чертежа плоские отображения модели, ее виды, разрезы, сечения, а также размещают эти изображения на специально созданных слоях. При выполнении настоящего задания следует применить этот вариант.

Команды **SOLPROF**, **SOLVIEW** и **SOLDRAW** можно вызвать из меню **Draw** (Рисование) \ **Solids** (Тела) \ **Setup** (Подготовка) или из панели инструментов **Solids**.

Дополнительные настройки

Чертеж создается в том же файле, в котором построена модель. В дополнение к настройкам, выполненным при создании модели (см. *разд. 2.3*), для построения чертежа необходимы следующие настройки:

- ☐ проверьте наличие на экране панелей инструментов **Solids** и **Solids Editing** (Редактирование тел);
- ☐ перейдите на второй лист, указав закладку **Layout2**. Повторите настройки второго листа, как и первого, т. е. удалите дежурное видовое окно, настройте лимиты по формату A3 и отобразите их на экране (см. *разд. 2.3*);
- ☐ переименуйте закладку **Layout2** — для этого щелкните по ней правой кнопкой мыши, в возникшем контекстном меню укажите **Rename** (Переименовать) и введите новое имя (например, *Окна проекций*);

- ❑ задайте нужный тип штриховки, которая будет применена при автоматическом выполнении разрезов. Для этого введите с командной строки имя системной переменной `HPNAME` и тип штриховки металлов `ansi31`:
 - `hpname \ ansi31 \ ПШ`;
- ❑ создайте еще ряд слоев: *Исходное окно*, *Оси*, *Тонкая*, *Размеры* и *Штамп* \ присвойте слоям различный цвет, для слоя *Контур* установите толщину линии 0.5...0.8, для слоя *Оси* загрузите и установите тип линии **Center** \ сделайте текущим слой *Исходное окно*.

Исходное видовое окно

На новом чистом листе создайте видовое окно, поместив его внизу экрана, справа (см. рис. 3.3, *д*). Размеры окна желательно задать так, чтобы деталь отобразилась в нем в масштабе, приблизительно равном 1:

- ❑ **View (Вид) \ Viewports (Видовые экраны) \ 1 \ 200,0** — это левый нижний угол окна \ **@ 120,90** — размеры окна.

Установите в видовом окне вид сверху:

- ❑ перейдите в пространство модели, нажав кнопку **MODEL—PAPER** (Модель—Лист) в статусной строке или дважды щелкнув в области окна (для выхода на лист нужно дважды щелкнуть вне видового окна);
- ❑ **View \ 3D Views (3М Виды) \ Top (Сверху)** или укажите кнопку  панели инструментов **View**;
- ❑ восстановите в видовом окне мировую систему координат **МСК**:
 - `ucs \ World \ ПШ`;
- ❑ укажите кнопку  — задайте в окне масштаб отображения так, чтобы модель занимала основную часть видового окна.

Можно точно задать масштаб отображения:

- ❑ `zoom \ s` — опция **Scale** (Масштаб) \ `1XP` (XP — суффикс, указывающий на задание масштаба отображения по отношению к листу);
- ❑ если изображение не помещается в видовом окне, то примените панорамирование указав кнопку , а если и этого окажется недостаточно, то выйдите на лист и "ручками" увеличьте рамку окна.

Таким образом, создано исходное видовое окно, которое послужит основой для формирования видов и разрезов командами `SOLVIEW` и `SOLDRAW`.

3.3. Построение проекций командами **SOLVIEW** и **SOLDRAW**

Построение каждой проекции модели или ее разреза выполняется в два этапа. Сначала командой **SOLVIEW** создают специальное видовое окно. При его создании указывают, какая проекция должна быть получена в этом окне — это может быть вид в плане ПСК, ортогональный или дополнительный вид, а также простой разрез проецирующей секущей плоскостью. Внешне специальное окно не отличается от обычных видовых окон: в нем видна исходная пространственная модель. Однако только на основе этого окна возможен второй этап.

На втором этапе командой **SOLDRAW** модель в специальном видовом окне преобразуют до заданной проекции: вида или разреза, которая была указана при создании этого окна.

Если чертеж содержит несколько видов и разрезов, то можно, создав командой **SOLVIEW** одно специальное окно, сразу довести его командой **SOLDRAW** и перейти к построению следующей проекции. Однако можно создать командой **SOLVIEW** все необходимые для чертежа специальные окна, а затем командой **SOLDRAW** довести их до проекций.

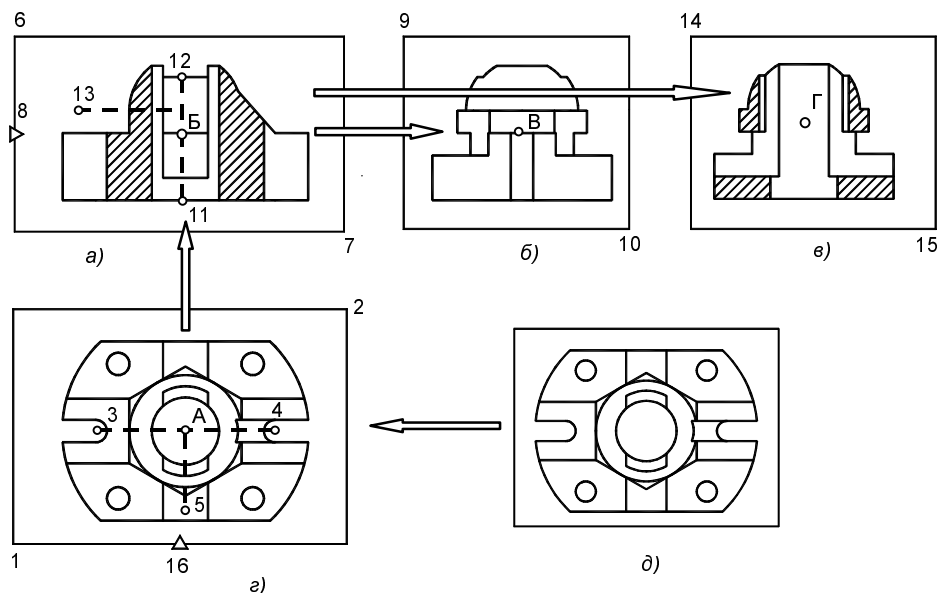


Рис. 3.3. Схема построения видов и простых разрезов к заданию "Простые виды и разрезы"

На рис. 3.3 показано построение проекций и разрезов для получения чертежа рассматриваемой модели. Это вид сверху (рис. 3.3, *г*), фронтальный разрез (рис. 3.3, *а*), вид слева (рис. 3.3, *б*) и профильный разрез (рис. 3.3, *в*). Последние два изображения на чертеже будут объединены в единое, содержащее половину вида и половину разреза.

Вид сверху

Применим команду `SOLVIEW` с опцией **ucs**. В этом варианте команда создает вид в плане ПСК, мировой или текущей:

- ☐ перейдите в исходное окно и убедитесь, что в нем установлена МСК;
- ☐ `solview` или укажите кнопку  панели **Solids** \ **u** — опция **ucs** \ ПЩ — т. е. текущая ПСК \ задайте масштаб 1 \ укажите курсором положение центра вида (точка *A*, см. рис 3.3, *г*) — возникло изображение с центром в указанной точке, изображение можно перемещать, указывая новое положение точки *A* \ ПЩ — утвердите положение вида \ создайте рамку видового окна, указав два противоположных угла рамки, например, точки 1 и 2 \ присвойте окну имя, например — *top* \ ПЩ.

Результат

Создано новое видовое окно (см. рис. 3.3, *г*). В окне видна модель, дан вид сверху. Созданы четыре новых слоя: слой *Vports*, на который помещена рамка окна, слой *top-Vis* для последующего размещения на нем линий видимого контура проекции, *top-Hid* — для линий невидимого контура и *top-Dim* — для постановки размеров на виде сверху. При построении разреза создается еще один слой с префиксом *HAT* для линий штриховки. Созданные слои можно посмотреть в окне управления слоями, например, командой `LAYER`.

"Доведем" окно, т. е. построим в нем вид сверху как проекцию модели:

- ☐ `soldraw` или укажите кнопку  \ укажите рамку специального окна вида сверху, созданного командой `SOLVIEW` \ ПЩ.

Результат

В окне построена проекция — вид сверху. Слой с исходной *solid*-моделью избирательно заморожен в данном окне.

Ортогональные проекции и простые разрезы

Для построения ортогональных проекций нужно применить команду `SOLVIEW` с опцией **Ortho**, для разреза — ту же команду с опцией **Section** (Секция). Команда `SOLVIEW` применяется к ранее созданному окну и форми-

рует новое окно. Так, для проекции вида спереди и фронтального разреза за основу берется любое окно, в котором установлен вид сверху (см. рис. 3.3, *г*, *д*). Вид слева и профильный разрез можно получить на основе окна вида спереди или фронтального разреза, как на рис. 3.3, *а*. Их можно построить также на основе одного из окон, содержащих вид сверху, но в последнем случае полученное изображение потребуется повернуть на 90°.

При построении *разреза* команда **SOLVIEW** потребует указать секущую плоскость. Так как плоскость разреза проецирующая, то потребуются указать лишь две точки плоскости. Их можно задать с помощью объектной привязки как характерные точки детали. Если секущая плоскость параллельна одной из плоскостей проекций, то достаточно задать одну точку с объектной привязкой, а для задания второй сместить курсор в режиме **Ortho** и указать произвольную точку. Например, для построения фронтального разреза детали (см. рис. 3.3, *г*) следует с объектной привязкой **Center** (Центр) указать точки 3 и 4, как центры дуг, или указать центр окружности отверстия, затем, в режиме **Ortho**, указать любую точку справа или слева от центра.

При построении *ортогонального вида* команда **SOLVIEW** потребует задать направление проецирования. Направление задается путем указания средней точки одной из сторон рамки исходного видового окна. Так, для вида спереди потребуется указать точку 16, а для построения вида слева — точку 8 (см. рис. 3.3, *а*, *г*).

Фронтальный разрез и вид спереди

Начнем с фронтального разреза:

- **solview \ s** — опция **Section** \ задайте положение секущей плоскости, для этого активизируйте окно вида сверху, исходное или специальное, включите объектную привязку **Center** и укажите точки 3 и 4 (см. рис. 3.3, *г*), либо примените другие варианты задания секущей плоскости \ переместите курсор вниз и укажите точку 5, определив тем самым направление проецирования \ задайте масштаб нового изображения равным 1 \ переместите курсор вверх и укажите точку Б как центр окна фронтального разреза (см. рис. 3.3, *а*), указывать можно несколько раз \ ПЩ — утвердите положение окна \ определите прямоугольник видового окна, указав точки 6 и 7 \ присвойте окну имя, например, **front_s \ ПЩ**.

Результат

Создано специальное окно для фронтального разреза. Созданы еще четыре новых слоя, имена которых начинаются с имени видового окна, а суффиксы соответствуют назначению слоя, как это было сказано для окна вида сверху. Например, слой **front_s -Vis** для последующего размещения на нем линий видимого контура формируемого разреза.

"Доведем" окно, т. е. построим в нем разрез модели:

- ❑ `soldraw \` укажите рамку созданного окна \ ПЩ — построен разрез, выполнена его штриховка.

Если в вашем варианте задания требуется создать вид спереди, то выполните:

- ❑ `solview \ o` — опция **Ortho** \ укажите точку 16 на нижней стороне рамки окна вида сверху (см. рис. 3.3, *з*) \ задайте масштаб вида равным 1 \ укажите точку В как центр окна вида \ ПЩ \ укажите угловые точки 6 и 7 \ присвойте окну имя, например, *front* \ ПЩ;
- ❑ `soldraw \` укажите рамку созданного окна вида \ ПЩ — построен вид спереди.

Вид слева и профильный разрез

Построение аналогично предыдущему. Только за исходное окно нужно взять окно вида спереди:

- ❑ `solview \ o` — опция **Ortho** \ укажите точку 8 на левой стороне рамки окна вида спереди (см. рис. 3.3, *а*) \ задайте масштаб вида равным 1 \ укажите точку В как центр окна вида слева (см. рис. 3.3, *б*) \ ПЩ \ укажите угловые точки окна 9 и 10 \ присвойте окну имя, например, *left* \ ПЩ — создано специальное окно для вида слева;
- ❑ `solview \ s` — опция **Section** \ задайте положение секущей плоскости, для этого активизируйте окно вида спереди, включите объектную привязку **Midpoint** (Середина) и укажите точки 11 и 12 (см. рис. 3.3, *а*) \ переместите курсор влево и укажите точку 13 \ задайте масштаб нового изображения равным 1 \ переместите курсор вправо и укажите точку Г — центр окна профильного разреза (см. рис. 3.3, *в*) \ ПЩ \ определите прямоугольник видового окна, точки 14 и 15 \ присвойте окну имя, например, *left_s* \ ПЩ — создано окно для профильного разреза;
- ❑ `soldraw \` укажите рамки созданных окон вида и разреза \ ПЩ — построены вид слева и профильный разрез.

Итак, построены все требуемые для чертежа виды и разрезы. Изображения размещены в видовых окнах. В этих окнах слой с исходной *solid*-моделью избирательно заморожен, т. е. содержатся только линии, образующие плоские проекции — виды и разрезы.

Если сечения разрезов заштрихованы неприемлемым типом штриховки (это возможно, если заранее не задали образец штриховки `ansi31` в переменной `HPNAME`), скорректируйте штриховку:

- ❑ `hatchedit` или команду можно вызвать из меню **Modify** (Редакт) \ **Object** (Объект) \ **Hatch** (Штриховка) \ укажите штриховку (можно просто дважды щелкнуть левой кнопкой мыши по редактируемой штриховке) и в открывшемся диалоговом окне скорректируйте ее параметры \ ПЩ.

3.4. Вынос проекций на лист

Проекции модели, составляющие основу ее чертежа, созданы и на данном этапе находятся в пространстве модели. Для получения чертежа (см. рис. 3.2) требуется построить изображение, содержащее половину вида слева с половиной профильного разреза, построить местный разрез, проставить размеры, разместить проекции внутри рамки формата и др. Есть два варианта выполнения этих действий.

Первый вариант предусматривает продолжение работы над проекциями в пространстве модели, в тех же видовых окнах, в которых проекции были созданы. Этот вариант, называемый далее *оконным*, рассмотрен в разд. 6.5.

По второму варианту проекции выносятся из пространства модели на лист, и все работы по редактированию и компоновке чертежа производятся в единой плоскости и пространстве листа. Вынос проекций на лист, хотя и потребует дополнительных трудозатрат, в последующем существенно упрощает простановку размеров и оформление чертежа. Применим вариант с *выносом на лист*.

Новый лист

Выносимые на лист проекции можно размещать на том же листе, на котором находятся видовые окна. Однако удобнее создать новый, третий лист и на нем завершать чертеж. Для создания третьего листа:

- ❑ **Insert** (Вставка) \ **Layout** (Лист) \ **New Layout** (Новый лист) \ задайте имя нового листа, например, *Чертеж*. Далее выполните настройку нового листа так же как и предыдущих, т. е. удалите дежурное видовое окно, настройте лимиты по формату А3 и отобразите их на экране.

Новый лист можно создать и через контекстное меню, вызываемое щелчком правой кнопкой мыши по одной из существующих закладок.

Вынос на лист через буфер обмена

- ❑ Активизируйте окно, линии которого выносите на лист (например, окно вида сверху) — сделайте двойной щелчок левой кнопкой мыши по области окна.

Убедитесь, что в активном окне ПСК параллельна плоскости вида. Иначе установите ее таковой:

- ❑ `ucs \ v` — опция **View** (По виду окна) или укажите кнопку  панели инструментов UCS;

- ❑ укажите кнопку  стандартной панели инструментов \ выберите рамкой все линии, образующие проекцию \ ПЩ — линии, составляющие изображение, скопированы в буфер обмена;
- ❑ перейдите на лист, указав закладку этого листа (в нашем примере это *Чертеж*) \ укажите кнопку  той же стандартной панели — появился след изображения, перемещаемый вслед за курсором \ укажите точку вставки изображения, поместив его на свободное место экрана — изображение вынесено на лист.

Вынос на лист созданием блока

Вынос через буфер обмена простой, но не надежный вариант. Иногда вместо изображения появляется прямая линия, т. е. изображение вставляется перпендикулярно экрану. В этом случае следует применить вставку через блок:

- ❑ активизируйте видовое окно и убедитесь, что ПСК в этом окне параллельна плоскости вида;
- ❑ **Draw** (Рисование) \ **Block** (Блок) \ **Make** (Создать) \ в диалоговом окне создания блоков задайте имя блока, например, 1 \ укажите кнопку **Pick Point** (Укажи точку), задайте точку вставки, например, левый нижний угол конвертируемой проекции \ укажите кнопку **Select Objects** (Выбери объекты), выберите все линии, заключаемые в блок \ задайте режим **Retain** (Сохранить), при котором создается блок и сохраняется исходный объект \ **OK** — создан блок из всех линий видового окна;
- ❑ перейдите на лист (в нашем примере это *Чертеж*) и вставьте созданный блок;
- ❑ **Insert** (Вставка) \ **Block** (Блок) \ задайте имя вставляемого блока \ **OK** \ на экране укажите точку вставки изображения.

Повторите указанные действия для остальных окон, т. е. переведите на лист изображения всех созданных видов и разрезов. Изображения разместите подобно тому, как были размещены их видовые окна (см. рис. 3.3).

После копирования проекции из пространства модели на лист проекцию в пространстве модели можно удалить для уменьшения объема файла. Можно удалить и видовое окно.

3.5. Редактирование изображений

Изображения, которые AutoCAD построил в автоматическом режиме, могут потребовать редактирования (доработки) для приведения их в соответствие с ЕСКД. Так, для рассматриваемой детали необходимо на фронтальном разре-

зе удалить штриховку с ребра жесткости, создать изображение, содержащее половину вида слева, совмещенную с половиной профильного разреза, и построить местный разрез.

Ребро жесткости

Согласно ГОСТ 2.305-68 тонкие стенки, например, ребра жесткости в продольных по отношению к ним разрезах показываются незаштрихованными. Это повышает наглядность чертежа. В нашем примере деталь имеет ребро жесткости, разрезаемое вдоль. AutoCAD, "не зная" указанного выше требования, показывает на фронтальном разрезе ребро жесткости заштрихованным (рис. 3.4, а). Необходимо стереть штриховку разреза, построить контур ребра и заново выполнить штриховку разреза, не включая ребро в контур штриховки.

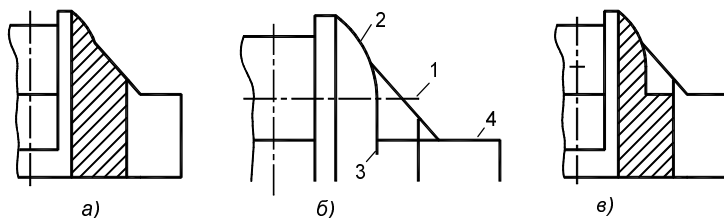


Рис. 3.4. Удаление на разрезе штриховки ребра жесткости

Штриховку разреза AutoCAD выполняет воедино для всего сечения. Поэтому приходится командой `ERASE` удалить всю штриховку разреза (рис. 3.4, б). Контур ребра проще всего воссоздать на основе имеющихся линий контура в следующей последовательности. Провести горизонтальную ось сферы 1. Командой `EXTEND` удлинить дугу 2 до оси 1 — восстановлен очерк сферы. Из нижней конечной точки дуги провести вертикальный отрезок 3 — очерк призмы. До него удлинить горизонтальный отрезок 4 контура основания. После этого командой `TRIM` осталось удалить лишние сегменты отрезков 3 и 4 и заново выполнить штриховку разреза (рис 3.4, в).

Совмещение половины вида с половиной разреза

Совмещение выполняют с целью повышения информативности изображений и сокращения их количества на чертеже. Пример построения изображения, совмещающего половину вида слева с половиной профильного разреза, показан на рис. 3.5.

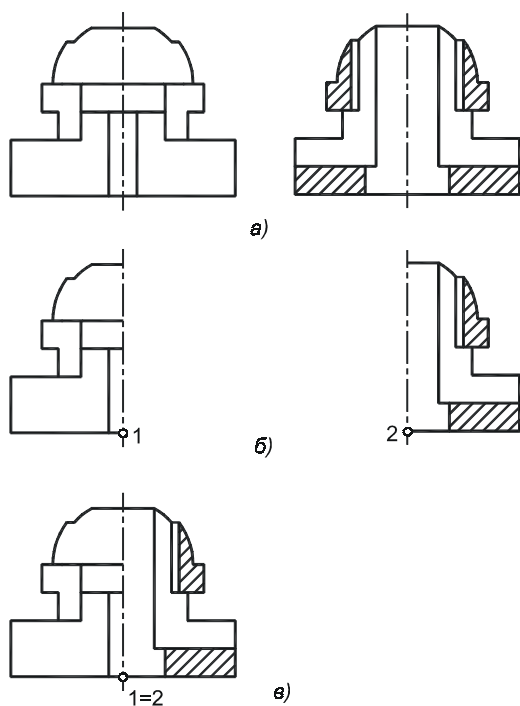


Рис. 3.5. Создание изображения, совмещающего половину вида слева с половиной профильного разреза:
 а — исходные изображения; б — удаление половины каждого изображения;
 в — совмещение по точкам 1 и 2

Обратите внимание, что на совмещенном изображении вид выполняется в левой части, а разрез — в правой:

- ❑ на исходных изображениях вида и разреза (рис. 3.5, а) проведите вертикальные оси симметрии, применяя режим **Ortho** и объектную привязку **Midpoint** (Середина);
- ❑ командами **TRIM** и **ERASE** удалите часть вида, расположенную справа от оси, и часть изображения разреза слева от оси (рис. 3.5, б). Если изображения являются вставками блоков (при указании выделяются как единое целое), их нужно предварительно "взорвать" командой **EXPLODE**;
- ❑ поскольку штриховка разреза выполнена воедино для всего разреза, то ее придется полностью удалить (позднее выполним ее заново для правой части разреза);
- ❑ командой **MOVE** совместите подготовленные части изображений, например, перенесите изображение разреза до совмещения с видом. В качестве

базовой точки перемещения можно с объектной привязкой указать точку 2, а в качестве второй точки перемещения — точку 1 (рис. 3.5, б, в).

В общем случае совмещение изображений выполняется по осевой линии, как на рис. 3.5, в. Однако имеется ряд исключений, когда с осью симметрии совпадает проекция ребра призмы или пирамиды. В этом случае на чертеже необходимо пояснить, к какой части изображения относится ребро. Для этого проводят линию обрыва, смещая тем самым границу вида и разреза так, чтобы подчеркнуть видимость ребра. Например, на рис. 3.6, а показан фрагмент чертежа модели, у которой на наружной поверхности имеется ребро призмы, совпадающее с осью симметрии проекции. Чтобы подчеркнуть принадлежность ребра к виду, проведена линия обрыва, смещенная вправо от оси и расширяющая область вида. На рис. 3.6, б ребро находится на внутренней поверхности модели, поэтому проведена линия обрыва, расширяющая область разреза. На рис. 3.6, в дан пример совмещения, когда ребро есть и на наружной, и на внутренней поверхности модели.

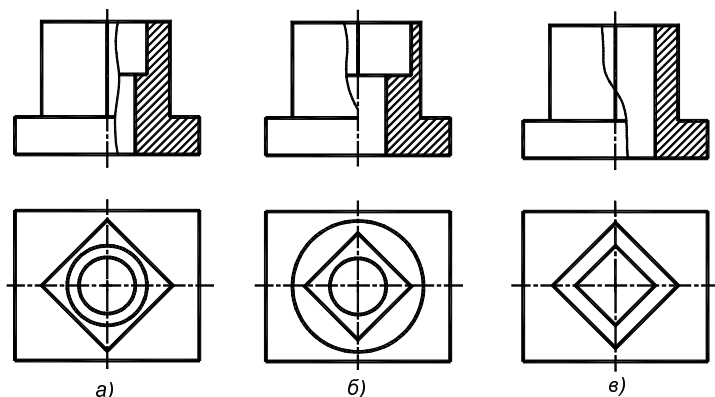


Рис. 3.6. Совмещение половины вида и половины разреза при наличии ребра, расположенного по оси симметрии:

а — наружное ребро; б — внутреннее ребро;
в — два ребра, наружное и внутреннее

Линия совмещения в рассмотренных частных случаях проводится как тонкая сплошная волнистая линия чертежа. Для ее построения применяют команду `PLINE` (Ломаная) или `SPLINE` (Сплайн). Линию сначала проводят с некоторым запасом (рис. 3.7), затем подрезают по контуру командой `TRIM`. Для удлинения линий контура в сторону линии обрыва применяют команду `EXTEND` (Удлини). Для обрезки линий другой части изображения применяют команду `TRIM`.

Местный разрез

Для построения местного разреза нужно дополнить вид линиями внутреннего контура, выявляемого разрезом, провести линию обрыва и выполнить штриховку. На рис. 3.7 показан пример выполнения местного разреза, поясняющего форму крепежного отверстия детали. Разрез выполнен на месте вида слева (см. рис. 3.2).

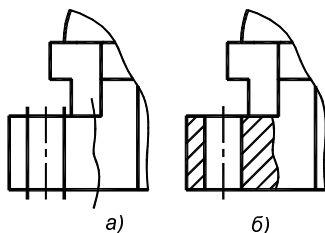


Рис. 3.7. Местный разрез:

а — построение внутреннего контура и линии обрыва;

б — подрезка линий и штриховка

3.6. Компонировка чертежа

После того как изображения чертежа созданы и отредактированы, разместим их внутри рамки формата А3 (рис. 3.8). Выбор этого формата продиктован размерами изображений.

Вставьте на лист рамку и основную надпись формата А3:

- ☐ **Insert** (Вставка) \ **Block** (Блок) \ в диалоговом окне укажите **Browse** (Обзор), найдите и укажите файл a3.dwg \ **ОК**;
- ☐ укажите точку вставки (0,0) \ согласитесь с остальными предложениями диалогового окна \ **ОК**.

Если изображения были расчленены на линии, то перед компоновкой целесообразно их временно конвертировать в блоки и перемещать как единое целое. Для конвертирования:

- ☐ **Draw** (Рисование) \ **Block** (Блок) \ **Make** (Создать) \ в диалоговом окне создания блоков задайте имя блока, например, 5 \ **Pick Point** (Укажи точку) — задайте точку вставки, указав, например, левый нижний угол конвертируемой проекции \ **Select Objects** (Выбери объекты) — выберите все линии, заключаемые в блок; задайте режим **Convert to block** (Преобразовать в блок) \ **ОК** — создан блок из всех линий видового окна;

Результат

Вид спереди установлен в проекционной связи относительно вида сверху.

Подобным образом перемещаем изображение вида слева:

- ❑ move \ выберите все линии вида слева \ ПЩ \ укажите в качестве базовой угловую точку 3 \ коснитесь курсором угловой точки 4 вида спереди \ переместите курсор вправо — должна возникнуть горизонтальная линия слежения \ в режиме слежения укажите положение перемещаемого изображения.

Проекционной связи можно также добиться перемещением с применением точечных фильтров или вспомогательных вертикальных и горизонтальных линий. Последующие перемещения проекций на чертеже нужно выполнять в режиме **ORTHO**, сохраняя установленную проекционную связь.

Если проекции были конвертированы в блоки, то после завершения компоновки их нужно расчлнить командой **EXPLODE**.

3.7. Простановка размеров

Будем придерживаться геометрического метода простановки размеров, по которому деталь рассматривается состоящей из простых геометрических фигур. Для каждой фигуры необходимо задать размеры, определяющие ее форму и положение. Например, параллелепипед задается тремя размерами формы (длина, ширина и высота), цилиндр — двумя размерами, сфера — одним. Положение каждой фигуры определяется еще как минимум тремя размерами, например, XYZ-координаты угла параллелепипеда или центра сферы. Размеры, определяющие взаимосвязь между фигурами, называются координатными; размеры габаритов всей детали — габаритными.

Если размеры ставят на совмещенном изображении вида и разреза, то размеры, относящиеся к виду, ставят со стороны вида, а размеры, относящиеся к разрезу, — со стороны разреза. Это правило поясняется на рис. 3.9, *а*, где показаны размеры, проставленные на совмещенном изображении вида слева и профильного разреза (также см. рис. 3.2). Размеры 20, 40 и R25 относятся к видимому контуру проекции и проставлены со стороны вида, остальные размеры относятся к внутренним элементам и показаны на разрезе.

На примере рис. 3.9, *а*, в дополнение к *разд. 1.3*, рассмотрим еще ряд особенностей простановки размеров.

- ❑ Выполните настройку размерных параметров, создав новый размерный стиль (см. *разд. 1.3*).
- ❑ Перейдите на слой *Размеры*.

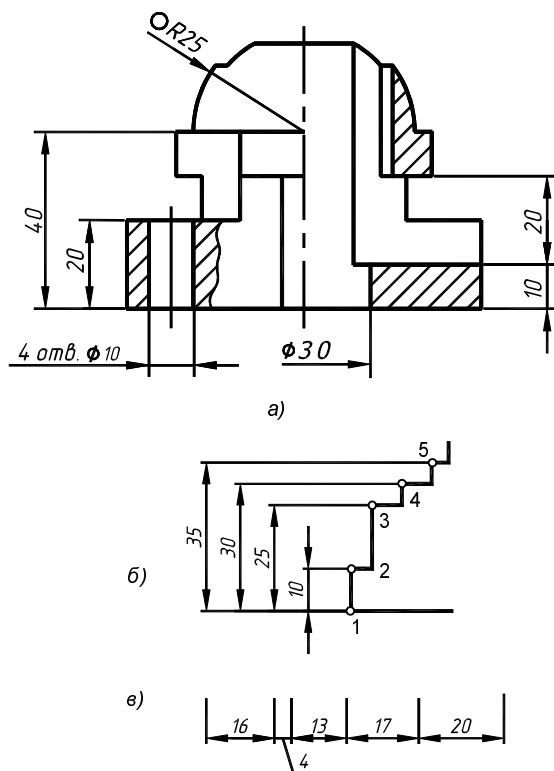


Рис. 3.9. Примеры простановки размеров:
 а — на совмещенном изображении вида и разреза;
 б — размеры от базы; в — последовательная цепочка размеров

Размерные цепи

Линейные размеры можно ставить автономно командой `DIMLINEAR`. Однако если на чертеже имеется цепь размеров, проставленных от общей базы, (рис. 3.9, б), то целесообразно применить команду `DIMBASELINE`. Для последовательной цепочки (рис. 3.9, в) предназначена команда `DIMCONTINUE`.

Для простановки размеров от базы нужно в размерном стиле задать расстояние между параллельными размерными линиями, затем командой `DIMLINEAR` проставить первый размер, указав первой выносную линию, соответствующую базовой линии, т. е. точку 1, затем точку 2. Для остальных размеров цепи достаточно применить команду `DIMBASELINE`, указывая по одной точке каждого размера — точки 3, 4, 5:

☐ `dimstyle` или укажите кнопку  панели инструментов **Dimensions** \ укажите закладку **Lines and Arrows** (Линии и стрелки) \ задайте параметр

Baseline Spacing (Интервал), задающий расстояние между размерными линиями, равным 8...10 мм.

На рис. 3.9, *a* размерами от общей базы являются вертикальные размеры 20 и 40, проставленные от нижнего основания детали. Рассмотрим их простановку. Первый размер:

- ☐ `dimlinear` \ укажите точку нижней базовой выносной линии \ укажите точку второй выносной линии \ отведите курсор на 7...12 мм от контура и укажите положение размерной линии.

Последующие размеры от той же базы:

- ☐ `dimbaseline` или укажите кнопку  \ укажите верхнюю точку размера 40 — размер проставлен.

Примером цепочки последовательных размеров являются вертикальные размеры 10 и 20:

- ☐ `dimlinear` \ проставьте размер 10;
- ☐ `dimcontinue` (кнопка ) \ укажите верхнюю точку размера 20 — проставлен размер на продолжении предыдущего.

Диаметр как линейный размер

Диаметры цилиндра или конуса, а также соответствующих им отверстий, рекомендуется проставлять на изображениях, где показаны образующие, а не на окружности основания. Примером являются размеры отверстий $\varnothing 10$ и $\varnothing 30$ (см. рис. 3.9, *a*). Размер проставляется как линейный командой `DIMLINEAR`, но требуется добавить символ $\varnothing$. Поскольку символ отсутствует на клавиатуре, то для него предусмотрена кодировка, состоящая из символов "`%%C`", где *C* — вводится латинским шрифтом, прописная или строчная.

Рассмотрим простановку линейного размера $\varnothing 10$:

- ☐ `dimlinear` \ укажите две точки начала выносных линий \ `t` — опция **Text** (Текст) \ введите с клавиатуры `%%c10` \ укажите положение размерной линии.

Если требуется дополнительно указать количество отверстий, как на рис. 3.9, *a*, то следует ввести: *4отв.* `%%c10`.

Можно проставить линейный размер в обычном режиме, без указания дополнительных символов и надписей, а затем добавить их при редактировании размера командой `DDEDIT` или из меню **Modify** (Редакт) \ **Object** (Объект) \ **Text** (Текст) \ **Edit** (Редактируй). Той же командой можно добавить обозначение сферы к размеру R25, получив надписи *OR25* либо *Сфера R25* (см. рис. 3.9, *a*).

Размеры с односторонней стрелкой

Размеры с односторонней стрелкой выполняются на разрезах, совмещенных с видом. На рис. 3.9 — это размер $\varnothing 30$. Возможны два варианта простановки таких размеров.

Первый вариант — расчленение размера. Проставить двухсторонний размер, затем командой **EXPLODE** расчленить размер на отрезки прямых, стрелки и текст и удалить лишние графические элементы. Этот вариант прост, однако расчлененный размер перестает быть особым примитивом и не подлежит дальнейшему редактированию размерным стилем. Вариант рекомендуется при небольшом количестве подобных размеров на чертеже.

Второй вариант — создание нового размерного стиля. В настройке параметров стиля необходимо подавить вторую (по порядку указания) выносную линию и вторую стрелку. Создадим такой стиль с именем, например, **diam1**:

- ☐ **Dimension** (Размеры) \ **Style** (Стиль) \ в окне существующих стилей укажите тот, которым выполняются размеры чертежа, он будет взят за основу \ **New** (Новый) \ Задайте имя нового стиля \ **Continue** (Продолжить);
- ☐ укажите закладку **Lines and Arrows** (Линии и стрелки), **Dimension Lines** (Размерные линии), **Suppress Dim Line 2** (Удалить размерную линию 2), **Extension Lines** (Выносные линии), **Suppress Ext Line 2** (Удалить выносную линию 2);
- ☐ укажите закладку **Primary Units** (Основные единицы), **Linear Dimensions** (Линейные размеры), **Prefix** (Префикс) — ввести в окно %%C (напомним, что это кодировка знака $\varnothing$) \ **OK** \ **Set Current** (Сделать текущим) \ **Close** (Закрыть).

3.8. Построение аксонометрической проекции

Назначение аксонометрии — наглядность изображения. В отличие ортогональных проекций чертежа, в аксонометрии деталь проецируют так, чтобы грани не вырождались в прямые линии, а ребра не вырождались в точки. Сравните по чертежу, приведенному на рис. 3.2, аксонометрическое изображение модели с ее ортогональными видами спереди, сверху, слева. Одного аксонометрического изображения достаточно для восприятия пространственной формы модели, тогда как по ортогональным видам чертежа необходимо одновременно анализировать как минимум два изображения. Однако ортогональные виды чертежа просты в построении, и по ним легко выполнить измерения детали. Аксонометрические же проекции при их высокой наглядности, напротив, сложны в реализации, особенно при традиционной технике их построения карандашом на бумаге. В аксонометрии размеры

изображения отличаются от размеров модели, причем степень отличия зависит от угла проецирования. Это также осложняет работу с аксонометрическим изображением.

Аксонометрические виды

В зависимости от направления проецирования может быть получено бесконечное множество аксонометрических изображений разной степени наглядности. Ряд аксонометрических проекций, сочетающих наглядность и простоту построения (карандашом на бумаге), стандартизованы в ГОСТ 2.317-69. К ним, в частности, относятся наиболее распространенные аксонометрические проекции — ортогональная изометрия и ортогональная диметрия.

В компьютерном 3D-моделировании модель можно увидеть с любой точки зрения, вращая ее (точнее, вращаясь вокруг нее) с помощью команды

`3DORBIT` . Следовательно, можно получить изображение требуемой наглядности, в том числе и указанные выше стандартные проекции.

При построении аксонометрии модель связывают с декартовой системой координат и проецируют вместе с ней. Проекции осей декартовой системы образуют аксонометрические оси.

Ортогональная изометрия

Характеризуется тем, что грани модели, параллельные координатным плоскостям декартовой системы, наклонены к плоскости проекции (плоскости экрана) под одним и тем же углом. Происходит равномерное уменьшение размеров изображения по всем направлениям аксонометрических осей.

В AutoCAD предусмотрены пространственные точки зрения, обеспечивающие четыре варианта ортогональной изометрии. Для их построения отобразите в видовом окне пространственную модель и выполните:

☐ **View** (Вид) \ **3D Views** (3D-виды) \ укажите строку с одним из вариантов изометрии или укажите одну из кнопок  панели инструментов **View**.

Ортогональная диметрия

Это аксонометрическая проекция, в которой размеры модели по двум аксонометрическим осям уменьшаются в *равной* мере, а по третьей оси — уменьшаются в большей мере, как правило, вдвое по сравнению с первыми двумя осями. На рис. 3.10 *а, б*, показан куб в двух вариантах ортогональной диметрии. Длины отрезков 1-2 и 1-4 равны между собой, длина отрезка 1-5 вдвое меньше каждого из предыдущих. Данная проекция более наглядна, чем ортогональная изометрия.

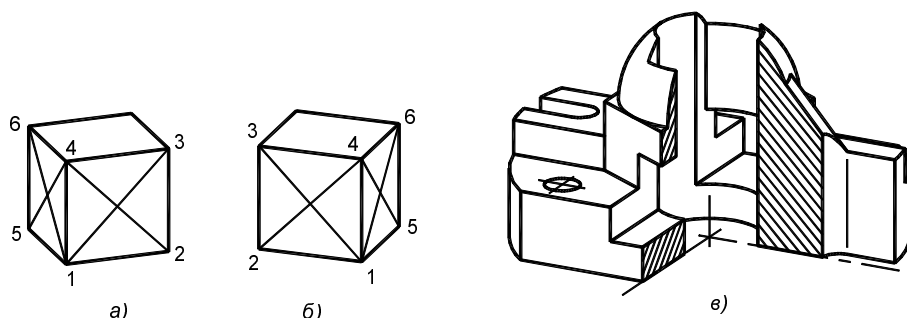


Рис. 3.10. Ортогональная диметрия:
а, б — варианты проекции с различным направлением оси *X*;
в — проекция модели с разрезом

Для задания вида, соответствующего ортогональной диметрии, создайте видовое окно и перейдите в пространство модели. Модель нужно расположить так, чтобы ее длина была направлена вдоль оси *X* мировой системы координат (МСК). Далее:

☐ View \ 3D Views \ Viewpoint Presets (Предустановки вида).

В открывшемся диалоговом окне содержатся две диаграммы, позволяющие установить направление взгляда. Левая диаграмма задает угол вектора взгляда к оси *X* МСК, правая — угол к горизонтальной плоскости *XOY*:

- ☐ на левой диаграмме задайте угол, равный 250° или 290° , это приведет соответственно к варианту *а* или *б* (см. рис. 3.10);
- ☐ на правой диаграмме установите угол 19° .

На рис. 3.2 приведена ортогональная диметрия модели, соответствующая углу 250° , на рис. 3.10, *в* — углу 290° .

Пространственная модель разреза

Для передачи внутренней формы модели аксонометрическое изображение выполняют с пространственным разрезом, например, удалением ближней к наблюдателю четверти модели (рис. 3.10, *в*). Поскольку разрез приводит к изменению пространственной модели, то перед его выполнением модель рекомендуется сохранить, например, как копию модели или копию файла. Для удаления части модели применим команду **SLICE**:

- ☐ установите ПСК по плоскости основания модели, направив ось *X* вдоль основания. Начало координат поместите в точку, задающую пересечение секущих плоскостей. На рис. 3.10, *в* — это центр вертикального отверстия.

Разрежем модель на четыре части плоскостями ZOX и ZOY :

- ☐ `slice` или укажите кнопку  \ укажите модель \ **ZX** (опция, задающая разрез плоскостью ZOX) \ ПЩ — согласитесь с подсказкой (Specify a point on the XY — plane < 0, 0, 0>) \ В — опция **keep Both sides** (Сохранить обе стороны).

В результате модель разрезана вдоль на две части, на ее поверхности видна линия — след секущей плоскости. Аналогично выполните поперечный разрез ближней части:

- ☐ `slice` \ укажите ближнюю половину модели \ **YZ** \ ПЩ \ В;
- ☐ удалите ближнюю четверть модели или "спрячьте" ее на отдельный слой, заморозив его;
- ☐ объедините оставшиеся три четверти модели: `union` \ укажите объединяемые части \ ПЩ;
- ☐ выполните наглядную визуализацию модели с удаленной частью.

Тот же результат можно получить путем вычитания из модели параллелепипеда, размеры которого соответствуют удаляемому объему. Для разреза, показанного на чертеже (см. рис. 3.2):

- ☐ `box` \ 0,0,0 \ -60,-50,80;
- ☐ `subtract` \ укажите модель \ ПЩ \ укажите параллелепипед \ ПЩ.

Аксонометрическая проекция

После задания видовой точки, соответствующей требуемой аксонометрии, модель необходимо спроецировать на плоскость, параллельную плоскости экрана. Это можно сделать, как и раньше, командами `SOLVIEW` и `SOLDRAW`. Однако проще применить команду `SOLPROF`:

- ☐ `solprof` или укажите кнопку  панели инструментов **Solids** \ укажите модель \ ПЩ \ ПЩ — согласитесь с предложением создать плоское изображение \ ПЩ — согласитесь с предложением разместить линии видимого и невидимого контура на разных слоях \ N — откажитесь от предложения удалить линии сопряжения — построена аксонометрическая проекция;
- ☐ `layer` \ в открывшемся окне **Layer Properties Manager** убедитесь, что образовалось два новых слоя с первыми буквами *PH* и *PV*. На слое *PH*... находятся невидимые линии аксонометрической проекции, на слое *PV*... — ее видимые линии;
- ☐ избирательно заморозьте *PH*-слой и слой, на котором находится модель — в видовом окне аксонометрии получена проекция, содержащая только линии видимого контура;

- ☐ перенесите изображение из видового окна на лист через блок (см. разд. 3.4);
- ☐ вынесенное на лист изображение расчлените командой `EXPLODE`.

Штриховка сечений в аксонометрии

Штриховка многих материалов, в том числе металла, имеет наклон 45° . Если выполнить штриховку под данным углом непосредственно на гранях модели, то в аксонометрии наблюдатель увидит штриховку под другим углом. То же относится и к шагу штриховки. Будучи одинаковым при штриховке различных граней модели, в аксонометрии шаг искажается. Чем больше наклонена грань к плоскости вида, тем в аксонометрии наклон штриховки больше и штриховка плотнее.

Наглядность аксонометрического изображения требует передать штриховку с учетом ее искажений, возникающих при проецировании модели на плоскость проекции. Чтобы определить угол и шаг штриховки для произвольной аксонометрической проекции, достаточно построить в пространстве модели куб, расположив его грани параллельно осям МСК, затем перейти на лист и, с объектной привязкой, провести диагонали куба (см. рис. 3.10, *а, б*). Командой `LIST` определить списки данных диагональных отрезков. Угол наклона отрезка 1-3 соответствует наклону штриховки во фронтальной плоскости сечения, а отрезка 1-6 — в профильной. Отношение длины диагонали 2-4 к длине диагонали 4-5 покажет, во сколько раз штриховка в профильной плоскости плотнее, чем во фронтальной.

Параметры штриховки, определенные указанным методом, для стандартных проекций следующие. В *ортогональной изометрии* угол наклона штриховки во фронтальной плоскости сечения равен 60° , в профильной — 120° . Шаг штриховки в этих плоскостях одинаковый.

В *ортогональной диметрии* по варианту, показанному на рис. 3.10, *а* и на чертеже модели (см. рис. 3.2), наклон штриховки во фронтальной плоскости 48° , в профильной 105° . По варианту, показанному на рис. 3.10, *б, в*, наклон во фронтальной плоскости 132° , в профильной 75° . В обоих вариантах штриховка в профильной плоскости плотнее, чем во фронтальной, в 1.77 раза. Например, задав шаг штриховки во фронтальной плоскости равным 2.5 мм, в профильной плоскости его нужно задать 1.4 мм.

Пример штриховки в ортогональной диметрии сечения, образованного фронтальной секущей плоскостью, для металлических материалов:

- ☐ `bhatch` или укажите кнопку  \ в открывшемся диалоговом окне установите в поле **Type** (Тип штриховки) значение **User Defined** (Определенную пользователем), угол (**Angle**) 48° , шаг (**Spacing**) 2.5 \ укажите клавишу **Pick Points** (Выбор точки) \ укажите точку внутри контура сечения —

контур должен выделяться пунктирной линией \ ПЩ \ **Preview** — предварительный просмотр штриховки \ <Esc> или ПЩ соответственно для уточнения или принятия штриховки.

3.9. Завершение чертежа

Заполнение основной надписи

Предварительно командой **STYLE** создадим стиль текста, задав в нем тип и параметры шрифта, близкие к чертежному. Это может быть шрифт **GOST type A** или **GOST type B**, поставляемые с локализованными русскими версиями пакета, **Romans** с углом наклона 15° и последующим приданием ему толщины **LWT**, или курсивные **Arial** и **Arial Narrow**. Высоту шрифта следует задать равной 0 — это условность, при которой высота запрашивается в момент выполнения надписи. Чтобы проверить, поддерживает ли шрифт кириллицу, при задании стиля введите в поле **Preview** характерную для кириллицы букву, например, "ы", и укажите клавишу **Preview**:

- ☐ **style** \ в поле **Font Style** (Стиль шрифта) задайте имя стиля, например, 1 \ в поле **Font Name** (Имя шрифта) выберите шрифт \ **Height** (Высота шрифта), задайте 0 \ проверьте поддержку кириллицы \ **Close**.

Для заполнения основной надписи используем команду **DTEXT**:

- ☐ увеличьте область штампа на весь экран;
- ☐ **dtext** \ укажите начальную точку \ установите высоту текста, например, 2.5, 5 или 7 — в зависимости от высоты заполняемой графы \ ПЩ — согласитесь с горизонтальным положением строки \ вводите текст \ завершите ввод двойным нажатием <Enter>.

Если слово по длине не вмещается в графу, то примените опцию **Fit**:

- ☐ **dtext** \ J — опция **Justify** (выравнивать) \ **Fit** (Подогнать) \ укажите начало и конец текста \ установите высоту текста \ введите текст \ ПЩ \ ПЩ.

Если штамп предварительно заполнен, то целесообразно не переписывать надписи в его графах, а отредактировать их командой **DDEDIT**.

Корректировка толщины линий контура

Линии видимого контура должны иметь толщину 0.7...1 мм. Как правило, на момент построения толщина линий задана как **ByLayer** (По слою). Это свойство отображено в окне панели инструментов **Properties**. В этом случае требуемое значение толщины нужно задать командой **LAYER** (в столбце **Lineweight** диалогового окна, как толщину всех линий слоя, на котором выполнены линии контура).

Если толщина линий была задана каким-либо значением, например — 0.7, то она не зависит от свойств слоя и редактируется в окне панели инструментов **Properties** или одноименной командой.

Толщина линий соответствует своему значению при просмотре или печати только из пространства листа.

Корректировка шага прерывистой линии

Длина штриха осевой линии должна находиться в пределах 10...20 мм. Иначе необходимо скорректировать линейный масштаб. Для одновременного изменения шага всех прерывистых линий:

- ❑ **Format** (Формат) \ **Linetype** (Тип линии) \ в возникшем окне укажите **Details** (Детали) \ измените значение **Global scale factor** (Глобальный масштаб), задав его, например, равным 2 или 0.5 \ **OK**.

Командой **PROPERTIES** или из меню **Modify** (Редакт) \ **Properties** (Свойства) можно задать шаг каждой линии в отдельности. Для этого в диалоговом окне команды нужно найти строку **Linetype Scale** и изменить приведенное значение масштаба.

3.10. Вывод чертежа на печать

Если к компьютеру подключен принтер, то печать выполняется непосредственно из пакета. Если принтера нет, то нужно установить драйвер принтера, на котором предполагается распечатка, и вывести результаты из пакета в файл. Затем перенести файл (на дискете или по сети) на компьютер, к которому подключен принтер, и распечатать. Пакет AutoCAD на втором компьютере не требуется.

Вывод на печать рекомендуется выполнять из пространства листа, которое для этого и предназначено. В наших примерах это условие выполнено, так как объекты чертежа либо вынесены на лист, либо отображены на лист через видовые окна.

Рассмотрим пример распечатки чертежа на струйном или лазерном принтере, предназначенном для работы с форматом A4. Это большинство офисных и домашних принтеров.

Предварительно:

- ❑ по виду пиктограммы **ПСК** (треугольник) убедитесь, что установлен режим листа, или перейдите в этот режим;
- ❑ убедитесь, что подготовленный к печати чертеж выполнен черными линиями на белом фоне, иначе цветные линии будут передаваться как серые;
- ❑ включите кнопку **LWT** отображения толщины линий чертежа.

Дальнейшие действия для версий AutoCAD 2004 и AutoCAD 2005 несколько различны. Рассмотрим оба варианта.

Чертеж формата A4, версия AutoCAD 2004

1. **File** (Файлы) \ **Plot** (Печать) — возникло диалоговое окно **Plot**, содержащее две закладки: **Plot Device** (Устройство печати) и **Plot Settings** (Настройки печати).
2. Укажите закладку **Plot Device**. В поле **Plotter Configuration** (Конфигурация принтера) задайте принтер, на котором будет выполняться печать. Если принтер подключен к компьютеру, то он, как правило, отражен в поле задания принтера. Другой принтер можно найти, раскрыв список.
3. Если печать предполагается на другом компьютере, то активизируйте кнопку **Plot to File** (Печать в файл), задайте директорию и имя файла.
4. Укажите закладку **Plot Settings**. В ней установите книжную (портретную)

ориентацию изображения на странице — кнопка



5. Убедитесь, что размер бумаги установлен как формат A4 или задайте этот формат.
6. Установите в качестве единиц измерения *мм*. Прочтите приведенные в строке **Printable Area** размеры области печати.

Примечание

Область печати всегда меньше, чем размер листа. Например, для принтера HP DeskJet 690C размер области составляет 276×201. Учитывая, что высота внутренней рамки формата A4 составляет 287 мм, приходим к выводу, что чертеж формата A4 не может быть полностью выведен на лист A4. Потребуется некоторое уменьшение.

7. Задайте область, подлежащую выводу на печать. Для этого укажите кнопку **Window** (Окно) и на экране охватите *внутреннюю* рамку формата чертежа.

Примечание

Внутреннюю рамку нужно указывать независимо от того, каков формат чертежа: A4 или A3. Перед определением углов рамки следует увеличить область отображения, указав кнопку

8. В поле **Plot scale** задайте масштаб печати как **Scaled to Fit** (Подогнать по размеру окна). В этом варианте масштаб будет определен автоматически. В нашем примере он составит приблизительно 1:1.05, т. е. 0.95.

9. В поле **Plot Offset** задайте отступ чертежа по оси *X* равным 15...18 мм.
10. Укажите кнопку **Full Preview** (Полный предварительный просмотр).

Примечание

В окне просмотра убедитесь, что внутренняя рамка формата A4 полностью отображена на листе, при этом левое поле чертежа составляет приблизительно 20, а правое 5 мм. При выводе формата A3 правое поле контролируется по второй части чертежа. Увеличив изображение, проверьте передачу толщины линий чертежа. Для завершения просмотра укажите клавишу <Esc> — произошел возврат в диалоговое окно настройки печати. Если просмотр выявил недостатки настройки печати, устраните их и повторите просмотр.

11. **ОК** — чертеж отправлен на печать или подготовленные результаты сохранены в файл.

Чертеж формата A4, версия AutoCAD 2005

1. **File** (Файлы) \ **Plot** (Печать) — возникло диалоговое окно **Plot**.
2. В правом нижнем углу окна **Plot** укажите стрелку — раскроется правая часть окна с дополнительными опциями.
3. В поле **Printer/Plotter** задайте принтер, на котором будет выполняться печать. Принтер можно найти в окне раскрывающегося списка поля **Name** (Имя).
4. Если печать предполагается на другом компьютере, то активизируйте кнопку **Plot to File** (Печать в файл).
5. В поле **Drawing Orientation** (Ориентация рисунка), расположенном в правой нижней части окна, установите **Portrait** (Портретная).
6. В поле **Paper Size** (Размер бумаги) установите формат A4. В поле предварительного просмотра **Partial Preview** прочтите размеры листа, они должны быть 210 мм на 297 мм. Установив курсор на окно предварительного просмотра, прочтите размер области печати (см. также примечание к п. 6 предыдущего раздела).
7. В поле **Plot Area** задайте область, подлежащую выводу на печать. Для этого в списке **What to Plot** (Что печатать) укажите **Window** (Окно). Если этот выбор был ранее сделан, то укажите расположенную рядом кнопку **Window**. На экране охватите *внутреннюю* рамку формата (см. выше примечание к п. 7 вывода в AutoCAD 2004).
8. В поле **Plot scale** задайте масштаб печати. Для этого в поле **Scale** установите первоначально масштаб 1:1. В этом случае в окне предварительного просмотра показана красная полоса, сигнализирующая, что выводимый чертеж не размещается в области печати принтера. Поэтому в поле **Units** введите значение 1.03...1.05, добиваясь исчезновения указан-

ной красной полосы в окне предварительного просмотра. Чем меньше введенное значение **Units**, тем ближе масштаб напечатанного чертежа к 1:1. При значении **Units** равном 1.05 масштаб чертежа после вывода на печать составит 1:1.05, т. е. 0.95. Таков вынужденный масштаб уменьшения при условии полного размещения чертежа на листе бумаги A4 на выбранном принтере.

9. В поле **Plot Offset** задайте отступ чертежа по оси *X* равным от 15 до 18 мм.
10. Укажите кнопку **Preview** (Предварительный просмотр). О предварительном просмотре см. выше примечание к п. 10 вывода в AutoCAD 2004.
11. После завершения настроек укажите кнопку **Apply to Layout** — настройки будут сохранены и привязаны к текущей закладке листа.
12. **OK** — чертеж отправлен на печать. Если был задан режим сохранения в файл, то откроется диалоговое окно, в котором следует задать директорию и имя файла.

Вывод в масштабе 1:1

Если при использовании принтера с размером бумаги A4 уменьшение масштаба при выводе на печать нежелательно, то в п. 8 нужно задать масштаб 1:1. Распечатать придется на два листа с последующей их склейкой. Область печати на втором листе должна быть задана со смещением по оси *Y* равным от -10 до -20.

Чертеж формата A3

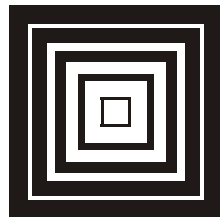
Очевидно, что при использовании принтера с размером бумаги A4 чертеж можно распечатать как минимум на двух листах. Повторите предыдущую последовательность действий — будет распечатана или сохранена в файл левая часть чертежа.

Для распечатки правой части вновь вызовите окно печати и, *не изменяя области чертежа и масштаба*, задайте смещение по оси *X* = -180. Повторите предварительный просмотр, контролируя размещение на странице правой границы рамки. Отправьте правую часть чертежа на печать или в файл. При выводе в файл задайте имя файла для правой части чертежа.

Вывод на печать из файла

Допустим, результаты были сохранены в файл с именем name (это полное имя файла, включающее расширение plt или prn). Для вывода этого файла на печать достаточно выполнить команду "copy name /B prn" или "copy name /B LPT1:". Выполнить команду можно из командной строки Windows (**Пуск \ Выполнить**) или из оболочки Norton Commander (или ей подобной).

Глава 4



Ступенчатый разрез. Наклонное сечение

Приступим к выполнению второй работы задания "Проекционное черчение". Целью работы является более подробное изучение техники построения чертежа по 3D-технологии, в частности, особенностей построения *сложного ступенчатого разреза и наклонного сечения*.

4.1. Содержание работы

Дано

Два изображения детали (рис. 4.1) — виды спереди и сверху, на которых заданы сложный ступенчатый разрез и наклонное сечение.

Требуется

Построить чертеж по 3D-технологии. Чертеж должен содержать:

1. Заданный ступенчатый разрез на месте одного из основных видов.
2. Два других основных вида.
3. Профильный разрез, совмещенный с видом слева.
4. Необходимые местные и дополнительные виды и местные разрезы.
5. Истинный вид наклонного сечения.
6. Размеры.
7. Аксонометрическое изображение детали с разрезом.
8. Чертеж необходимо оформить в соответствии с требованиями ЕСКД и вывести на печать.

На рис. 4.1 дан пример исходных данных одного из вариантов задания¹. Далее рассмотрено выполнение этого варианта задания. Итоговый чертеж приведен на рис. 4.4.

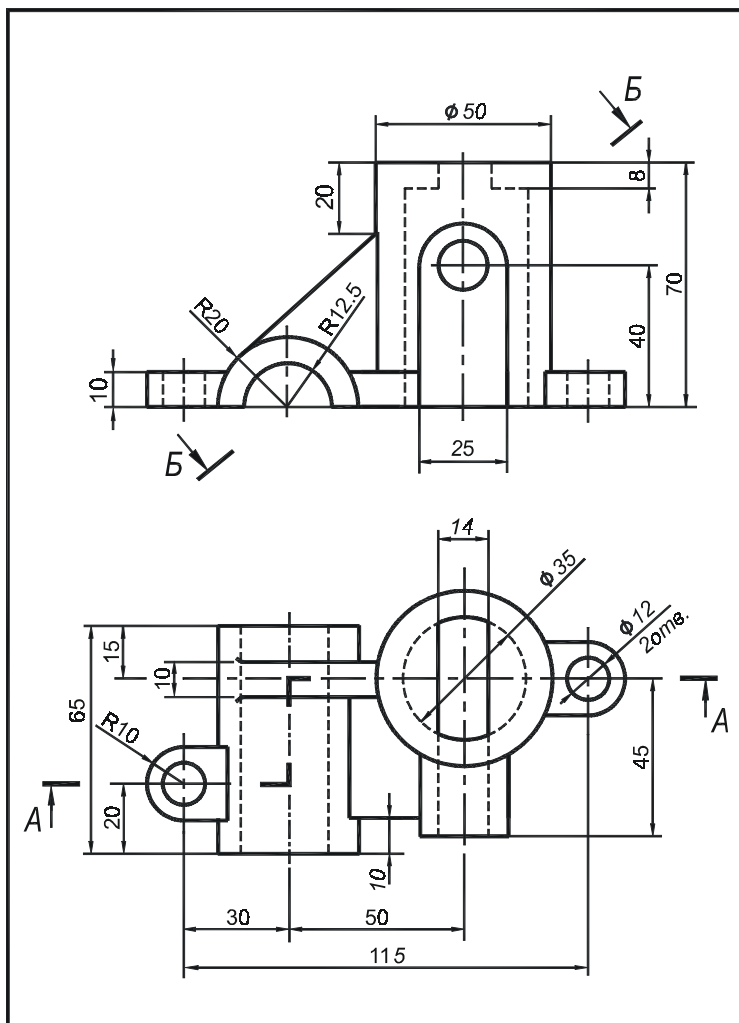


Рис. 4.1. Исходные данные работы "Ступенчатый разрез"

¹ Другие варианты — см. Приложение 2.

4.2. Особенности построения ступенчатого разреза

Разрез называют *сложным*, если он выполнен несколькими секущими плоскостями. Сложные разрезы применяют для сокращения количества изображений на чертеже, повышения их информативности.

Сложный разрез называется *ступенчатым*, если образующие его секущие плоскости параллельны между собой. При выполнении ступенчатого разреза применяют две и более секущие плоскости, которые проходят через внутренние элементы детали — отверстия, пазы, углубления и т. п. Положение секущих плоскостей отмечается на чертеже разомкнутой линией. На рис. 4.1 ступенчатый разрез А–А задан двумя плоскостями. На рис. 4.2 показаны варианты разреза тремя плоскостями. На начальном и конечном штрихах разомкнутой линии ставят стрелки, указывающие направление взгляда. Места перехода от одной секущей плоскости к другой отмечают изломами линии сечения. На крайних элементах разомкнутой линии, с ее наружной стороны, ставят обозначение разреза. Размеры крайних штрихов по 8...15 мм, как для простых разрезов (см рис. 3.1). Штрихи излома линии выполняют длиной 3...5 мм.

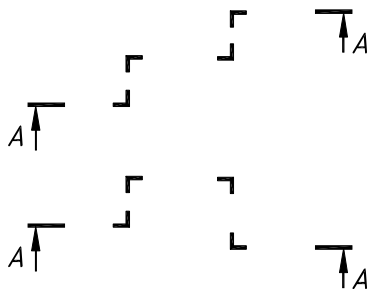


Рис. 4.2. Задание ступенчатого разреза при трех секущих плоскостях

В зависимости от положения секущих плоскостей ступенчатые разрезы могут быть горизонтальными, вертикальными и наклонными.

При выполнении ступенчатого разреза изображения в параллельных секущих плоскостях совмещают в единое изображение. Линии совмещения изображений на разрезе не показывают.

На рис. 4.3 поясняется формирование ступенчатого разреза для детали, заданной на рис. 4.1.

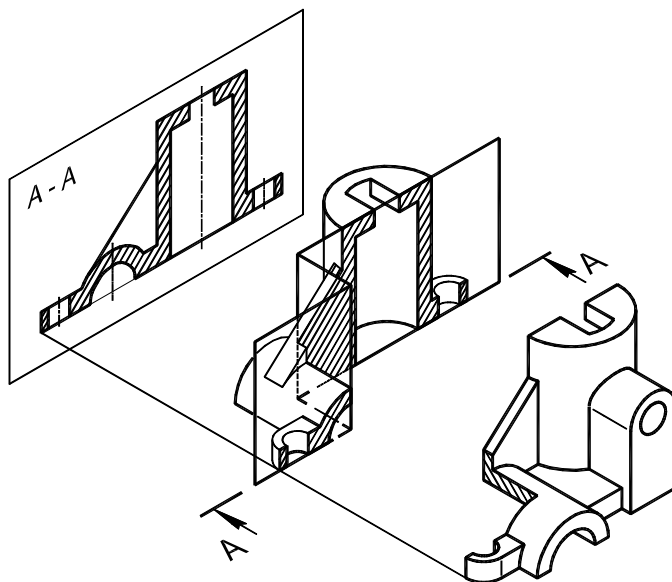


Рис. 4.3. Схема формирования ступенчатого разреза

Обратимся к чертежу детали (рис. 4.4). Найдите секущие плоскости и изображение ступенчатого разреза А–А. Обратите внимание, что ребро жесткости детали в этом разрезе показано без штриховки. Найдите другие разрезы, которые оказались необходимыми для выявления формы детали. Это полный поперечный профильный разрез Г–Г и разрез Д–Д, уточняющий форму ребра жесткости в месте его примыкания к основанию.

При выполнении разреза А–А на виде спереди пропала информация о форме одного из элементов детали — бобышки (рис. 4.5, поз. 5), поэтому потребовался местный вид В. На чертеже в соответствии с заданием выполнены наклонное сечение Б–Б и аксонометрическое изображение, проставлены размеры. Чертеж выполнен на формате А3 и оформлен в соответствии с требованиями ЕСКД.

4.3. Построение модели

Сначала выполняют подготовительные операции. Затем создают и объединяют элементы наружной формы и элементы внутренней формы. В завершение выполняется вычитание внутренних элементов из наружных.

Подготовительные операции

Предусматривают анализ формы заданной детали, настройку режимов и разметку.

Анализ формы

Необходимо мысленно расчленить деталь на геометрически простые элементы, каждый из которых может быть построен как solid-примитив.

Деталь, показанная на рис. 4.5, состоит из следующих элементов: двух проушин (1) со сквозными крепежными отверстиями, горизонтального полуцилиндра с осевым отверстием (2), ребра жесткости (3), вертикального пустотелого цилиндра (4) с фигурным сквозным пазом в верхнем основании, бобышки (5) с горизонтальным цилиндрическим отверстием, выходящим во внутреннюю полость вертикального цилиндра, плиты основания (6).

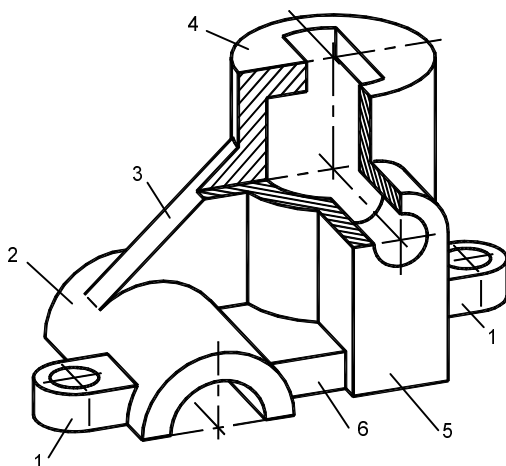


Рис. 4.5. К анализу формы детали

Настройки

Выполните настройки для построения пространственной модели и ее чертежа, изложенные в *разд. 2.3, 3.2*: создайте слои, настройте пространство модели и листа, создайте на листе видовые окна.

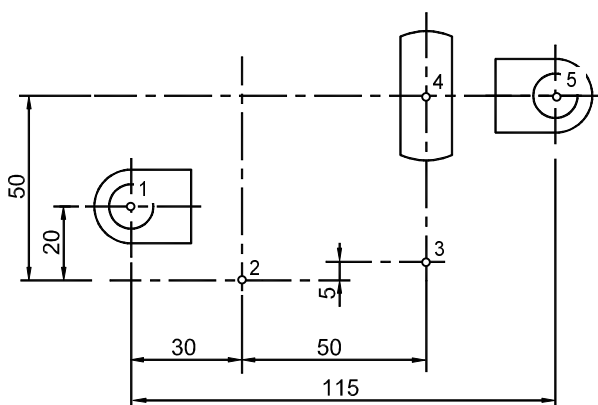


Рис. 4.6. Горизонтальная разметка модели

Разметка

Постройте оси в плоскости основания модели, пересечение осей должно определять опорные точки элементов модели. Для рассматриваемой модели разметка показана на рис. 4.6:

- ☐ перейдите в окно вида сверху и на слое *Оси* постройте оси в плоскости основания модели.

Наружная форма модели

Последовательность построения модели приведена на рис. 4.7.

Проушины

Для построения проушины (рис. 4.7, *а*) нужно создать контур, выдавить его на высоту 10 мм, затем сделать в проушине отверстие вычитанием цилиндра. Построим контур как единую замкнутую полилинию. Длину призматической части проушины установим равной 16 мм из условия, чтобы проушина внедрялась в горизонтальный полуцилиндр:

- ☐ перейдите в окно вида сверху или окно аксонометрии; установите текущим слой *Модель*;

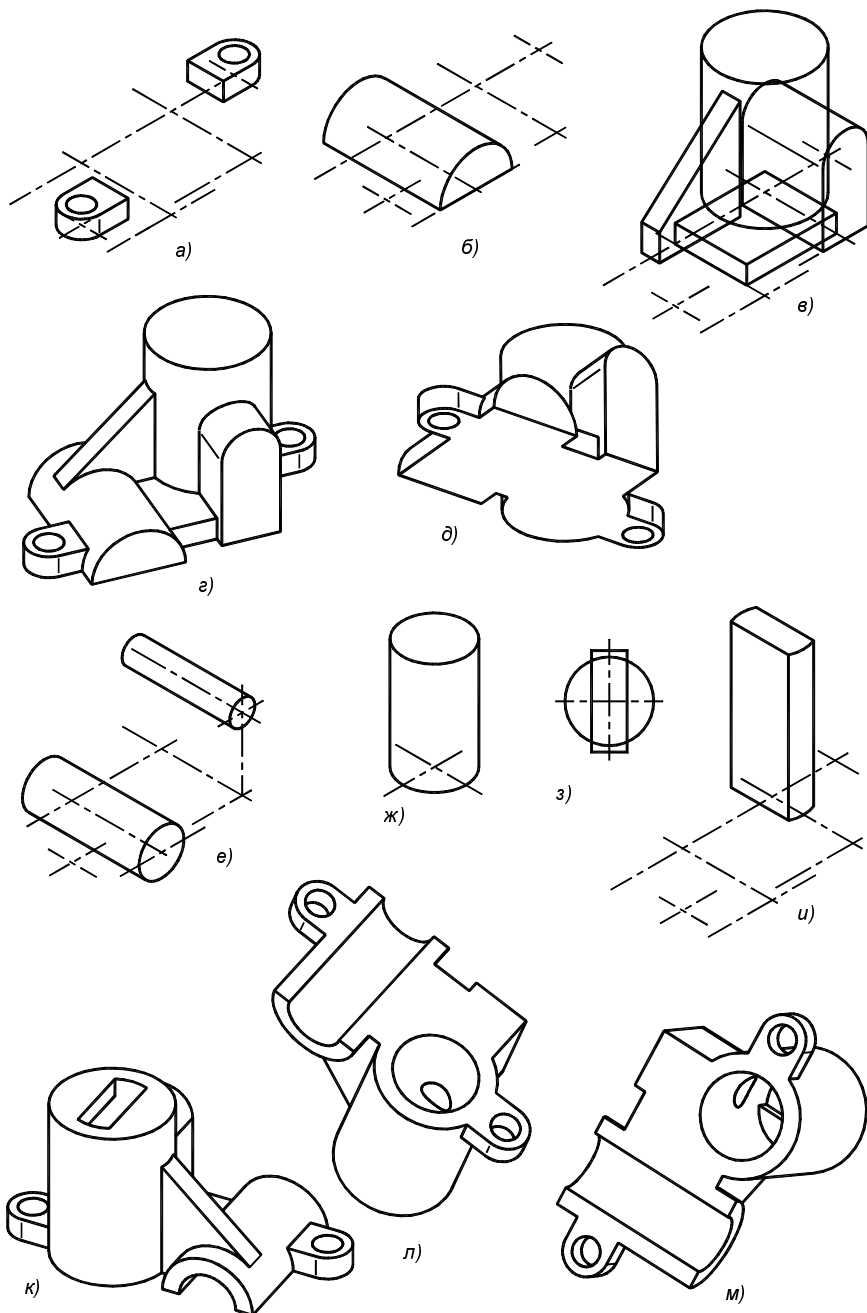


Рис. 4.7. Последовательность построения модели:

а, б, в — наружные элементы; г, д — объединенная наружная форма;
е–и — внутренние элементы; к, л, м — модель после вычитания внутренних элементов

- ❑ `ucs \ w` — восстановлена мировая система координат (МСК);
- ❑ `ucs \ o \` укажите с объектной привязкой точку 1 пересечения осей (см. рис. 4.6) — начало координат перенесено в центр отверстия проушины;
- ❑ `pline \ 16,10 \ 0,10 \ a` — опция **Arc** (Дуга) \ `0,-10 \ L` — опция **Line** (Отрезок) \ `16,-10 \ cl` (замкнуть) — построен наружный контур проушины;
- ❑ `extrude \` укажите контур \ ПЩ \ `10 \ ПЩ` — контур выдавлен на высоту 10 мм;
- ❑ `cylinder \ ПЩ \ 6 \ 10` — создан цилиндр радиусом 6 и высотой 10 мм, задающий отверстие в проушине;
- ❑ `subtract \` укажите проушину \ ПЩ \ укажите вычитаемый цилиндр \ ПЩ — проушина построена.

Вторую проушину получим копированием и поворотом первой:

- ❑ `copy \` укажите первую проушину \ `0,0` — базовая точка \ в качестве второй точки укажите с объектной привязкой точку 5 на пересечении осей разметки или задайте ее координаты (115,30) — построена вторая проушина;
- ❑ `rotate \` укажите вторую проушину \ ПЩ \ укажите точку 5 как точку оси вращения \ `180` — угол поворота.

Горизонтальный полуцилиндр

Показан на рис. 4.7, б. Выполните следующее:

- ❑ перенесите начало координат в точку 2 пересечения осей разметки: `ucs \ o \` укажите с объектной привязкой точку 2;
- ❑ поверните ПСК вокруг оси *X* на 90°: `ucs \ x \ 90`;
- ❑ `cylinder \ 0,0 \ 20 \ -65`;
- ❑ `slice \` укажите цилиндр \ ПЩ \ **ZX** (опция, задающая горизонтальную секущую плоскость в текущей ПСК) \ ПЩ \ укажите точку в верхней части цилиндра — удалена нижняя часть.

Плита основания и вертикальный цилиндр

Показаны на рис. 4.7, в. Плиту построим как параллелепипед, задав координаты двух его противоположных углов. Предварительно установим горизонтальную ПСК с началом в точке 2:

- ❑ `ucs \ w \ ucs \ o \` укажите с объектной привязкой точку 2;
- ❑ `box \ 0,10 \ 50,50,10` — построена плита.
- ❑ `ucs \ o \` укажите с объектной привязкой точку 4 — начало координат перенесено в центр основания цилиндра;

- ❑ `cylinder \ ПЩ \ 25 \ 70` — создан цилиндр с центром в точке 4, радиусом 25, высотой 70.

Ребро жесткости

Для построения ребра (рис. 4.7, в) рекомендуем следующую последовательность действий:

1. Установим ПСК в плоскость симметрии ребра.
2. Плоскостью симметрии ребра построим сечения объектов модели, к которым примыкает ребро.
3. В плоскости сечения построим контур ребра, учитывая контуры полученных сечений.
4. Выдавим контур ребра на заданную толщину.

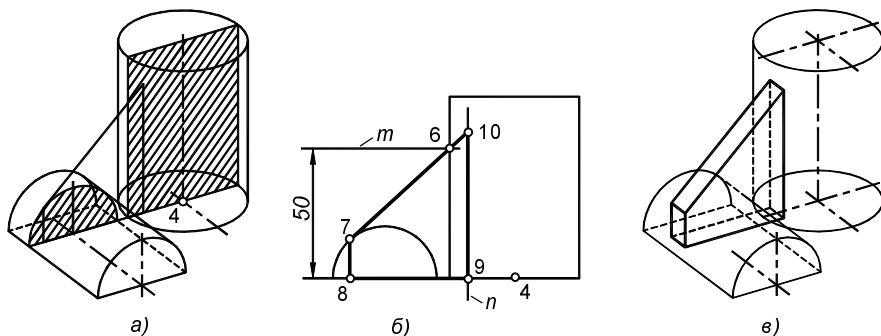


Рис. 4.8. Построение ребра жесткости:

а — сечения примыкающих элементов модели плоскостью симметрии ребра;
б — контур ребра; *в* — выдавливание контура

В нашей модели (рис. 4.8) ребро примыкает к вертикальному и горизонтальному цилиндрам. В окнах аксонометрии и вида спереди установим ПСК в плоскость симметрии ребра — это фронтальная плоскость, проходящая через ось вертикального цилиндра:

- ❑ перейдите в окно аксонометрии;
- ❑ `ucs \ w \ ucs \ o \` укажите центр нижнего основания вертикального цилиндра, объектная привязка **Center** (Центр) \ `ucs \ x` (поворот вокруг оси X) \ `90 \ ucs \ a` — опция **Apply** (Применить) \ перейдите в окно вида спереди \ ПЩ.

Строим сечения цилиндров плоскостью *XУ* текущей ПСК:

- ❑ перейдите на слой *Разметка*;

- `section` или укажите кнопку  \ укажите рассекаемые цилиндры \ ПЩ \ ХУ — опция, задающая плоскость сечения \ ПЩ — сечения построены (рис. 4.8, а, сечения условно заштрихованы).

В окне вида спереди строим вспомогательные отрезки *m*, *n* и контур ребра (рис. 4.8, б):

- `line` \ -30,50 \ @10,0 \ ПЩ \ ПЩ \ -20,-5 \ @0,70;
- `line` \ с объектной привязкой **Intersection** (Пересечение) укажите точку 6 \ с привязкой **Tangent** (Касательная) и укажите ожидаемое положение точки касания 7 \ с привязкой **Perpendicular** и укажите точку 8 \ с привязкой **Intersection** укажите точку 9;
- `extend` \ укажите прямую *n* \ ПЩ \ укажите отрезок 6-7 вблизи точки 6 \ ПЩ — отрезок удлинен до точки 10;
- командой `TRIM` отрежьте наружные участки отрезка *n*, оставив отрезок 9-10;
- командой `REGION` объедините отрезки в единый контур 6-7-8-9-10.

Формируем ребро толщиной 10 мм выдавливанием созданного контура:

- перейдите в окно аксонометрии и установите текущим слой *Модель*;
- `extrude` \ укажите контур ребра \ ПЩ \ 10 \ ПЩ — ребро создано;
- `move` \ укажите ребро \ ПЩ \ 0,0,-5 \ ПЩ \ ПЩ — ребро установлено на место (рис. 4.8, в).

Бобышка

Строим контур бобышки, расположив его во фронтальной плоскости, проходящей через точку 3 пересечения осей разметки (см. рис. 4.6). Контур выдавливаем на глубину, обеспечивающую погружение бобышки в вертикальный цилиндр (рис. 4.7, в):

- перенесите начало координат в точку 3, сохранив плоскость ХУ фронтальной;
- `pline` \ 12.5,0 \ @0,40 \ а — построение дугового сегмента полилинии \ @-25,0 \ L (опция линейного сегмента полилинии) \ @0,-40 \ `cl` (замкнуть) — создан контур;
- `extrude` \ укажите профиль \ ПЩ \ -45 \ ПЩ — бобышка построена (см. рис. 4.7, в).

Объединение элементов наружной формы

- `union` \ укажите созданные элементы \ ПЩ — создана наружная часть модели (рис. 4.7, з, д);

- ❑ установите в окне аксонометрии режим закрашки, команда SHADEMODE, и, применив команду 3DORBIT, осмотрите созданную наружную часть модели.

Внутренняя форма

Создаем два горизонтальных цилиндра (рис. 4.7, *е*):

- ❑ убедитесь, что плоскость XU является фронтальной и проходит через точку 3, как при построении бобышки;
- ❑ `cylinder \ 0,40 \ 7 \ -60` — построен цилиндр, воспроизводящий отверстие в бобышке;
- ❑ перенесите начало координат в точку 2 пересечения осей разметки (см. рис. 4.6);
- ❑ `cylinder \ ПЩ \ 12.5 \ -65` — построен цилиндр, задающий отверстие в горизонтальном полуцилиндре.

Внутренний вертикальный цилиндр (рис. 4.7, *ж*):

- ❑ задайте ПСК по плоскости основания модели с началом в точке 4;
- ❑ `cylinder \ ПЩ \ d \ 35 \ 62` — создан цилиндр диаметром 35 мм высотой 62.

Для создания фигурного паза в верхнем основании вертикального цилиндра создадим контур паза и выдавим его на высоту, несколько превышающую высоту детали. Контур построим как общую область окружности и прямоугольника (рис. 4.7, *з*):

- ❑ `circle \ 0,0 \ d \ 35 \ rectang \ -7,-20 \ 7,20;`
- ❑ `region \` укажите окружность и прямоугольник \ ПЩ — объекты преобразованы в области;
- ❑ `intersect \` укажите области \ ПЩ — получен профиль паза;
- ❑ `extrude \` укажите контур паза \ ПЩ \ 75 \ ПЩ — построен элемент формы паза (рис. 4.7, *и*).

Итоговая модель

Из объединенной заготовки, воспроизводящей наружную форму модели, вычтем элементы внутренней формы:

- ❑ `subtract \` укажите наружную форму \ ПЩ \ укажите вычитаемые элементы \ ПЩ — модель создана;
- ❑ выполните визуализацию в режиме закрашки, осмотрите модель со всех сторон (рис. 4.7, *к, л, м*).

4.4. Построение проекций командой **SOLPROF**

Команда **SOLPROF** формирует контур (очерк) **solid**-модели и образующих ее элементов. Назначение команды — построение ортогональной проекции пространственной модели на плоскость, параллельную плоскости экрана. В *разд. 3.8* был дан пример применения команды для получения аксонометрической проекции. Рассмотрим применение и возможности команды более подробно.

- ❑ Командой **VPORTS** создайте на листе новое видовое окно и установите в нем вид спереди — в окне видна модель. Изменяя масштаб отображения и панорамируя изображение, добейтесь, чтобы модель занимала основную часть окна.

Введите имя команды **SOLPROF** или выберите ее в меню: **Draw** (Рисование) \ **Solids** (Тела) \ **Setup** (Подготовка) \ **Profile** (Контуры). Можно указать кноп-

ку  панели инструментов **Solids**. Команда выводит три запроса.

Первый запрос переводится как "Перевести линии невидимого контура на отдельный слой?" Положительный ответ позволит отобразить линии невидимого контура штриховой линией.

Второй запрос — "Построить плоскую проекцию?" Отказ приведет к построению пространственного каркаса.

Третий запрос — "Удалить линии сопряжения?" Рекомендуем ответить отрицательно, сохранив линии сопряжения граней, касающихся цилиндрических поверхностей. Показ таких линий повышает наглядность изображения. На рис. 4.9, б присутствуют три линии сопряжения: 1 — на проушине, 2 — на бобышке, 3 — сопряжение ребра с горизонтальным цилиндром. Если в модели имеется сфера, переходящая в цилиндр (см. рис. 5.4), то будет показана окружность их сопряжения.

Итак:

- ❑ **solprof** \ укажите модель \ ПЩ \ согласитесь с первыми двумя предложениями системы и откажитесь от третьего — проекция построена (рис. 4.9, а).

Откройте окно управления слоями (командой **LAYER** или из панели инструментов **Layers**) — в нем найдете два новых слоя, созданных системой. Имя одного слоя начинается на **PV**..., например — **PV-5A**, на него помещены линии видимого контура. Второй слой начинается с **PH**... — это слой для невидимых линий. В имени каждого слоя после тире указана так называемая метка видового окна, которую можно посмотреть командой **LIST**, указав в пространстве листа рамку окна.

Далее в видовом окне созданной проекции нужно скрыть модель, линии невидимого контура показать прерывистыми, а линиям видимого контура придать толщину. Линиям можно придать разный цвет. Это можно сделать, управляя свойствами слоев:

- ❑ перейдите в окно вида спереди. Избирательно заморозьте слой, на котором находится исходная модель, — в окне остались только линии построенной проекции;
- ❑ измените цвет и толщину объектов слоя *PV...* — видимый контур выделен этим цветом. Включите толщину линий кнопкой **LWT** в статусной строке;
- ❑ установив на слой *PH...* прерывистую линию, например, *hidden*, получите изображение, на котором невидимые линии показаны штриховыми, как это принято в черчении (если штрихи не появились, отрегулируйте масштаб типа линии). Если тип линии *hidden* загрузить до применения команды *SOLPROF*, то этот тип линии автоматически устанавливается на слой *PH...* и невидимые линии сразу получают прерывистыми (см. рис. 4.9).

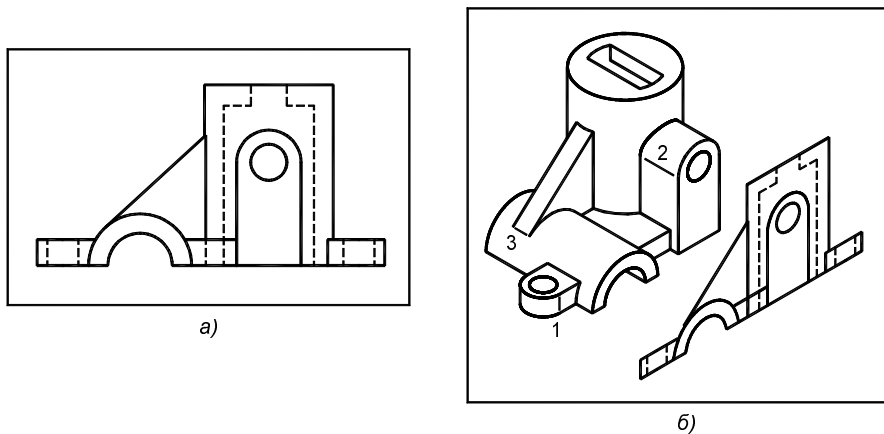


Рис. 4.9. Проекция, созданная командой *SOLPROF* (а), и ее размещение в пространстве модели (б)

Для понимания того, как формируется проекция модели, выполните следующий эксперимент (рис. 4.9, б):

- ❑ сделайте копию видового окна, расположив его рядом. Копирование выполняется в пространстве листа. Объектом копирования является рамка окна. Установите в новом окне одну из изометрий. Разморозьте в этом окне слой, на котором расположена модель.

Результат

В окне видны модель и линии созданной проекции этой модели. Таким образом, линии проекции создаются в пространстве модели.

Команда `SOLPROF` формирует блоки линий, т. е. объединяет их в одно целое. Поэтому на определенном этапе выполнения чертежа блоки необходимо расчлнить командой `EXPLODE`.

При построении проекции в другом окне будет создана новая пара слоев *PV-...*, *PH-...*

Команда `SOLPROF` разрезов не строит. Для построения разреза необходимо из набора всех линий проекции, полученного командой `SOLPROF`, удалить линии контура, расположенные перед плоскостью разреза, перевести линии сечения в категорию видимых, удалить лишние линии невидимого контура, выполнить штриховку сечений. При некоторой квалификации построение разреза командой `SOLPROF` не вызывает затруднений, поскольку основная трудоемкость создания разреза связана с построением линий контура и сечений, которые командой создаются автоматически.

4.5. Построение видов и простых разрезов командами **SOLVIEW** и **SOLDRAW**

Команды `SOLVIEW` и `SOLDRAW` упрощают построение разрезов, которые, в отличие от применения команды `SOLPROF`, строятся автоматически — с построением сечений и их штриховкой. Применение команд `SOLVIEW` и `SOLDRAW` подробно рассмотрено в *разд. 3.3*. Поэтому в настоящем разделе их применение изложено кратко.

- ☐ Выполните дополнительные настройки и создайте исходное видовое окно (рис. 4.10, *д*) (см. *разд. 3.2*).

Проекция вида сверху

Показана на рис. 4.10, *г*:

- ☐ перейдите в исходное окно;
- ☐ `solview \ u` — опция `UCS \ ПЩ \ 1` (масштаб проекции) \ укажите центр нового окна \ `ПЩ \` охватите рамкой возникшее изображение, указав точки 1 и 2 \ задайте имя вида, например, *top*;
- ☐ `soldraw \` укажите рамку созданного окна \ `ПЩ` — построена проекция вида сверху.

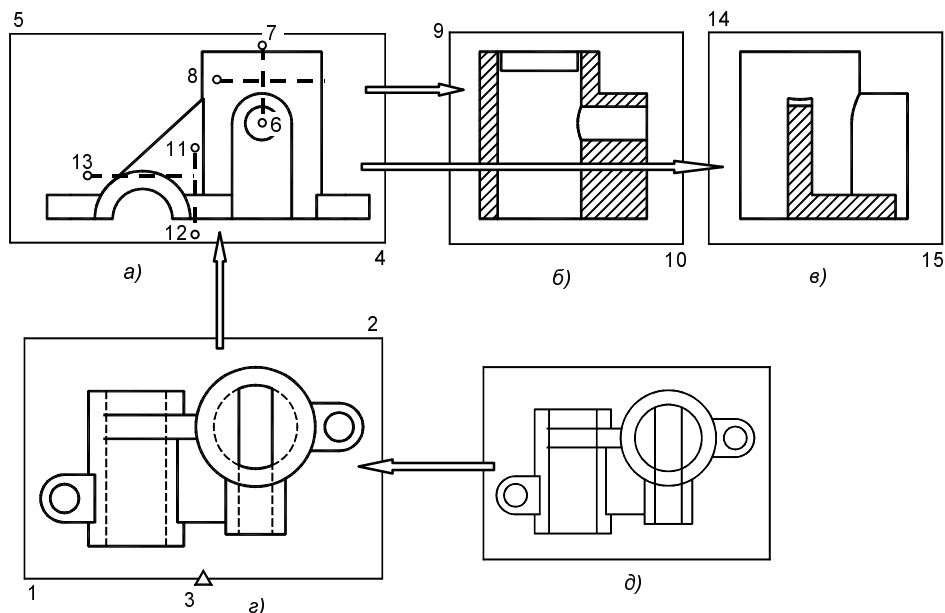


Рис. 4.10. Схема построения видов и простых разрезов к заданию "Ступенчатый разрез. Наклонное сечение"

Проекция вида спереди

Показана на рис. 4.10, *а*. Выполните:

- ☐ `solview \ o` — опция **Ortho** (Орто) \ укажите точку 3 на нижней рамке окна вида сверху \ задайте масштаб вида равным 1 \ укажите центр нового видового окна \ ПЩ \ охватите созданное изображение рамкой, указав точки 4 и 5 \ задайте имя вида, например, *front*;
- ☐ `soldraw \` укажите рамку окна \ ПЩ — построен вид спереди.

Профильные разрезы

Показаны на рис. 4.10, *б, в*. Чертеж детали требует два профильных разреза, Г–Г и Д–Д (см. рис. 4.3):

- ☐ `solview \ s` — опция **Section** (Секция) \ задайте положение секущей плоскости, для этого активизируйте окно вида спереди, включите объектную привязку **Center** и укажите точку 6, затем в режиме **Ortho** укажите точку 7 (см. рис. 4.10, *а*) \ переместите курсор влево и укажите точку 8, определяющую направление проецирования \ задайте масштаб нового изображения равным 1 \ переместите курсор вправо и укажите центр ок-

на профильного разреза (см. рис. 4.10, б) \ ПЩ \ определите прямоугольник видового окна, точки 9 и 10 \ присвойте окну имя, например, *left_s1* \ ПЩ — создано окно профильного разреза;

- ❑ подобным образом, указав точки 11...15 и присвоив новое имя, например, *left_s2*, создайте окно второго профильного разреза;
- ❑ *soldraw* \ укажите рамки созданных окон \ ПЩ — построены разрезы, выполнена их штриховка.

Редактирование изображений

Для построения местного вида В (см. рис. 4.4) нужно удалить лишние линии на виде спереди. Для профильного разреза Г–Г нужно взять за основу изображение полного разреза той же плоскостью.

В зависимости от формы детали могут понабиться комбинированные изображения, содержащие половину вида и половину разреза, местные разрезы. Их построение рассмотрено в *разд. 3.5*.

4.6. Построение ступенчатого разреза

Напомним, что ступенчатый разрез получается при мысленном рассечении детали *несколькими* параллельными плоскостями. В пакете AutoCAD автоматическое построение сложных разрезов не предусмотрено. Поэтому изображение ступенчатого разреза приходится формировать как комбинированное, составленное из фрагментов простых разрезов, получаемых каждой из секущих плоскостей в отдельности (рис. 4.11).

- ❑ Подготовьте исходное видовое окно, в нашем примере это окно вида сверху (рис. 4.11, а).
- ❑ Командами *SOLVIEW* и *SOLDRAW* постройте простые разрезы от каждой секущей плоскости (рис. 4.11, б). Видовым окнам разрезов дайте имена, например, *s1*, *s2*, *s3*... . Количество окон равно количеству секущих плоскостей разреза, в нашем примере их два.
- ❑ В окне одного из разрезов на новом слое проведите вертикальные (режим **ORTHO**) разделительные линии в соответствии с границами простых разрезов — "ступенями" выполняемого разреза. Поскольку новый слой разморожен во всех окнах, разделительные линии появляются на всех простых разрезах. В нашем примере разделительная линия одна, она проведена из центра полуокружности.
- ❑ Оставьте в каждом окне действительную часть простого разреза (см. рис. 4.11, в). Остальные линии обрежьте (командой *TRIM*) или сотрите (командой *ERASE*). В том числе сотрите всю штриховку.

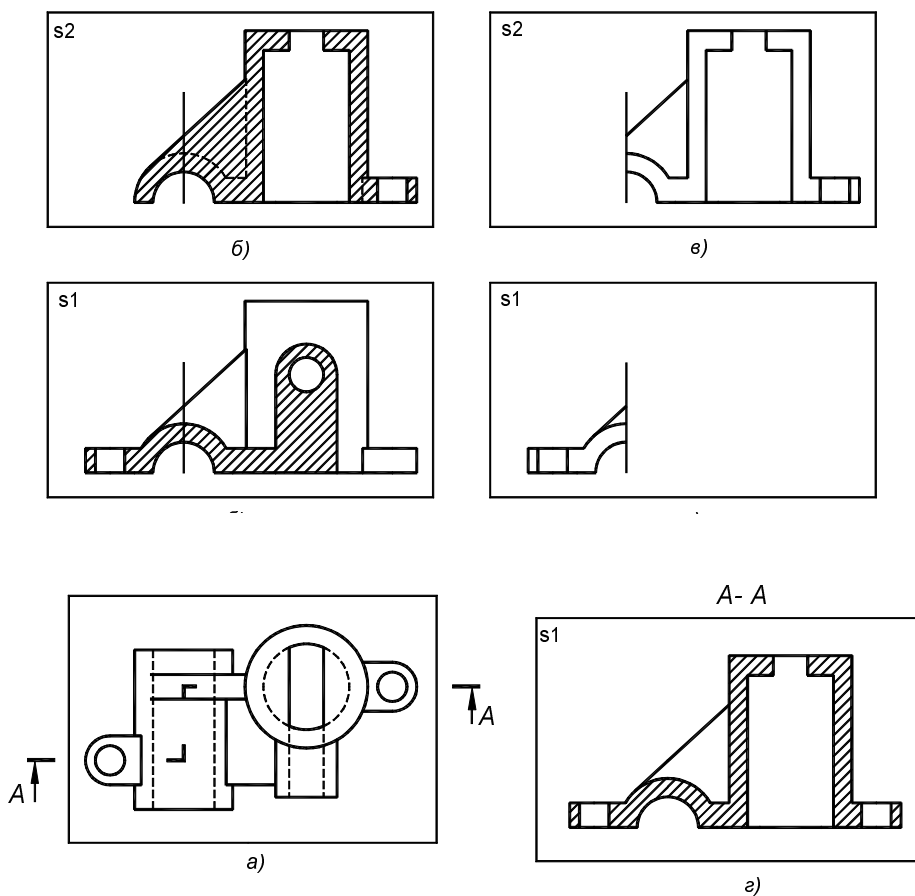


Рис. 4.11. Схема построения ступенчатого разреза:

а — исходное окно; б — окна простых разрезов;

в — необходимые части простых разрезов; г — итоговое изображение

- ❑ Если разрез "прошел" вдоль ребра жесткости, то в окне этого разреза восстановите контур ребра для того, чтобы на разрезе показать ребро не заштрихованным, как того требует ЕСКД. В нашем примере контур восстановлен в окне *s2*.
- ❑ В одном из окон простых разрезов разморозьте слои видимых линий всех простых разрезов. Например, в окне *s1* нужно разморозить слои *s2-VIS* и *s3-VIS* — получится комбинированное изображение, образующее сложный ступенчатый разрез. Осталось стереть разделительные линии и заново выполнить штриховку сечения (рис. 4.11, *з*).

Целесообразно перенести все линии комбинированного изображения на один слой, например, на *s1-VIS*. После этого окна простых разрезов *s2* и *s3* можно стереть. Командой *PURGE* можно удалить из файла освободившиеся слои.

Если чертеж формируется в пространстве листа, то полученное комбинированное изображение следует вынести на лист. Удобным является вариант действий, при котором на лист выносятся изображения простых разрезов, а их обрезка и объединение в сложный разрез производится на листе.

4.7. Истинный вид наклонного сечения

Наклонным называют сечение, образованное плоскостью, непараллельной основным плоскостям проекций. Пример детали, для чертежа которой требуется наклонное сечение, приведен в гл. 7. В текущем задании наклонное сечение выполняется с учебной целью. Сечение *solid*-модели можно получить командами *SECTION* или *SOLVEVIEW* совместно с *SOLDRAW*.

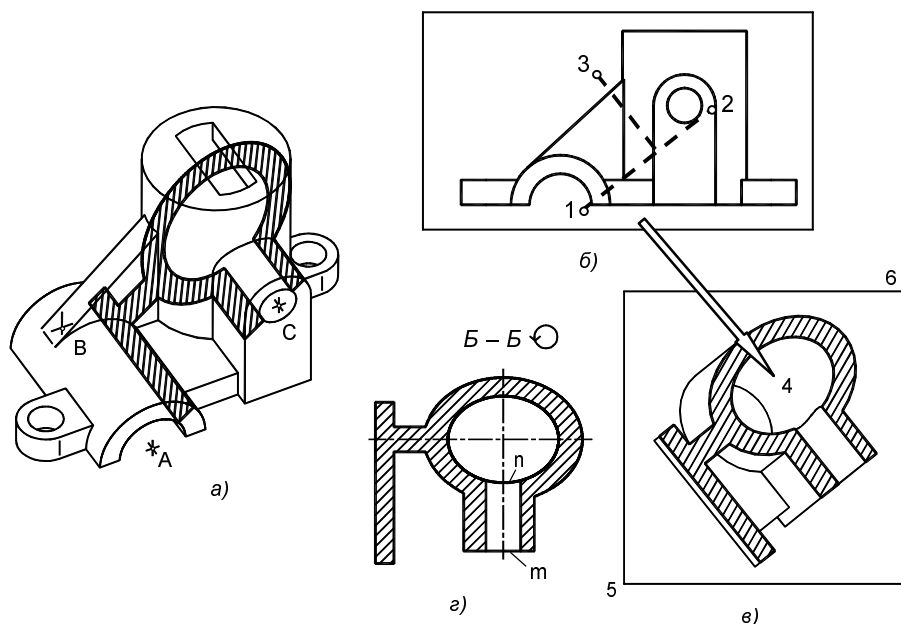


Рис. 4.12. Построение наклонного сечения:
 а — расположение сечения в пространстве;
 б, в — построение наклонного разреза; г — истинный вид сечения

Построение сечения командой **SECTION**

Выполняется в следующей последовательности (рис. 4.12, а):

- ☐ задайте в видовом окне аксонометрическую точку зрения, позволяющую указать три точки секущей плоскости;
- ☐ установите ПСК по трем точкам секущей плоскости. В примере (см. рис. 4.12, а) плоскость задается точками *A*, *B* и *C*, которые являются центрами окружностей;
- ☐ создайте новый слой и сделайте его текущим;
- ☐ `section` или укажите кнопку  \ укажите модель \ ПЩ \ *xу* (опция, задающая плоскость *XOY* в качестве секущей) \ ПЩ (именно эта плоскость, а не параллельная ей) — сечение построено;
- ☐ для отображения сечения в истинном виде нужно в окне сечения выполнить команду `PLAN` и избирательно заморозить слой, на котором расположена модель (см. рис. 4.12, з).

Построение сечения командами **SOLVIEW** и **SOLDRAW**

Этот вариант применяется, если плоскость сечения является проецирующей. Для плоскости общего положения следует установить направление взгляда, при котором плоскость станет проецирующей. После этого нужно командой `SOLVIEW` с опцией **Section**, а затем командой `SOLDRAW` построить наклонный разрез. Для получения сечения останется удалить линии контура, расположенные за секущей плоскостью.

На рис. 4.12, б—г показано построение наклонного сечения модели фронтально-проецирующей плоскостью. В качестве исходного видового окна взято окно вида спереди, в котором плоскость вырождается в прямую линию 1-2:

- ☐ `solview \ s \` с объектной привязкой **Center** укажите точки 1 и 2 секущей плоскости \ укажите точку 3, определяющую направление проецирования \ укажите масштаб сечения, равный 1 \ укажите центр окна — точку 4 \ ПЩ \ задайте углы рамки окна — точки 5 и 6 \ задайте имя вида, например, *s*;
- ☐ `soldraw \` укажите рамку созданного окна — в окне построен наклонный разрез, содержащий требуемое сечение;
- ☐ сотрите линии контура, расположенные за секущей плоскостью.

Оформление наклонного сечения

На чертеже наклонное сечение рекомендуется располагать в соответствии с положением секущей плоскости, без поворота, как показано на рис. 4.4 и

рис. 4.12, в. Допускается вынужденный поворот сечения, исходя из условий компоновки чертежа. В этом случае обозначение сечения должно содержать символ поворота (см. рис. 4.12, з).

Если секущая плоскость рассекает цилиндрическое отверстие (или другой элемент вращения) параллельно его оси, то сечение этого элемента показывают замкнутым, как разрез. В рассматриваемом примере сечение проходит вдоль оси цилиндрического отверстия в бобышке. Поэтому сечение (см. рис. 4.12, з) показано замкнутым: добавлен отрезок *m* и дуга эллипса *n*. Последняя получена зеркальным отображением дуги эллипса, взятой с противоположной стороны сечения.

Направление штриховки сечения не должно совпадать с направлением линий его контура. Для этого допускается изменять угол штриховки в интервале 30...60°. По этой причине на рис. 4.3, 4.12, в угол наклона штриховки задан 60° (а не 45°, как в общем случае штриховки металлов).

Созданное сечение можно оставить в видовом окне, но лучше вынести на лист и компоновать чертеж в едином пространстве листа.

4.8. Завершение чертежа

Рассмотрим два вопроса, относящихся к завершению чертежа.

АксонOMETрическое изображение

Рекомендуется строить с пространственным разрезом. Разрез может быть простым, как на рис. 4.3, 4.5, или сложным, как на рис. 4.13. При простом разрезе не в полной мере передается внутренняя форма модели; недостатком сложного разреза является потеря наружных элементов. В каждом случае вариант пространственного разреза нужно определить индивидуально.

Техника построения пространственного ступенчатого разреза та же, что простого, и рассмотрена в *разд. 3.8*. Нужно создать копию модели, затем командой `Slice` резать модель плоскостями, параллельными *XOZ* и *YOZ*, проходящими через характерные точки модели. Нужные части модели объединить командой `Union`, лишние — удалить.

Рекомендуется выполнить ортогональную диметрию модели. Однако допускается корректировка видовой точки с целью повышения наглядности, исключения совпадения проекций ребер, раскрытия формы характерных элементов модели. Так, на рис. 4.13 аксонометрия отличается от ортогональной диметрии и изометрии (такая проекция называется ортогональной триметрией). Рядом получена проекция куба, диагонали которого позволяют определить направление и шаг штриховки модели в выбранной видовой точке (см. *разд. 3.8*).

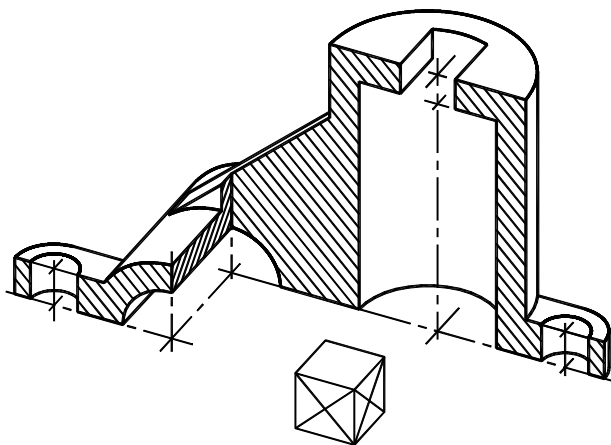


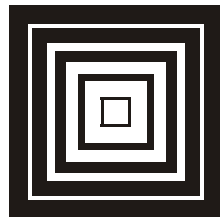
Рис. 4.13. Ступенчатый разрез в аксонометрии

Выносить проекции на лист или завершать в окнах?

Сопоставление этих вариантов было дано в *разд. 3.4*. Вариант завершения с выносом на лист, на наш взгляд, предпочтительнее. Выбрав вариант, компоуйте изображения внутри формата (в данном задании формат А3), проставьте размеры, придайте толщину линиям видимого контура.

Подробнее о завершении чертежа см. *разд. 3.7, 3.9*. Выведите чертеж на печать (см. *разд. 3.10*).

Глава 5



Ломанный разрез

Если для детали или узла требуется выполнить несколько разрезов, секущие плоскости которых пересекаются, то для сокращения количества изображений на чертеже рекомендуется применить так называемый *сложный ломанный разрез*.

В данной главе рассмотрено выполнение третьей работы задания "Проекционное черчение". *Целью работы* является освоение 3D-технологии построения ломаного разреза. Приведен пример построения чертежа детали, форма которой характерна для применения ломаного разреза.

5.1. Содержание работы

Дано

Виды спереди, сверху и дополнительный вид. Внутренняя форма детали отражена линиями невидимого контура (рис. 5.1)¹. Указано положение секущих плоскостей ломаного разреза, выполнение которого позволит наглядно передать внутреннюю форму детали.

Требуется

Построить чертеж по 3D-технологии. Чертеж должен содержать:

1. Заданный ломанный разрез на месте одного из основных видов.
2. Два других основных вида.
3. Профильный разрез, совмещенный с видом слева.
4. Необходимые местные и дополнительные виды и местные разрезы.
5. Размеры.
6. Аксонометрическое изображение детали с разрезом.

¹ Другие варианты — см. Приложение 2.

7. Чертеж необходимо оформить в соответствии с требованиями ЕСКД и вывести на печать.

Пример выполнения работы приведен на рис. 5.2.

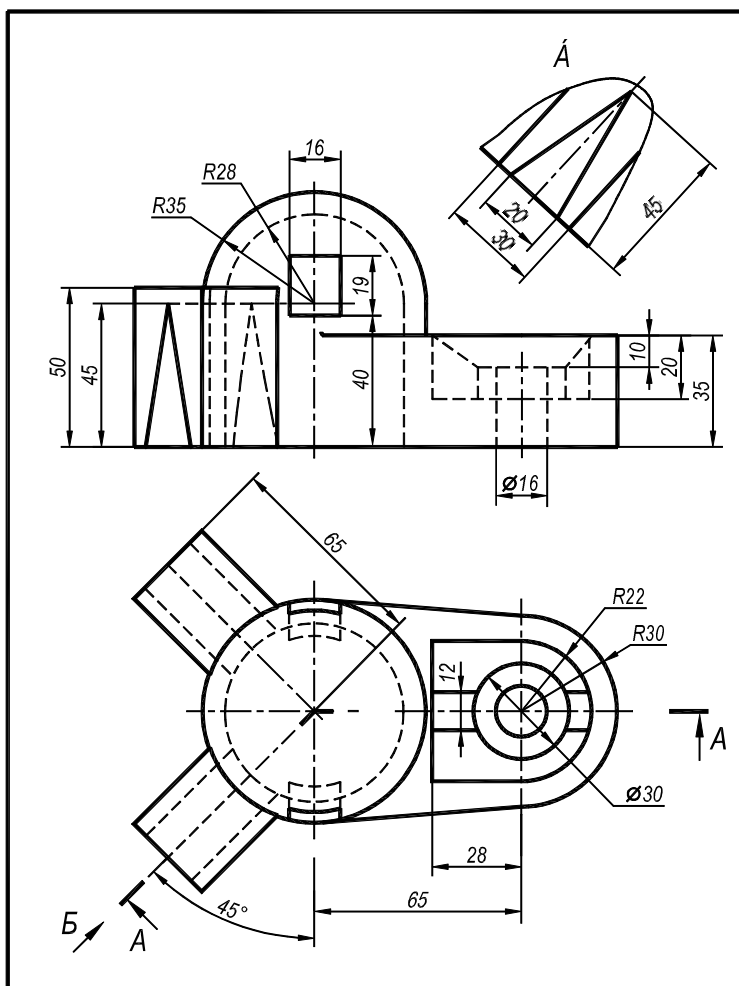


Рис. 5.1. Исходные данные работы "Ломанный разрез"

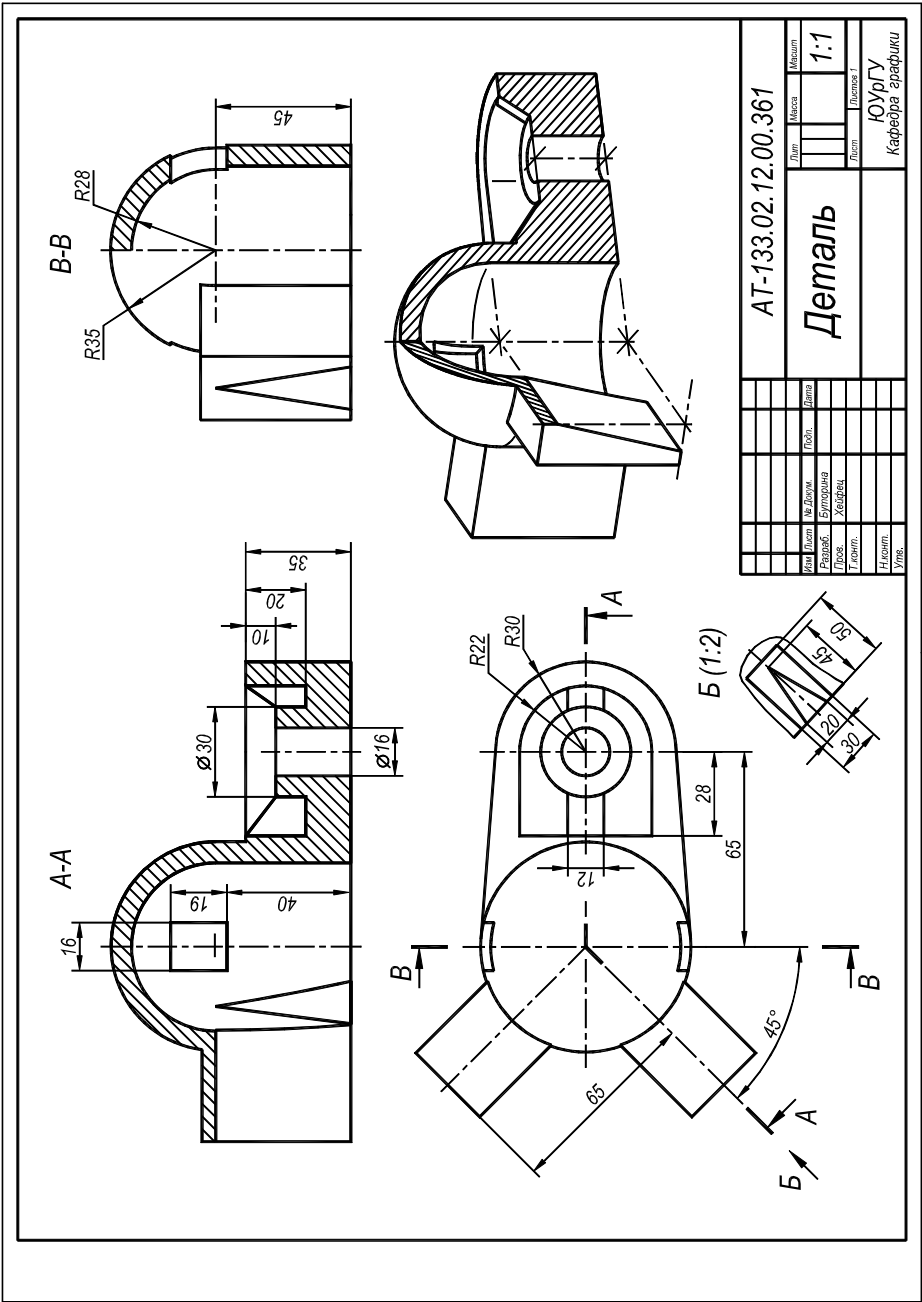


Рис. 5.2. Чертеж к заданию "Ломаный разрез"

5.2. Особенности выполнения ломаного разреза

Сложный разрез называется *ломаным*, если секущие плоскости пересекаются. Это наиболее трудный в построении разрез. Отметим особенности выполнения ломаного разреза, предусмотренные ГОСТ 2.305-68:

1. Сечения, образованные плоскостями ломаного разреза, поворачивают до совмещения в одну плоскость.
2. Элементы, расположенные за секущими плоскостями, изображаются на разрезе без поворота.
3. Линии, относящиеся к рассекаемым элементам, поворачивают вместе с сечением (несмотря на то, что эти линии расположены за секущей плоскостью).
4. Если совмещенные плоскости сечений окажутся параллельными одной из плоскостей проекций, разрез рекомендуется помещать на месте соответствующего вида.
5. Линия пересечения секущих плоскостей на разрезе не проводится.

Рассмотрим перечисленные особенности ломаного разреза на примере детали, приведенной на рис. 5.1. Найдите на виде сверху разомкнутую линию, обозначенную А–А и показывающую положение двух взаимно пересекающихся плоскостей, рассекающих деталь. Правая плоскость параллельна виду спереди, разрез этой плоскостью строится в непосредственной проекционной связи с видом спереди (рис. 5.3). Левая секущая плоскость расположена под углом к виду спереди. Сечение данной плоскостью предварительно поворачивается вокруг линии пересечения секущих плоскостей до положения, параллельного плоскости вида спереди — плоскость А', и только после этого наносится на изображения разреза (рис. 5.3, а).

Проецирование точек, *расположенных в плоскости поворачиваемого сечения*, поясняется на примере точки 1 (рис. 5.3, в). Горизонтальная проекция точки 1, точка 1₁, сначала поворачивается в положение 1₁', затем по проекционной связи строится ее фронтальная проекция — точка 1₂'.

Примерами элементов, *расположенных за секущей плоскостью*, являются прямоугольное отверстие с и линия пересечения дальнего треугольного паза с внутренней поверхностью детали — две дуги эллипса b. Их изображения построены без поворота, т. е. по проекционной связи с видом спереди.

Примерами линий, *принадлежащих рассекаемым элементам и находящимся за секущей плоскостью*, являются ребра ближней призмы и расположенного в ней треугольного паза, а также дуга эллипса a, возникающего при пересечении паза с внутренней цилиндрической поверхностью детали. Их построение на разрезе можно проследить по точке 2: точка 2₁ проецируется на се-

кущую плоскость — находится точка 2_1^0 , затем, поворотом последней, находится точка $2_1'$ и, окончательно, определяется проекция точки 2 на разрезе — точка $2_2'$.

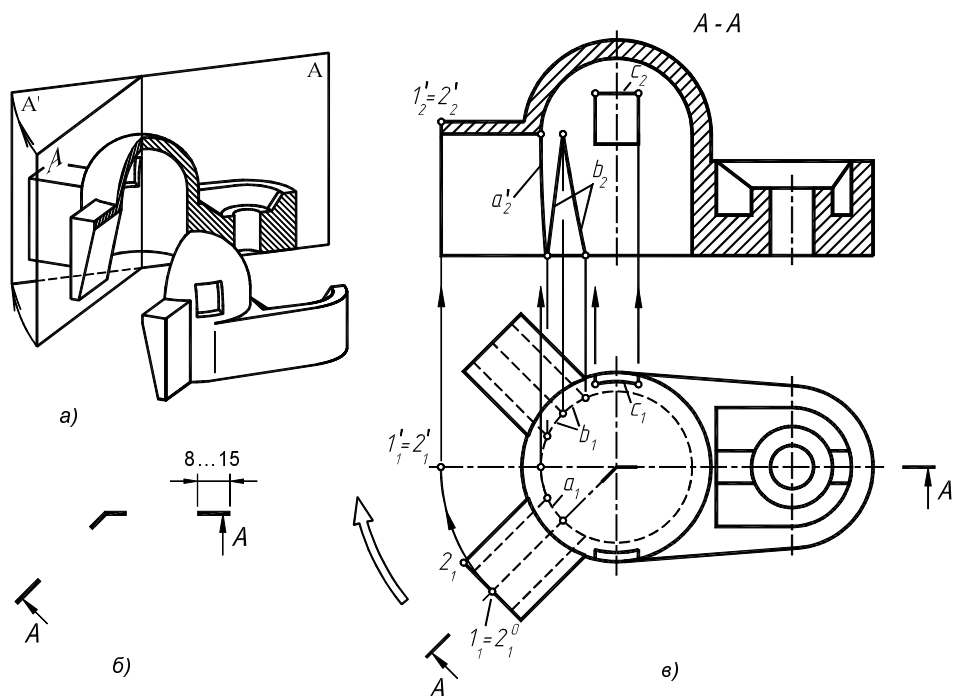


Рис. 5.3. Построение ломаного разреза:
 а — поворот и совмещение плоскостей;
 б — разомкнутая линия, обозначающая разрез;
 в — особенности проецирования при повороте сечений

На рис. 5.3, б показана разомкнутая линия, обозначающая положение секущих плоскостей. Обратите внимание на ее особенности: стрелки смещены к наружным краям линии; буквы проставляются с наружной стороны относительно стрелок; шрифт букв принимается на один номер больше, чем шрифт размерных чисел чертежа (также см. рис. 3.1).

Изображение ломаного разреза А—А приведено на чертеже детали (см. рис. 5.2). Поскольку после совмещения плоскости сечений стали параллельны фронтальной плоскости проекций, то разрез выполнен на месте вида спереди.

Для выявления формы детали и повышения наглядности чертежа выполнены дополнительный вид Б и профильный разрез В—В, совмещенный с по-

ловиной вида слева. Проставлены размеры. Построено аксонометрическое изображение детали с пространственным ломаным разрезом.

5.3. Построение модели

Как и в предыдущих работах, построение чертежа по 3D-технологии начинается с создания ее пространственной модели. Рассмотрим построение модели, заданной на рис. 5.1.

Анализ формы детали

Деталь содержит основание (рис. 5.4), образованное цилиндрами 1 и 2 и трапецидальной призмой 3, причем боковые грани призмы являются касательными к поверхностям цилиндров. К цилиндру 1 сверху примыкает полусфера 4 того же радиуса, что и цилиндр. К цилиндру и полусфере примыкают две боковые призмы 5, расположенные под углом 45° к продольной оси основания.

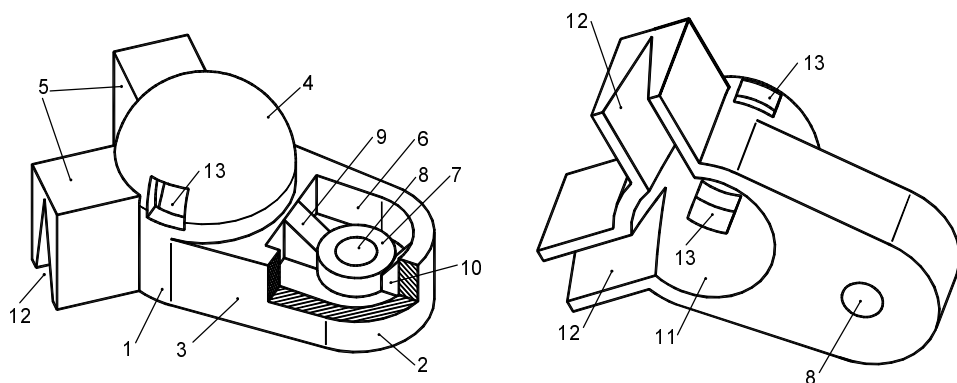


Рис. 5.4. Анализ формы детали

Сверху, в основании детали, имеется углубление 6, содержащее призматическую и цилиндрическую часть. В углублении 6 расположен цилиндр 7 со сквозным цилиндрическим отверстием 8, а между стенками углубления и цилиндром 7 имеются призматические ребра жесткости 9 и 10.

Внутренняя поверхность детали образована полусферой и цилиндром 11 и двумя призматическими пазами 12 треугольной формы. В стенках цилиндра 1 и сферы 4 выполнены два сквозных одинаковых прямоугольных отверстия 13.

Предварительные настройки

Выполните настройки, приведенные в *разд. 2.3*, которые характерны для построения модели в рассматриваемом задании, а также дополнительные настройки из *разд. 3.2*, необходимые для получения чертежа по пространственной модели. Отметим основные моменты настроек:

- ☐ в пространстве модели задайте шаг, равный 1, лимиты 0,0 и 180,160; отобразите лимиты пространства модели на экране: `zoom \ All (Все)`;
- ☐ перейдите на лист, выполните настройки шага и лимитов для листа. Отобразите лимиты листа на экране;
- ☐ создайте на листе три видовых окна, установив в них виды спереди, сверху и аксонометрию;
- ☐ создайте ряд слоев;
- ☐ перейдите в окно вида сверху. Перенесите начало координат: `ucs \ o \ 40,80`.

Построение элементов модели

Создадим наружные и внутренние элементы и выполним над ними операции объединения и вычитания. Можно как в предыдущих заданиях (см. *гл. 2, 4*) сначала построить все наружные элементы и, объединив их, получить наружную форму. Затем построить и единой операцией вычесть все элементы внутренней формы. Такой вариант рационален, так требует минимального количества операций. Однако для фиксации промежуточных результатов бывает удобнее чередовать операции сложения и вычитания (возможно — и пересечения), формируя и проверяя промежуточные фрагменты модели. Поэтому сначала построим основание с его наружными 1...5 (см. рис. 5.4) и внутренними элементами 11, 12. Добавим прямоугольные отверстия 13. Затем построим углубление 6 с его наружными элементами 7, 9 и внутренним элементом — цилиндром 8.

Основание модели

Основание (рис. 5.5) создадим из двух тел. Первое тело, содержащее цилиндр 2 и призму 3 (см. рис. 5.4), получим выдавливанием, второе — вращением плоского контура.

Построим контур выдавливания $ABDB'A'$ (рис. 5.5, *a*):

- ☐ `circle \ 0,0 \ 35`;
- ☐ `circle \ 65,0 \ 30`;

- `line` \ укажите с привязкой **Tangent** (Касательная) точку A (см. рис. 5.5, a) \ укажите с той же привязкой точку B \ ПЩ — построен отрезок касательной AB .

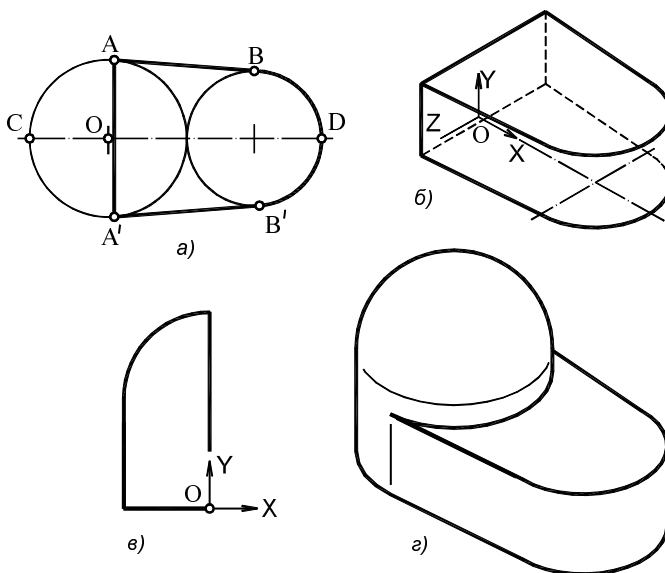


Рис. 5.5. Построение основания с цилиндром и сферой:

a — формирование контура выдавливания;

b — результат выдавливания;

$в$ — контур вращения; $г$ — итог

Отрезок второй касательной $A'B'$ создадим командой `MIRROR`:

- `mirror` \ укажите отрезок AB \ ПЩ \ укажите с привязкой **Quadrant** (Квадрант) точки C и D \ ПЩ.

С помощью команды `TRIM` удалим лишний участок правой окружности:

- `trim` \ в качестве режущих кромок укажите отрезки прямых AB и $A'B'$ \ ПЩ \ укажите удаляемую часть окружности, расположенную внутри контура.

Замкнем контур и объединим его в область:

- постройте отрезок AA' ;
- `region` \ укажите все сегменты контура \ ПЩ;
- проверьте, что контур объединен. Для этого укажите контур — он должен выделиться как единый.

Выдавливание контура:

- ❑ `extrude` \ укажите построенный контур \ высота выдавливания 35 \ угол конусности выдавливания 0.

Результат выдавливания показан на рис. 5.5, б.

Вторую часть основания, содержащую цилиндр 1 и полусферу 4 (см. рис. 5.4), построим как тело вращения. Сначала нужно задать ПСК по плоскости контура вращения:

- ❑ убедитесь, что активно окно вида сверху и установлена горизонтальная ПСК с началом в точке *O*.

Передадим эту ПСК в окно вида спереди и повернем ПСК по плоскости вида:

- ❑ `ucs` \ `a` — опция **Apply** (Применить) \ перейдите в окно вида спереди \ ПЩ;
- ❑ `ucs` \ `v` — опция **View** (Просмотр) — установить по плоскости видового окна) — в окне вида спереди установлена ПСК как на рис. 5.5, б, в.

Сохраним ПСК, она понадобится в дальнейших построениях:

- ❑ укажите кнопку  \ в диалоговом окне **UCS** укажите строку **Current** (Текущая) и придайте текущей ПСК имя, например, 1 \ **OK** (можно иначе: `ucs` \ `s` — опция **Save** (Сохранить) \ задайте имя, например, 1).

Вычертим контур вращения:

- ❑ `pline` \ 0,0 \ 0,80 \ `a` — опция **Arc** построения дугового сегмента полилинии \ 35 — это радиус дуги \ -35,45 — конечная точка дуги \ `L` (опция **Line** построения линейного сегмента полилинии) \ -35,0 \ **Close** — создан замкнутый контур (рис. 5.5, в).

Создадим поверхность вращения:

- ❑ `revolve` \ укажите построенный контур \ ПЩ \ укажите опцию **Y** (ось вращения) \ ПЩ — угол вращения 360°.

Объединим элементы основания:

- ❑ `union` \ указать созданные элементы основания — результат показан на рис. 5.5, г.

Боковые призмы

Призмы 5 и 12 (см. рис. 5.4) расположены под углом 45° к продольной оси основания. Начнем с задания ПСК.

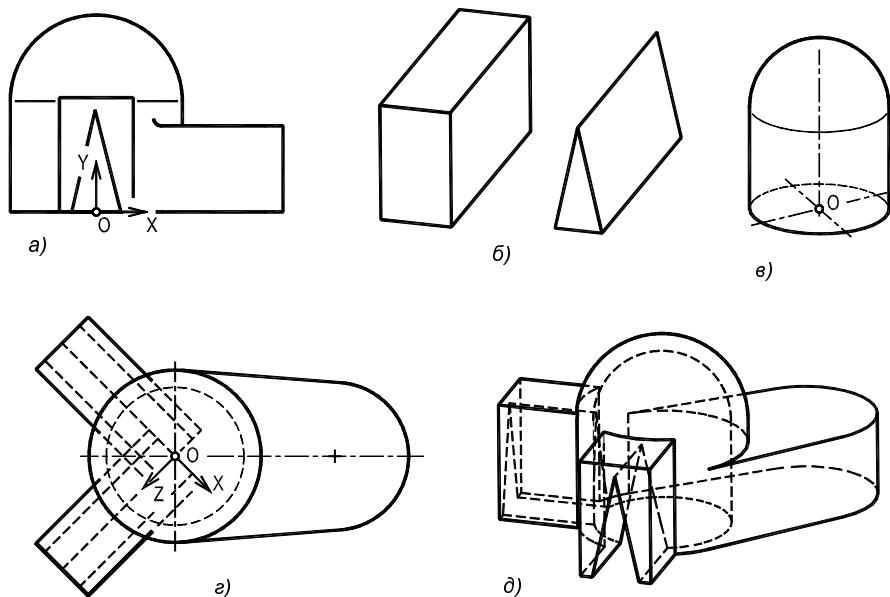


Рис. 5.6. Построение боковых призм и внутренней формы:

а — вид в плоскости построения ближней призмы;
 б — элементы призмы; в — элемент внутренней формы;
 г — зеркальное отображение элементов призмы; д — итог

Убедитесь, что в окне вида спереди установлена ПСК с именем 1 или восстановите ее, как ранее сохраненную:

- ☐ укажите кнопку  \ в окне UCS укажите строку с именем нужной ПСК \ **Set Current** \ **ОК**. Или: `ucs \ r` (опция **Restore** (Восстановить) \ 1 — это имя ранее сохраненной, а сейчас восстанавливаемой ПСК;
- ☐ поверните ПСК вокруг оси *Y* на угол -45° : `ucs \ Y` (опция поворота ПСК вокруг оси *Y*) \ -45 ;
- ☐ `plan \ ПЩ` — в окне установлен вид в плане ПСК (рис. 5.6, а).

В том же видовом окне построим трех- и четырехгранную призмы (рис. 5.6, а, б):

- ☐ `box \ -15,0 \ 15,50,65` — построена ближняя призма 5;
- ☐ `pline \ -10,0 \ 0,45 \ 10,0 \ close` — построен треугольник;
- ☐ `extrude \ укажите треугольник \ ПЩ \ глубина выдавливания 65 \ угол конусности выдавливания 0`.

Зеркально отобразим обе построенные призмы относительно продольной оси основания:

- ❑ перейдите в окно вида сверху. Установите ПСК по виду;
- ❑ `mirror` \ укажите призмы \ ПЩ \ укажите с привязкой **Center** точку *O* (рис. 5.6, *а*) \ в режиме **Ortho** укажите вторую точку оси зеркала \ ПЩ — результат показан на рис. 5.6, *д*.

Внутренняя поверхность

Построим тело вращения, образующее внутреннюю полость детали 11 (см. рис. 5.4). Построение выполняется подобно тому, как создавался наружный цилиндр 1 и полусфера 4 (см. рис. 5.5, *в*):

- ❑ восстановите ПСК с именем 1 и вид в плане этой ПСК: `ucs` \ **Restore** \ 1 — имя ПСК \ `plan` \ ПЩ.

Вычертим контур полости:

- ❑ `pline` \ 0,0 \ 0,73 \ опция **Arc** \ 28 \ -28,45 \ **Line** \ -28,0 \ **Close**;
- ❑ `revolve` \ укажите построенный профиль \ ПЩ \ укажите опцию **Y** (ось вращения) \ ПЩ — получено тело вращения (см. рис. 5.6, *в*).

Объединение и вычитание элементов

- ❑ `union` \ последовательно укажите основание и обе примыкающие к нему четырехгранные призмы \ ПЩ — построена наружная форма;
- ❑ `subtract` \ укажите объединенную наружную форму \ ПЩ \ укажите вычитаемые объекты — две трехгранные призмы и тело вращения внутренней поверхности \ ПЩ — построена внутренняя форма.

Горизонтальные прямоугольные отверстия

Прямоугольные отверстия 13 размерами 16×19 (см. рис. 5.2 и 5.4) получим вычитанием единой призмы (рис. 5.7, *а*), длину которой зададим с некоторым запасом, равной 80 мм. Убедитесь, что текущей является ранее сохраненная ПСК с именем 1. Далее:

- ❑ `ucs` \ **o** — опция **Origin** (Начало) \ 0,40,40 — установлена ПСК в плоскость основания призмы;
- ❑ `box` \ -8,19 \ 8,0 \ -80;
- ❑ `subtract` \ укажите основную форму \ ПЩ \ укажите вычитаемую призму \ ПЩ — результат показан на рис. 5.7, *в*.

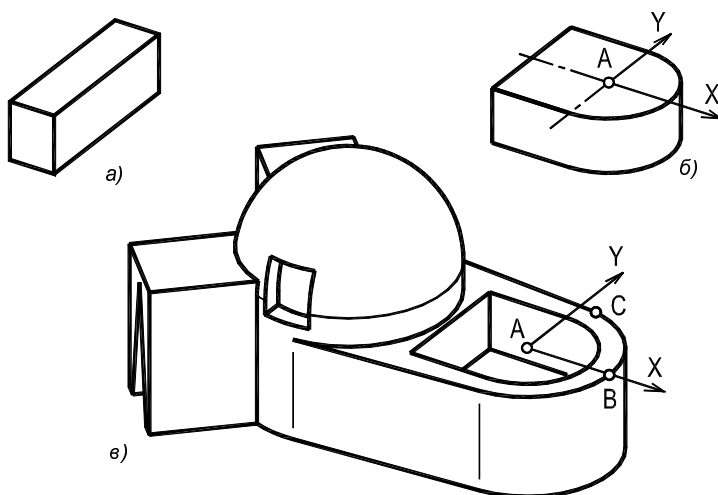


Рис. 5.7. Прямоугольное сквозное отверстие и углубление в основании:
 а — призма, формирующая отверстие;
 б — элемент, формирующий углубление; в — итог

Углубление в основании

Углубление б в основании (см. рис. 5.4) получим вычитанием тела, созданного выдавливанием контура (см. рис. 5.7, б). Предварительно установите ПСК как показано на рис. 5.7, б, в:

- перейдите в окно аксонометрии;
- `ucs \ 3 \` последовательно укажите точки *A*, *B* и *C* с привязками **Center** (Центр), **Quadrant** (Квадрант) и **Endpoint** (Конечная) соответственно;
- `pline \ -28,-22 \ 0,-22 \ a` (опция **Arc**) `\ 22` — радиус дуги `\ 0,22` — конечная точка дуги `\ 1` (опция **Line**) `\ -28,22 \ close`;
- `extrude \` укажите построенный контур `\ ПЩ \ -20` — высота выдавливания `\ угол 0`;
- `subtract \` укажите основание `\ ПЩ \` укажите вычитаемый объект `\ ПЩ` — построено углубление в основании (см. рис. 5.7, в).

Цилиндр и ребра жесткости

Для построения цилиндра 7 (см. рис. 5.4) и ребер жесткости 9 и 10 перенесем ПСК "на дно" углубления:

- `ucs \ o \` в окне аксонометрии укажите с привязкой **Center** центр окружности дна углубления;

- `cylinder` \ центр в точке 0,0 \ радиус равен 15 \ высота равна 10 — построен цилиндр.

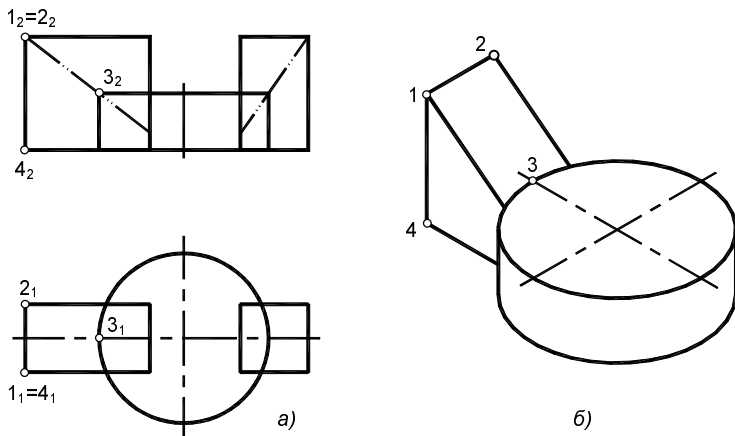


Рис. 5.8. Построение ребер жесткости:
а — создание параллелепипедов; б — срез наклонной плоскостью

Ребра жесткости построим в два этапа: сначала для каждого ребра создадим параллелепипед (рис. 5.8, а), затем верхнюю часть каждого параллелепипеда срежем наклонной плоскостью (рис. 5.8, б):

- `box` \ -28,6 \ -6,-6,20 — построен параллелепипед левого ребра;
- `slice` \ укажите параллелепипед \ ПЩ — т. е. зададим секущую плоскость по трем точкам \ последовательно укажите с объектной привязкой **Endpoint** точки 1 и 2, с привязкой **Quadrant** укажите точку 3 \ укажите точку 4.

Первое ребро построено. Результат сравните с рис 5.8, б. Подобным образом постройте второе ребро:

- `box` \ 10,6 \ 22,-6,20 — создан параллелепипед второго ребра;
- `slice` — самостоятельно отрежьте верхнюю часть второго параллелепипеда.

Объединим основание, цилиндр и ребра жесткости:

- `union` \ укажите основание, цилиндр и оба ребра \ ПЩ.

Для выполнения цилиндрического отверстия 8 (см. рис. 5.4) установим ПСК в центр верхнего основания цилиндра 7, построим цилиндр, соответствующий размерам отверстия, и вычтем его из объединенной модели:

- `ucs` \ о \ укажите с привязкой **Center** окружность верхнего основания цилиндра 7;

- ❑ `cylinder` \ центр — 0,0 \ радиус равен 8 \ высота равна 30 (с запасом);
- ❑ `subtract` \ укажите объединенную модель \ ПЩ \ укажите цилиндр \ ПЩ.

Результат

Модель построена. Можно приступить к выполнению ее чертежа.

5.4. Построение ломаного разреза

По 3D-технологии AutoCAD сложный ломаный разрез формируется в два этапа. Сначала получают простые разрезы. Затем осуществляют их монтаж в единое изображение. Монтаж выполняют в соответствии с правилами создания ломаного разреза. Рассмотрим построение ломаного разреза для нашей детали.

Простые разрезы

Этот этап подробно изложен в предыдущих главах, поэтому здесь приведем его кратко.

Исходное видовое окно

Окно создается командой `VPORTS` или `SOLVIEW`. В этом окне должен быть установлен вид, на котором в задании указано положение секущих плоскостей, т. е. нанесена разомкнутая линия разреза. Для рассматриваемого примера это должен быть вид сверху.

- ❑ Создайте исходное окно (рис. 5.9, в) как сказано в *разд. 3.2*.

Создание видовых окон простых разрезов

Строим окно разреза левой секущей плоскостью (рис. 5.9, а):

- ❑ активизируйте исходное окно;
- ❑ `solview` \ **Section** \ первая точка секущей плоскости — укажите с привязкой **Midpoint** (Середина) точку 1 (см. рис. 5.9, в) \ укажите с привязкой **Center** (Центр) точку 2 \ укажите точку 3, определяющую направление проецирования \ задайте масштаб равным 1 \ укажите точку 4 как центр нового окна \ ПЩ \ укажите точки 5 и 6 как углы нового видового окна \ задайте имя вида, например, *FL* \ ПЩ — создано окно для получения разреза левой плоскостью.

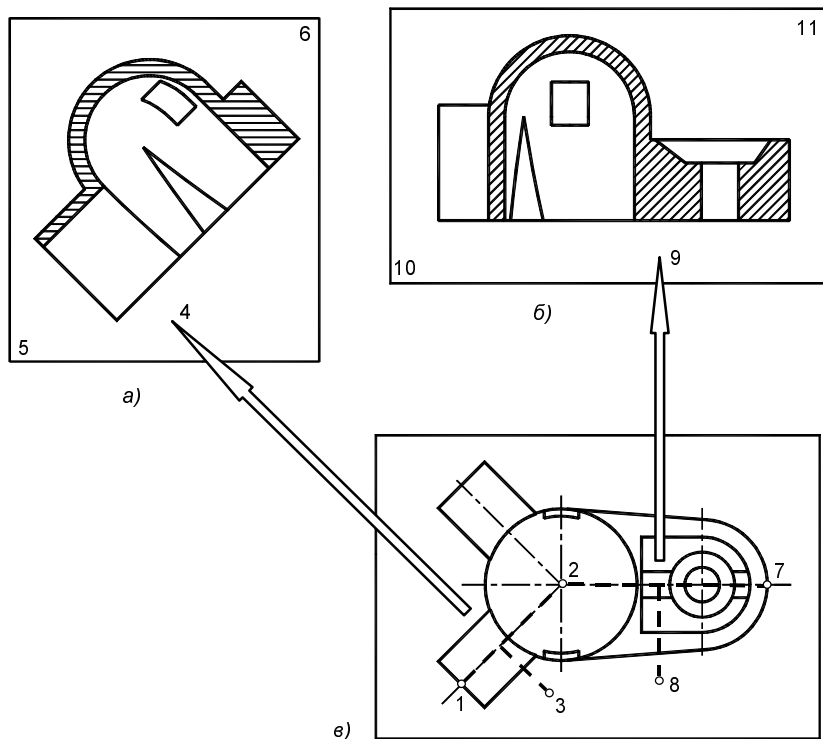


Рис. 5.9. Построение простых разрезов:

а — разрез левой секущей плоскостью;

б — разрез правой плоскостью; в — задание плоскостей разрезов

Окно для разреза правой секущей плоскостью (рис. 5.9, б):

- `solview \ Section \` первая точка секущей плоскости — в исходном окне укажите с привязкой **Center** точку 2 (см. рис. 5.9, в) \ укажите с привязкой **Quadrant** точку 7 \ укажите точку 8, определяющую направление проецирования \ задайте масштаб равным 1 \ задайте точку 9 как центр нового окна \ **ПШ** \ укажите точки 10 и 11 как углы создаваемого видового окна \ задайте имя вида, например, `FR \ ПШ` — создано окно разреза правой плоскостью.

Преобразование видов в разрезы

- `soldraw \` укажите рамки видовых окон 5-6 и 10-11.

Результат

Созданы простые разрезы (см. рис. 5.9, а, б). Сечения заштрихованы. На параметры штриховки сейчас можно не обращать внимания, поскольку ее неизбежно придется удалить при монтаже изображений.

Монтаж изображений

Ломаный разрез является комбинированным изображением, составленным из изображений простых разрезов. Монтаж заключается в обрезке изображений простых разрезов и их совмещении. Монтаж можно выполнить в видовом окне или на листе. Рассмотрим вариант построения, основанный на выносе проекций на лист (рис. 5.10).

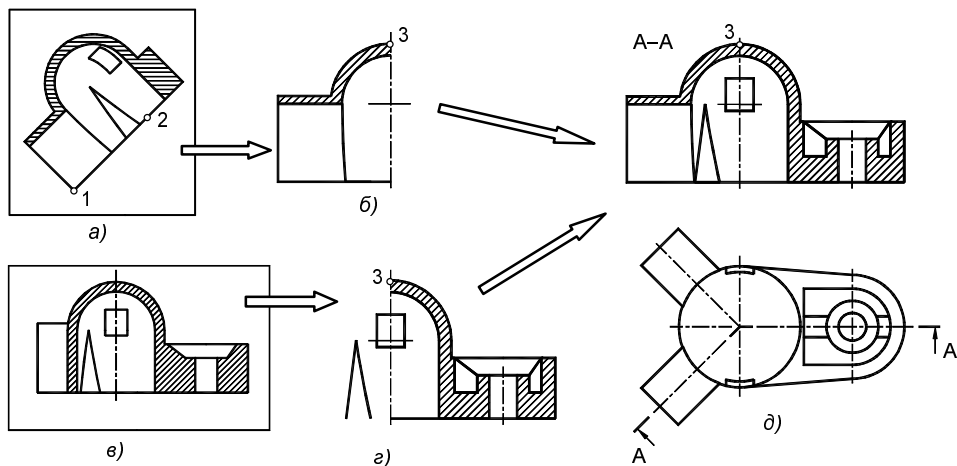


Рис. 5.10. Объединение простых разрезов в сложный ломаный:

а, б — подготовка разреза от левой секущей плоскости;

в, г — подготовка разреза от правой плоскости;

д — совмещение изображений

- Вынесите изображения простых разрезов на лист (о выносе на лист см. разд. 3.4).

Командой **ROTATE** поверните изображение разреза, полученного левой плоскостью. В нашем примере угол поворота равен 45° . Если угол поворота не известен, то нужно найти линию, которая после поворота должна стать горизонтальной, и применить опцию **Reference** (Ссылка). В нашем примере в качестве ссылки можно задать линию основания:

- `rotate \` рамкой охватите поворачиваемое изображение \ ПЩ \ укажите центр вращения, например, точку 1 на основании (привязка **Endpoint** или **Nearest** (Ближайшая) \ **Reference** \ с применением объектной привязки укажите две точки линии, выбранной в качестве ссылки, например, точки 1 и 2 \ задайте новый угол для линии, равный 0.

Постройте линию, по которой должны быть совмещены изображения. Как правило, в том числе и в нашем примере, это осевая линия:

- ❑ `line \` применяя объектную привязку, проведите линию совмещения на изображениях простых разрезов;
- ❑ на разрезе, полученном левой плоскостью, оставьте линии сечения, расположенные слева от линии совмещения, и линии рассекаемых элементов, которые поворачиваются вместе с сечением; остальные линии сотрите или обрежьте (рис. 5.10, б);
- ❑ на разрезе, полученном правой плоскостью, оставьте часть изображения, расположенную справа от линии совмещения. В левой части этого разреза оставьте линии, которые не относятся к элементам, рассекаемым левой секущей плоскостью. Остальные линии удалите.

Подготовленное изображение показано на рис. 5.10, г. Обратите внимание, что убрана штриховка ребер жесткости, попавших в разрез секущей плоскостью.

- ❑ Применяя команду `MOVE`, совместите полученные фрагменты простых разрезов. Совмещение нужно выполнять с применением объектной привязки. В качестве опорной точки для совмещения в рассматриваемом примере можно взять точку 3 (см. рис. 5.10, б, г).

В результате изображение ломаного разреза построено (рис. 5.10, д).

После завершения монтажа, как правило, нужно заново единообразно выполнить штриховку.

Ломаный разрез может быть получен командой `SOLPROF` (см. разд. 4.4). В нашем примере для получения разреза правой плоскостью нужно применить команду `SOLPROF` в окне вида спереди. Для получения разреза левой плоскостью переходят в другое окно и устанавливают ПСК по трем точкам секущей плоскости, затем задают вид в плане этой ПСК и вновь применяют `SOLPROF`. Далее, аналогично рассмотренному выше примеру, производится совмещение изображений.

5.5. Аксонометрия ломаного разреза

Для построения аксонометрического изображения создайте пространственную модель ломаного разреза и отобразите ее в ортогональной диметрии (см. рис. 5.2). Допускается другая аксонометрическая проекция, которая с учетом особенностей модели даст более высокую наглядность. Часть модели, соответствующую ломаному разрезу, можно удалить командой `SLICE` или вычитанием из 3D-модели призмы, две грани которой совпадают с секущими плоскостями. Подробнее см. разд. 3.8.

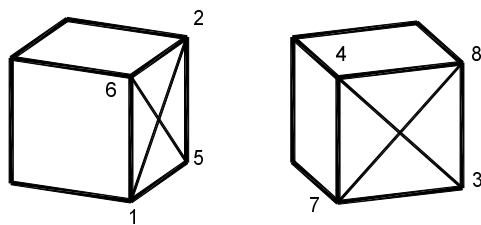


Рис. 5.11. Определение параметров штриховки разреза в аксонометрии

Для определения параметров штриховки в аксонометрии нужно построить два куба, имеющих грани, параллельные секущим плоскостям (см. *разд. 3.8*). На рис. 5.11 приведен пример для ломаного разреза, выполненного в ортогональной диметрии и показанного на чертеже (см. рис. 5.2). В пространстве модели построены два куба, из которых один повернут вокруг вертикальной оси на 45° в соответствии с положением левой секущей плоскости разреза. Затем на листе проведены диагонали граней куба. Диагонали 1-2 и 3-4 определяют наклон штриховки, отношение длин диагоналей 5-6 и 7-8 отражает соотношение шагов штриховки. Все измерения выполнены на листе, т. е. в плоскости штриховки аксонометрической проекции.

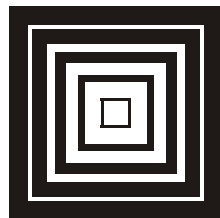
В рассмотренном примере наклон штриховки в левой секущей плоскости составил 71° , в правой 138° . Плотность штриховки в левой плоскости выше в 1.8 раза, чем в правой. Например, задав для правой плоскости шаг 2.5 мм, для левой нужно установить шаг 1.3 мм. Приведенные параметры могут быть применены во всех вариантах задания, где одна из секущих плоскостей имеет наклон 45° к фронтальной плоскости. Если наклон другой, необходимо повторить приведенные построения и определить новые значения параметров штриховки.

5.6. Завершение работы

Создайте необходимые для чертежа изображения видов и простых разрезов. Постройте изображение вида слева, совмещенного с половиной профильного разреза (см. *гл. 3*). Если для детали необходимы местные разрезы, выполните их согласно *разд. 3.5*. О построении сечений см. *разд. 4.7*. Как правило, требуется дополнительный вид (см. вид Б на рис. 5.2). Его построение аналогично наклонному сечению (см. *разд. 4.7*) и рассмотрено в *гл. 6*.

Выполните компоновку чертежа на формате А3. Проставьте размеры.

Глава 6



Дополнительные и местные виды

В главе рассмотрено выполнение четвертой работы задания "Проекционное черчение". Цель работы — изучить дополнительные и местные виды. Это еще два изображения, которые, наряду с рассмотренными в предыдущих главах основными видами, разрезами и сечениями, применяются при выполнении чертежа.

6.1. Содержание работы

Дано

Один из основных видов, ряд дополнительных и местных видов. Приведенные изображения однозначно определяют форму некоторой детали. Однако эту группу изображений еще нельзя считать чертежом, поскольку не выполнены требования к его оформлению. Кроме того, заданная группа изображений обладает низкой наглядностью передачи пространственной формы детали.

Требуется

По заданным изображениям, применив 3D-технологию, построить чертеж детали. Чертеж должен содержать:

1. Виды спереди, сверху и слева с необходимыми разрезами — простыми, сложными, местными.
2. Дополнительные и местные виды.
3. Размеры и аксонометрическое изображение с разрезом.
4. Чертеж оформить в соответствии с требованиями ЕСКД и вывести на печать.

На рис. 6.1 приведены исходные данные одного из вариантов задания¹, далее рассматриваемого в качестве примера. Данные содержат: вид спереди, очерк проекции вида сверху, дополнительный вид А, местные виды Б и В.

¹ Другие варианты — см. Приложение 2.

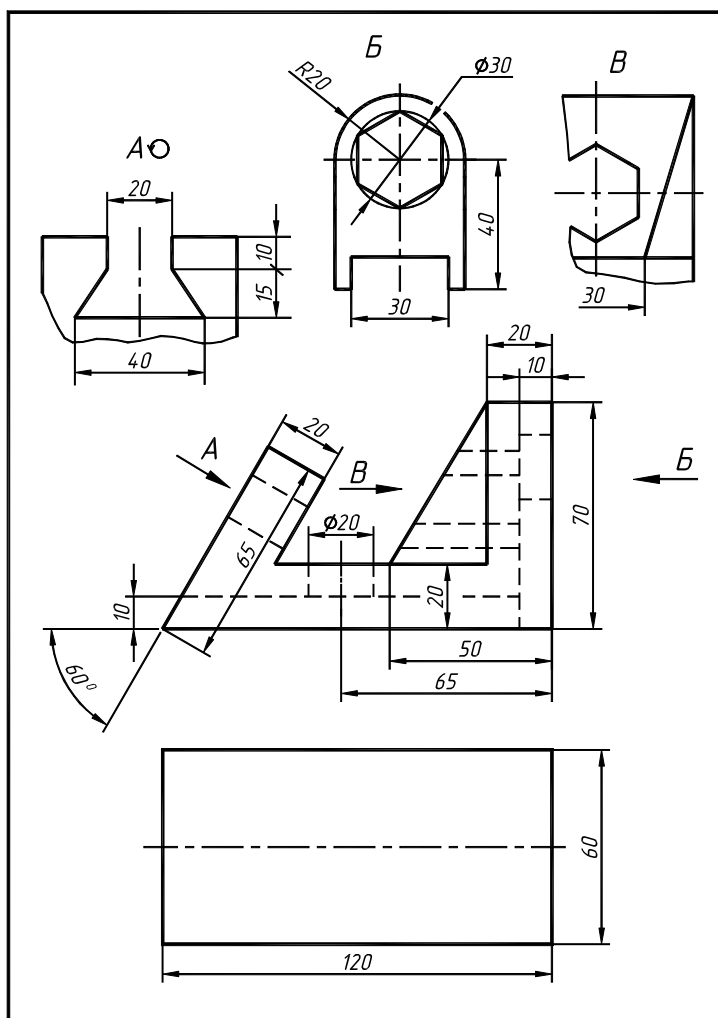


Рис. 6.1. Исходные данные работы "Дополнительные и местные виды"

Чертеж детали для рассматриваемого варианта приведен на рис. 6.2. Чертеж содержит полный разрез на месте вида спереди, вид сверху, вид слева с половиной поперечного разреза, дополнительный вид А и местный вид В. Местный вид В, заданный в исходных данных (см. рис. 6.1), на чертеже вошел составной частью в изображение профильного разреза, поэтому необходимость в этом виде как отдельном изображении отпала. В то же время сохранилась необходимость в дополнительном виде А, так как только он позволяет без искажения передать форму паза.

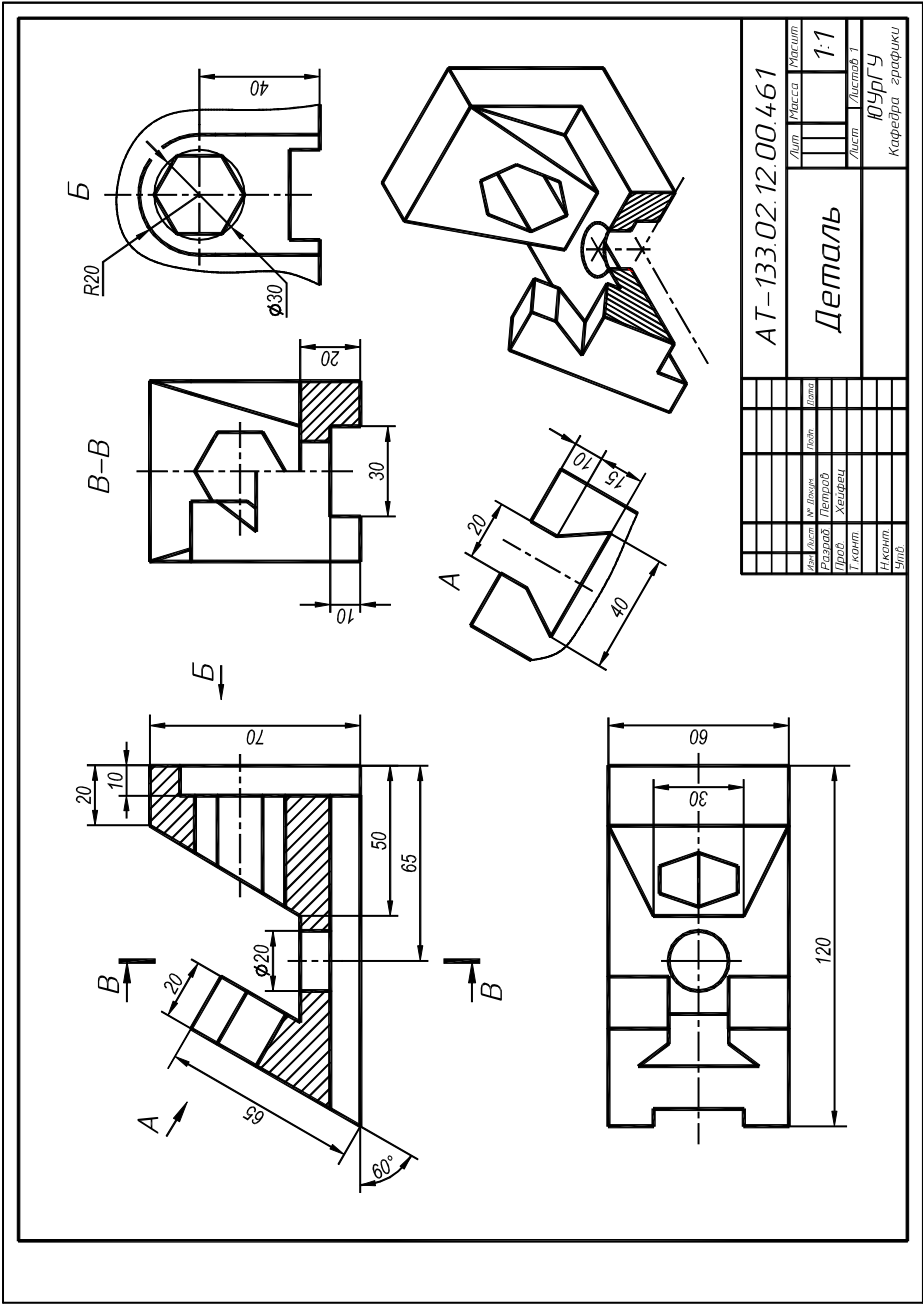


Рис. 6.2. Чертеж к заданию "Дополнительные и местные виды"

В отличие от рис. 6.1, вид А дан в соответствии с направлением проецирования на дополнительную плоскость, без поворота. Это повышает наглядность чертежа. Оставлен местный вид Б, необходимый для показа формы углубления в стойке. Для повышения наглядности он приведен с линией обрыва.

6.2. Назначение и построение дополнительных и местных видов

Дополнительный вид — это изображение, полученное проецированием детали на плоскость, *не параллельную* основным плоскостям проекций. Необходимость в дополнительных видах возникает, если какой-либо элемент детали не может быть показан ни на одном из основных видов без искажения формы и размеров. В нашем примере таким элементом является сквозной паз на кронштейне, расположенном под углом 60° к плоскости основания. На рис. 6.3 показано, что только проецирование на дополнительную плоскость проекций П4, параллельную плоскости кронштейна, позволяет получить истинное изображение паза и наглядно проставить его размеры.

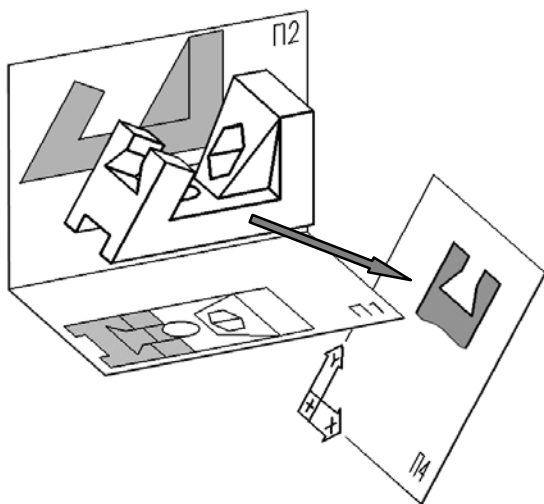


Рис. 6.3. Дополнительный вид, передающий форму паза

Дополнительному виду присваивают имя — очередная по чертежу буква русского алфавита. Направление проецирования (направление взгляда) указывают на чертеже стрелкой, над которой приводят имя вида. Размеры стре-

лок и шрифта те же, что при обозначении разрезов и сечений (см. рис. 3.1). Примером является обозначение дополнительного вида А на рис. 6.1, 6.2.

Изображение дополнительного вида располагают на свободном месте чертежа, над изображением указывают имя вида. Изображение можно поворачивать, выравнивая относительно рамки чертежа, как на рис. 6.1, но рекомендуется выполнять его в проекционной связи с тем видом, на котором указано направление взгляда (см. рис. 6.2, 6.3). В случае поворота изображения, оно снабжается символом поворота. Вид может быть показан полностью или ограничен линией обрыва. На дополнительном виде допускается не показывать элементы, не относящиеся к фрагменту, ради которого этот вид выполнен. Так, на виде А не показаны элементы, расположенные за кронштейном.

Местный вид — это изображение, содержащее часть одного из основных видов. Местный вид применяют для показа формы отдельных конструктивных элементов детали. Местный вид снабжается именем и обозначается также как дополнительный вид — стрелкой и надписью.

Примерами местных видов являются (см. рис. 6.1, 6.2): вид Б, определяющий форму углубления в стойке, и вид В, уточняющий форму усеченной призмы, примыкающей к стойке. Местный вид может содержать лишь отображаемый элемент (см. вид Б), но, как правило, его ограничивают линией обрыва (см. вид В).

6.3. Построение модели

Модель выполняется в уже известной вам последовательности: анализ формы, выполнение предварительных настроек, создание элементов модели. Окончательное формирование модели осуществляется объединением, вычитанием или пересечением элементов.

Анализ формы

В соответствии с исходными данными задания (см. рис. 6.1) нужно сформировать образ детали, представив ее состоящей из элементов простой геометрической формы. Каждый элемент должен рассматриваться как solid-примитив AutoCAD.

Деталь (рис. 6.4) содержит основание 1, включающее в себя горизонтальную плиту, вертикальную стойку и наклонный кронштейн, и призму 2, примыкающую к стойке. В кронштейне выполнен паз 3 типа "ласточкин хвост". Снизу, вдоль всего основания, проходит продольный прямоугольный паз 4. В стойке основания, справа, имеется арочная ниша 5. В плите основания выполнено сквозное вертикальное цилиндрическое отверстие 6. Через стой-

ку и усеченную призму проходит сквозное горизонтальное шестигранное отверстие 7, выходящее в арочную нишу.

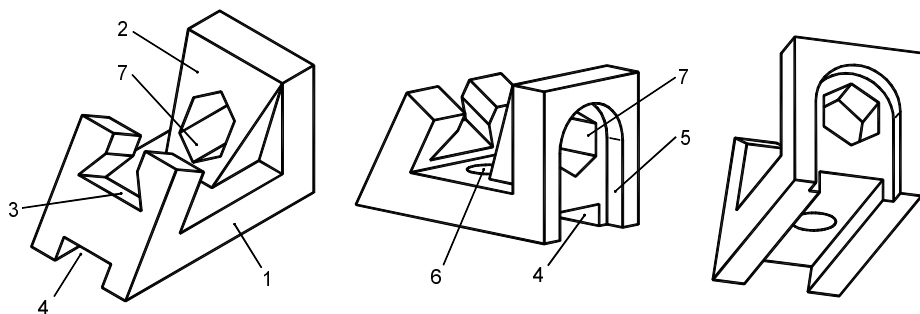


Рис. 6.4. Элементы модели

Предварительные настройки

Выполняются как в предыдущих работах (см. разд. 2.3, 3.2).

Основание

Основание получим выдавливанием контура (рис. 6.5).

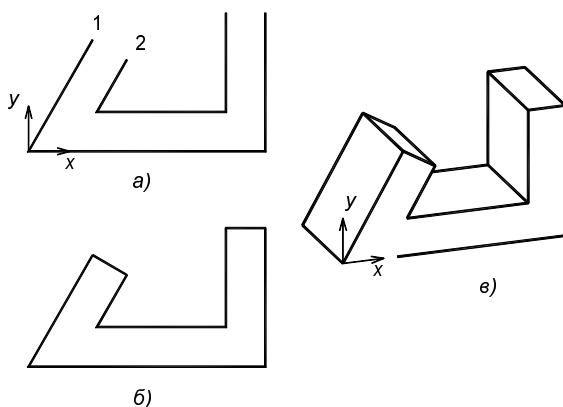


Рис. 6.5. Построение основания:

а — создание внутренней границы контура смещением наружной границы;
б — замыкание и объединение контура; в — выдавливание контура

Учитывая, что элементы основания: плита, стойка и кронштейн — имеют одинаковую толщину, равную 20 мм, применим команду `OFFSET`:

- ❑ перейдите в окно вида спереди;
- ❑ `pline \ 65<60 \ 0,0 \ 120,0 \ 120,70` — построена линия 1 (рис. 6.5, а).
- ❑ `offset \ 20` — величина смещения \ укажите линию 1 \ укажите любую точку в направлении смещения — построена линия 2;
- ❑ замкните контур двумя отрезками, применив объектную привязку **Endpoint** (Конечная) (рис. 6.5, б);
- ❑ `region \ укажите все сегменты контура \ ПЩ` — линии объединены в область, проверьте объединение указанием контура;
- ❑ `extrude \ укажите контур \ ПЩ \ высота 60 \ угол выдавливания 0` (рис. 6.5, в).

Паз "ласточкин хвост"

Перейдите в окно аксонометрии и установите ПСК по наружной наклонной грани кронштейна, как показано на рис. 6.6, а:

- ❑ `ucs \ 3 \ укажите с привязкой Midpoint (Средняя) точку 1 \ укажите с привязкой Endpoint точки 2 и 3.`

Временно установите в окне аксонометрии вид в плане ПСК и постройте контур паза (рис. 6.6, б) и призму на его основе:

- ❑ `plan \ ПЩ;`
- ❑ `pline \ 10,65 \ 10,55 \ 20,45 \ -20,45 \ -10,55 \ -10,65 \ c1;`
- ❑ восстановите аксонометрический вид;
- ❑ `extrude \ укажите контур паза \ -20 \ 0` — построена призма;
- ❑ `subtract \ укажите кронштейн \ ПЩ \ укажите призму \ ПЩ` — паз построен (рис. 6.6, в).

Усеченная призма

Построим призму (рис. 6.6, в) выдавливанием трапеции, затем срежем часть призмы наклонной плоскостью и объединим с основанием:

- ❑ установите ПСК по внутренней грани стойки (см. рис. 6.6, а), задав точки 4, 5 и 6. Точку 4 задайте как середину ребра, точки 5 и 6 как конечные;
- ❑ `pline \ 15,0 \ укажите с привязкой Endpoint точки 6 и 7 \ -15,0 \ c1` — построена трапеция (см. рис. 6.6, а, в).
- ❑ `extrude \ укажите трапецию \ 30 \ 0` — построена трапецидальная призма;

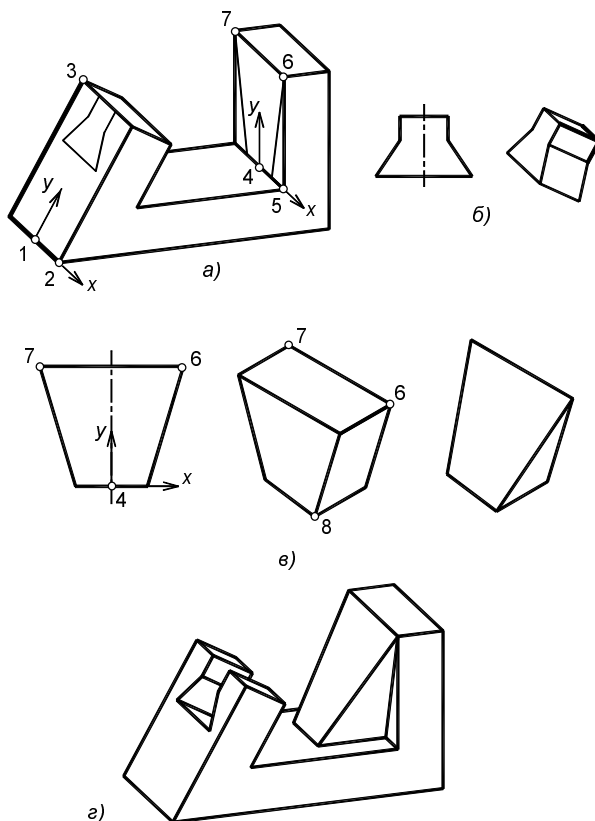


Рис. 6.6. Построение паза и усеченной призмы:
 а — установка ПСК на основании; б — призма, формирующая паз;
 в — последовательность создания усеченной призмы; г — итог

- ❑ `slice` \ укажите призму \ ПЩ \ укажите три точки секущей плоскости — точки 6, 7 и 8 \ ПЩ \ укажите точку призмы со стороны, которую нужно оставить, например — точку 4.
- ❑ `union` \ укажите основание и усеченную призму — результат показан на рис 6.6, г.

Арочная ниша в стойке

Нишу получим вычитанием призмы и цилиндра из стойки. Вычитаемые элементы можно предварительно объединить (рис. 6.7, б), но можно вычитать каждый элемент в отдельности:

- ❑ установите ПСК по правой наружной грани стойки (рис. 6.7, а);

- ❑ `box \ 20,0 \ -20,40,-10;`
- ❑ `cylinder \` центр в точке `0,40 \` радиус равен `20 \` высота равна `-10;`
- ❑ `subtract \` укажите стойку \ ПЩ \ укажите вычитаемые объекты — цилиндр и призму \ ПЩ — ниша построена (см. рис. 6.4).

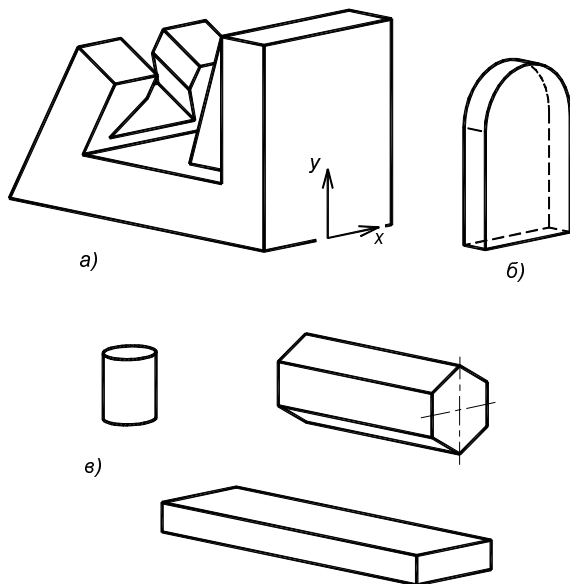


Рис. 6.7. Построение арочной ниши, отверстий и паза:
 а — установка ПСК; б — тело ниши;
 в — объекты для формирования отверстий и паза

Завершение модели

Осталось сформировать два отверстия и продольный паз в основании. Для этого нужно построить цилиндр и две призмы, шестигранную и прямоугольную (рис. 6.7, в). После их вычитания в модели будут созданы необходимые отверстия и паз.

Строим шестигранную призму выдавливанием шестиугольника, вписанного в окружность R15:

- ❑ убедитесь, что ПСК установлена, как на рис. 6.7, а;
- ❑ `polygon \ 6 \ 0,40 \ ПЩ \ 15;`
- ❑ `extrude \` укажите шестиугольник \ ПЩ \ `-50 \ 0.`

Для получения прямоугольной призмы и цилиндра установите ПСК в плоскость нижней грани основания модели, поворотом текущей ПСК вокруг оси X :

- ❑ `ucs \ x \ -90;`
- ❑ `box \ -15,0 \ 15,120,10;`
- ❑ `cylinder \ центр в точке 0,65 \ радиус равен 10 \ высота равна 20;`
- ❑ `subtract \ укажите основание \ ПЩ \ укажите вычитаемые объекты — призму и цилиндр \ ПЩ.`

Результат

Построена трехмерная solid-модель заданной детали (см. рис. 6.4).

6.4. Построение проекций

Применим рассмотренную в предыдущих разделах технику построения проекций по solid-модели, основанную на применении команд `SOLVIEW` и `SOLDRAW`. Сначала создадим видовые окна (рис. 6.8). Назначение окон определяется содержанием выполняемого чертежа детали.

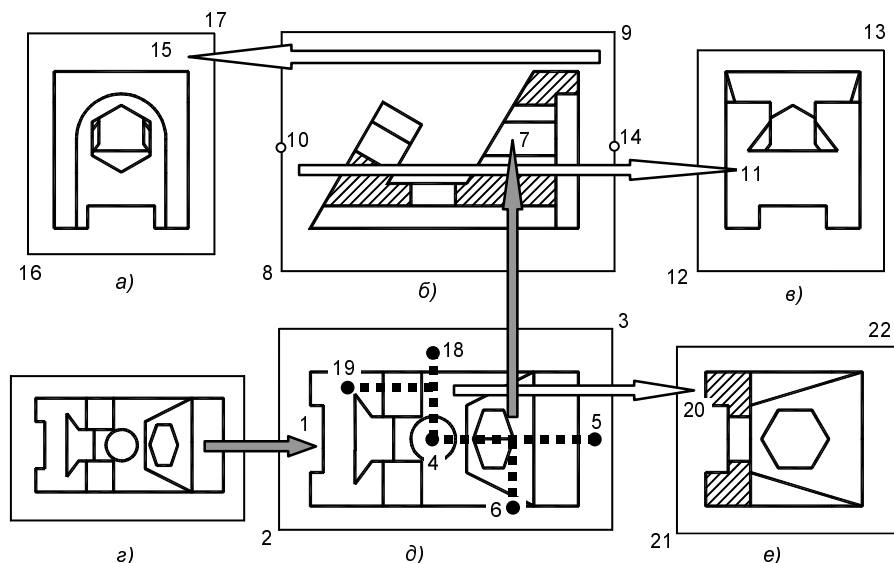


Рис. 6.8. Схема построения ортогональных видов и разрезов

Исходное видовое окно

В качестве исходного необходимо окно вида сверху (рис. 6.8, *з*). Используйте присутствующее на листе окно. Можно перейти на новый лист и создать новое исходное окно. Подробнее *см. разд. 3.2*.

Окно вида сверху

Показано на рис. 6.8, *д*. Для его построения:

- ❑ `solview \ Ucs` (опция построения вида в плане ПСК) \ ПЩ \ задайте масштаб 1 \ укажите точку 1 на свободном месте листа — центр нового окна \ ПЩ \ укажите точки 2 и 3 как углы видового окна \ задайте имя вида, например, *top* \ ПЩ.

Окно фронтального разреза

Показано на рис. 6.8, *б*:

- ❑ `solview \ Section` (Секция) — опция построения разреза \ первая точка секущей плоскости — укажите с привязкой **Center** (Центр) точку 4 \ в режиме **Ortho** (Орто) — опция построения ортогонального вида — укажите точку 5 — вторую точку секущей плоскости \ укажите точку 6, определяющую направление проецирования \ задайте масштаб изображения равным 1 \ задайте точку 7 как центр нового окна \ ПЩ \ укажите точки 8 и 9 как углы видового окна \ задайте имя вида, например, *fr* \ ПЩ.

Окно вида слева

Показано на рис. 6.8, *в*:

- ❑ `solview \ Ortho` \ укажите точку 10 на левой стороне рамки окна фронтального разреза, задав направление проецирования слева направо \ задайте масштаб изображения равным 1 \ переместите курсор вправо и укажите центр нового окна — точку 11 \ ПЩ \ укажите углы 12 и 13 окна \ задайте имя вида, например, *lv* \ ПЩ.

Окно вида справа

Показано на рис. 6.8, *а*:

Вид справа является основой для получения местного вида Б (см. рис. 6.2):

- ❑ `solview \ Ortho` \ укажите точку 14 на правой стороне рамки окна фронтального разреза \ задайте масштаб изображения равным 1 \ переместите курсор влево и укажите центр нового окна — точку 15 \ ПЩ \ укажите углы 16 и 17 окна \ задайте имя вида, например, *RV* \ ПЩ.

Окно профильного разреза

Показано на рис. 6.8, *е*:

- `solview \ Section \` в окне вида сверху укажите точку 4 с привязкой **Center** \ в режиме **Ortho** укажите точку 18 \ укажите точку 19, определяющую направление проецирования \ масштаб 1 \ укажите точку 20 как центр окна \ ПЩ \ укажите углы окна 21 и 22 \ задайте имя вида, например, *ls* \ ПЩ.

Обратите внимание, что точки, задающие плоскость профильного разреза, указаны в окне вида сверху. Это вызвано удобством задания точки 4 как центра отверстия. В связи с этим изображение разреза оказалось повернутым на 90° , что легко поправимо.

Окно дополнительного вида

На рис. 6.9 показано построение видового окна дополнительного вида А (см. рис. 6.1).

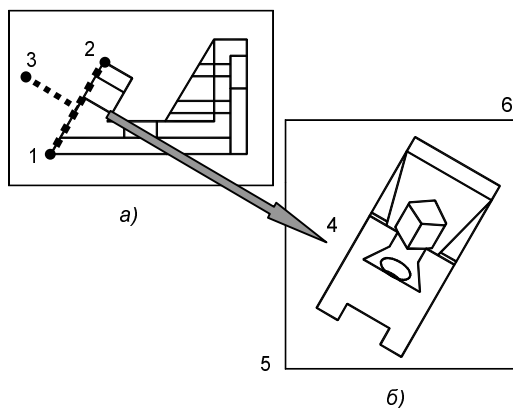


Рис. 6.9. Схема построения дополнительного вида:
а — исходное окно; б — созданное окно дополнительного вида

Поскольку плоскость вида в нашем примере фронтально проецирующая (см. рис. 6.3), то в качестве исходного следует выбрать окно вида спереди или окно фронтального разреза:

Дополнительный вид создается применением опции **Auxiliary** (Вспомогательный):

- `solview \ a` (опция **Auxiliary**) \ укажите с объектной привязкой **Endpoint** точки 1 и 2 (рис. 6.9, *а*) \ укажите точку 3, определяющую направление

проецирования \ задайте масштаб вида равным 1 \ задайте точку 4 как центр нового окна \ ПЩ \ укажите углы видового окна — точки 5, 6 \ задайте имя вида, например, dv \ ПЩ.

Построение проекций

- ❑ `soldraw` \ укажите поочередно созданные видовые окна.

Результат

В каждом из окон каркасное отображение модели заменено указанным при создании окна видом или разрезом.

6.5. Оконный вариант построения чертежа

В предыдущих главах был рассмотрен вариант компоновки чертежа с выносом проекций на лист. Вынос на лист позволяет завершать работу над чертежом в едином пространстве, что упрощает простановку размеров и компоновку чертежа. Однако вынос на лист требует дополнительных затрат времени. Поэтому применяют также вариант компоновки, при котором линии, образующие проекцию, остаются в пространстве модели, т. е. внутри видовых окон. Рассмотрим особенности этого варианта.

Дополнительно рекомендуем изучить *главу 6* ("Видовые окна. Композиция и презентация") в работах [1—3].

Монтаж комбинированных изображений

Примером комбинированного изображения является совмещение половины вида слева с половиной профильного разреза (рис. 6.10).

Построить его в оконном варианте можно в следующей последовательности.

- ❑ Подготовьте видовые окна. Заморозьте в них слои, содержащие линии невидимого контура, — это слои с суффиксом *HID*. Напомним, что эти слои были созданы командой `SOLDRAW` при формировании проекций и разрезов. Подготовленные окна показаны на рис. 6.10, а.
- ❑ Создайте вспомогательный слой, например, с именем *Help* и сделайте его текущим. В одном из окон начертите осевую линию, отделяющую половину вида от половины разреза. Линию стройте с применением объектной привязки. Построенная в одном окне, линия появляется во всех окнах.
- ❑ В окне вида удалите или обрежьте линии, расположенные справа от оси. Перейдите в окно профильного разреза и удалите или обрежьте линии,

расположенные слева от оси (см. рис. 6.10, б). Штриховку придется стереть и выполнить заново для половины изображения.

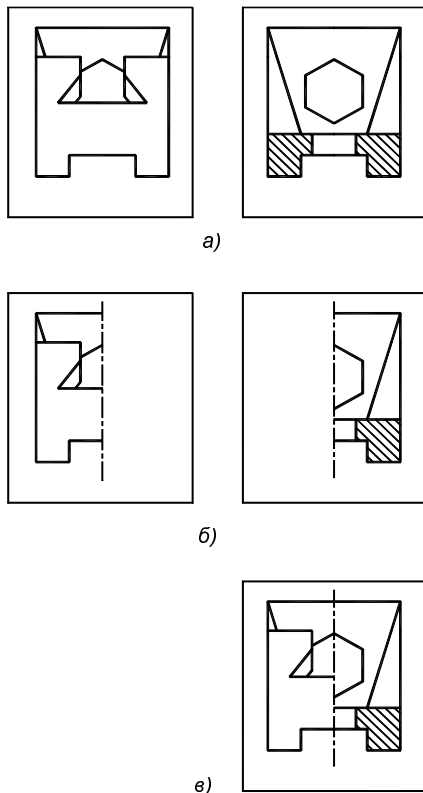


Рис. 6.10. Совмещение изображений видовых окон:
а — исходные изображения; б — подготовленные изображения;
в — итоговое изображение

Возьмите за основу одно из окон, например, окно разреза. Перейдите в это окно. Разморозьте в нем слой, на котором находятся линии видимого контура окна вида — это *lv-VIS*. Данный слой при его создании командой *SOLDRAW* был избирательно заморожен во всех окнах, кроме окна вида слева.

Результат

Изображения совмещены в окне профильного разреза (см. рис. 6.10, в). Окно вида слева можно удалить командой *ERASE*, указав рамку этого окна.

Компоновка чертежа. Проекционная связь

Компоновка в оконном варианте начинается с размещения видовых окон внутри рамки чертежа. Затем устанавливается проекционная связь между изображениями видовых окон. Корректируется масштаб изображений.

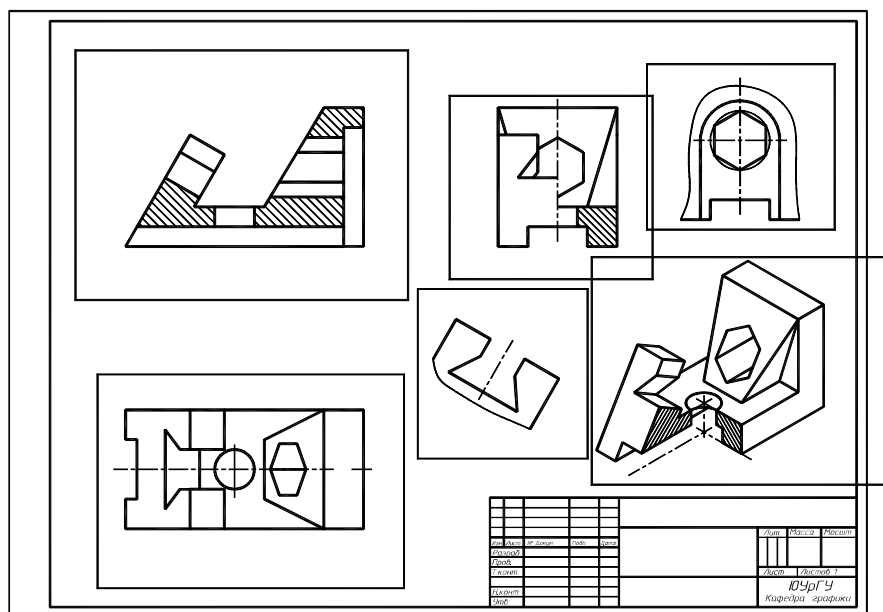


Рис. 6.11. Компоновка чертежа в оконном варианте

- ❑ Перейдите в пространство листа. Загрузите файл, содержащий рамку требуемого формата и основную надпись ("штамп"). В нашем примере потребуется формат А3.
- ❑ Командой `MOVE` перемещайте и комповайте видовые окна с их содержанием внутри рамки чертежа. Рамки окон могут пересекаться, окна — частично накладываться одно на другое (рис. 6.11).

При формировании окон команда `SOLVEVIEW` обеспечивает проекционную связь между изображениями. При перемещении окон проекционная связь может быть нарушена. Для ее восстановления нужно применить команду `MVSETUP`.

Например, установим проекционную связь между видами спереди и сверху:

- ❑ `mvsetup \ Align (Выровняй) \ Vertical (Вертикально) \` активизируйте окно, по которому будете выравнивать (изображение в этом окне останется на месте) \ введите `0,0 \` перейдите во второе окно \ `0,0 \ ПШ`.

Для восстановления проекционной связи между окнами видов спереди и слева нужно применить ту же команду с опцией **Horizontal** (Горизонтально). Очевидно, что выравниваемые окна должны иметь одинаковый масштаб отображения — это обеспечивалось при формировании окон. При нарушении масштаба его можно восстановить опцией **Scale** команды `MVSETUP`.

Дальнейшие перемещения окон при корректировке их положения на чертеже следует выполнять в режиме **Ortho**, чтобы не нарушить установленную проекционную связь.

Масштабирование проекций

В рассмотренных выше примерах все чертежи выполнены в масштабе 1:1. Но может потребоваться и другое значение масштаба всего чертежа или его отдельных изображений. При выносе проекций на лист масштабирование выполняется командой `SCALE`, которая приводит к действительному изменению размеров масштабируемого изображения.

В оконном варианте масштабирование заключается в изменении масштаба отображения проекции из пространства модели в пространство листа. При этом размеры объектов в пространстве модели остаются неизменными (истинными).

Плавная визуальная настройка масштаба осуществляется командой `ZOOM` в режиме реального времени (кнопка ). Фиксированные значения масштаба можно задать командами `ZOOM` и `PROPERTIES`. Допустим, нужно задать масштаб отображения 2:1. Применим команду `ZOOM`:

- ❑ перейдите в настраиваемое окно;
- ❑ `zoom \` опция **Scale \ 2xp** (здесь `XP` — суффикс, добавляемый к значению масштаба).

С той же целью можно применить команду редактирования свойств `PROPERTIES`:

- ❑ укажите рамку видового окна;
- ❑ **Modify** (Редакт) \ **Properties** (Свойства) или кнопка  \ прокручивая диалоговое окно редактирования свойств, найдите параметр **Custom scale** (Пользовательский масштаб) — текущее значение масштаба отображения, которое можно изменить на требуемую величину. Выше, на строке **Standart scale** (Стандартный масштаб), можно задать стандартное значение масштаба — курсор право и по стрелке вниз.

Блокировка видового окна

После задания масштаба отображения и выполнения других настроек изображение в окне следует заблокировать, не допуская случайного на него воздействия, т. е. применению внутри окна команд `ZOOM` и `PAN`. Чтобы заблокировать окно:

- ☐ укажите рамку окна \ ПЩ \ в контекстном меню укажите строку **Properties** \ в диалоговом окне **Properties** найдите строку **Display locked** (Заблокировать видовое окно) \ укажите на строке поле справа и в раскрывающемся списке (вниз по стрелке) задайте **Yes** (Да).

Для разблокирования окна повторите указанные действия, задав на конечном этапе режим **No** (Нет).

Другие особенности оконного варианта

Кратко отметим еще ряд особенностей оконного варианта компоновки чертежа.

Простановка размеров

При оконном варианте формирования чертежа размеры проставляют в пространстве модели, т. е. внутри каждого видового окна. Размеры ставят на специальных размерных слоях, имеющих суффикс *DIM*, которые были созданы командой `SOLVEVIEW` при формировании окон, например, слой с именем *top-DIM*.

Если размеры не помещаются в рамке окна, то нужно перейти на лист и "ручками" раздвинуть рамку в нужном направлении. Размеры, проставленные в окне, перемещаются вместе с окном, что облегчает компоновку и корректировку чертежа.

В отдельных случаях размеры можно ставить на листе, поверх окон. Этому способствует действие объектной привязки, которая из пространства листа "берет" точки пространства модели.

Особенность построения аксонометрии

Аксонометрическое изображение на чертеже можно представить как отображение пространственной модели в видовом окне, без проецирования линий контура на плоскость. Однако в этом случае на экране не удастся придать различную толщину линиям изображения после применения команды `HIDE`. Поэтому рекомендуем, как и прежде, применять команду `SOLPROF` (см. разд. 3.8), но проекцию можно оставить в видовом окне.

Редактирование дополнительных и местных видов

В окне дополнительного вида следует удалить линии, не относящиеся к элементу, ради которого выполнено проецирование на дополнительную плоскость. В окне местного вида также следует удалить лишние элементы и линии. Для замыкания контура и наглядности рекомендуется применять линии обрыва. Их построение рассмотрено в *разд. 3.5* при создании частичных и местных разрезов.

Удаление рамок видовых окон

После завершения компоновки рамки видовых окон необходимо скрыть, т. е. сделать их невидимыми (спрятать). Для этого нужно рамки поместить на отдельный слой, который следует заморозить.

Рамки видовых окон, сформированных командой `SOLVIEW`, автоматически помещаются на слой `VPORTS`. На этот же слой можно перенести рамку окна аксонометрии или других окон, рамки которых следует скрыть. Затем указанный слой заморозить в пространстве листа. Напомним, что перемещение рамки окна на другой слой выполняется командой редактирования свойств `PROPERTIES` или через панель инструментов **Layers** (Слои).

При скрытых рамках в полной мере сохраняется возможность работы внутри окон. Однако становится невозможным перемещение окон.

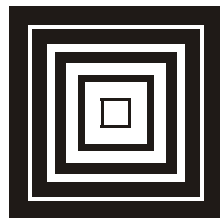
Выполнение надписей

Рамку и штамп (основную надпись) выполняют в пространстве листа, т. е. вставляют из специальных файлов как блоки на лист. Технические требования выполняют также на листе. Другие надписи, например, изображения секущих плоскостей, названия видов могут быть выполнены как на листе, так и в пространстве модели.

Толщина линий контура

На всех слоях типа `VIS` и `PV` необходимо установить требуемую толщину и включить кнопку **LWT** в статусной строке.

Глава 7



Рабочий чертеж корпусной детали

Предлагаемая работа является частью учебного задания "Деталирование", в котором по чертежу узла требуется выполнить чертежи деталей этого узла. Чертеж узла разрабатывает конструктор высокой квалификации. Вам требуется понять замысел конструктора и довести его до чертежей отдельных деталей, по которым их можно изготовить — так называемых рабочих чертежей.

Как правило, наиболее сложной деталью узла является его корпус. Понимание пространственной формы корпуса по чертежу узла представляет собой непростую задачу. На основе выявленной формы создается пространственная модель корпуса и по ней — чертеж. Эта последовательность создания чертежа по 3D-технологии была вами изучена при выполнении предыдущих работ. Сейчас требуется повторить ее для более сложной детали.

7.1. Содержание работы

Дано

Чертеж узла.

Требуется

1. Построить пространственную модель корпусной детали.
2. Создать рабочие чертежи деталей средствами 3D-технологии.
3. Выполнить фотореалистичную визуализацию одной из моделей.

Рассмотрим построение чертежа корпуса масляного шестеренного насоса (рис. 7.1). Деталь получается литьем с последующей фрезерной и токарной обработкой рабочих поверхностей. Как и в предыдущих работах, рекомендуется повторить приведенный пример и по аналогии выполнить задание по своему варианту.

Вопросы визуализации модели рассмотрены в *гл. 9*.

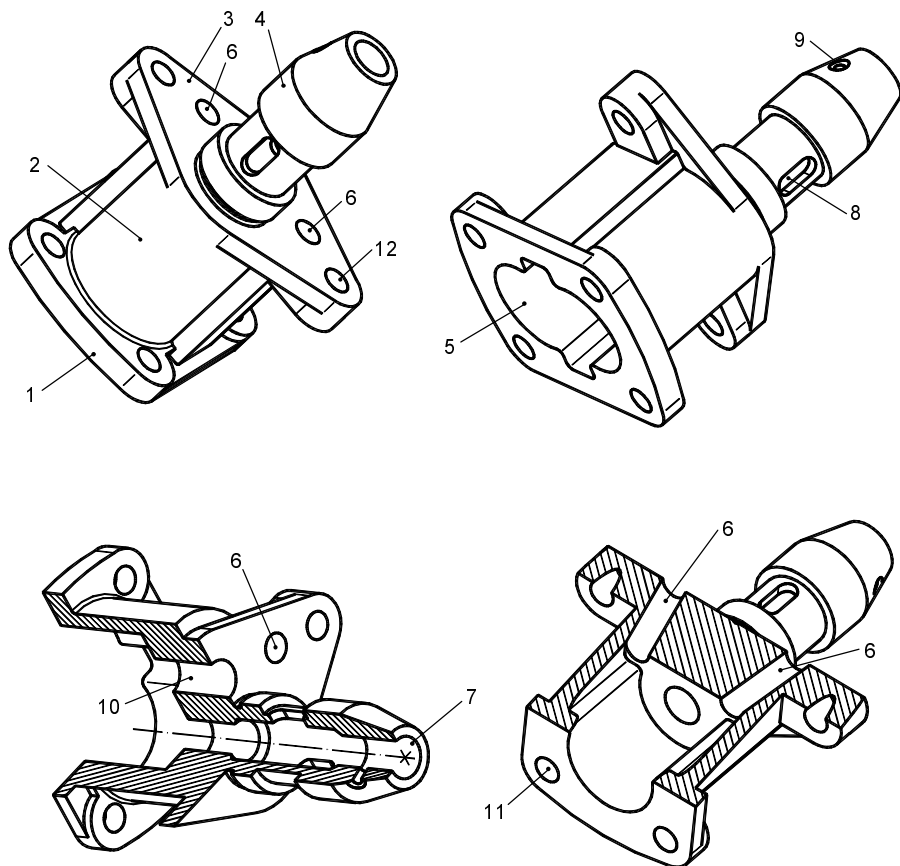


Рис. 7.1. Анализ формы корпусной детали

7.2. Чтение чертежа узла

Для понимания формы детали по чертежу узла, в который она входит, необходимо, прежде всего, знать основы построения чертежа: как формируются его виды, разрезы, сечения — все это вами было изучено при выполнении предыдущих заданий. Кроме того, нужно знать ряд особенностей построения чертежа узла, а также назначение и принцип работы узла.

К особенностям чертежа узла, облегчающим его понимание, относятся правила штриховки при построении разрезов и сечений. Первое — для сопрягаемых деталей применяется различная штриховка, отличающаяся по типу, углу наклона или шагу. Второе — одна и та же деталь на всех разрезах чертежа обязательно заштрихована единообразно, с сохранением всех парамет-

ров штриховки. Третье — сплошные детали типа валов, осей, шариков, а также тонкие элементы (ребра жесткости) в продольных разрезах показывают без штриховки.

Каждой детали присваивается позиционное обозначение. Чертеж снабжается спецификацией — перечнем деталей. Название деталей и возможные комментарии, приведенные в спецификации, способствуют пониманию принципа работы узла, назначению и пространственной формы его деталей.

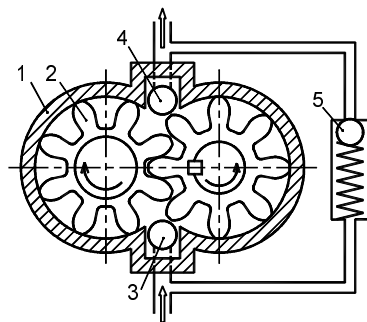


Рис. 7.2. Схема работы шестеренного насоса

Назначение и принцип работы узла поясняются описанием и схемой, прилагаемыми к чертежу узла. Как следует из схемы шестеренного насоса (рис. 7.2), в корпусе 1 имеется камера, в которой вращаются два зубчатых колеса 2. Через отверстие 3 масло поступает в корпус. Вследствие вращения колес в камере вблизи отверстия 3 создается разрежение. Масло втягивается в камеру и зубьями колес нагнетается в отводящий трубопровод через отверстие 4. Вращение подается на колесо, соединенное с валом шпонкой; второе колесо вращается за счет зацепления с первым. Имеется перепускной клапан 5, предотвращающий избыточное давление масла. При превышении давления шарик клапана отжимает пружину и открывает канал, по которому масло из зоны нагнетания возвращается в зону всасывания.

При определении формы какой-либо детали нужно найти все ее изображения на чертеже узла, мысленно удалив изображения других деталей, закрывающих требуемую. На изображениях детали нужно восстановить линии контура, которые были закрыты другими деталями, и вследствие этого, не были показаны на чертеже узла.

Итогом чтения чертежа узла является пространственный образ узла и его деталей. Образы воплощаются в пространственные модели, которые по 3D-технологии являются основой построения их чертежей.

На рис. 7.1 показана модель корпуса, построенная согласно чертежу узла насоса. Корпус содержит основание 1, оболочку камеры 2, фланец 3, штуцер 4. Внутри имеются рабочая камера 5, в которой вращаются нагнетающие зубчатые колеса. Масло подается по одному из двух наклонных отверстий 6 и отводится по другому. В штуцере имеется ступенчатое цилиндрическое продольное отверстие 7 для вала, приводящего колеса во вращение, а также два вспомогательных поперечных отверстия 8 и 9. Отверстие 10 предназначено для установки оси, на которой вращается ведомое колесо. В корпусе содержатся отверстия 11 для крепления крышки корпуса и отверстия 12 крепления насоса в целом.

7.3. Построения в истинных размерах

Достоинством компьютерной технологии является построение модели и ее чертежа в истинных размерах. Это означает, что, измерив или задав размер детали (объекта), нужно применить его к создаваемой модели, не умножая на масштаб, какой бы большой или малой не была деталь. Такая возможность определяется тем, что на экране можно отобразить модель любых размеров.

Истинные размеры зависят от единицы измерения и исходных данных, по которым они определяются. Единицей измерения является, как правило, миллиметр (мм). При обмере реальной детали значения в мм принимаются за истинные и присваиваются модели. Например, деталь имеет длину 100 мм. Тогда ее модели будет задана длина 100 единиц (эти единицы отслеживаются в статусной строке экрана). То же относится и к модели архитектурного объекта-здания. Если длина здания 100 м, а единицей измерения является мм, то длина модели этого здания составит 100 000 единиц. И никакого умножения на масштаб в процессе работы над моделью!

При детализировании узла размеры берутся с чертежа узла измерением линейкой с точностью 0.5...1 мм. Эти размеры следует *временно* рассматривать как истинные и в них строить модель. Если масштаб узлового чертежа равен 1:1, то модель детали, созданная по размерам, измеренным с чертежа, имеет истинные размеры детали. Иначе она получается больше или меньше детали на величину масштаба. Например, если чертеж узла выполнен в масштабе 1:2, то модель получается в два раза меньше детали. Такую модель после ее построения целесообразно привести к истинным размерам, применив команду `SCALE` (при масштабе чертежа узла, равном 1:2, модель после ее завершения нужно увеличить в два раза, чтобы она имела истинные размеры).

Проекция модели (виды, разрезы, сечения), которые создаются в автоматическом режиме, также целесообразно построить в истинных размерах, задав при выполнении команды `SOLVIEW` масштаб 1:1. Окончательное масштабиро-

рование проекций осуществляется на стадии задания формата чертежа и его компоновки.

При выполнении рассматриваемого задания рекомендуется учесть типографские искажения чертежа узла, вследствие которых масштаб не соответствует значению, указанному на чертеже в основной надписи (штампе). Чтобы определить масштаб типографского варианта чертежа, нужно измерить линейкой один из габаритных размеров, которые обязательно приводятся на чертеже узла, и поделить его на значение этого размера, указанное на чертеже.

Независимо от масштаба чертежа размеры детали (объекта) не ее рабочем чертеже должны быть указаны истинные. Если проекции выполнены в масштабе 1:1, то это требование выполняется автоматически. Иначе, при простановке размеров нужно в настройке размерного стиля задать *линейный масштаб*, позволяющий автоматически проставлять истинные размеры. Значение линейного масштаба обратно масштабу чертежа. Например, если чертеж выполнен в масштабе 1:2, то линейный масштаб следует задать равным 2.

Линейный масштаб задается в диалоговом окне задания размерного стиля:

☐ **Dimstyle** (Размерный стиль) \ **New** (Новый) или **Modify** (Редактирование) \ закладка **Primary Units** (Основные единицы) \ поле **Scale Factor** (Масштабный фактор).

7.4. Модель корпуса

Построение 3D-модели проходит через уже известные этапы: анализ формы детали, предварительные настройки, построение элементов детали, их объединение, вычитание, пересечение.

Анализ формы корпуса насоса был выполнен выше (см. рис. 7.1). Корпус насоса представлен состоящим из конструктивных элементов: основания, камеры, штуцера и др. При построении каждого конструктивного элемента приведен более подробный анализ их формы.

Предварительные настройки

Основную часть настроек следует выполнить, как сказано в *разд. 2.3, 3.2*. При настройке пространства модели нужно учесть истинные размеры модели. В рассматриваемом примере основание корпуса, измеренное по чертежу узла, вписывается в прямоугольник 100×100. Эти размеры следует задать как лимиты пространства модели. Для таких лимитов шаг рекомендуется установить равным 1; сетку задать с ячейкой, равной 5.

При настройке листа следует задать лимиты формата A3 или A2 и создать три видовых окна для пространственных построений.

Для построения модели создайте два слоя — *Рабочий* и *Модель*. На слое *Рабочий* будем создавать текущий конструктивный элемент модели. На слое *Модель* — формировать модель из ее конструктивных элементов. Слой *Модель* избирательно заморозьте в окнах ортогональных проекций (виды сверху и спереди). Оставьте его незамороженным только в окне аксонометрии.

Возможна иная работа со слоями. Например, создав еще один слой с именем *Элемент*, можно на слое *Рабочий* выполнять разметку и построение контуров, на слое *Элемент* формировать конструктивный элемент, на слое *Модель* формировать модель. Но это уже индивидуальный стиль работы.

Установите значение системной переменной `DELOBJ` равным 0. Для этого с командной строки введите имя переменной, а затем ее значение. Данная настройка позволит сохранять контуры после создания тел на их основе.

Позднее понадобятся слои для простановки размеров, выполнения штриховки и надписей.

Основание корпуса

В окне вида сверху на слое *Рабочий* создайте плоский контур 1 (рис. 7.3, а), его построение рассмотрено в *разд. 1.6* (см. рис. 1.9). Дополнительно поверните контур относительно его центра на 90°.

Перейдите на слой *Модель* и командой `EXTRUDE` выдавите контур 1 на высоту 8 мм. Высота взята с чертежа узла, ее можно найти на чертеже корпуса (см. рис. 7.9). Создана пластина (рис. 7.3, б), которая видна в окне аксонометрии. Контур выдавливания сохранился в окне вида сверху.

Расчлените (командой `EXPLODE`) контур 1 и на его основе создайте контур 2. На слое *Модель* выдавите контур 2 на высоту 5 мм. Создана вторая пластина.

Для формирования крепежных отверстий нужно построить четыре цилиндра диаметрами 8 мм и высотой 10...15 мм. Центральные точки оснований цилиндров можно указать на контуре или на модели с применением объектной привязки **Center** (Центр), а также по координатам с чертежа (см. рис. 7.9). В последнем случае перенесите начало координат в центр основания и задайте, например, координаты центра левого ближнего цилиндра равными (–26, –21). Построенный цилиндр зеркально отобразите относительно осей координат.

Пластины нужно объединить (командой `UNION`), после этого из объединенной пластины вычесть (`SUBTRACT`) цилиндры (рис. 7.3, в).

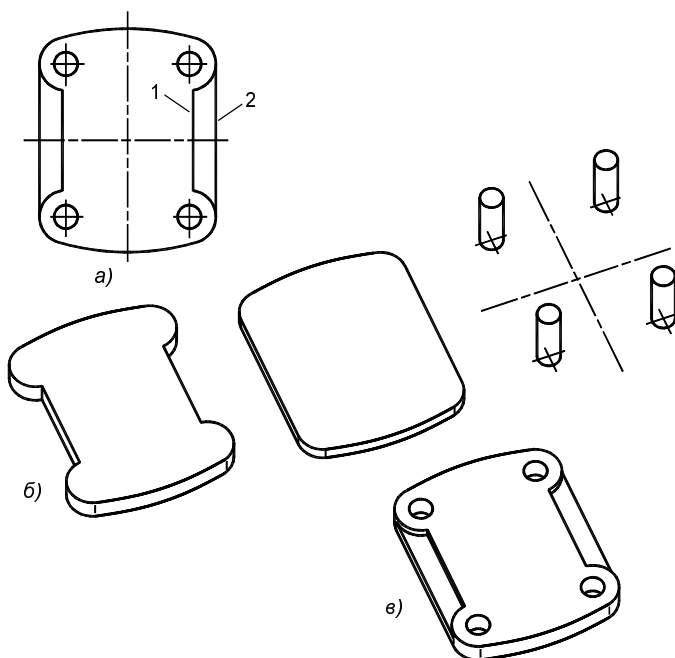


Рис. 7.3. Построение основания:
 а — исходные контуры; б — элементы основания;
 в — результат объединения пластин и вычитания цилиндров

В итоге на слое *Модель* создан конструктивный элемент — основание корпуса.

Камера

Требуется создать два тела, соответствующие наружной и внутренней поверхности камеры. В окне вида сверху на слое *Рабочий* создайте контуры 3 и 4 (рис. 7.4, а), их построение рассмотрено в разд. 1.6 (см. рис. 1.10). Контур 3 следует дополнительно повернуть на 90° относительно их центра.

Перейдите на слой *Модель*. Контур 3 выдавите на высоту 50 мм, контур 4 — на высоту 33 мм (рис. 7.4, б).

В окне аксонометрии видны как вновь созданные тела, так и полученное ранее основание. Наружную форму объедините с основанием. После этого выполните вычитание внутренней формы. Построенная часть модели показана на рис. 7.4, в.

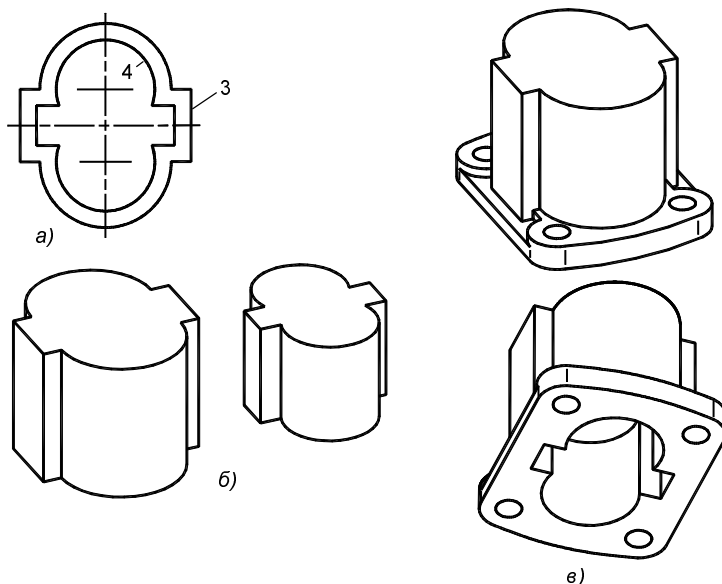


Рис. 7.4. Построение камеры:

а — наружный и внутренний контуры; б — элементы камеры;
в — объединение наружного объема с основанием и вычитание внутреннего объема

Фланец

В окне вида сверху на слое *Рабочий* создайте контуры 5 и 6 (рис. 7.5, а). Построение контура 5 рассмотрено в *разд. 1.6* (см. рис. 1.11). Как и предыдущие контуры, поверните контур фланца на 90° относительно центра основания. Направление поворота — против часовой стрелки. Контур 6 постройте самостоятельно.

Перейдите на слой *Модель*. Контур 5 выдавите на высоту 6 мм (рис. 7.5, б), полученную пластину переместите вверх на 6 мм. Контур 6 выдавите на высоту 12 мм. Создайте два цилиндра диаметром 8 мм, высотой 15...20 мм. Точки центра оснований цилиндров можно указать по одной из пластин с объектной привязкой **Center** или взять их координаты с чертежа (см. рис. 7.9), например, координаты центра правого цилиндра относительно центра фланца равны (38,0).

Пластины объедините. Выполните вычитание цилиндров (рис. 7.5, в). Полученный фланец поднимите на высоту 44 мм. При толщине фланца 12 мм будет обеспечена указанная на чертеже (см. рис. 7.9) высота корпуса, равная 56 мм:

□ move \ укажите фланец \ ПЩ \ 0,0,44 \ ПЩ.

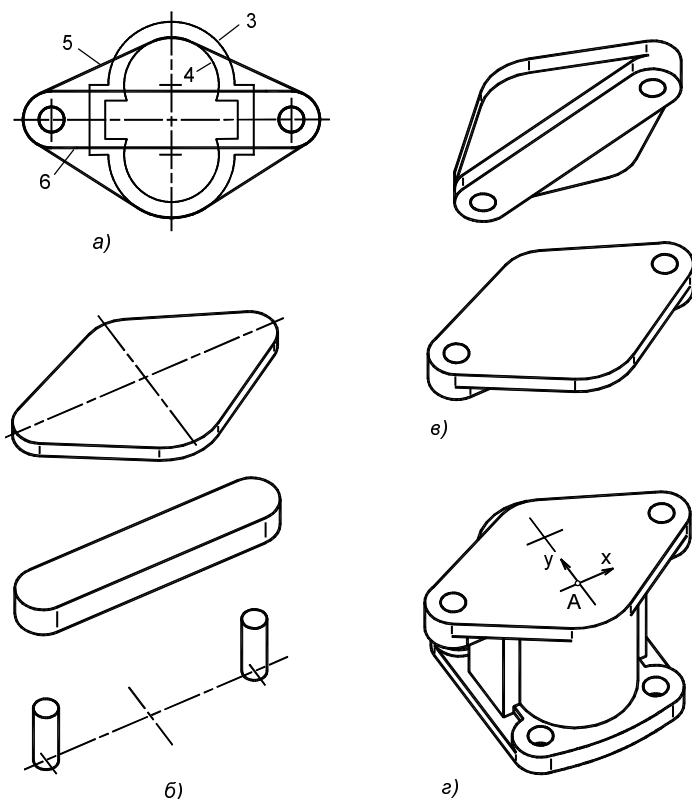


Рис. 7.5. Построение фланца: а — контуры фланца;
 б — элементы фланца; в — фланец с отверстиями;
 г — добавление фланца к модели

Объедините фланец с ранее созданной частью модели (рис. 7.5, г).

Штуцер

Штуцер представляет собой поверхность вращения со ступенчатым продольным отверстием (рис. 7.6). Для его построения нужно создать два контура и сформировать на их основе два тела вращения. Поскольку ось вращения параллельна плоскости вида спереди, то построение штуцера выполняется в окне вида спереди.

Установим систему координат для построений контуров штуцера:

- перейдите в окно аксонометрии и убедитесь, что активна МСК. Перенесите начало координат в точку А (см. рис. 7.5, г), ее можно задать объ-

ектной привязкой **Center** на верхней плоскости фланца или по координатам относительно центра основания (0,-11,56);

- ☐ командой UCS с опцией **Apply** (или кнопкой ) передайте ПСК из окна аксонометрии в окно вида спереди;
- ☐ той же командой, с опцией **View** (или кнопкой ) , установите ПСК по виду окна вида спереди.

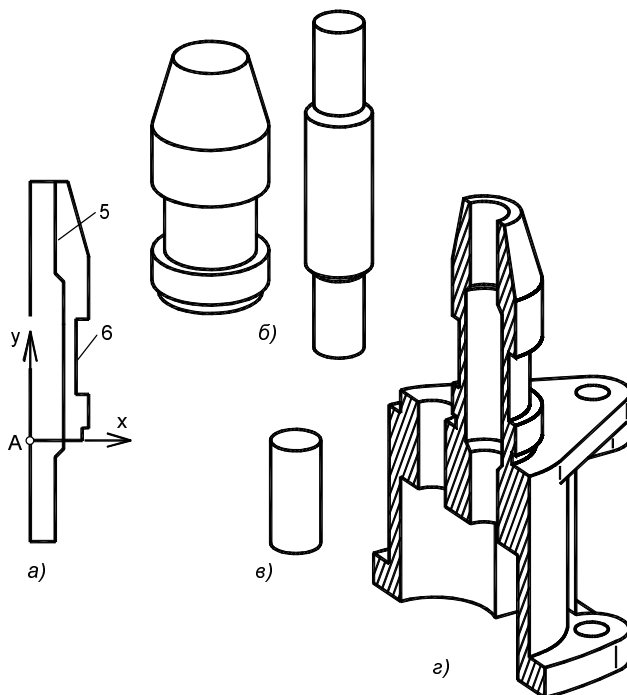


Рис. 7.6. Построение штуцера:

a — контуры вращения; *б, в* — тела вращения;
г — добавление штуцера к модели и формирование отверстия во фланце

Строим контуры 5 и 6 (рис. 7.6, *a*) и тела вращения. Координаты вершин контуров измерены линейкой на чертеже узла. Их можно найти на чертеже корпуса, на видах сверху и спереди (см. рис. 7.9):

- ☐ перейдите в окно вида спереди, на слой *Рабочий*;
- ☐ `pline \ 0,62 \ @6,0 \ @0,-22 \ @ 2,-2 \ @0,-40 \ @-2,-2 \ @0,-30 \ @-6,0 \ c1` — построен контур 5;

□ `pline \ 0,62 \ 9,62 \ 14,44 \ 14,29 \ 11,29 \ 11,11 \ 14,11 \ 14,3 \ 12.5,3 \ 12.5,0 \ 0,0 \ c1` — построен контур 6;

□ `revolve \` укажите контуры вращения \ ПЩ \ **Y** (опция, задающая вращение вокруг оси **Y**) \ ПЩ — созданы два тела вращения (рис. 7.6, б).

Для формирования отверстия во фланце (см. рис. 7.1, поз. 10) нужно построить цилиндр (рис. 7.6, в):

□ перейдите в окно аксонометрии, где установлена ПСК, показанная на рис. 7.5, з;

□ `cylinder \ 0,22 \` радиус равен 6 \ высота равна -30.

В окне аксонометрии объедините наружную часть штуцера с ранее созданной частью модели и выполните вычитание внутренней части штуцера и цилиндра (рис. 7.6, з).

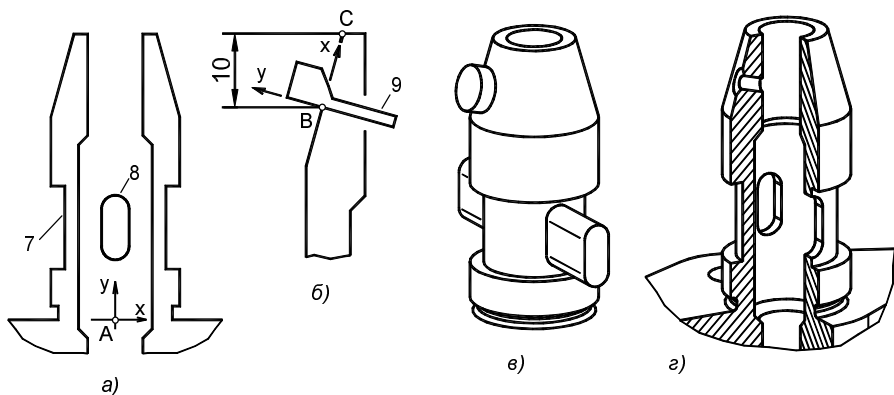


Рис. 7.7. Поперечные отверстия в штуцере:

а — продольное сечение штуцера и контур одного из отверстий;
 б — контур вращения наклонного отверстия;
 в — вспомогательные тела для формирования отверстий; г — итог

Для построения в штуцере двух поперечных отверстий (см. рис. 7.1, поз. 8, 9) выполним следующие действия (рис. 7.7):

□ в окне аксонометрии командой `SECTION` постройте продольное сечение модели плоскостью **ZX** текущей ПСК, показанной на рис. 7.5, з. Сечение перенесите на слой *Рабочий*. Перейдите в окно вида спереди и заморозьте в нем слой *Модель*, оставив только сечение — контур 7 (рис. 7.7, а).

Создайте контур 8 поперечного отверстия:

□ `rectang \ f` — опция **Fillet** (Сопряжение) \ радиус 3 \ -3,27 \ 3,13.

Для построения контура 9 наклонного отверстия необходимо задать ПСК как на рис. 7.7, б:

- постройте вспомогательную горизонтальную прямую, проходящую ниже точки *C* на 10 мм. Перенесите начало координат в точку *B* пересечения этой прямой и контура сечения;
- `ucs \ z` (поворот ПСК вокруг оси *Z*) \ 0,0 \ с объектной привязкой **Endpoint** (Конечная) укажите точку *C* — ось *X* направлена в точку *C*;
- `pline \ 0,5 \ 0,-10 \ 1.5,-10 \ 1.5,-1.2 \ @4<30 \ @4<90 \ cl` — построен контур 9.

Выдавливанием контура 8 и вращением контура 9 создайте два тела (рис. 7.7, в):

- `extrude \` укажите контур 8 \ ПЩ \ 50 \ ПЩ — получен "инструмент" формирования поперечного отверстия;
- `move \` укажите "инструмент" \ ПЩ \ 0,0,-25 — "инструмент" установлен в рабочее положение;
- `rotate \` укажите контур 9 \ ПЩ \ *Y* (ось *Y* как ось вращения) \ ПЩ.

Вычитание созданных тел из модели приведет к формированию в штуцере требуемых отверстий (рис. 7.7, г).

Наклонные отверстия в корпусе

Наклонные отверстия для подачи и отвода масла (см. рис. 7.1, поз. 6) построим в окне аксонометрии. Построения показаны на рис. 7.8, где штуцер условно "срезан", чтобы не закрывать построения. Задайте ПСК (рис. 7.8, а) с началом в точке *D*, как *исходную* систему координат для получения отверстий. Для этого постройте отрезок, соединив центральные точки крепежных отверстий фланца. Перенесите начало координат МСК в середину этого отрезка.

Строим ось одного из отверстий. В соответствии с исходными данными ось проходит через точки *E* и *F*. Точка *E* задает точку входа сверла. Она расположена в верхней плоскости фланца, ее положение можно определить на виде справа (см. рис. 7.9). В *исходной* ПСК координаты точки *E* равны (-21,5,0). Точка *F* — точка выхода сверла, расположена внутри камеры, на ее верхней плоскости. Сверло должно выйти по оси симметрии камеры в ее призматической части (см. рис. 7.9, вид слева). Координаты точки *F* в той же ПСК равны (-17,0,-23):

- постройте отрезок *EF* как ось отверстия. Командой `LENGTHEN` с опцией **Delta** удлините отрезок *EF* со стороны точки *E* на 20...25 мм и на 5...10 мм со стороны точки *F*.

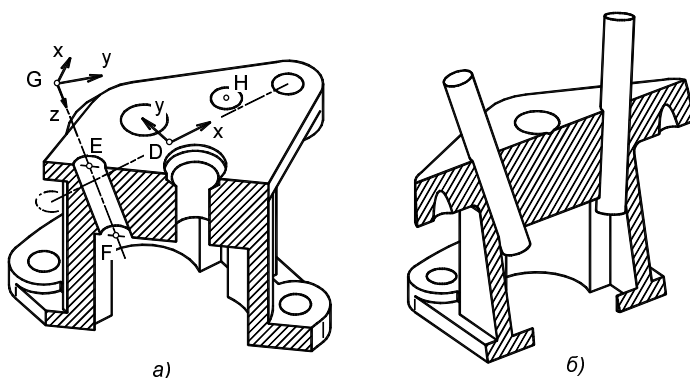


Рис. 7.8. Наклонные отверстия в корпусе:
а — построение оси отверстия; б — разрез по осям отверстий

Для выполнения отверстий создадим два "сверла" (рис. 7.8, б):

- ❑ установите ПСК (команда UCS с опцией **ZAxis** (Ось Z)) с началом в точке G, направив ось Z вдоль оси отверстия;
- ❑ постройте solid-цилиндр диаметром 8 мм, для задания высоты цилиндра укажите противоположную точку только что построенной оси отверстия. Второй цилиндр получите зеркальным отражением относительно оси Y исходной ПСК;
- ❑ выполните вычитание цилиндров из объема модели.

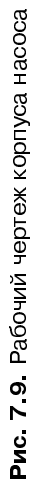
Результат

Модель корпуса построена. Приступаем к созданию его рабочего чертежа.

7.5. Построение рабочего чертежа

Чертёж корпусной детали, как правило, является весьма сложным. Так, чертёж корпуса насоса (рис. 7.9) содержит горизонтальный разрез на месте вида сверху, вид спереди с двумя местными разрезами, вид слева, совмещенный с половиной профильного разреза А–А, вид Б — вид справа с местным разрезом, наклонное сечение В–В, выносные элементы Г и Д.

Чертёж получен средствами 3D-технологии AutoCAD на основе команд SOLVIEW и SOLDRAW. Эти команды подробно рассмотрены в предыдущих главах, поэтому мы остановимся только на особенностях их применения при создании чертежа корпуса.



Корректировка положения модели

Положение детали на ее рабочем чертеже определяется требованиями наглядности чертежа, технологии изготовления детали и др. Это положение может не соответствовать тому, в котором модель была построена. Сказанное соответствует рассматриваемому примеру. Продольная ось модели корпуса, исходя из удобства ее построения, была задана вертикальной. На чертеже (см. рис. 7.9) продольная ось корпуса расположена горизонтально, причем основание корпуса расположено слева. Поэтому модель следует повернуть:

- перейдите в окно вида спереди;
- `rotate \` укажите модель \ ПЩ \ укажите базовую точку поворота — это может быть произвольная точка основания \ -90 .

Вид спереди с местными разрезами

На рис. 7.10 показано построение комбинированного изображения — вида спереди с тремя местными разрезами.

Поскольку эти разрезы образованы фронтальными секущими плоскостями, то нужно построить вид спереди и три простых фронтальных разреза. Затем выполнить их совмещение:

- перейдите на новый лист и создайте исходное видовое окно (рис. 7.10, *а*). Рекомендации по созданию исходного окна изложены в *разд. 3.2*;
- командами `SOLVEW` и `SOLDRAW` создайте окно вида сверху (рис. 7.10, *б*);
- на основе окна вида сверху постройте проекции вида спереди и трех фронтальных разрезов, соответствующих секущим плоскостям местных разрезов (рис. 7.10, *в*);
- в окне вида спереди проведите три волнистые линии обрыва, задающие границы местных разрезов. Для линий нужно создать новый слой, который должен быть разморожен в окнах совмещаемых изображений. Вследствие этого построенные линии появляются в видовых окнах разрезов;
- в окне вида спереди обрежьте и сотрите линии, расположенные в области местных разрезов. В окнах разрезов удалите линии, не принадлежащие разрезам (рис. 7.10, *г*). Штриховку всего разреза сотрите, а затем выполните заново, уже в ограниченной области местного разреза.

Чтобы объединить подготовленные изображения, вспомним, что при построении проекций для каждого видового окна автоматически создаются специальные слои, на которых помещаются линии этой проекции. Линии видимого контура помещены на слои с суффиксом *VIS*, штриховка — на слои с суффиксом *HAT* (см. *разд. 3.3*). В каждом окне видны линии только своей группы слоев. Остальные слои избирательно заморожены, поэтому линии других видовых окон не отображаются.

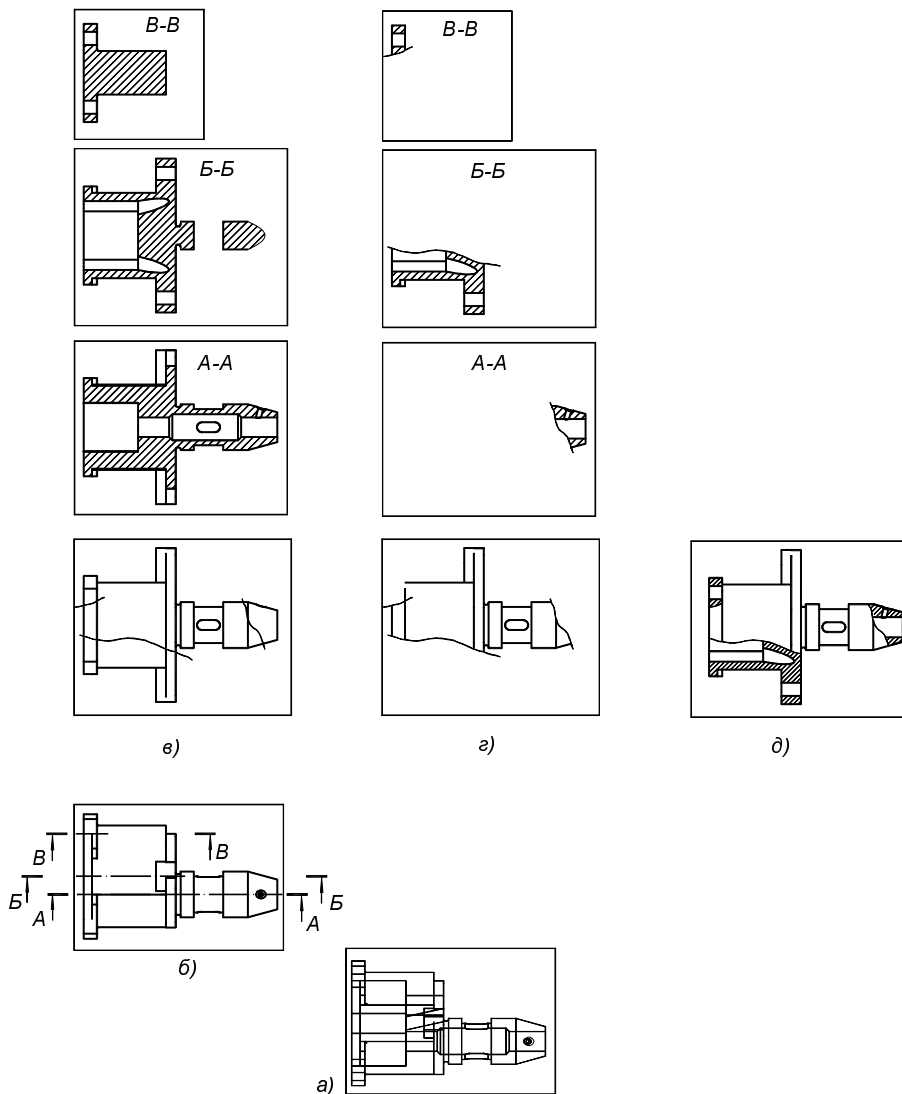


Рис. 7.10. Построение вида спереди с местными разрезами:

а — исходное видовое окно; б — вид сверху;

в — окна вида спереди и фронтальных разрезов;

г — подрезка изображений в видовых окнах; д — итоговое изображение

Комбинированное изображение создается из изображений различных видовых окон. Для его построения нужно, после того, как изображения в окнах подготовлены, в одном из видовых окон разморозить слои других окон:

- перейдите в окно вида спереди. С помощью панели инструментов **Layers** (Слои) разморозьте слои с суффиксами *VIS* и *HAT*, соответ-

вующие окнам разрезов — комбинированное изображение получено (рис. 7.10, д).

Местный разрез на виде сверху

Для построения нужны изображения вида сверху и горизонтального разреза Г–Г. Изображение вида сверху уже получено (см. рис. 7.10, б). В качестве исходного окна для разреза Г–Г берется ранее созданное окно вида спереди (рис. 7.11):

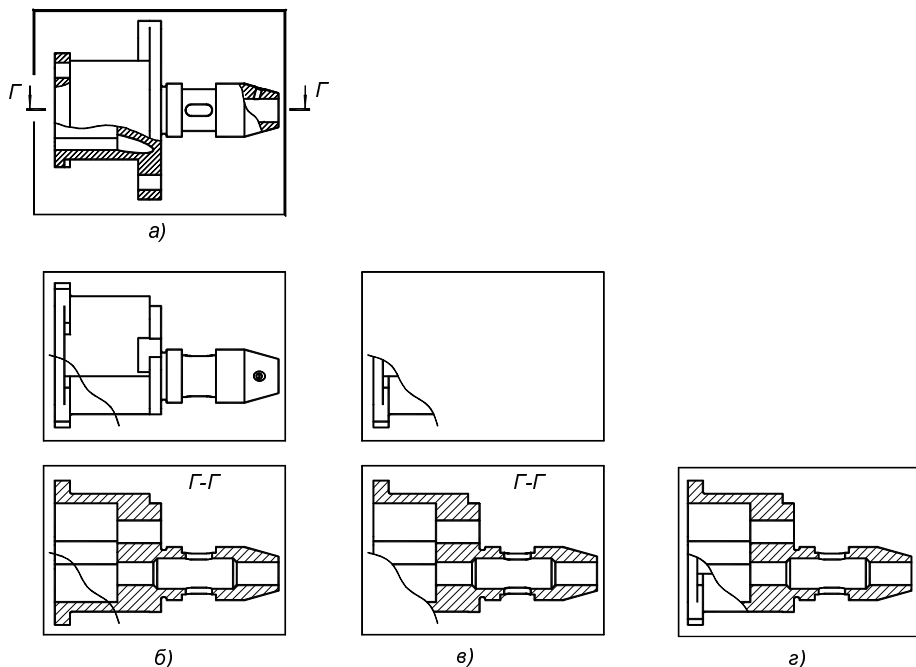


Рис. 7.11. Построение вида сверху с местным разрезом:

а — окно вида спереди — исходное; б — вид сверху и горизонтальный разрез;
в — подрезка изображений; г — итоговое изображение

- ❑ скопируйте окна видов спереди и сверху на свободное место листа. В окне вида спереди может быть отображена модель или построенная в нем проекция (рис. 7.11, а);
- ❑ считая окно вида спереди исходным, командами SOLVIEW и SOLDDRAW постройте разрез Г–Г (рис. 7.11, б);
- ❑ в окне вида сверху, на новом слое, постройте линию обрыва, разделяющую вид и местный разрез. Эта линия должна появиться и в окне разреза Г–Г;

- ☐ удалите части вида и разреза в соответствии с линией обрыва рис. 7.11, в;
- ☐ в окне вида сверху разморозьте слой *VIS*, соответствующий видовому окну разреза Г–Г. Восстановите штриховку (рис. 7.11, з).

Вид слева с профильным разрезом

Найдите вид слева и разрез А–А на рис. 7.9. Его построение показано на рис. 7.12.

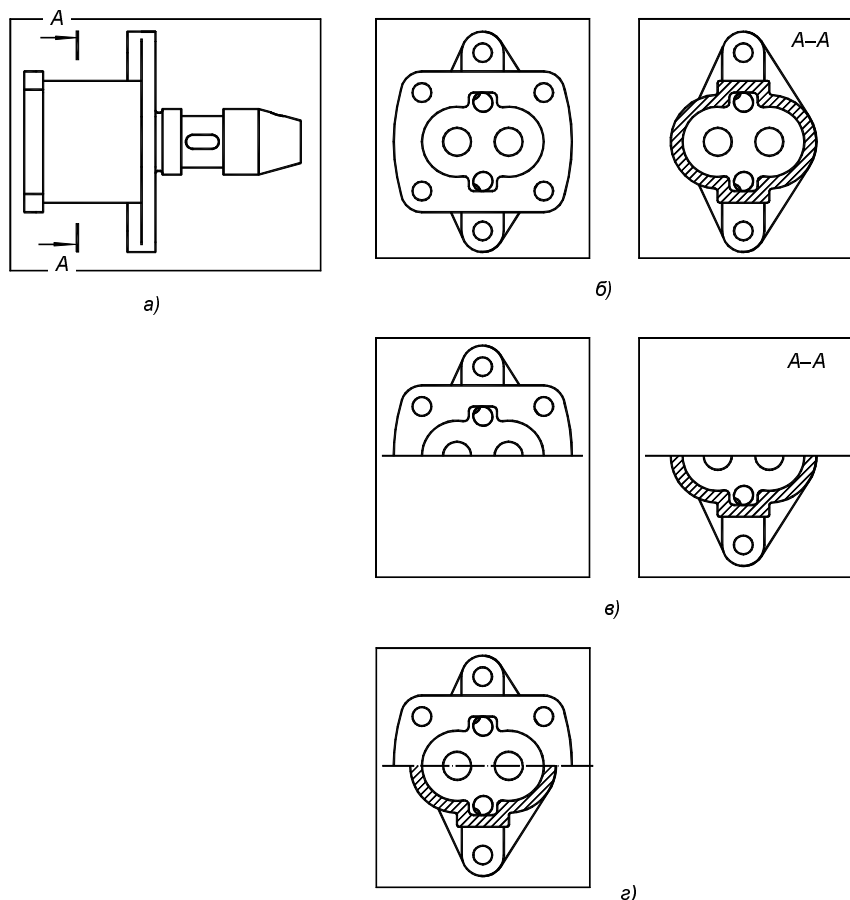


Рис. 7.12. Совмещение половины вида слева с половиной профильного разреза:
 а — окно вида спереди — исходное; б — вид слева и профильный разрез;
 в — подрезка изображений; г — итоговое изображение

Исходным является окно вида спереди (рис. 7.12, а). Требуется построить окна вида слева и профильного разреза (рис. 7.12, б). Проведя на дополни-

тельном слое разделительную горизонтальную линию — ось симметрии, нужно удалить нижнюю часть вида и верхнюю часть разреза (рис. 7.12, *в*). Итоговое изображение можно получить, например, в окне вида при размораживании слоя *VIS*, соответствующего окну разреза (рис. 7.12, *г*).

Подобным образом создается вид справа с местным разрезом (см. рис. 7.9, вид Б). Исходным по-прежнему является окно вида спереди. Составляющими — видовые окна вида справа и профильного разреза в направлении вида справа.

Наклонное сечение

Для построения наклонного сечения (см. рис. 7.9, сечение В–В) в качестве исходного окна нужно задать окно вида справа (рис. 7.13, *а*), по отношению к которому плоскость сечения является проецирующей.

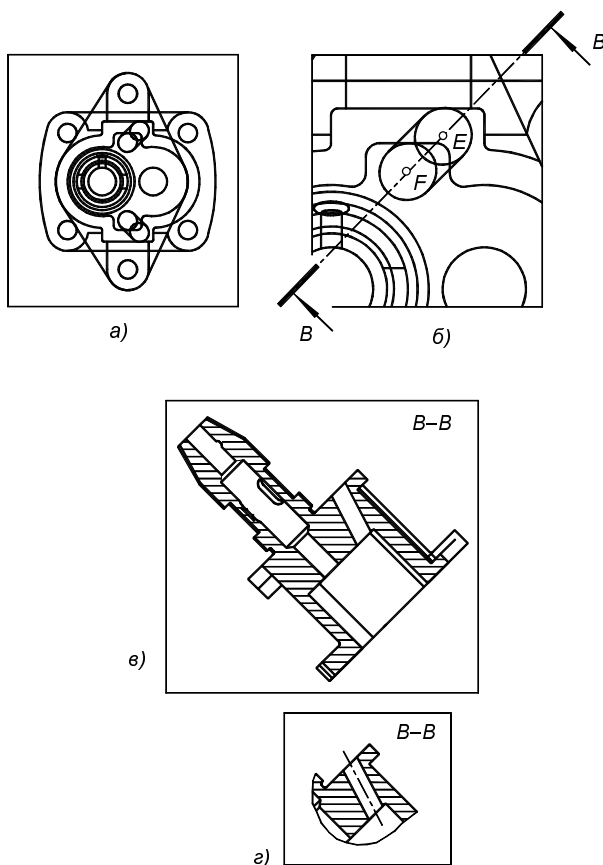


Рис. 7.13. Построение наклонного сечения: а — исходное окно вида справа; б — область вблизи отверстия; в — наклонный разрез; г — наклонное сечение

Изображение в этом окне следует увеличить так, чтобы наглядно показать одно из наклонных отверстий (рис. 7.13, б). Техника построения наклонного сечения подробно рассмотрена в *разд. 4.7*.

Применяем команду **SOLVIEW** с опцией **Section** (Секция). Положение секущей плоскости задаем по точкам *E* и *F* (см. также рис. 7.8, а). Эти точки можно выявить объектной привязкой **Center** как центры эллипсов, по которым наклонное отверстие пересекается с плоскостями фланца и камеры.

После получения наклонного разреза (рис. 7.13, в) удалите линии, расположенные за секущей плоскостью. В полученном сечении проведите линии обрыва. Обрежьте изображение, оставив ту его часть, которая относится к наклонному отверстию (рис. 7.13, г).

Передать форму и положение тех же наклонных отверстий можно посредством другого наклонного сечения (рис. 7.14). Его построение выполняется в той же последовательности, что и предыдущего сечения. Секущая плоскость является фронтально проецирующей, поэтому за исходное берется окно вида спереди (рис. 7.14, а). Положение секущей плоскости задается по точкам *C* и *C'* (рис. 7.14, б), выявляемым объектной привязкой **Center**. Далее получаем наклонный разрез (рис. 7.14, в) и после удаления "лишних" линий оставляем наклонное сечение (рис. 7.14, г).

На чертеже корпуса должно быть приведено только одно из построенных сечений.

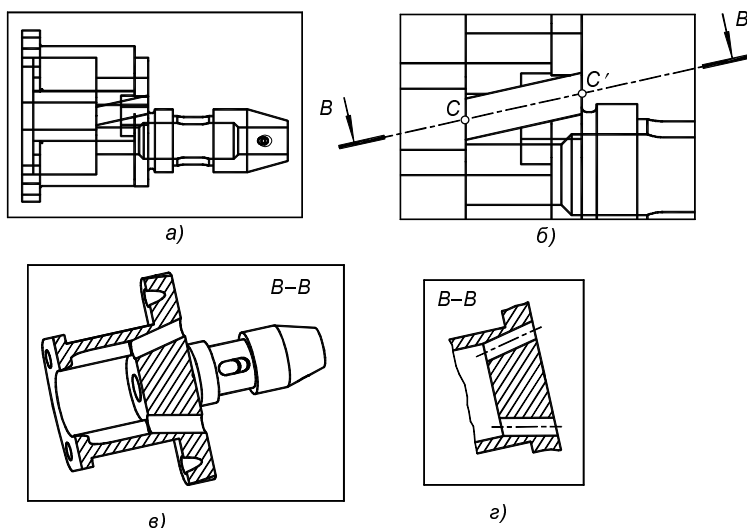


Рис. 7.14. Второй вариант наклонного сечения: а — исходное окно вида сверху; б — область вблизи отверстия; в — наклонный разрез; г — наклонное сечение

Выносные элементы

Выносной элемент — это дополнительное увеличенное изображение какой-либо части вида, разреза или сечения, требующей графических пояснений формы и размеров. Чертеж корпуса насоса содержит два выносных элемента (см. рис. 7.9).

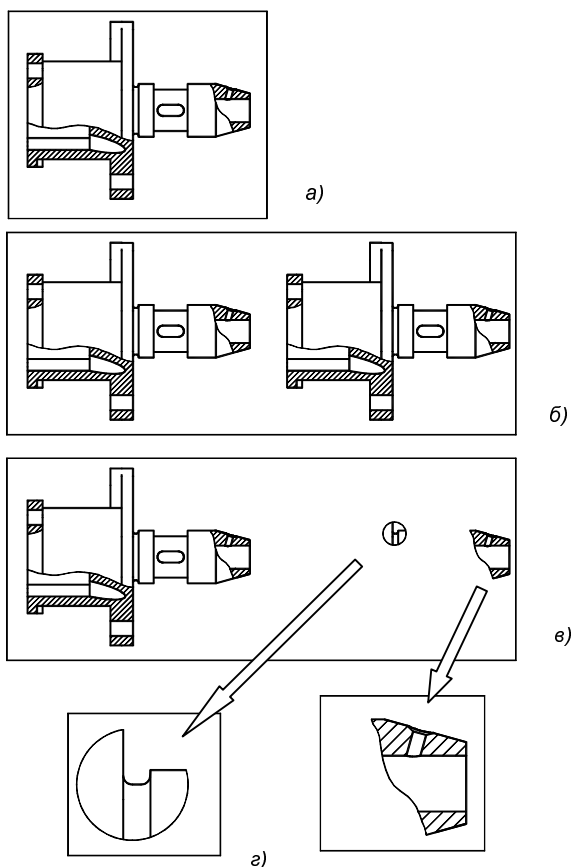


Рис. 7.15. Построение выносных элементов:

- а — исходное видовое окно; б — создание копии исходного изображения;
 в — удаление "лишних" линий; г — увеличение изображений
 и корректировка формы окон

Элемент Г поясняет форму проточки, элемент Д — форму отверстия в штуцере.

Приведем последовательность их построений:

- ❑ скопируйте видовое окно, на основе которого создается выносной элемент, на свободное место листа. В нашем примере таким окном является окно вида спереди (рис. 7.15, *а*);
- ❑ раздвиньте ручками рамку нового окна, перейдите в это окно и скопируйте содержащееся в нем изображение (рис. 7.15, *б*);
- ❑ из созданной копии путем удаления и обрезки линий сформируйте изображения выносных элементов, подлежащие увеличению и детализации (рис. 7.15, *в*);
- ❑ увеличьте (кнопкой ) отображение одного из выносных элементов до размеров, позволяющих передать его форму;
- ❑ перейдите на лист и ручками переместите углы рамки видового окна так, чтобы скрыть элементы изображения, не относящиеся к выносному элементу (рис. 7.15, *г*);
- ❑ создайте следующую копию окна и отобразите в нем второй выносной элемент.

Создание выносного элемента существенно упрощается, если компоновка чертежа выполняется с выносом изображений на лист. Здесь не требуются манипуляции с рамками видовых окон. Достаточно скопировать исходное изображение, выделить из него необходимую часть и выполнить ее масштабирование командой `SCALE`.

Изображения выносных элементов требуют доработки: детализации формы, проведения линий обрыва. Если выносной элемент содержит разрез, то с увеличением изображения шаг штриховки также возрастает. Его нужно восстановить до значений 2...3 мм.

Компоновка чертежа

Для компоновки нужно выбрать формат чертежа, определить его масштаб (как масштаб основной части его изображений), определить масштабы его отдельных изображений, расположить проекции внутри рамки формата. При компьютерной технологии компоновка не является критичной: "приведем" один формат или масштаб, можно в случае их несоответствия легко перейти к другим.

Для корпусной детали формат и масштаб чертежа, содержание и размещение проекций, как правило, те же, что и для чертежа узла. Поэтому в нашем примере, в соответствии с чертежом узла, выбираем формат чертежа А3 и масштаб 1:1.

Необходимо выбрать вариант формирования чертежа: оконный или с выносом проекций на лист. В оконном варианте (*см. разд. 6.5*) чертеж компо-

ется как набор видовых окон. Вариант с выносом на лист (см. разд. 3.4) означает, что все линии из пространства модели копируются в единое пространство листа. Каждый вариант имеет свои достоинства и недостатки. Оконный вариант не требует дополнительных действий по выносу проекций на лист, но приводит к осложнениям при простановке размеров, связанным с работой в разных видовых окнах. Вариант с выносом на лист упрощает простановку размеров, поскольку она выполняется в едином пространстве построений, но требует затрат по выносу проекций на лист.

Мы рекомендуем завершать чертеж с выносом проекций на лист. В этом случае дальнейшая работа по созданию чертежа выполняется в следующей последовательности.

- ❑ Вынесите изображения из видовых окон на лист. Для этого в пространстве модели каждого окна создайте блок (см. разд. 3.4). Перейдите на лист и вставьте блок на свободное место листа. Задайте масштаб вставки равным масштабу изображения на чертеже. Повторите это для каждого окна. Масштабировать изображение можно командой `SCALE` после вставки блока. В нашем примере для всех изображений, кроме выносных элементов, масштаб равен 1. Масштаб вставки выносного элемента Г равен 4, масштаб элемента Д равен 2.
- ❑ На свободное место листа вставьте рамку и основную надпись, в нашем примере это формат А3 (см. разд. 3.6).

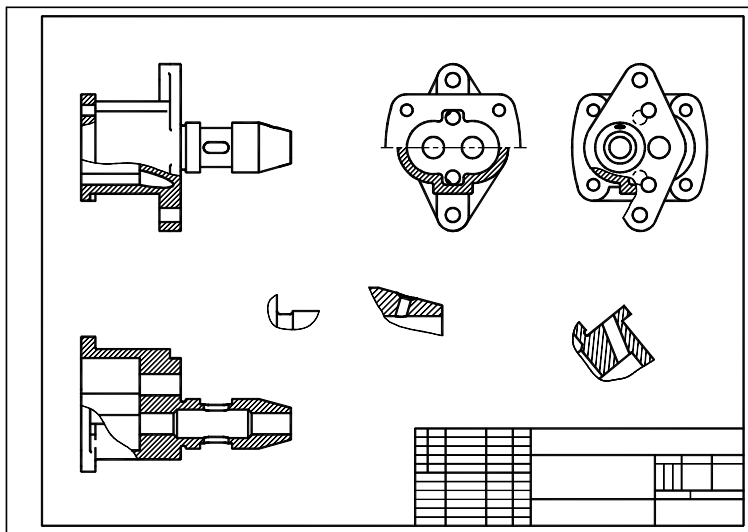


Рис. 7.16. Размещение проекций корпуса в рамке чертежа

- ❑ Переместите вставки блоков проекций в область рамки чертежа. Расположите их в соответствии с требованиями оформления чертежа: главный вид на месте вида спереди, виды сверху, слева и справа в проекционной связи (рис. 7.16). На свободное место чертежа перемещаем вставки наклонного сечения и выносных элементов.

Завершение чертежа

Осталось проставить размеры, выполнить надписи, сделать завершающую корректировку изображений. Эти вопросы рассмотрены в *разд. 1.3, 3.7, 3.9*. Дополнительно отметим следующие моменты.

- ❑ После завершения компоновки вставки блоков следует расчленить (командой `EXPLODE`).
- ❑ Все линии контура, которые к этому моменту находятся на различных слоях типа *VIS*, рекомендуем перенести на единый слой с именем *Контур*. То же относится к линиям штриховки. Они находятся на различных слоях типа *HAT*, все их следует перенести на единый слой *Штриховка*. Линии обрыва местных разрезов и линии, обозначающие резьбу, следует поместить на отдельный слой с именем *Тонкие*, или на слой штриховки.
- ❑ Для размеров следует создать новый слой. Для каждого масштаба изображений рекомендуется свой размерный стиль, в котором линейный масштаб размера равен величине, обратной масштабу изображения. Это ускорит простановку размеров [1—3, *разд. 3.6*]. Если чертеж содержит много размеров с односторонней стрелкой, то следует создать размерный стиль и для этих размеров. В нашем примере потребуются три-четыре размерных стиля.
- ❑ На слое *Оси* постройте осевые линии. Длину штриха отрегулируйте величиной линейного масштаба [1—3, *разд. 2.11*].
- ❑ Доработайте изображения выносных элементов. Сейчас они являются увеличенной копией фрагментов исходного изображения. Дополните и уточните их форму. Например, на изображении проточки (см. рис. 7.9, элемент Г) следует показать радиусы сопряжений и фаску.
- ❑ Линиям контура следует придать толщину 0.5...0.8 мм. Для остальных линий толщина должна быть 0.2...0.3 мм. Толщина линий задается как свойство слоя, на котором они расположены.

Очистка файла

После того как чертеж закончен, рекомендуем очистить файл от лишних слоев, блоков, линий, которые были созданы при построении проекций. Это существенно сократит объем файла. Особенно много лишних объектов остается после выноса проекций на лист.

Для удаления слоя нужно, чтобы на нем не было каких-либо элементов. Для удаления блока чертеж не должен содержать вставок этого блока. То же относится к типам линий, гарнитурам шрифтов, размерным стилям — эти элементы не должны быть задействованы в построениях. Поэтому очистка файла выполняется в два этапа. Сначала удаляют лишние графические примитивы, затем удаляют освободившиеся слои, блоки, стили и гарнитуры.

Рассмотрим пример очистки файла в случае компоновки с выносом на лист. Все линии проекций, созданные в видовых окнах и находящиеся в пространстве модели, после копирования их на лист стали не нужны:

- ❑ укажите закладку **Model** (Модель), расположенную слева в ряду закладок. Произошел переход в пространство модели. Видна модель детали и ее проекции, созданные во всех видовых окнах;
- ❑ заморозьте слой, содержащий модель — она еще может понадобиться. Остальные объекты пространства модели сотрите командой **ERASE**;
- ❑ вернитесь на лист и убедитесь, что видовые окна стали пустыми, но чертеж остался невредимым, поскольку он создан на листе;
- ❑ сотрите рамки пустых видовых окон;
- ❑ **File** (Файл) \ **Drawing Utilities** (Утилиты) \ **Purge** (Очистить) — возникло диалоговое окно, в котором несколько раз укажите: **Purge All** (Очистить все) \ **Yes to All** (Да для всех). Указанные действия следует повторять до тех пор, пока кнопка **Purge All** будет активна (т. е. имеются объекты для удаления).

Результат

Файл очищен от освободившихся слоев, блоков и других элементов. Его объем сократился в несколько раз.

7.6. О построении сопряжений пространственной модели

Детали, полученные литьем, имеют плавные сопряжения поверхностей по ребрам. Размеры литейных радиусов на чертеже, как правило, не проставляют, а поясняют в технических требованиях, например, фразой "Неуказанные литейные радиусы 3...5 мм" (см. рис. 7.9).

Литейные радиусы воспроизводятся на пространственной модели командой сопряжения **FILLET**. Команда требует указать радиус сопряжения и ребра модели, по которым выполняется сопряжение. Для изолированных единичных ребер сопряжения выполняются без проблем.

В остальных случаях нужно учесть следующие рекомендации:

- ❑ радиус сопряжения по указываемому ребру не должен превышать расстояния до другого ближайшего ребра;
- ❑ если сопряжение выполняется по нескольким рядом расположенным ребрам, то сумма радиусов сопряжения не должна превышать расстояния между ребрами;
- ❑ если сопрягаемые ребра пересекаются, то для получения качественного сопряжения в узловых точках эти ребра следует сопрягать одновременно;
- ❑ если при соблюдении приведенных рекомендаций AutoCAD все-таки не может выполнить сопряжение, нужно упростить геометрию, вырезав из модели фрагмент, содержащий сопрягаемые ребра. После выполнения сопряжения фрагмент следует объединить с остальной частью модели.

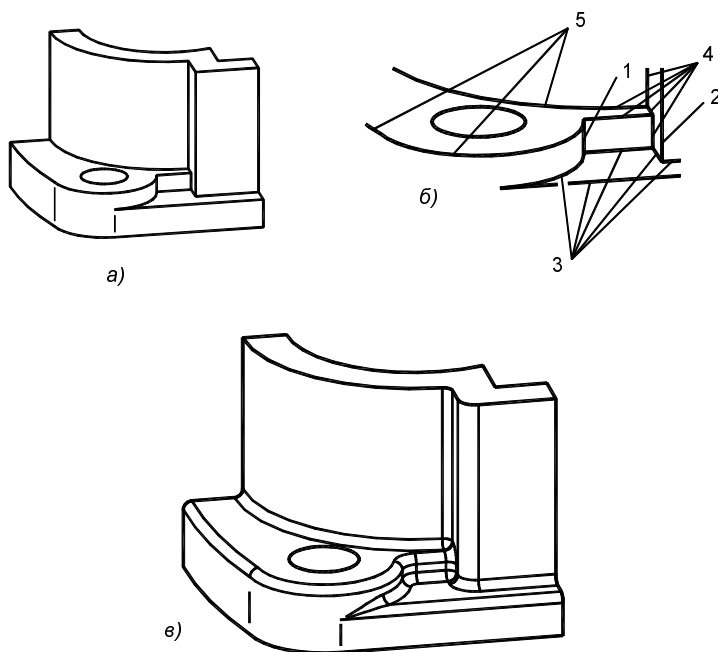


Рис. 7.17. Фрагмент модели:
 а — до сопряжения; б — последовательность указания ребер;
 в — после выполнения сопряжения

На рис. 7.17 показан фрагмент пространственной модели корпуса до и после сопряжения. Контур сопряжения (рис. 7.17, а) содержит пересекающиеся дуговые и линейные ребра. Ввиду сложности геометрии контура выполнить сопряжение на всей модели не удалось, поэтому командой `SLICE` из модели

был вырезан фрагмент. Сумма радиусов сопряжения по вертикальным ребрам 1 и 2 (см. рис. 7.17, б) не должна превышать расстояния между этими ребрами, составляющего 4 мм, по остальным ребрам ее можно задать равной 1...1.5 мм. Примем радиусы сопряжения по ребрам 1 и 2 (рис. 7.17, б) равными 2 мм, по остальным ребрам 1 мм:

□ `fillet \ R` (опция задания радиуса сопряжения) \ 2 \ укажите вертикальные ребра 1 и 2 \ `R` — задать новое значение радиуса \ 1 \ укажите остальные ребра 3, 4 и 5 \ ПЩ.

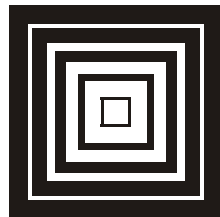
В ряде случаев можно применить опцию **Chain** (Цепь), позволяющую команде выявлять цепочки сопрягаемых ребер.

Подобным образом были выполнены сопряжения остальных фрагментов модели. После сопряжения фрагменты были объединены в исходную модель. Если при выделении фрагмента секущие плоскости задать как плоскости симметрии модели, то после сопряжения первого фрагмента остальные проще получить зеркальным преобразованием.

После выполнения сопряжений сложность модели существенно возрастает, увеличивается размер файла, возрастает вероятность нарушений. В связи с этим сопряжения объемной модели выполняются как завершающий этап ее построения.

Если не требуется фотореалистичность модели, то сопряжения можно выполнить на чертеже модели в плоском варианте. Такой же подход при построении чертежа можно рекомендовать и относительно других мелких элементов формы — их можно "дорисовать" на чертеже. Оптимальная степень детализации 3D-модели определяется опытом работы.

Глава 8



Объемная сборка, чертеж узла

Объемная сборка узла позволяет наглядно представить его форму, выполнить контроль собираемости узла. На основе объемной сборки, после согласования и уточнения формы всех деталей узла, методами 3D-технологии может быть получен окончательный чертеж узла и чертежи входящих в него деталей.

В данной главе рассмотрено выполнение задания "Объемная сборка и сборочный чертеж узла".

8.1. Содержание работы

Дано

Чертеж узла, схема его работы, перечень деталей.

Требуется

1. Выполнить объемные модели деталей узла.
2. Собрать узел, т. е. получить его объемную сборку.
3. Проверить собираемость узла; при выявлении ошибок выполнить корректировку моделей деталей, входящих в узел.
4. По объемной сборке методами 3D-технологии построить сборочный чертеж узла.
5. Составить спецификацию деталей к сборочному чертежу узла.
6. Построить чертежи ряда деталей узла.
7. Построить наглядное, в том числе фотореалистичное, изображение узла (см. гл. 9).

Возможен вариант постановки задания, при котором студенту выдаются рабочие чертежи деталей узла и аксонометрическое изображение узла.

Последовательность выполнения задания соответствует приведенным выше пунктам задания. В частности, чертежи деталей выполняют после сборки

узла и контроля его собираемости. Контроль может выявить необходимость корректировки моделей. После этого чертежи деталей получают уже известными методами 3D-технологии.

Далее рассмотрен пример выполнения задания применительно к узлу масляного насоса. В дополнение к корпусу насоса (см. гл. 7) показано построение моделей остальных деталей этого узла.

8.2. Крышка корпуса

Крышка получена литьем с последующей механической обработкой. Построение крышки во многом повторяет построение корпуса (см. гл. 7).

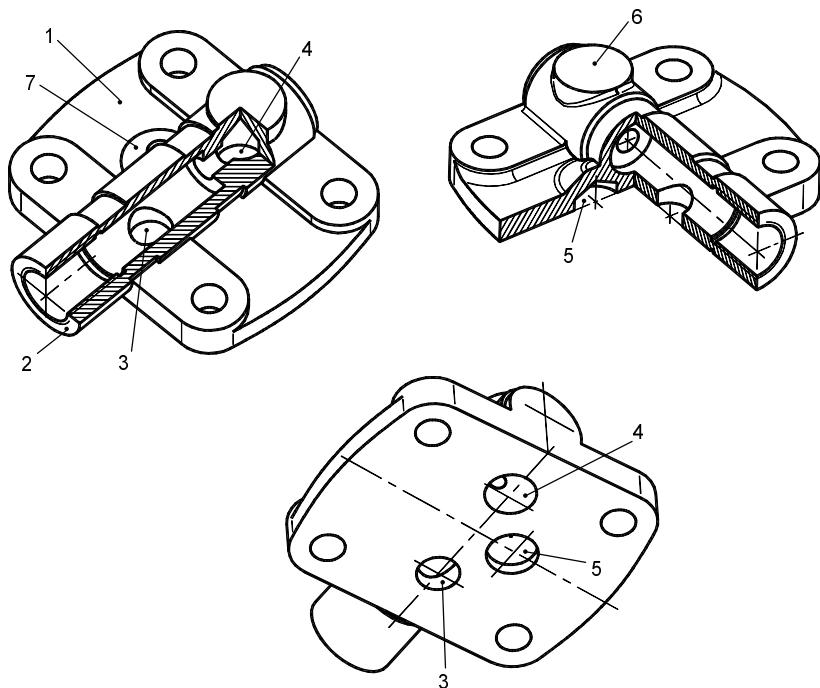


Рис. 8.1. Анализ формы крышки

Крышка (рис. 8.1) состоит из основания 1 и пустотелого штуцера 2, в котором размещается перепускной клапан насоса. Со стороны основания в полость штуцера просверлены сквозные отверстия 3 и 4 для отвода масла при избытке его давления. Глухое отверстие 5 предназначено для крепления оси ведомого колеса насоса и центровки крышки относительно корпуса. Для

повышения прочности в местах сверления отверстий крышка усилена цилиндрическим 6 и коническим 7 приливами.

Для построения модели выполните подготовительные операции по созданию видовых окон, слоев, настройке режимов (см. разд. 7.4).

Создание модели крышки начинается с построения контура ее основания. Контур можно построить по размерам, взятым с чертежа узла. Однако проще и рациональнее получить контур на основе сечений уже созданного корпуса, к которому крышка примыкает. Для этого нужно применить команду SECTION и получить сечение корпуса плоскостью, совпадающей с основанием (рис. 8.2, а). Понадобится еще сечение, полученное плоскостью, совпадающей с верхним основанием камеры корпуса (рис. 8.2, б). Сечения следует создать на отдельном слое и совместить в единую плоскость (рис. 8.2, в). После этого сечения через буфер памяти нужно перенести в файл крышки и удалить лишние элементы сечения.

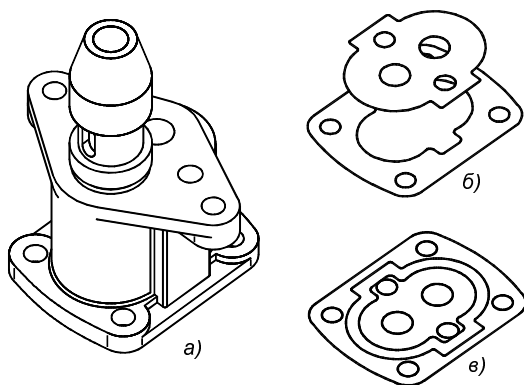


Рис. 8.2. Построение контура основания крышки:
а — корпус насоса как деталь, сопрягаемая с крышкой;
б — сечения корпуса, формирующие контур крышки;
в — совмещение сечений в единую плоскость

Рассмотренный прием построения контура по сопрягаемой детали полезен во многих случаях, если детали имеют общие поверхности и модель одной из них уже построена.

Основание крышки состоит из плиты и двух планок с четырьмя крепежными отверстиями (рис. 8.3, б). Они создаются выдавливанием контуров, полученных выше на основе сечения корпуса (рис. 8.3, а). После удаления элементов, не относящихся к крышке, получим линии наружного контура 1, четыре окружности крепежных отверстий 2 и окружность 3 отверстия "под ось" ведомого зубчатого колеса насоса. Найдите центр основания, точку А,

на пересечении отрезков, соединяющих середины (объектная привязка **Mid-point** (Средняя)) противоположных сторон наружного контура. Перенесите в точку *A* начало координат ПСК.

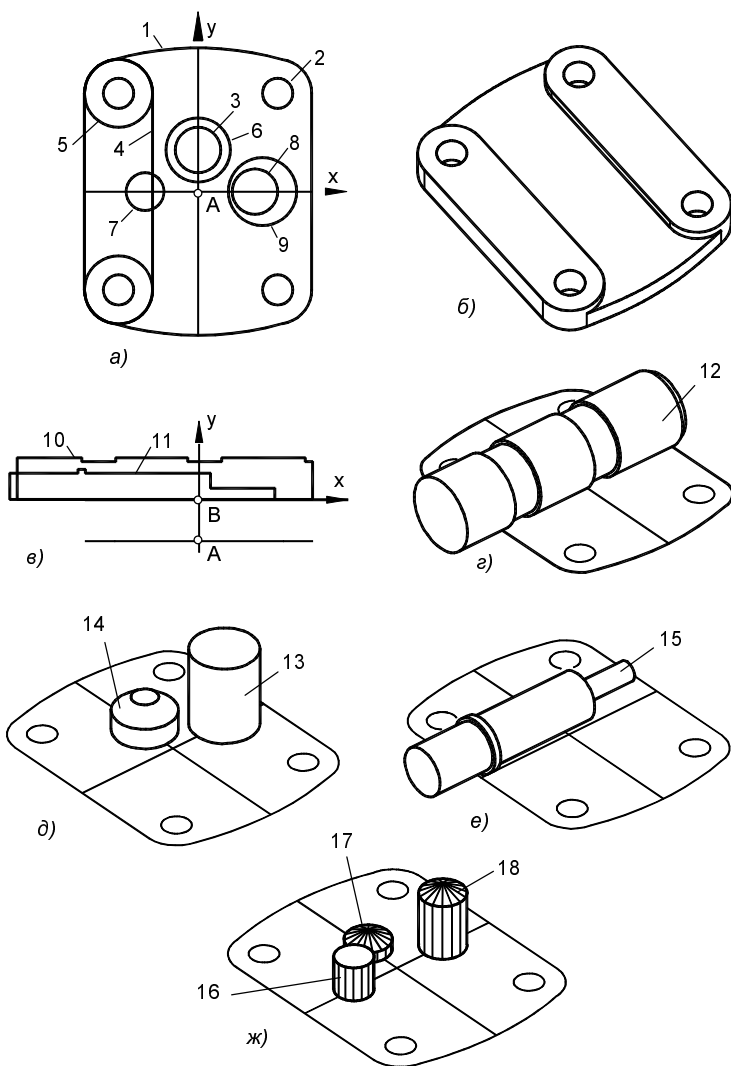


Рис. 8.3. Последовательность построения модели крышки:

а — контуры основания; *б* — основание в сборе; *в* — контуры штуцера;
г — наружный объем штуцера; *д* — остальные элементы наружного объема;
е, ж — внутренние элементы

Убедитесь, что значение системной переменной `DELOBJ` равно нулю (введите имя переменной с командной строки). Объедините линии наружного контура 1 в область (командой `REGION`). Перейдите на другой слой и выдавите контур 1 на высоту 6 мм — получена плита основания (рис. 8.3, б).

Вернитесь на слой, содержащий контур, и постройте контур планки 4. Для этого понадобятся две окружности 5, центры которых находятся с объектной привязкой **Center** (Центр), а радиусы — указанием точки с объектной привязкой **Nearest** (Ближайшая) на дуге сопряжения наружного контура. Далее следует провести два отрезка, касательных к окружностям 5, и обрезать внутренние части этих окружностей. После объединения двух дуг и двух отрезков в контур 4 выдавите его на высоту 9 мм — получена планка. Вторую планку создайте зеркальным отображением первой.

Для формирования крепежных отверстий (рис. 8.3, б) постройте четыре цилиндра, выдавив окружности 2 (Ø8) на высоту 20 мм. Основание получается объединением плиты и двух планок с последующим вычитанием цилиндров.

В плоскости контура постройте еще четыре окружности, которые понадобятся для построения отверстий и усиливающих элементов. Окружность 7 имеет центр с координатами $(-14,0)$ и диаметр 10 мм. Окружность 6 концентрична окружности 3 и имеет диаметр 17 мм. Окружность 8 имеет центр в точке $(15,0)$ и диаметр 12 мм. Окружность 9 имеет центр в точке $(17,0)$ и диаметр 18 мм.

Для построения штуцера перейдите в окно вида спереди (рис. 8.3, в) и передайте в него ПСК из окна вида сверху. После этого установите ПСК по виду окна и перенесите начало координат вверх на 11 мм, в точку *B*, соответствующую высоте продольной оси штуцера. Постройте контур 10 наружной и контур 11 внутренней поверхности штуцера:

□ `pline \ -48,11 \ -31,11 \ -31,10 \ -22,10 \ -22,11 \ -3,11 \ -3,10 \ 6,10 \ 6,11 \ 28,11 \ 28,10 \ 30,10 \ 30,0 \ -48,0 \ c1` — контур 10;

□ `pline \ -50,0 \ 20,0 \ 20,3 \ 3,3 \ 3,7 \ -30,7 \ -30,8 \ -32,8 \ -32,7 \ -50,7 \ c1` — контур 11.

Вращением контура 10 создайте наружный объем штуцера (рис. 8.3, г). Создайте остальные два элемента наружного объема (рис. 8.3, д). Цилиндр 13 получите выдавливанием окружности 9 (Ø18 мм) на высоту 23 мм. Для построения цилиндра 14 с конической фаской выдавите окружность 6 (Ø17) на высоту 10 мм и снимите фаску размером 4 мм вдоль образующей цилиндра и 5 мм в направлении оси:

□ `chamfer \` укажите одну из *образующих* цилиндра 14 \ первый размер фаски: 4 \ второй размер фаски: 5 \ укажите окружность верхнего основания цилиндра \ ПЩ.

Создаем элементы внутреннего объема. Тело вращения 15, формирующее ступенчатое продольное отверстие в штуцере:

□ `revolve` \ укажите контур 11 \ ПЩ \ ось X \ ПЩ.

Цилиндры 17 и 18, воспроизводящие "глухие" отверстия $\varnothing 12$ мм в основании, должны заканчиваться конусом, соответствующим заточке сверла. Для этого к длине цилиндра нужно добавить по 3 мм, а затем снять фаску той же высоты. Второй размер фаски должен быть равен радиусу цилиндра. Например, для цилиндра 17:

□ `extrude` \ укажите окружность 3 \ ПЩ \ 6 \ ПЩ — получен цилиндр;

□ `chamfer` \ укажите одну из *образующих* цилиндра \ первый размер фаски: 3 \ второй размер фаски: 6 \ укажите окружность верхнего основания цилиндра \ ПЩ.

Цилиндр 18 образуется выдавливанием окружности 9 на высоту 21 мм и снятием фаски тех же размеров.

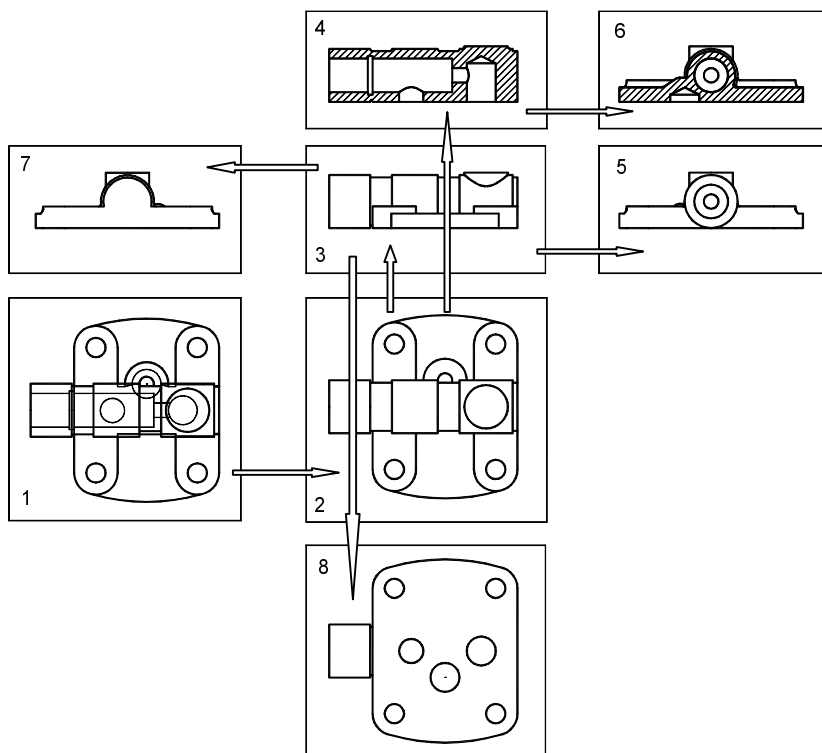


Рис. 8.4. Формирование видовых окон для построения чертежа крышки

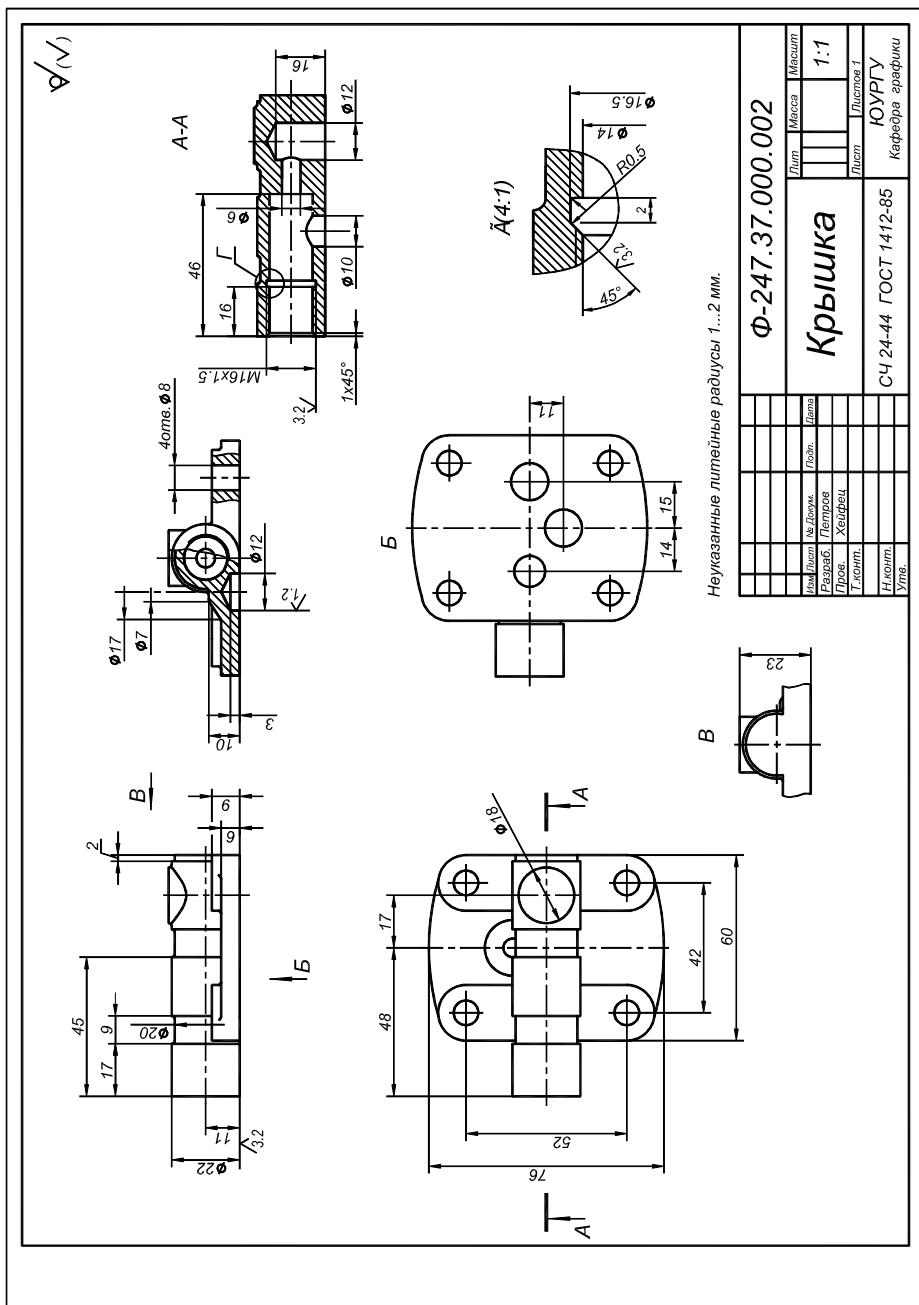


Рис. 8.5. Чертеж крышки

Для завершения модели крышки осталось объединить ее основание с элементами наружного объема 12, 13, 14 и вычесть элементы внутреннего объема 15, 16, 17, 18.

Чертеж крышки создается после того, как ее модель согласована с моделями остальных деталей узла. На рис. 8.4 показаны видовые окна, необходимые для построения проекций чертежа крышки. Найдите исходное видовое окно 1, окна вида сверху 2, вида спереди 3, фронтального разреза 4, вида слева 5, профильного разреза 6, вида справа 7, вида снизу 8. На основе профильного разреза сформирован местный разрез на виде слева.

Проекции вынесены на лист и размещены в рамке формата А3 (рис. 8.5). Проставлены размеры. Выполнен выносной элемент, поясняющий форму резьбовой канавки.

8.3. Пробка

Пробка состоит из шестигранной головки и цилиндрической части с наружной резьбой (рис. 8.6, а). Головка позволяет затягивать пробку гаечным ключом. Пробка создается токарной обработкой с фрезерованием граней шестигранника.

Головка имеет коническую фаску. На пересечении граней и конической фаски образуются шесть гипербол. Это характерная форма распространенных крепежных изделий: гаек и головок болтов. Ее определяющими размерами являются размер "под ключ" и угол фаски, равный, как правило, 30° .

Для построения головки (рис. 8.6, б) нужно создать правильную шестигранную призму и конус. Поверхность фаски образуется при пересечении этих тел, выполняемом командой `INTERSECT`. В свою очередь, призма создается выдавливанием правильного шестиугольника, размеры которого определяются размером "под ключ". Конус является усеченным. Его можно получить выдавливанием верхнего, малого, основания вниз. В соответствии со значением угла фаски и отрицательным направлением выдавливания задается угол между образующей конуса и его осью, равный -60° . Верхнее основание конуса должно иметь диаметр, равный размеру "под ключ", высота конуса — не менее высоты призмы.

Рассмотрим построение модели шестигранной головки с фаской. Размер "под ключ" согласно исходным данным равен 17 мм, высота шестигранника 6 мм. Построение модели удобно выполнять в окне аксонометрии, контролируя результат в окнах видов сверху и спереди:

□ `polygon \ количество сторон: 6 \ центр 0,0 \ с — опция Circumscribed about circle (Вокруг окружности) \ радиус окружности 8.5 — построен шестиугольник с заданным размером "под ключ";`

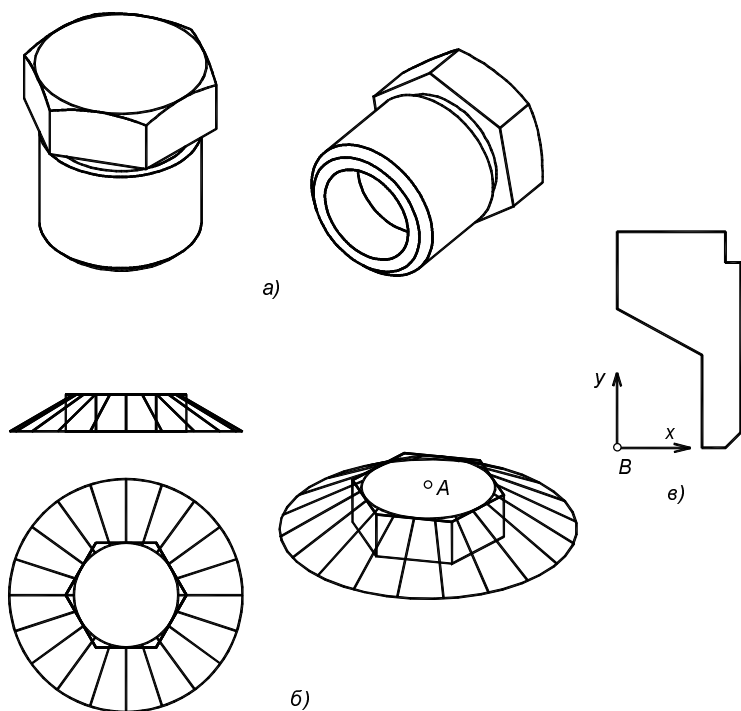


Рис. 8.6. Последовательность построения модели пробки:
 а — форма пробки; б — построение шестигранной головки с фаской;
 в — контур вращения

- ❑ `extrude \ укажите шестиугольник \ ПЩ \ -6 \ ПЩ` — получена призма;
- ❑ `circle \ 0,0 \ 8.5` — получена окружность верхнего основания усеченного конуса;
- ❑ `extrude \ укажите окружность \ ПЩ \ высота выдавливания: -6 \ угол выдавливания равен -60°` — построен конус;
- ❑ `intersect \ укажите призму и конус \ ПЩ` — построена головка пробки.

Для построения цилиндрической части пробки, содержащей фаску, резьбовую канавку и продольное отверстие с коническим завершением из-под сверла, создадим контур вращения (рис. 8.6, в):

- ❑ `ucs \ о \ 0, -20` — начало координат перенесено из точки *A* в точку *B*;
- ❑ `pline \ 0,9 \ 5.5,6 \ 5.5,0 \ 7,0 \ 8,1 \ 8,12 \ 7,12 \ 7,14 \ 0,14 \ cl.`

Осталось создать цилиндрическую часть пробки вращением контура и объединить ее с шестигранной головкой.

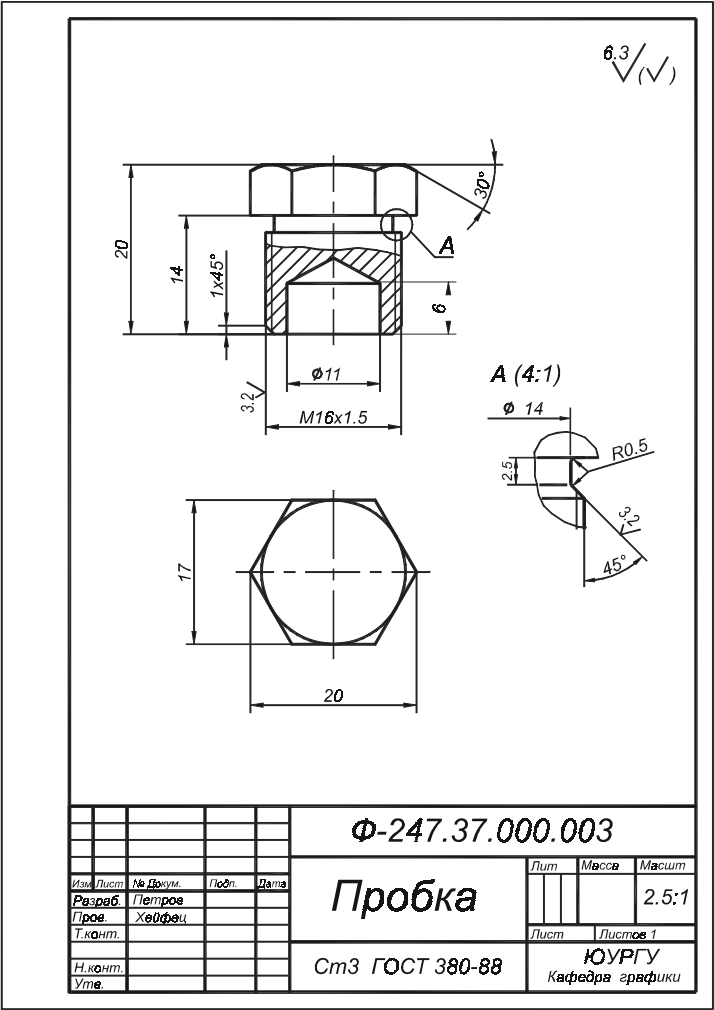


Рис. 8.7. Чертеж пробки

Чертеж пробки (рис. 8.7) получен уже известными методами 3D-технологии. Он содержит виды сверху и спереди. На виде спереди дан местный разрез. Для пояснения формы резьбовой канавки выполнен выносной элемент.

8.4. Пружина

Модель пружины формируется выдавливанием (команда `EXTRUDE`) окружности по винтовой линии. Для построения винтовой линии необходима

программа `spiral.lsp`, которая прилагалась к ранним версиям пакета. При ее отсутствии можно построить спираль согласно рекомендациям [3, разд. 9.6, 12.3].

Пружина сжатия

Построим модель пружины, входящей в состав детализируемого узла. Это винтовая цилиндрическая пружина сжатия, у которой наружный диаметр $D = 11$ мм, диаметр проволоки $d = 1$ мм, количество рабочих витков $n = 15$, длина в рабочем поджатом состоянии $h = 34$ мм. Предусмотрим еще по одному опорному поджатому витку с каждой стороны, сошлифованному на $\frac{3}{4}$ окружности сечения. Таким образом, полное количество витков равно 17.

Пружину строим в рабочем сжатом состоянии. С учетом опорных витков шаг пружины в рабочем состоянии определяем выражением $t = (h - 1.5d) / n$, что в нашем примере составляет 2.17 мм. Диаметр направляющей винтовой линии равен $D - d = 10$ мм.

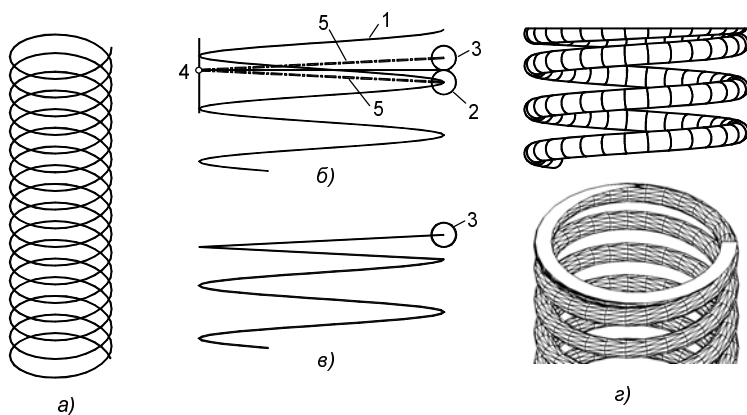


Рис. 8.8. Модель пружины сжатия:

а — винтовая линия; б, в — поджатие верхнего витка; г — срез опорного витка

Строим винтовую линию с шагом 2.17 мм и количеством витков 17. Для этого вызываем команду построения спирали 3-СПИРАЛЬ, загружаемую из файла `spiral.lsp`:

- ☐ перейдите в окно вида сверху;
- ☐ 3-спираль \ центр: 0,0 \ число витков: 17 \ начальный радиус: 5 \ горизонтальное приращение на виток: 0 \ вертикальное приращение на виток: 2.17 \ количество точек на виток: 30 — винтовая линия построена (рис. 8.8, а).

Корректируем конечный виток винтовой линии 1 (рис. 8.8, б) с учетом поджатия крайнего витка пружины вплотную к предпоследнему витку:

- ❑ перейдите в окно вида спереди;
- ❑ `circle` \ с объектной привязкой **Endpoint** (Конечная) укажите вершину предпоследнего витка \ радиус равен 0.5 (это радиус проволоки) — построена окружность 2 сечения предпоследнего витка;
- ❑ скопируйте полученную окружность вверх на величину диаметра проволоки 1 мм — получена окружность 3, определяющая положение поджатого крайнего витка;
- ❑ построением определите положение точки 4;
- ❑ соединив центры окружностей 2, 3 с точкой 4, получим отрезки 5, являющиеся фронтальной проекцией направляющей линии поджатого витка.

Корректируем положение точек крайнего витка. Корректировка выполняется в окне вида спереди с помощью ручек:

- ❑ включите режим **ORTHO** и отключите объектную привязку;
- ❑ укажите винтовую линию 1 — в узлах линии возникли квадратики — ручки;
- ❑ указав ручку, переместите ее до совмещения с одним из отрезков 5. Переместите все ручки крайнего витка (рис. 8.8, в). В окне вида сверху убедитесь, что все перемещаемые вершины остались на окружности винтовой линии.

Подобным образом выполните симметричное поджатие нижнего витка.

После подготовки винтовой линии формируем тело пружины:

- ❑ `extrude` \ укажите окружность 3 \ **Path** (По пути) \ укажите винтовую линию \ ПЩ — пружина создана.

Срежем по четверти верхнего и нижнего витков (рис. 8.8, г). Это удобно сделать в окне вида спереди. Например, для среза верхнего витка при диаметре проволоки 1 мм:

- ❑ убедитесь, что в окне вида спереди ПСК параллельна плоскости экрана;
- ❑ применив объектную привязку **Center** или **Endpoint**, перенесите начало координат в конечную вершину винтовой линии;
- ❑ `slice` \ укажите пружину \ ПЩ \ **ZX** \ 0,0.25 \ 0,0.

Пружина растяжения

Конечные витки пружин растяжения имеют форму зацепов (рис. 8.9), которые получают отгибанием крайних витков. Зацеп содержит дуговой сегмент

и переходный участок к основным виткам пружины. Сложность построения зацепа связана с созданием переходного участка. Известно [6—12], что фронтальная и профильная проекции этого участка являются дугами окружностей. Необходимо построить соответствующую им пространственную кривую. Это интересная и достаточно сложная задача, которая по силам лишь "продвинутым" пользователям.

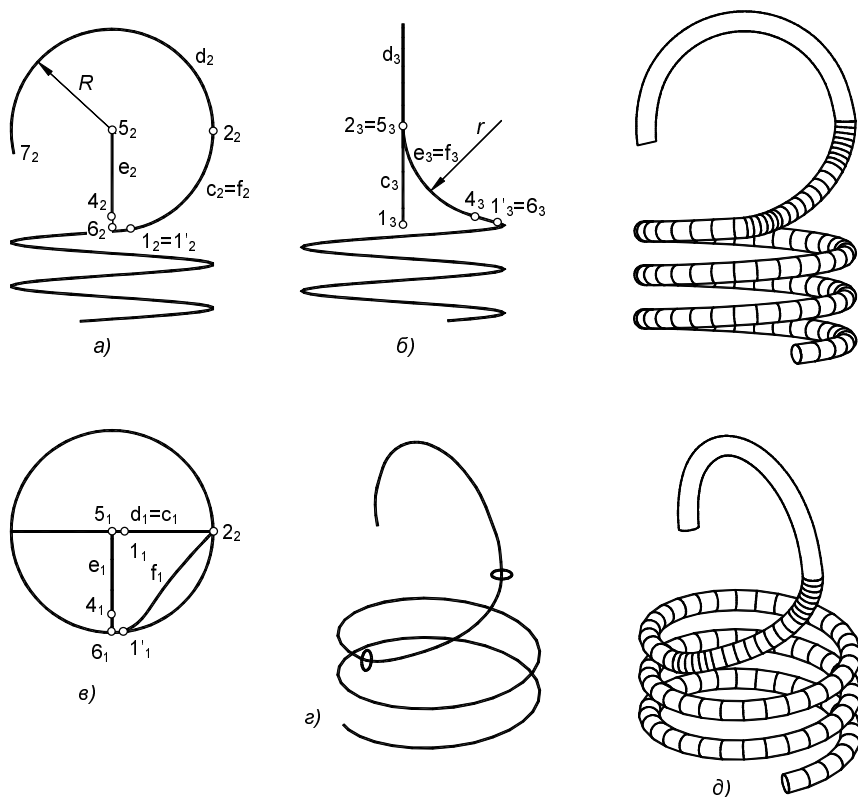


Рис. 8.9. Построение зацепа пружины растяжения:

а, б, в — разметка в окнах видов спереди, слева, сверху; r — траектории; д — итог

Для построения фронтальной проекции зацепа (рис. 8.9, а) в окне вида спереди постройте окружность радиуса R , равного радиусу винтовой линии пружины (в нашем примере 5 мм). Центр окружности разместите на оси пружины. Окружность должна коснуться фронтальной проекции конечного витка — точка касания проекций определяет точку 1 на окружности и точку 1' на винтовой линии. Командой `TRIM`, применяя окружность как режущую линию, обрежьте винтовую линию справа от точки касания. Командой

BREAK удалите дугу окружности от точки 7 до точки 1. Дополнительно разорвите окружность в точке 2. В итоге сформированы две дуги: дуга c , являющаяся фронтальной проекцией переходного участка, и дуга d — направляющая дугового сегмента зацепа.

Для построения профильной проекции переходного участка в окне вида слева (рис. 8.9, б) постройте окружность радиуса $r = (0.9...0.95)R$ (в нашем примере 4.7 мм). Сначала постройте окружность в произвольном месте видового окна, затем переместите окружность так, чтобы ее диаметральной точка, выявляемая привязкой **Quadrant** (Квадрант), совместилась с точкой 5, выявляемой привязкой **Center**. Применив точечный фильтр и объектную привязку **Tangent**, постройте отрезок касательной (6—4), где точка 6 является проекцией точки 1 на плоскость окружности r . Обрежьте часть окружности, оставив ее дугу e_3 между точками (4₃—5₃). Эта дуга и отрезок (6₃—4₃) вместе образуют профильную проекцию направляющей линии переходного участка.

Имея две проекции, построим соответствующую им пространственную линию f . Сначала построим сплайн, упругие свойства которого позволяют получить плавную кривую. Поскольку трехмерный сплайн не может быть траекторией для команды **EXTRUDE**, то сплайн конвертируем в пространственную полилинию.

Постройте сплайн (командой **SPLINE**), точки которого совпадают с дугой c :

- ☐ вернитесь в окно вида спереди;
- ☐ `spline \` с привязкой **Endpoint** укажите конечную точку дуги c , с привязкой **Nearest** укажите 12—15 точек на дуге, укажите вторую конечную точку дуги \ ПЩ \ ПЩ \ ПЩ.

Корректируем сплайн в соответствии с профильной проекцией переходного участка — дугой e_3 :

- ☐ перейдите в окно вида слева, отключите объектную привязку, включите режим **ORTHO**. Укажите построенный сплайн — выделятся квадратики ручек, выстроенные по прямой c_3 . Переместите ручки в горизонтальном направлении, совмещая их с дугой e_3 (4₃—5₃) и отрезком (6₃—4₃). В процессе перемещения вершин наблюдайте, как в окне вида сверху (рис. 8.9, в) формируется горизонтальная проекция f_1 искомой пространственной линии.

Конвертируем сплайн в полилинию:

- ☐ командой **DIVIDE** нанесите на сплайн 25—30 маркеров точек. Тип и размер маркера задаются в меню **Format** (Формат) \ **Point Style** (Стиль точки). Командой **3DPOLY** постройте пространственную полилинию, указав конечную точку сплайна, последовательно маркеры и вторую конечную точку. Учитывая, что кривизна на начальном и конечном участке более

высокая, чем в середине, в средней части линии можно указывать маркеры через один.

Оставьте винтовую линию, полилинию f , воспроизводящую переходный участок, и дугу зацепа d (рис. 8.9, $з$). Остальные линии, в том числе сплайн и точки разметки, сотрите или "заморозьте".

Строим объемные сегменты выдавливанием окружности по направляющей:

- в конечных точках переходного участка, точках 1' и 2, устанавливая ПСК осью Z по двум конечным вершинам с каждой стороны, постройте две окружности диаметром, равным диаметру проволоки (1 мм). Применяя команду `EXTRUDE`, постройте объемные модели дугового и переходного участков зацепа (рис. 8.9, $д$);
- для построения основных витков пружины выдавите окружность, имеющую центр в точке 1', по винтовой линии;
- нижний зацеп получите зеркальным преобразованием верхнего зацепа.

В завершение все части пружины объедините в блок. Это позволит перемещать и устанавливать ее в объеме узла как единый объект.

8.5. Зубчатые колеса

Сразу подчеркнем, что построение наглядной реалистичной модели зубчатой передачи с практической точки зрения не является обязательным. Зубчатые колеса в объеме можно показать упрощенно, без зубьев, в виде цилиндров для цилиндрической передачи или конусов в конической передаче. Реалистичность модели не требуется и для получения рабочих чертежей этих колес, поскольку чертежи выполняются с многочисленными упрощениями и условностями, не требующими показа формы зуба [6—12]. Тем не менее реалистичная модель зубчатой пары в зацеплении (рис. 8.10, $д$) существенно повышает наглядность объемной сборки. Построение реалистичной модели колес является хорошим тренингом по пространственному моделированию.

Рассмотрим два примера построения зубчатых цилиндрических колес в соответствии с задачей построения объемной модели масляного насоса. Первый пример — прямозубые колеса, второй — косозубые. Примеры отражают возможности объемного моделирования. Большую часть моделей, в частности, прямозубые цилиндрические и конические колеса, можно создать как твердотельные (solids). Однако сложные поверхности, например, рабочие поверхности косозубых или червячных колес и червяка с достаточной точностью удастся воспроизвести только как сетевые поверхности (mesh).

Прямозубые цилиндрические колеса

Параметрами зубчатого колеса являются модуль m и число зубьев z . Эти параметры определяются расчетом зубчатой передачи и обычно приводятся на чертеже узла, в перечне элементов или спецификации, в качестве исходных данных для определения размеров колес. Для цилиндрической зубчатой передачи известны зависимости:

$$H = m \cdot (z_1 + z_2) / 2,$$

где: H — расстояние между осями колес; z_1 и z_2 — число зубьев колес.

Для каждого из колес:

$$d = m \cdot z, \quad d_1 = m \cdot (z + 2), \quad d_2 = m \cdot (z - 2.5),$$

где d — диаметр делительной окружности; d_1 — диаметр окружности выступов зубьев колеса; d_2 — диаметр окружности впадин; z — число зубьев колеса.

Контур рабочей поверхности зуба является *эвольвентой* (разверткой) окружности d . В приближенных построениях эвольвенту заменяют дугой окружности.

Рассмотрим последовательность построения модели зубчатой передачи на примере зубчатых колес масляного насоса (рис. 8.10). Эти колеса при вращении осуществляют нагнетание масла. Исходными данными для их расчета являются значения модуля $m = 2.75$ мм и число зубьев каждого колеса $z = 8$, приведенные в спецификации (см. рис. 8.20).

- По формулам на основе значений m и z , определяем значения H , d , d_1 и d_2 . В рассматриваемом примере $H = 22$ мм, $d = 22$ мм, $d_1 = 27.5$ мм, $d_2 \approx 15.1$ мм.
- Переходим в видовое окно, плоскость которого соответствует плоскости вращения колес. В нашем примере — это окно вида спереди. Строим окружности d , d_1 и d_2 (рис. 8.10, а).
- Строим отрезок прямой m из центра окружностей, точки A , под углом α к вертикальной оси. Значение α рассчитайте по формуле $\alpha = k \cdot 90 / z$, где коэффициент $k = (0.9...0.98)$ определяет зазор между зубьями в зацеплении. Длину отрезка m зададим равной $0.5d_1$. В нашем примере значения $k = 0.96$, $\alpha \approx 10.8^\circ$. Длина отрезка m равна 11 мм. При построении отрезка m угол α задается от горизонтальной оси, поэтому добавляем к его значению 90° , т. е. угол составит 100.8° :
 - line \ с объектной привязкой **Center** укажите точку A \ @11<100.8 \ ПЩ.
- Постройте окружность с центром в точке 1 диаметром $d_3 = d / 3$ (в нашем примере $d_3 \approx 7.3$). Переместите эту окружность, задав новое положение ее центра в точке 2 — получена окружность c , формирующая левую криволинейную часть поверхности зуба.

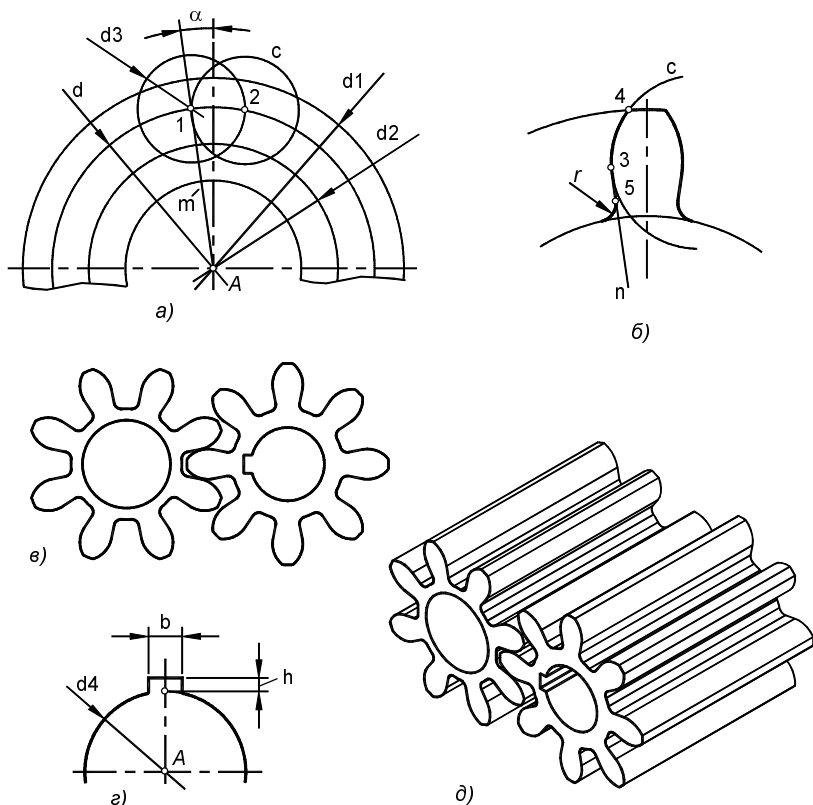


Рис. 8.10. Прямозубое цилиндрическое колесо:

а, б — построение контура зуба; в — контуры в зацеплении;
г — шпоночный паз; д — зубчатые колеса в зацеплении

- ❑ Сотрите отрезок m . Постройте новый радиальный отрезок n из центра, точки A , касательный к окружности c (рис. 8.10, б). Точку касания 3 определяйте с объектной привязкой **Tangent** (Касательная).
 - ❑ Командой **FILLET** выполните сопряжение отрезка n с окружностью впадин $d2$. Радиус сопряжения определяется как $r = (0.2...0.4) \cdot m$. В нашем примере $r = 0.8$ мм.
- Таким образом, получены составляющие контура зуба: (3–4) — дуга окружности $d3$, (3–5) — часть отрезка n и дуга сопряжения r .
- ❑ Зеркально отобразите контур левой части зуба относительно его оси (см. рис. 8.10, б). Обрежьте и сотрите лишние линии построения и основную часть окружности выступов. Командой **ARRAY** постройте круговой массив всех зубьев колеса. Обрежьте внутренние сегменты окружности впадин. Контуры всех зубьев объедините в область командой **REGION** (рис. 8.10, в).

- Постройте окружность посадочного отверстия $d4$ и контур шпоночного паза (рис. 8.10, *з*). Размеры паза берутся по справочнику [12] в зависимости от диаметра $d4$ и типа шпонки. В нашем примере для ведущего колеса $d4 = 10$ мм, ширина паза сегментной ненагруженной шпонки $b = 2.5$ мм, глубина паза $h = 1$ мм.
- Постройте контур второго ведомого колеса (см. рис. 8.10, *в*), задав межцентровое расстояние равным H . Для введения зубьев в зацепление поверните ведомое колесо на угол 2α . Выдавливанием контуров (команда `EXTRUDE`) придайте колесам толщину. В нашем примере при одинаковом числе зубьев колес контур ведомого колеса можно получить копированием контура ведущего колеса. Толщина колес равна 33 мм (рис. 8.10, *д*).
- Выполните посадочные отверстия в колесах. Для ведущего колеса нужно вычистить тело, образованное выдавливанием контура отверстия со шпоночным пазом. Для ведомого — вычистить цилиндр диаметром 12 мм.

Созданную пару колес поместите на слой *Колеса*.

Косозубое цилиндрическое колесо

Рабочая поверхность зуба косозубого цилиндрического колеса создается перемещением контура зуба по дуге эллипса e из начального положения p в конечное p' (рис. 8.11, *а*). Плоскость контура перемещается перпендикулярно оси колеса, а сам контур при перемещении равномерно поворачивается. Конечный угол поворота β определяется в зависимости от угла наклона зубьев γ и толщины колеса f . Такое перемещение не удастся воспроизвести ни командой `EXTRUDE`, ни на основе сетевых поверхностей общего применения пакета AutoCAD.

Поверхность была построена на основе *программного* формирования сетевых поверхностей в пакете AutoCAD. Программа построения приведена в *Приложении 1*. Для применения программы нужно построить торцовый контур зуба p в его начальном положении и траекторию e , определить угол β и выполнить программу.

На рис. 8.11 показан пример построения косозубого колеса масляного насоса. Его исходными параметрами являются торцовый модуль $m = 2$, количество зубьев $z = 12$, угол наклона зубьев $\gamma = 30^\circ$, направление — правое. Толщина колеса $f = 15$ мм. Последовательность построения следующая.

- В окне вида спереди построим торцовый контур зуба p в его начальном положении (рис. 8.11, *а*). Этот контур строится так же, как контур прямозубого колеса (см. рис. 8.10, *а*, *б*). Для рассматриваемого примера получены следующие значения параметров, необходимые для построения контура: $d = 24$ мм, $d1 = 28$ мм, $d2 = 19$ мм, $\alpha \approx 7.1^\circ$, $d3 = 8$ мм, $r = 0.8$ мм.

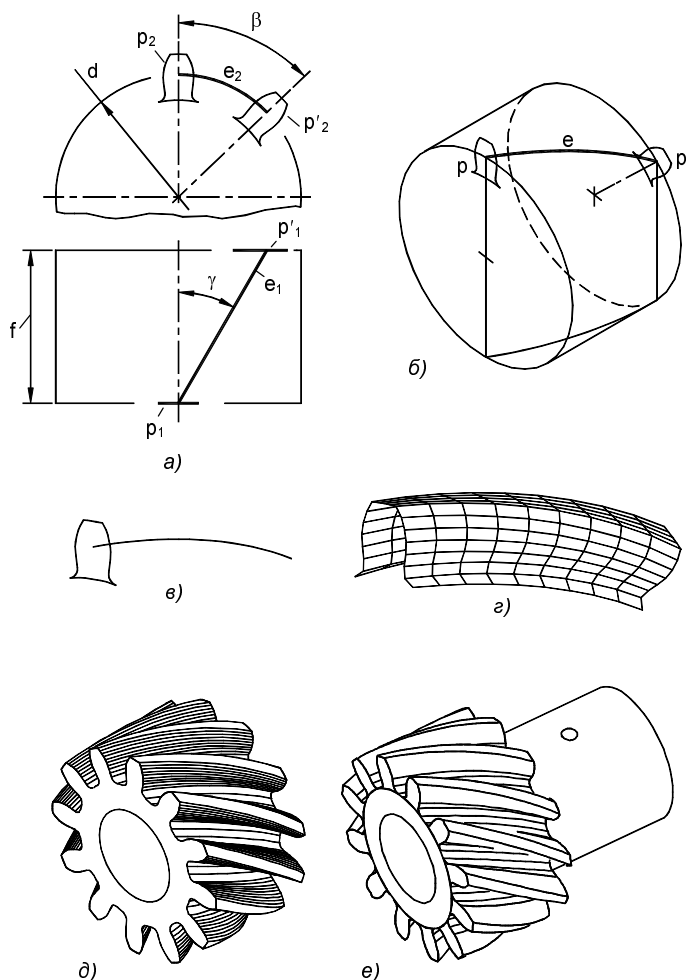


Рис. 8.11. Косозубое колесо:

а — разметка и кинематика формирования; б — построение траектории;
 в — контур зуба и траектория; г — поверхность одного зуба;
 д, е — варианты визуализации поверхности зуба

- Для построения траектории e нужно создать solid-цилиндр (рис. 8.11, а, б), основанием которого является делительная окружность d , а высота равна толщине колеса f . Затем в окне вида сверху нужно повернуть плоскость XU вокруг оси Z на угол $\gamma = -30^\circ$ (команда `UCS`, опция **ZA**), совместив плоскость YZ с плоскостью траектории, и построить сечение цилиндра (команда `SECTION`) этой плоскостью. Расчленив сечение, оставим верх-

ную дугу эллипса, которая является траекторией движения контура. В итоге имеется контур и траектория его перемещения (рис. 8.11, в).

- ❑ В окне вида спереди простановкой углового размера определим угол β поворота контура. В нашем примере получено $\beta \approx 46.2^\circ$.
- ❑ Загружаем и выполняем программу (см. Приложение 1). В итоге получена поверхность одного зуба (рис. 8.11, в).
- ❑ Для скрытия внутренней полости нужно сформировать две "заглушки". Первая создается из начального контура при добавлении к нему дуги окружности впадин. Для второй — нужно скопировать контур первой заглушки в конечную точку траектории и повернуть новый контур на угол β . Из каждого контура нужно создать области (командой REGION).
- ❑ Элементы поверхности зуба вместе с заглушками нужно конвертировать в блок. Блок размножаем круговым массивом, формируя зубчатый венец. Создаем ступицу колеса и формируем итоговый блок, включив в него все зубья и ступицу.

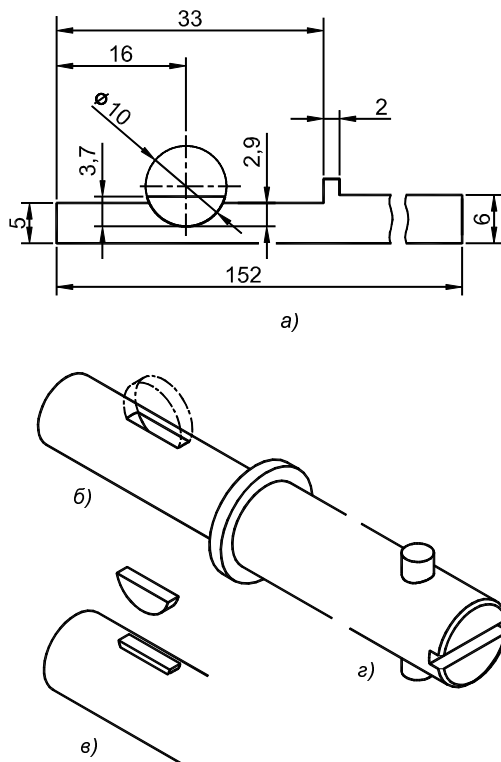
Программа построения поверхности позволяет управлять видимостью каркаса сети (см. Приложение 1). Можно оставить видимыми все ребра каркаса (см. рис. 8.11, г). Лучшие результаты достигаются, если при выполнении программы указать, чтобы поперечные ребра каркаса были невидимыми (рис. 8.11, д), или сделать невидимыми поперечные и основную часть продольных ребер (рис. 8.11, е).

8.6. Вал в сборе

Вал масляного насоса (рис. 8.12) содержит цилиндрический стержень, буртик, фиксирующий вал в корпусе в осевом направлении, паз для сегментной шпонки, посредством которой вращение с вала передается на шестерню. Имеется поперечное отверстие под штифт, фиксирующий косозубую шестерню, и шлицевой паз на торце.

При построении модели вала целесообразно одновременно создать модели сопряженных с ним деталей — шпонки и штифта. Последовательность построений следующая.

- ❑ В окне вида спереди создайте контур вращения вала и окружность контура шпоночного паза (рис. 8.12, а). Размеры шпоночного паза и шпонки берутся по справочной литературе [12].
- ❑ Вращением контура создайте тело вала.
- ❑ Выдавив окружность контура шпоночного паза на 2.5 мм (ширина паза), создайте цилиндр и расположите его по оси вала. Получена модель дисковой фрезы. Сделайте ее копию, совмещенную с оригиналом:
 - сору \ укажите "фрезу" \ ПЩ \ 0,0 \ ПЩ.

**Рис. 8.12.** Вал в сборе:

а — контур вращения вала и контур шпонки; б — шпоночный паз;
в — шпонка; г — штифт и шлицевой паз

- ☐ Выполните вычитание "фрезы" из тела вала — получен шпоночный паз (рис. 8.12, б).
- ☐ Командой `SLICE` срежьте дубликат "фрезы" (второй цилиндр) на расстоянии 6 мм от оси вала — получена шпонка, выступающая на 1 мм из вала (рис. 8.12, в, г).
- ☐ В окне вида сверху постройте цилиндр диаметром 4 мм, длиной 18 мм. Центр основания цилиндра задайте на 9 мм ниже оси вала и на расстоянии 10 мм от правого торца вала — получена модель штифта (рис. 8.12, г). Сделайте ее копию, совмещенную с оригиналом. Вычитанием штифта из тела вала получите поперечное отверстие под штифт.
- ☐ Вычитанием призмы выполните шлицевой паз 2×2 мм (рис. 8.12, г).
- ☐ Поместите вал, шпонку и штифт на различные слои. Слоям присвойте имена, соответствующие названию деталей: *Вал*, *Шпонка*, *Штифт*.

8.7. Болт и гайка

Размеры головки болта (рис. 8.13, а) определяются диаметром резьбы и берутся по справочной литературе [12]. Построение повторяет рассмотренное выше построение головки пробки (см. разд. 8.2). Отличие связано лишь с увеличенным размером фаски, вследствие чего диаметр верхнего основания конуса задается как $d1 = (0.9...0.95)S$, где S — размер под ключ.

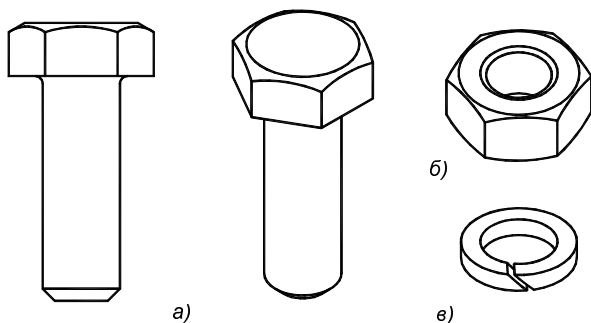


Рис. 8.13. Модели болта (а), гайки (б) и шайбы (в)

В нашем примере нужен болт с резьбой М8 и длиной стержня 25 мм. Размеры головки болта: "под ключ" 13 мм, высота головки 5.5, $d1 = 11.8$ мм:

- `polygon \ 6 \ 0,0 \ c \ 6.5` — построен шестиугольник с заданным размером "под ключ";
- `extrude \ укажите шестиугольник \ ПЩ \ -5.5 \ ПЩ` — построена призма;
- `circle \ 0,0 \ d \ 11.8` — окружность основания усеченного конуса;
- `extrude \ укажите окружность \ ПЩ \ -5.5 \ -60` — построен усеченный конус;
- `intersect \ укажите призму и конус \ ПЩ` — построена головка болта;
- `cylinder \ 0,0, -5.5 \ 4 \ -25` — построен стержень болта;
- `union \ объедините стержень и головку болта;`
- `chamfer \ выполните фаску размером 1.25 мм на торце стержня;`
- `fillet \ выполните плавное сопряжение стержня и головки радиусом 0.8 мм.`

Гайка (рис. 8.13, б) может иметь наружную фаску с двух сторон. Для получения второй фаски достаточно построить второй усеченный конус, симметричный первому. Отверстие под резьбу выполняется вычитанием цилиндра, диаметр отверстия равен $0.85d$, где d — диаметр резьбы. С двух

сторон этого отверстия выполняется фаска, у которой диаметр окружности равен диаметру резьбы. Высота фаски определяется углом 120° при вершине конуса.

Гайка для резьбы М8 имеет размеры [12]: "под ключ" 13 мм, высота 6.5 мм, диаметр отверстия под резьбу 6.8 мм. Размеры фаски: длина 0.6 мм, высота 0.3 мм.

Модель пружинной шайбы (рис. 8.13, б) создается в рабочем поджатом состоянии. Размеры шайбы определяются диаметром резьбы болта [12]. Для резьбы М8 внутренний диаметр шайбы равен 8.1 мм, наружный 12 мм, толщина шайбы 2 мм. На боковой стороне выполняется наклонная прорезь шириной 0.5 мм под углом 45° .

8.8. Сборка узла

После того как созданы объемные модели деталей, приступим к сборке узла. Для сборки создают новый файл. Детали из своих файлов загружают в файл сборки.

Загрузка деталей в файл сборки

Загрузка выполняется в последовательности, соответствующей сборке реального узла. Первой загружается корпусная деталь. В файле сборки ее устанавливают в положение, при котором вид спереди будет наиболее наглядно передавать форму узла (т. е. будет главным видом сборочного чертежа). Затем загружают и устанавливают в корпус внутренние детали, затем крышку и другие наружные детали.

Основной вариант загрузки — копирование через буфер памяти. Для копирования объекта из одного файла в другой, т. е. детали из ее файла в файл сборки, нужно открыть оба файла. Затем перейти в файл детали и занести модель в буфер, затем перейти в файл сборки и вставить модель из буфера. Чтобы перейти из одного файла в другой, укажите пункт **Window** (Окно) главного меню. В нижней части раскрывшегося подменю приведены имена открытых файлов. Указав нужное имя файла, вы сделаете его активным.

Удобно работать в оконном варианте, когда на экране присутствуют окна двух или более файлов, с которыми идет работа. Для этого нужно в окне каждого файла указать кнопку , расположенную в правом верхнем углу окна файла. Перемещая рамки окон, нужно придать окнам положение, удобное для совместной работы с несколькими файлами. Переключение между файлами осуществляется указанием окна нужного файла.

Для копирования детали в буфер памяти применяют команды `COPYCLIP` или `COPYBASE`. Для вставки из буфера — команды `PASTECLIP` или `PASTEORIG`.

Чтобы деталь при вставке приняла требуемое пространственное положение (встала на свое место) нужно в файле детали и файле сборки установить согласованные системы координат (пользовательские — ПСК). Деталь заносится в буфер относительно текущей системы координат файла детали, а выгружается относительно текущей системы координат файла сборки. Если при копировании были допущены неточности, положение вставленного объекта (детали) можно скорректировать путем его вращения и перемещения. Все действия выполняются с применением объектной привязки.

Команды работы с буфером памяти сосредоточены в меню **Edit** (Редакт). Имеются особенности применения этих команд, связанные с заданием базовых точек копирования и вставки. Основным вариантом является сочетание команд `COPYBASE` и `PASTESCLIP`. Первая команда применяется для внесения в буфер, вторая — для выгрузки из буфера. Рассмотрим примеры загрузки деталей.

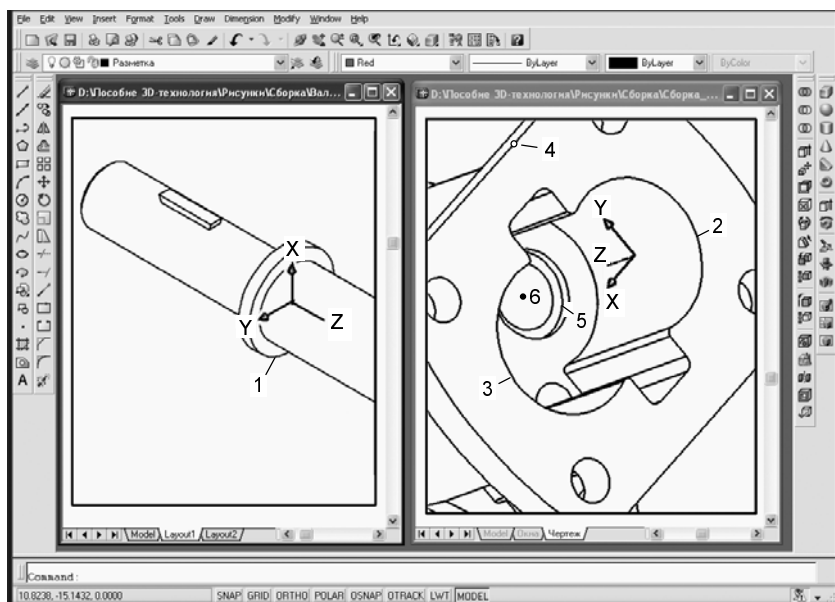
Загрузка корпусной детали

Приступим к сборке масляного насоса (или вашего узла). Начинаем с корпуса.

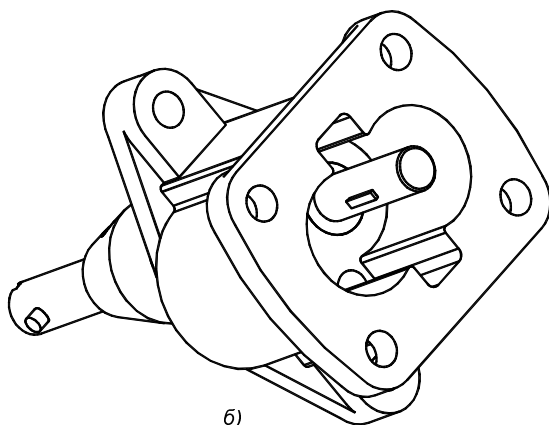
- ☐ Откройте новый рисунок и создайте на листе три видовых окна с настройками для пространственных построений — это будет файл сборки.
- ☐ Откройте файл с корпусной деталью.
- ☐ Перейдите в окно вида сверху.
- ☐ Скопируйте корпус в буфер памяти: **Edit** (Редакт) \ **Copy with Base Point** (Копировать с базовой точкой) или `<Ctrl>+<Shift>+<C>` \ на запрос "Specify base point:" укажите базовую точку или введите 0,0 \ укажите копируемый объект — объект скопирован в буфер.
- ☐ Перейдите в файл сборки, активизируйте окно вида сверху.
- ☐ Вставьте корпус из буфера памяти: **Edit** \ **Paste** (Вставить) или `<Ctrl>+<V>` \ укажите точку вставки, обеспечив размещение объекта в средней части видового окна. Можно ввести 0,0.
- ☐ После этого файл корпуса можно закрыть.
- ☐ Убедитесь, что положение корпусной детали в файле сборки соответствует тому, какое должно быть на сборочном чертеже: в окне вида сверху изображение соответствует виду сверху чертежа корпуса (см. рис. 7.9, 8.18), в окне вида спереди — виду спереди чертежа. Иначе поверните корпус в требуемое положение.

Установка деталей в корпус

Для установки детали в корпус нужно в файле детали и файле сборки задать согласованные ПСК.



а)



б)

Рис. 8.14. Установка вала в сборе со шпонкой и штифтом в корпус насоса:
а — задание согласованных систем координат; б — результат установки

Согласованные ПСК — это такие системы координат, при совмещении осей которых детали, связанные с этими системами, примут взаимное пространственное положение, соответствующее их положению в собираемом узле.

Установка вала в сборе

Необходимо совместить ось вала с осью посадочного отверстия в корпусе (рис. 8.14), в осевом направлении буртик вала должен войти в гнездо корпуса, вал повернуть так, чтобы плоскость сегментной шпонки стала горизонтальной.

- ❑ Откройте файл вала в сборе со шпонкой и штифтом. Перейдите в многооконный режим работы с файлами, указав в окне каждого файла кнопку , и расположите окна файлов рядом как показано на рис. 8.14, а.

В файле вала установим ПСК, задав начало координат в центре опорного кольца буртика, ось X направим в сторону шпонки, ось Z — вдоль оси вала (рис. 8.14, а, левое окно):

- ❑ перейдите в окно аксонометрии;
- ❑ `ucs \ 3` (по трем точкам) \ с объектной привязкой **Center** укажите окружность 1 \ с объектной привязкой **Quadrant** укажите на окружности 1 верхнюю (в сторону шпонки) и ближнюю к нам диаметральные точки.

В файле сборки устанавливаем ПСК так, чтобы ее начало и направление осей были теми же, что у ПСК в файле вала:

- ❑ перейдите в файл сборки, в окно аксонометрии;
- ❑ скройте невидимые линии, применив команду **HIDE**;
- ❑ `ucs \ 3` \ объектная привязка **Center** — укажите окружность 2 \ с привязкой **Center** укажите окружность 3 \ с привязкой **Nearest** — укажите какую-либо точку 4 на верхней кромке основания — ПСК приняло положение как в правом окне на рис. 8.14, а;
- ❑ сохраните созданную ПСК, указав кнопку  и присвоив ей характерное имя, например, *Основание корпуса ось Z по оси вала*. Эта система координат многократно понадобится при установке других деталей;
- ❑ `ucs \ Origin` \ с объектной привязкой **Center** укажите окружность 5 — начало координат переместилось в точку 6.

Загружаем вал в корпус. Копируем его в буфер:

- ❑ перейдите в файл вала;
- ❑ `<Ctrl>+<Shift>+<C>` \ 0,0 — координаты базовой точки копирования \ укажите вал, шпонку и штифт;

- перейдите в файл сборки;
- $\langle \text{Ctrl} \rangle + \langle V \rangle \setminus 0,0$ — это координаты базовой точки вставки;
- выполните команду `HIDE`;

Результат

Вал в сборе со шпонкой и штифтом установлен в корпус (рис. 8.14, б).

- файл вала можно закрыть, файл сборки сохранить.

Каждая деталь загружается в файл сборки со своим слоем. Поэтому в файле сборки появились слои, на которых были расположены детали при их построении — в данном примере это слои *Вал*, *Шпонка* и *Штифт*. В противном случае в файле сборки следует создать слои с именами деталей и поместить на них соответствующие детали. Для наглядности придайте деталям различный цвет. Для этого всем деталям придайте цвет **BYLAYER** (По слою), а нужный цвет каждой детали задайте как свойство ее слоя.

Установка зубчатых колес

Сначала установим цилиндрический штифт, являющийся осью ведомого колеса (рис. 8.15, а, б). Построение штифта мы не приводим. Отметим, что ось штифта при его построении была направлена по оси *X* МСК. В файле сборки, при установке в корпус, ось штифта также направлена вдоль оси *X* МСК. Поэтому перед копированием штифта в обоих файлах следует установить МСК. При внесении штифта в буфер в качестве базовой точки нужно указать точку 1, а при вставке из буфера — точку 2 (рис. 8.15). Точки указываются с объектной привязкой **Center**. Для указания точки 2 нужно задать вид со стороны штуцера. После установки оси восстановите вид со стороны камеры (рис. 8.15, в).

Для установки пары зубчатых колес нужно в файле, где выполняется копирование колес в буфер, установить ПСК по трем точкам (рис. 8.15, г): начало координат — в центр ведущего колеса, ось *X* направить в центр ведомого колеса, ось *Y* в одну из точек контура колеса. В файле сборки нужно восстановить ранее сохраненную ПСК с именем *Основание корпуса ось Z по оси вала*. Базовой точкой копирования и вставки является точка (0,0).

Установка косозубого колеса выполняется аналогично (рис. 8.15, е).

Внимание

Настоятельно рекомендуем на данном этапе сборки присвоить корпусу материал с прозрачными свойствами и включить фотореалистичную визуализацию в режиме закраски (см. разд. 9.6, 9.9). Это существенно облегчит работу над сборкой узла и придаст ощутимую положительную эмоцию от восприятия красоты собираемого узла.

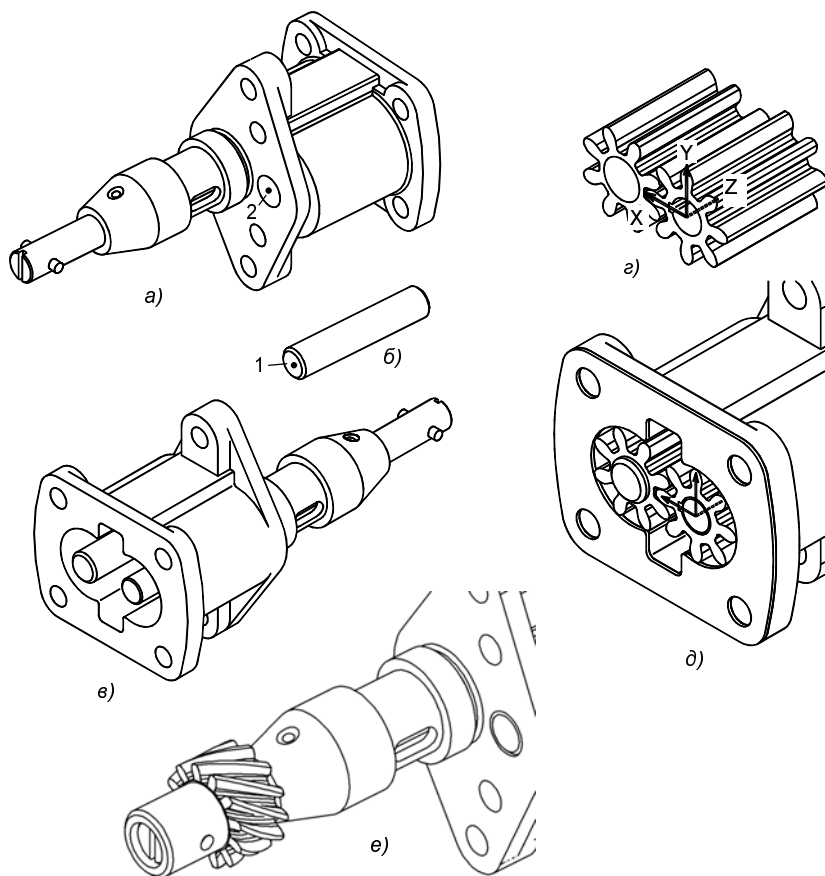


Рис. 8.15. Установка штифта (а–в), цилиндрических зубчатых колес (г), создание прокладки (д), установка косозубой шестерни (е)

Построение "по месту". Прокладка

Часть моделей несложной формы можно (и рекомендуется) создавать в процессе сборки узла. Примером может служить прокладка между корпусом и крышкой насоса. Для формирования прокладки нужно установить ПСК в плоскость основания корпуса, построить сечение корпуса плоскостью XU — это будет отпечаток основания корпуса — и выдавить сечение на толщину прокладки:

- ☐ создайте слой с именем *Прокладка* и сделайте его текущим;
- ☐ в окне аксонометрии сборки восстановите ранее сохраненную ПСК с именем *Основание корпуса ось Z по оси вала*;

- ☐ `section \` укажите корпус \ ПЩ \ ХУ \ ПЩ — построено сечение;
- ☐ `extrude \` укажите сечение \ ПЩ \ -1 (это толщина прокладки, заданная в отрицательном направлении по отношению к оси Z) — прокладка построена (рис. 8.15, д).

Контроль сборки на основе вспомогательных сечений

При сборке необходимо убедиться в том, что модели не пересекаются, обеспечиваются и другие критерии, например, соосность, отсутствие недопустимых зазоров. Эффективным приемом сборки и контроля является построение вспомогательных сечений узла. Рассмотрим его на примере сборки и контроля крышки.

Сборка крышки

Сборку крышки и установленных в ней деталей перепускного клапана (шарика, пружины и прокладки с пробкой) рекомендуем выполнить в отдельном файле, а затем крышку в сборе установить на корпус насоса.

- ☐ Создайте файл для сборки крышки и выполните в нем необходимые настройки.
- ☐ Загрузите крышку в том положении, в котором она была создана (рис. 8.16, а).

Для загрузки деталей в отверстие крышки установите систему координат, направив ось X вдоль оси отверстия клапана, ось Y — вверх, начало в центре торцевой окружности 1:

- ☐ перейдите в окно аксонометрии;
- ☐ `ucs \ 3 \` с объектной привязкой **Center** укажите центр окружности 1 \ с той же привязкой укажите центр окружности 2 — задана ПСК как на рис. 8.16, а.

Передайте ПСК из окна аксонометрии в окно вида спереди:

- ☐ убедитесь, что активно окно аксонометрии;
- ☐ `ucs \ Apply (Применить) \` перейдите в окно вида спереди \ ПЩ.

Перейдите на новый слой и командой `SECTION` постройте сечение крышки плоскостью ХУ установленной ПСК.

В окне вида спереди заморозьте слой, на котором находится крышка, оставив только созданное сечение (рис. 8.16, б).

Устанавливая в файлах деталей ПСК, согласованную с созданной, загрузите через буфер пробку, шайбу и пружину. При правильном задании ПСК дета-

ли встанут на свое место. Шарик клапана создайте "по месту" как сферу радиуса 5 мм, центр которой расположен на продольной оси отверстия в крышке.

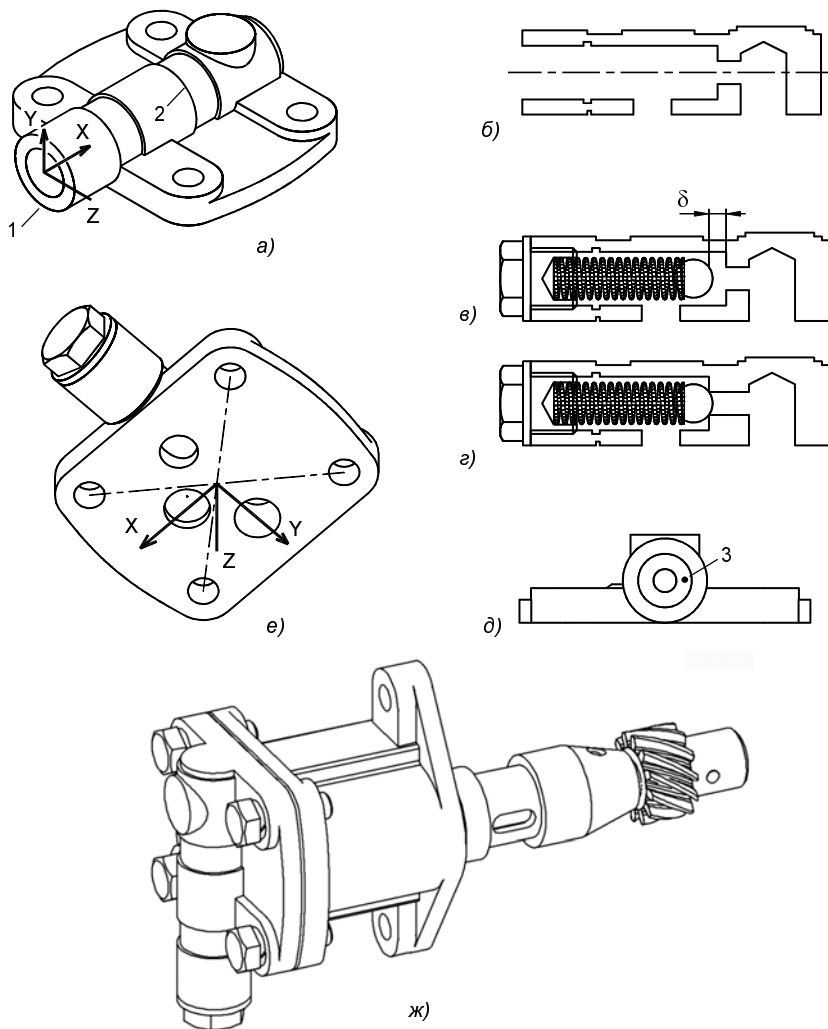


Рис. 8.16. Сборка крышки:

- а — исходное положение крышки и установка ПСК для создания контрольного сечения;
 б — сечение крышки; в, г, д — сборка и контроль перепускного клапана;
 е, ж — установка крышки в сборе на корпус

Устранение ошибок

В процессе сборки выявляются ошибки, допущенные при построении моделей. Их устранение требует, как правило, перемещения отдельных граней модели. Так, на рис. 8.16, в показан зазор δ между шариком и отверстием клапана, выявленный при сборке. Этот зазор является недопустимым, поскольку шарик должен упираться в отверстие и перекрывать его, будучи прижатым пружиной.

Для устранения зазора нужно измерить его величину. В модели крышки переместить грань, имеющую форму кольца, на величину выявленного зазора. Для перемещения грани установим точку зрения так, чтобы редактируемая грань была видимой, и применим к ней команду **SOLIDEDIT** с опцией **Offset** (Отступ):

- ☐ установите вид слева (рис. 8.16, д), заморозьте все детали, кроме корпуса;
- ☐ **solidedit \ Face (Грани) \ Offset** (или кнопка  панели **Solids Editing** (Редактирование твердых тел)) \ укажите точку 3, принадлежащую редактируемой грани — грань выделена в виде кольца \ задайте величину смещения, равную величине устраняемого зазора δ .

Повторное построение сечения крышки показывает, что зазор устранен (рис. 8.16, з).

Опция **Offset** команды **SOLIDEDIT** позволяет перемещать не только плоские, но и криволинейные грани, например, этой опцией можно изменить диаметр отверстия или вала. Опция **Move** позволит целиком переместить конструктивный элемент, например, отверстие или буртик на валу, в произвольном направлении. Опция **Rotate** позволит повернуть грань.

Возможности команды **SOLIDEDIT** ограничены сложностью геометрии редактируемой детали. Если применение команды **SOLIDEDIT** не приводит к результату, то можно вырезать редактируемую часть модели командой **SLICE** (упростив тем самым геометрию редактируемой части модели), выполнить редактирование или построить заново фрагмент модели и восстановить цельность модели командой **UNION**.

Следующий вариант редактирования моделей — это применение команд **UNION** и **SUBTRACT**. Команда **UNION** позволяет в сложных случаях редактирования нарастить объем модели, добавив к ней дополнительный элемент. Это воспроизводит технологию сварки или наплавки поверхности деталей.

Установка крышки на корпус

Крышку с находящимися в ней деталями следует конвертировать в блок — это позволит манипулировать с крышкой и ее деталями как единым объектом. Далее, в файле крышки в сборе и файле общей сборки нужно задать согласованные системы координат. Удобной является ПСК, показанная на

рис. 8.16, *е*: начало координат помещено в центр основания крышки, ось X направлена вдоль продольной оси основания, ось Y — вдоль поперечной оси. Для ее задания в основании проводим диагонали, соединяя центры крепежных отверстий. Такую же систему координат следует установить в файле общей сборки, например, провести диагонали на верхней стороне прокладки и перенести в точку их пересечения ранее сохраненную ПСК с именем *Основание корпуса ось Z по оси вала*.

Копирование крышки в сборе осуществляется через буфер. После того как крышка установлена и проверена правильность ее положения, блок крышки следует расчлнить (**EXPLODE**). Добавленные в общую сборку детали разместятся на своих слоях.

В завершение сборки нужно установить четыре болта с пружинными шайбами крепления крышки к корпусу (рис. 8.16, *ж*).

Объемный разрез узла

Для наглядного отображения внутренней формы узла рекомендуется выполнить его объемный разрез, вырезав части корпусных деталей.

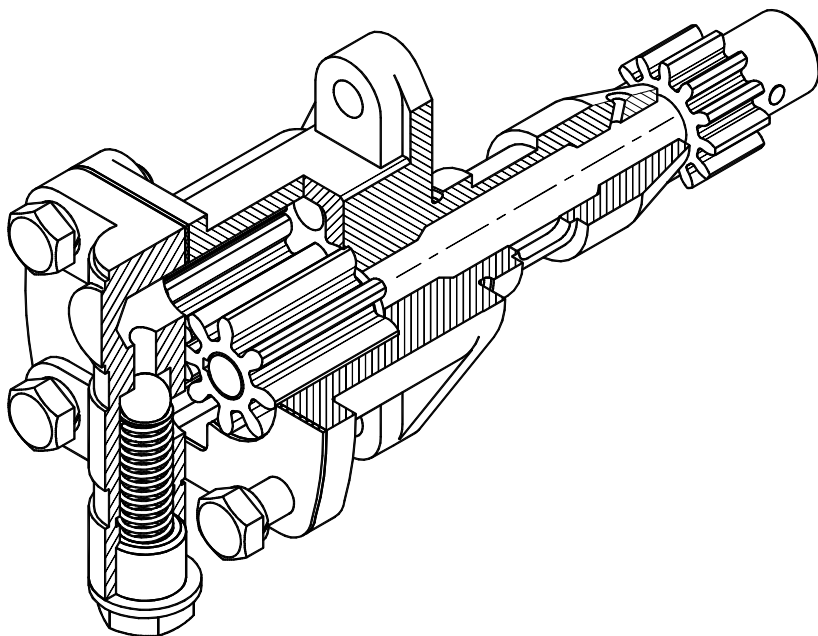


Рис. 8.17. Объемный разрез узла масляного насоса

Построение разреза основано на применении команды `Slice` (см. разд. 4.8). Корпусные детали рассекают плоскостями, параллельными координатным плоскостям XY , XZ , YZ . Части корпусных деталей, закрывающие внутреннее пространство узла, удаляют. Остальные объединяют командой `UNION`.

При выполнении разреза масляного насоса (рис. 8.17) сначала была отрезана ближняя половина крышки. Это позволило передать конструкцию смонтированного в ней перепускного клапана. Затем была удалена ближняя четверть прокладки между крышкой и корпусом, которая закрывала зубчатые колеса, расположенные в камере корпуса. Но и этого оказалось недостаточно. Тогда в корпусе насоса было выполнено рассечение четырьмя плоскостями и удалена ближняя часть корпуса, что позволило показать положение зубчатых колес и вала.

Техника построения объемных разрезов приведена в разд. 3.8, 4.8, 5.5.

8.9. Чертеж узла

Построение узлового чертежа выполняется в той же последовательности, что и чертеж детали. Техника построения подробно рассмотрена в предыдущих главах. Некоторые осложнения связаны с тем, что при построении разреза узла AutoCAD выполняет штриховку воедино, не дифференцируя ее по деталям, как требуется при выполнении чертежа узла (см. разд. 7.2). Поэтому штриховку придется выполнить самостоятельно.

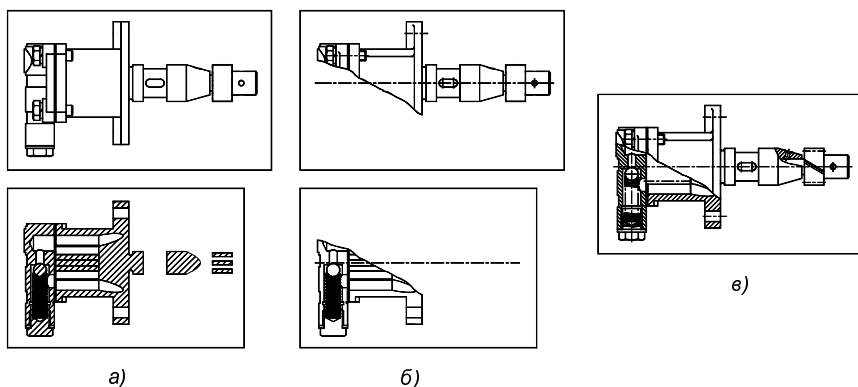


Рис. 8.18. Схема построения вида спереди узла с местным разрезом:
 а — окна видов спереди и фронтального разреза;
 б — подготовка окон; в — совмещение изображений

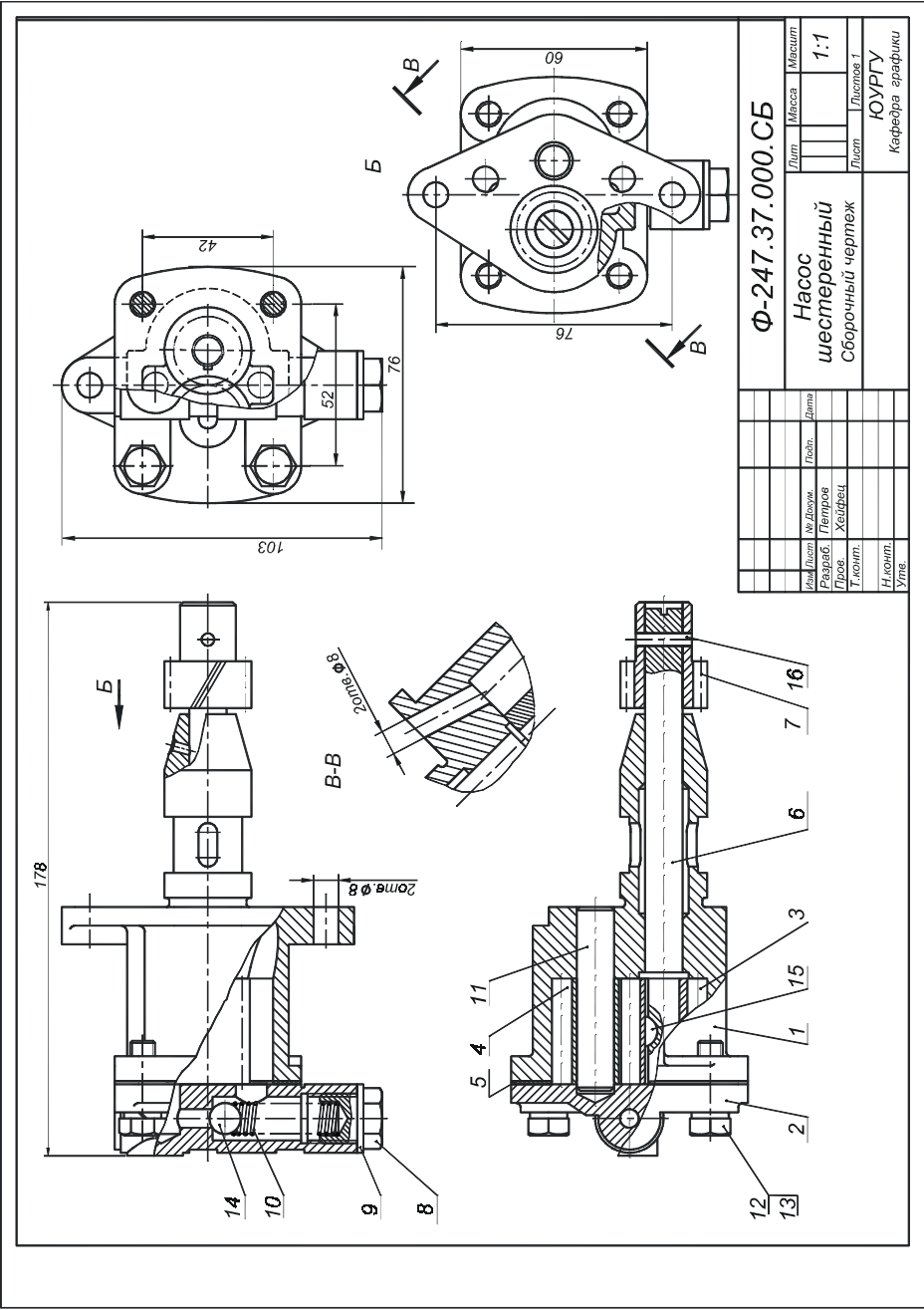


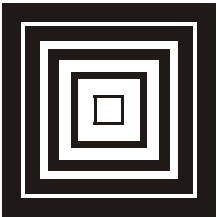
Рис. 8.19. Сборочный чертёж узла масляного насоса

[illegible]

Рис. 8.20. Спецификация к сборочному чертежу

На рис. 8.18 показано построение совмещенного изображения, содержащего вид спереди и местный разрез. Исходным окном явилось окно вида сверху (на рис. 8.18 это окно не показано). Командами `SOLVIEW` и `SOLDRAW` получены окна вида спереди и полного фронтального разреза (рис. 8.18, *а*). В одном из окон на новом слое проведена линия обрыва, разграничивающая вид и разрез. Эта линия появляется в обоих окнах (рис. 8.18, *б*). В окне вида удаляется часть изображения, предназначенная для размещения местного разреза. В окне разреза удаляется вся штриховка и часть изображения, предназначенная для линий вида. После этого в одном из рассматриваемых окон размораживаются слои другого окна, что приводит к получению совмещенного изображения вида и разреза. В завершение в соответствии с требованиями к чертежу узла выполняются штриховка, условные изображения зубчатых колес, резьба.

Окончательное формирование чертежа узла выполняется после получения всех необходимых изображений. Чертеж компоуется в оконном варианте или с выносом изображений на лист. Завершается чертеж приданием линиям необходимой толщины и типа, простановкой размеров и позиционных обозначений (рис. 8.19). Для сборочного чертежа выполняется спецификация (рис. 8.20).



Фотореалистичная визуализация

Фотореалистичное изображение деталей и узлов достигается присвоением их поверхностям свойств реальных материалов, заданием освещения и построением теней, установкой фона. Это позволяет решать задачи технического дизайна, рекламы и маркетинга.

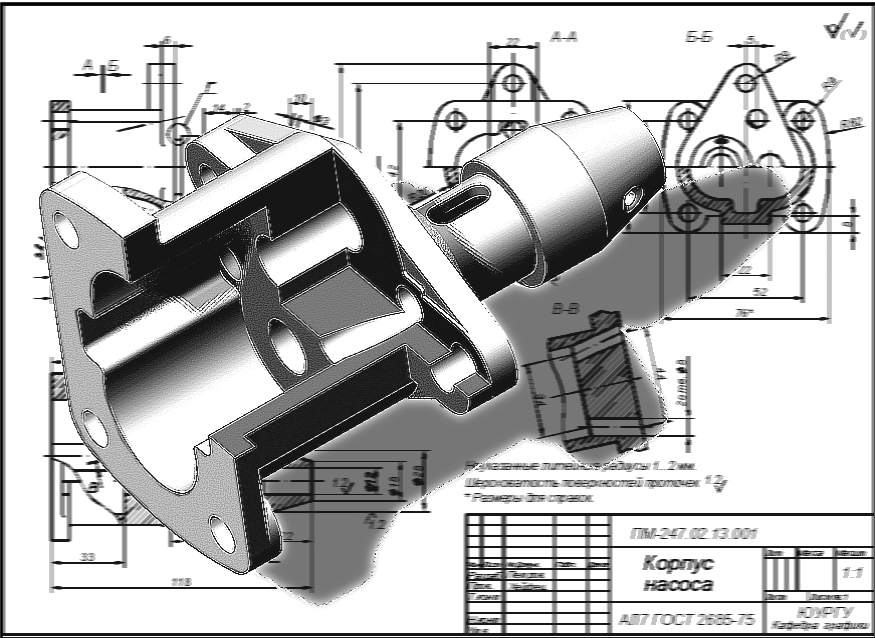


Рис. 9.1. Фотореалистичная визуализация детали

Хотя AutoCAD предназначен преимущественно для выполнения проектно-конструкторских работ, но в нем предусмотрены развитые средства фотореалистичной визуализации. Они подробно рассмотрены в работах [1—3]. Далее приведен пример выполнения несложного, но весьма наглядного ва-

рианта визуализации (рис. 9.1). Корпусной детали присвоен материал, передающий цветовые свойства алюминиевого сплава. Деталь показана в разрезе, причем грани сечений выделены красным цветом. В качестве фона назначен чертеж детали, на который деталь отбрасывает мягкую тень.

Еще более эффектно фотореалистичная визуализация узла, в которой сквозь слегка прозрачный корпус видны внутренние детали узла. К сожалению, возможности типографского издания не позволяют передать красоту фотореалистичного изображения, которое вы увидите на экране, повторив приведенные примеры применительно к своей детали и узлу.

9.1. Подготовка модели и общие настройки

Требуется подготовить модель и выполнить настройки, характерные для пространственных построений.

- ❑ Создайте новый файл, в который через буфер скопируйте визуализируемую модель. Выполните пространственный разрез модели. Для литой детали важно, чтобы ее модель содержала предусмотренные литейные соприкосновения, которые создают световые блики и тем заметно повышают качество визуализации.
- ❑ Задайте всей модели цвет Cyan (голубой), а граням сечений — цвет Red (красный). Задать граням цвет, отличающийся от цвета всей модели, можно командой `SOLIDEDIT`:
 - **Format (Формат) \ Color (Цвет) ** в диалоговом окне **Select Color (Выбор цвета)** определите индекс (номер) цвета, присваиваемого граням \ **Cancel**;
 - в окне аксонометрии задайте точку зрения, при которой наглядно видны редактируемые грани сечений. Скройте невидимые линии (команда `HIDE`);
 - `solidedit \ Face (Грани) \ Color` (или кнопка  панели **Solids Editing (Редактирование тел)**) \ укажите грани, которым нужно присвоить новый цвет \ ПЩ \ 1 (это номер цвета Red).
- ❑ В пространстве листа создайте три видовых окна (рис. 9.2). Окна видов спереди и сверху позволят задавать положение источников света. В окне аксонометрии установите точку зрения, наглядно передающую форму детали.
- ❑ Создайте плоскость (далее — *экран*), на которую будет падать тень от детали (см. рис. 9.2). Это может быть тонкий параллелепипед (команда `BOX`) или плоскость (`FACE`). Присвойте экрану цвет, контрастирующий с цве-

том модели и достаточно светлый, например, Yellow (желтый). Размеры экрана следует задать такими, чтобы в окне визуализации его границы не были видны.

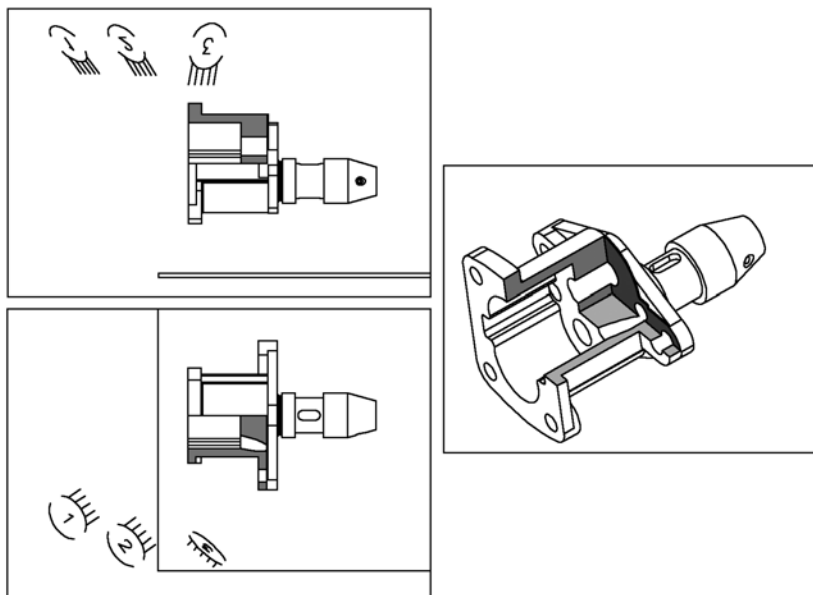


Рис. 9.2. Модель визуализации и схема освещения

Команды фотореалистичной визуализации сосредоточены в меню **View** (Вид) \ **Render** (Тонировать). Однако удобнее пользоваться панелью инструментов для визуализации **Render** (Тонирование) (рис. 9.3):

- ☐ вызовите панель инструментов **Render** и поместите ее в свободной части экрана (например — справа, вертикально).

Выполните настройку, которая повысит плавность визуализации контура, хотя замедлит ее скорость:

- ☐ **Tools** (Сервис) \ **Options** (Настройки) \ **Display** (Экран). Найдите параметр **Rendered Object Smoothness** (Гладкость объектов при визуализации). Начальное значение параметра равно 0.5. Задайте его в интервале 5...10.



Рис. 9.3. Панель инструментов тонирования **Render**

9.2. Освещение и тень

Если не заданы специальные источники света, то визуализируемые объекты освещены "дежурным" пучком параллельных лучей, перпендикулярных плоскости вида. Это наиболее простой вариант освещения, который применяется в качестве предварительного. Для повышения качества освещения устанавливают дополнительные источники. Наличие хотя бы одного дополнительного источника отменяет "дежурный".

Предусмотрено три типа источника освещения: **Point Light** (Точечный), **Distant Light** (Удаленный) и **Spotlight** (Прожектор). Можно регулировать интенсивность и цвет каждого источника. Источник может давать тень или быть бестеневым. Кроме того, можно регулировать фоновое освещение, его интенсивность и цвет. Наиболее простыми в настройке являются удаленные источники.

Количество источников света, как правило, не должно превышать двух-трех. Один источник создает тень, еще один-два обеспечивают основное освещение и подсветку затененных участков. Дальнейшее возрастание количества источников только усложняет настройку освещения и увеличивает время визуализации.

Настройка значка источника

Источник света на экране отображается в виде значка, расположенного в месте установки источника. Для направленных источников значок показывает направление их действия. Размер значка можно регулировать, он не влияет на свойства источника света. Рекомендуем настроить размер значка так, чтобы он был хорошо виден на экране:

- ☐ укажите кнопку  панели инструментов **Render** или в выпадающем меню укажите пункт **View \ Render \ Preferences** (Настройка). В возникшем диалоговом окне найдите параметр **Light Icon Scale** (Масштаб значка источника света) и установите его значение в пределах 40...50.

Первый источник света

Зададим освещение сцены тремя удаленными источниками (см. рис. 9.2). Источник 1 расположим слева, сделаем его теневым, т. е. от него будет падать тень. Источник 2 — бестеневой, его направим так же, как и первый. Источник 3 будет осуществлять подсветку затененной части.

Начнем с источника теневого освещения.

- ☐ Укажите кнопку  панели инструментов **Render** или пункт выпадающего меню **View \ Render \ Light** (Свет) — возникло диалоговое окно задания источников света.

- ☐ Задайте тип источника. Для этого укажите треугольную стрелку раскрывающегося списка и в нем пункт **Distant Light** (Удаленный).
- ☐ Укажите кнопку **New** (Новый) — возникло диалоговое окно **New Distant Light** (Новый удаленный источник) (рис. 9.4).
- ☐ Задайте имя источника (поле **Light Name**), например, 1 или *Теневой*.
- ☐ Для нового источника **Intensity** (Интенсивность) задана максимальной и равна 1. Установите интенсивность равной 0.5...0.6.

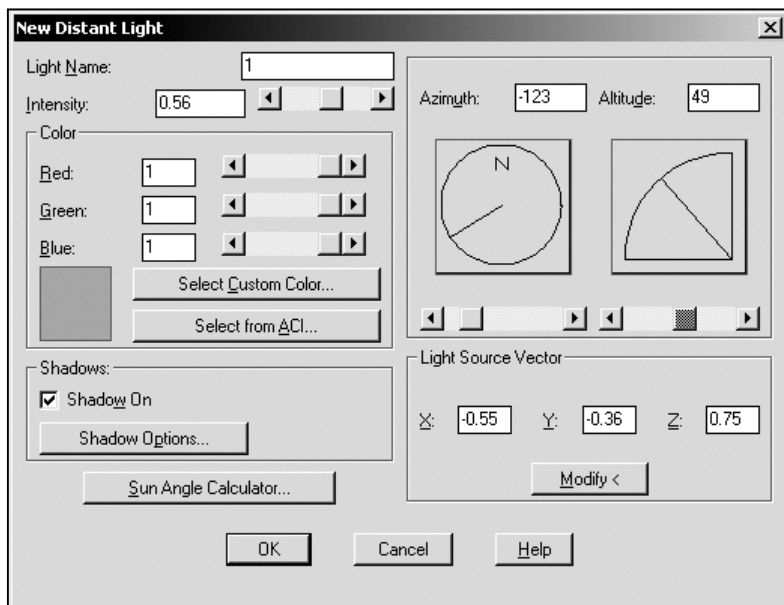


Рис. 9.4. Диалоговое окно **New Distant Light** настройки параметров удаленного источника

Далее необходимо задать направление светового потока. Для этого воспользуемся двумя диаграммами в правой части диалогового окна (см. рис. 9.4). Первая, помеченная буквой N, показывает направление настраиваемого источника в плане МСК, т. е. на виде сверху, вторая — показывает наклон лучей к горизонтальной плоскости. Считается, что источник расположен на окружности диаграммы и направлен в ее центр. Значения углов наклона можно ввести в поля над диаграммами **Azimuth** (Азимут) и **Altitude** (Высота) либо перемещением движка скользящей шкалы под диаграммой. Можно указать точку на окружности диаграммы.

- ☐ Задайте направление источника, как показано на рис. 9.4. Оно соответствует источнику 1.

Режим построения тени

Тень повышает реалистичность изображения и облегчает восприятие пространственной формы.

- ❑ В диалоговом окне **New Distant Light** (см. рис. 9.4) найдите поле **Shadows** (Тени) и включите режим построения теней переключателем **Shadow On** (Тень Вкл).
- ❑ Укажите кнопку **Shadow Options** (Настройки тени) — возникло новое диалоговое окно, позволяющее задать режим построения тени.

Предусмотрено два режима построения теней. Первый — **Ray Traced Shadows** (Тени трассировки луча) — строит тень со строго очерченным контуром. Второй режим — **Shadow Volumes** (Объемные тени) более реалистичный, создает тень с размытыми краями. Применим второй режим. Для него требуется задать два параметра. Первый — **Shadow Map Size** (Размер карты тени) — определяет тщательность прорисовки контура тени. С его увеличением заметно возрастает продолжительность визуализации. Второй параметр — **Shadow Softness** (Смягчение теней) — задает ширину переходной зоны по границе тени.

- ❑ Укажите на треугольную стрелку раскрывающегося списка **Shadow Map Size** и задайте значение этого параметра равным 512.
- ❑ Параметр **Shadow Softness** задайте в интервале 3...5.
- ❑ **ОК** — закройте диалоговые окна.

Найдите в видовых окнах значок созданного источника. По видам спереди и сверху убедитесь, что источник установлен правильно и соответствует рекомендуемому положению (см. рис. 9.2). Значок удаленного источника можно перемещать в видовом окне, это не влияет на условия освещения, так как задается пучок параллельных лучей. Поэтому командой **MOVE** переместите значок в удобное положение окна. Направление удаленного источника удобно корректировать через диалоговое окно (см. рис. 9.4), но можно корректировать также командой **ROTATE**, поворачивая значок света.

Второй и третий источники света

Самостоятельно создайте источники 2 и 3, повторив приведенную выше последовательность действий:

- ❑ укажите кнопку  \ имя источника — 2 \ интенсивность 0.25...0.3 \ направление источника установите таким же, как для источника 1 \ тень от этого источника не включайте;
- ❑ укажите кнопку  \ имя источника — 3; интенсивность 0.4...0.5 \ направление источника задайте значениями углов: **Azimuth** равен 42, **Altitude** равен 75 \ тень не включайте.

9.3. Предварительная визуализация

Время визуализации пропорционально площади визуализируемого окна. Поэтому для визуализации отобразите окно аксонометрии так, чтобы оно занимало треть или четверть экрана.

Предусмотрено три режима фотореалистичной визуализации. Первый режим — **Render** — предназначен для упрощенной "черновой" визуализации, в этом режиме не передаются тени и многие свойства материалов. Второй режим — **Photo Real** — позволяет добиться реалистичного изображения, но не воспроизводит зеркальные свойства и рельефность материала. Наиболее совершенный третий режим — **Photo Raytrace**, реализующий все возможности визуализации (но с наибольшими затратами по времени). Для нашей задачи можно применить второй или третий режимы.

- ☐ Активизируйте окно, подлежащее визуализации — сделайте двойной щелчок по окну аксонометрии.
- ☐ Укажите кнопку  или пункт выпадающего меню **View \ Render \ Render** — возникло диалоговое окно визуализации.
- ☐ Найдите в диалоговом окне, в верхней его части, раскрывающийся список **Rendering Type** (Тип тонирования). Раскройте список, указав треугольную стрелку, и выберите режим **Photo Raytrace**.

Включите средство сглаживания контура изображения при визуализации:

- ☐ в том же диалоговом окне укажите кнопку **More Options** (Дополнительные опции) — открылось новое окно. В нем найдите поле **Anti-Aliasing** (Сглаживание) и укажите режим сглаживания **Medium** (Среднее) или **High** (Высокое) \ **OK**.

Средство сглаживания заметно увеличивает время визуализации — это цена возросшего качества изображения.

- ☐ Включите режим построения теней — кнопка **Shadows** (Тени).
- ☐ Согласитесь со всеми остальными настройками окна. Укажите кнопку **Render** (Рендеринг) в нижней части окна.

Результат

Визуализировано окно аксонометрии. Цвет детали определен цветом ее каркаса и граней сечения. Фон определен цветом параллелепипеда, выполняющего роль экрана. От детали на экран падает тень с мягкими размытыми границами.

Оцените правильность задания освещения по следующим критериям.

1. На криволинейных поверхностях должны быть видны освещенная и теневая области. Каждая из них имеет плавное изменение яркости, а не выглядит однородным засвеченным или затемненным участком. На ос-

вещенных участках криволинейных поверхностей желательны световые блики.

2. В месте пересечения граней интенсивность освещения должна скачкообразно изменяться, подчеркивая ребра модели.
3. Область падающей тени должна быть достаточно большой, а ее насыщенность — оптимальной. В этом случае тень подчеркивает форму детали, облегчает ее восприятие.

Если эти критерии не выполняются, необходимо корректировать параметры источников света. Для корректировки размеров и направления падающей тени нужно изменить направление источников 1 и 2 (см. рис. 9.2). Для уменьшения общей интенсивности освещения нужно пропорционально снизить интенсивности указанных источников. Добиться усиления тени при сохранении общей интенсивности освещения можно перераспределением интенсивностей источников 1 и 2, т. е. увеличить интенсивность источника 1 и в той же мере снизить ее у источника 2. Дополнительно можно управлять источником 3, регулируя освещенность затененных областей.

Для корректировки параметров источников:

- ☐ откройте окно настройки источников света, указав кнопку  \ найдите в нем список созданных источников и укажите тот, который требует корректировки \ укажите кнопку **Modify** (Изменить);
- ☐ внесите коррективы в направление и интенсивность источника;
- ☐ повторите визуализацию.

9.4. Материалы

Материал — это комплекс свойств, присваиваемых поверхности визуализируемого объекта. Основные свойства материала: цвет освещенной и затененной частей поверхности; цвет, размер и интенсивность блика, прозрачность, зеркальность. Материал может быть однородным или текстурированным (т. е. с узором, картинкой), гладким и рельефным. Все свойства настраиваемые. Подробно они рассмотрены в работах [1—3].

Выбор материалов из библиотеки

Имеется библиотека материалов AutoCAD, в которой подобраны сочетания свойств, соответствующие реальным или рекомендуемым к применению материалам. Библиотека загружается при полной установке пакета и содержит 150—200 материалов. Присвоение материала из библиотеки — это основной вариант назначения материала для начинающих пользователей.

Присвоим нашим объектам библиотечные материалы.

- ☐ Укажите кнопку  панели инструментов или в меню строку **View \ Render \ Materials Library** (Библиотека материалов) — возникло диалоговое окно **Materials Library**.
- ☐ Прокрутите список в правой части окна. В нем приведены материалы "фирменной" библиотеки.
- ☐ Укажите материал **GRAY/BLUE PAINT** (Серая/Синяя краска), его присвоим поверхности детали.
- ☐ Укажите кнопку **Preview** (Предварительный просмотр) — материал показан на сферическом (sphere) или кубическом образце (cube). Проверьте свойства на обоих образцах.
- ☐ Укажите кнопку **Import** (Импорт) — имя материала внесено в список материалов рисунка.
- ☐ Выберите и внесите в список материал **GLASS** (Стекло). Его присвоим экрану.

Присвоение материалов

- ☐ Укажите кнопку  панели инструментов или в выпадающем меню строку **View \ Render \ Materials** (Материалы) — возникло диалоговое окно **Materials**. В левой части окна находится список подобранных из библиотеки материалов.
- ☐ Укажите в списке нужный материал, затем кнопку **Attach** (Присоединить). Укажите объект, которому присваивается выбранный материал. В нашем примере материал **GRAY/BLUE PAINT** присвойте модели, а материал **GLASS** — экрану (тонкому параллелепипеду).
- ☐ Визуализируйте видовое окно, указав кнопку . Посмотрите материал на детали. Он присвоен всей ее поверхности, включая грани секущих плоскостей. Экран практически не виден, поскольку ему присвоен материал прозрачного стекла, но тень, падающая на него от детали, видна.

Для определения имени материала, присвоенного объекту, необходимо в диалоговом окне **Materials** указать кнопку **Select** (Выбор), а затем указать объект (деталь). В нижней части диалогового окна будет выведено имя материала указанного объекта.

Кнопка **Detach** (Отсоединить) позволяет отсоединить материал от объекта.

Присвоение граням различных материалов

Присвоение материала можно выполнить по признаку слоя, на котором расположены эти объекты — кнопка **By Layer** (По слою), или по цвету их каркаса — кнопка **By ACI** (По индексу цвета). Последний вариант позволяет присвоить граням одного объекта различный материал. Применим его и присвоим граням секущих плоскостей визуализируемой детали материал, отличающийся от материала всей детали. Пусть вся модель имеет цвет Cyan, а грани секущих плоскостей — цвет Red.

Сначала от детали требуется отсоединить ранее присвоенный материал:

- ☐ укажите кнопку  \ кнопка **Detach** \ укажите модель;
- ☐ укажите кнопку **By ACI** \ в диалоговом окне **Attach by AutoCAD Color Index** (Назначить по индексу цвета) укажите в левом списке основной материал детали, в правом — цвет каркаса детали, т. е. соответственно GRAY/BLUE PAINT и Cyan. Укажите кнопку **Attach** (Назначить) — в правом списке в строке цвета появится соответствующий ему материал;
- ☐ материал RED PLASTIK (или другой, предварительно загруженный из библиотеки) присвойте цвету Red (это цвет граней сечения).

Если в режиме **By ACI** цвету не присвоен материал, то грани этого цвета будут иметь материал каркаса. Поэтому секущим граням материал можно не присваивать — они останутся красными.

- ☐ Визуализируйте видовое окно. Убедитесь, что основные поверхности детали и секущие грани пространственного разреза имеют присвоенные материалы.

9.5. Фон

Придание фона повышает выразительность изображения (облака, пейзаж) или его информативность (чертеж как фон детали).

- ☐ Укажите кнопку  панели инструментов **Render** или в выпадающем меню строку **View \ Render Background** (Фон) — возникло окно задания фона.

Фон может быть однородным — режим **Solid**, или градиентным — **Gradient**. В качестве фона может быть задана картинка из внешнего растрового файла — режимы **Image** и **Merge**.

- ☐ Задайте режим **Gradient**. В этом режиме фон состоит из трех зон: **Top** (Верх), **Middle** (Середина) и **Bottom** (Низ). В поле **Colors** (Цвета) задайте цвет каждой зоны. Посмотрите результат в окне предварительного просмотра **Preview**.

- ❑ Найдите шкалы **Horizon** (Горизонт), **Height** (Высота) и **Rotation** (Поворот), позволяющие корректировать размер и положение каждой зоны градиентного фона. Проверьте их действие.

Примените режим **Image**:

- ❑ включите переключатель **Image**. В группе **Image** укажите кнопку **Find File** (Найти файл) и задайте файл, например, файл `valley_1.tga` из прилагаемых к пакету текстур. Посмотрите образец фона в окне **Preview**;
- ❑ визуализируйте видовое окно, указав кнопку . На экране создан "романтический", хотя и странный сюжет — деталь показана на фоне лесной дороги, березы, вдали горы...

Чертеж в качестве фона

Фотореалистичное изображение можно сделать более содержательным, если в качестве фона подставить изображение чертежа визуализируемой детали, как это показано на рис. 9.1. Для этого:

- ❑ откройте файл, содержащий чертеж детали;
- ❑ подготовьте изображение, максимально расширив зону экрана. Убрать все панели инструментов с экрана можно клавишами `<Ctrl>+<0>`, повторное применение того же сочетания клавиш восстановит панели;
- ❑ сохраните изображение экрана в растровом файле (см. разд. 9.7);
- ❑ повторите действия по присвоению фона, задав файл растрового изображения чертежа.

9.6. Корректировка свойств материала

Рассмотрим пример корректировки свойств материала на примере материала экрана. Сейчас экран прозрачен, поэтому фон выглядит ярко, подавляя деталь. Уменьшим прозрачность экрана и скорректируем его цвет.

- ❑ Укажите кнопку  — возникло окно **Materials**. В списке материалов укажите **GLASS**, затем укажите **Duplicate** (Дублировать) — возникло окно **New or Modify Standard Material** (Создать или изменить стандартный материал).
- ❑ Укажите клавишу **Preview** (Просмотр), расположенную в правой части окна, — материал показан на сферическом (sphere) образце.

В левой части окна находится поле **Attributes**, в котором приведены регулируемые параметры материала. Прозрачность материала (и объекта, которому он присвоен) определяется параметром **Transparency** (Прозрачность). Для настройки прозрачности должен быть задан фон — нами он уже задан. Ре-

гулировка прозрачности выполняется шкалой **Value** (Значение). Для материала GLASS она находится на уровне 0.9...1.

- ☐ Укажите **Transparency**. По шкале **Value** установите значение 0.6...0.7.
- ☐ В поле **Material Name** задайте материалу новое имя, например, ЭКРАН \ ОК — материал сохранен и может быть присвоен объектам. Его дальнейшее редактирование осуществляется в режиме **Modify** диалогового окна **Materials**.
- ☐ Присвойте новый материал экрану — тонкому параллелепипеду и визуализируйте видовое окно.

Результат

Получен итоговая визуализация (см. рис. 9.1). Фон смягчен, тень от детали на чертеж мягкая, с плавными размытыми краями. Модель имеет приятный цвет. Грани модели освещены с различной интенсивностью, в зависимости от того как на них падет свет. Отчетливо видны линии сопряжения граней (ребра). На криволинейных поверхностях "играют" световые блики. Грани рассечения модели имеют красный цвет.

Подобным образом можно регулировать остальные параметры и создавать новые материалы. Приведем расшифровку параметров окна создания материалов: **Color/Pattern** определяет цвет освещенной части объекта, позволяет в качестве материала взять картинку из внешних растровых файлов, **Ambient** — цвет материала в затененной части объекта, **Reflection** — цвет светового блика, **Roughness** — размер светового блика, **Transparency** — прозрачность. Подробнее о настройках параметров и создании разнообразных материалов см. [1—3].

Рекомендуем для материала ЭКРАН дополнительно увеличить значение параметра **Color/Pattern** до 0.9...1 — это придаст фону белый цвет. Можно настроить цвет данного параметра (светло-голубой, розовый и т. д.), который будет цветом фона всей композиции.

Возможны другие варианты воздействия на фон композиции, не требующие корректировки материала экрана. Например, можно настроить фон, если в файле чертежа перед созданием растрового изображения подобрать цвет и яркость линий, а также цвет экрана. Следующий вариант состоит в том, чтобы в файле композиции создать туман требуемого цвета и плотности [1—3], задав ближнюю границу тумана сразу за экраном и т. д.

9.7. Сохранение и просмотр растровых изображений

Растровое изображение, полученное при визуализации в видовом окне, сохраняется до первой перерисовки экрана компьютера.

Сохранить изображение можно командой `SAVEIMG`:

- ❑ **Tools** (Сервис) \ **Display Image** (Изображение) \ **Save** (Сохранить) — возникло диалоговое окно, в котором нужно задать формат растрового файла. Рекомендуем формат **TIFF** с опцией (Option) **PACK** \ **ОК** \ задайте директорию и имя файла \ Сохранить.

Существует множество внешних программ просмотра растровых изображений. Наряду с ними AutoCAD имеет собственное средство просмотра — это команда `REPLAY`, которая выводит изображения из растровых файлов в видовое окно или на лист. Для вывода изображения:

- ❑ активизируйте видовое окно или весь лист;
- ❑ **Tools** (Сервис) \ **Display Image** (Изображение) \ **View** (Показать) — возникло диалоговое окно **Replay** (Просмотр);
- ❑ задайте тип растрового файла \ откройте директорию, содержащую файл, и укажите файл \ **ОК** \ **ОК** — растровое изображение выведено на экран в активное видовое окно (на лист).

Для удаления растрового изображения достаточно выполнить перерисовку экрана: **View** \ **Redraw** (Перерисовка) или клавиша <F7>.

Подробнее о сохранении и просмотре растровых изображений см. [1—3].

9.8. Композиция

Композиция (рис. 9.5) содержит три видовых окна с различными фотореалистичными изображениями — это модель без разреза, модель с разрезом и еще один пространственный разрез, уточняющий форму штуцера. Фоном композиции является чертеж детали.

Обратите внимание на различные варианты задания рамок видовых окон. Рамки первых двух окон выполнены по контуру изображения с некоторым отступом, отделяющим изображение детали от фона, причем рамка первого окна подчеркнута, а второго — скрыта. Третье окно имеет подчеркнутую прямоугольную рамку.

Для построения подобной композиции возьмите за основу файл, подготовленный для фотореалистичной визуализации (с источниками света и материалами). Загрузите в этот файл различные варианты визуализируемой модели, например, модель без разреза, два-три варианта модели с различными пространственными разрезами. На лист загрузите чертеж модели. Все объекты поместите на различные слои. Загрузку выполняйте как при построении объемной сборки (см. разд. 8.7).

Для формирования окна по контуру модели командой `VPORTS` создайте вспомогательное прямоугольное (обычное) видовое окно и установите в нем необходимую видовую точку. Затем перейдите на лист и обведите контур

ется добиться качественной визуализации во всех окнах, т. е. улучшение в одном окне приводит к ухудшению в другом, применяйте сцены как комбинации световых источников [1—3] — для каждого окна своя сцена.

Прейдите на лист и сохраните композицию как единое изображение в рас-
тровом формате (*см. разд. 9.7*)

Продвинутым пользователям рекомендуем повысить качество композиции. Для этого примените другие типы источников света — прожектор или точечный, позволяющие добиться более выразительного освещения, подберите цвет источников, тщательно отрегулируйте свойства материалов [1—3]. Наконец, загрузите композицию в пакет Adobe Photoshop и "доведите" ее в нем.

9.9. О фотореалистичной визуализации узла

Наряду с "истинно" реалистичной визуализацией **Render** применительно к узлу хорошие результаты дает визуализация в режиме закраски **SHADE**, позволяющая в первом приближении передать материалы и действие источников света (без теней).

Предварительная визуализация в режиме закраски

При работе над узлом можно в одном из видовых окон постоянно поддерживать "достаточно" фотореалистичную визуализацию, отражающую присвоенные деталям материалы. Особенно эффективен этот вариант визуализации, если корпусной детали узла присвоен материал с прозрачными свойствами — тогда в процессе сборки или конструирования узла наглядно видно его внутреннее строение и взаимное положение деталей.

Для включения указанного режима выполните:

- ☐ **Tools** (Сервис) \ **Options** (Настройка) \ закладка **System** (Системные) \ кнопка **Properties** (Свойства) \ в новом окне активизируйте переключатели **Render Options** (Параметры тонирования) и расположенные ниже четыре переключателя, приводящие к отображению света, материалов (в том числе эффекта прозрачности и текстур);
- ☐ **View** \ **Shade** (Закраска) \ **Gouraud Shaded, Edges On** (По Гуро, с кромками).

Можно применить опции **Gouraud Shaded** или **Flat Shaded**. Важно, что материал и воздействие освещения сохраняются и при динамичном отображении (вращении, перемещении) объектов командой **3DORBIT**.

При визуализации масляного насоса (рис. 9.6) корпусу был присвоен материал **BLUE GLASS** с увеличением параметра прозрачности **Transparency** до 0.9...0.95. Валу, оси, болтам присвоен материал **GRAY/BLUE PAINT**, зубча-

тым колесам — BEIGE PLASTIC. Был применен единственный точечный бестеневой источник света. В системе координат, имеющей оси, параллельные МСК, и начало в центре шарика перепускного клапана, положение источника определялось координатами (110,−170,45). Интенсивность источника была задана равной 240.

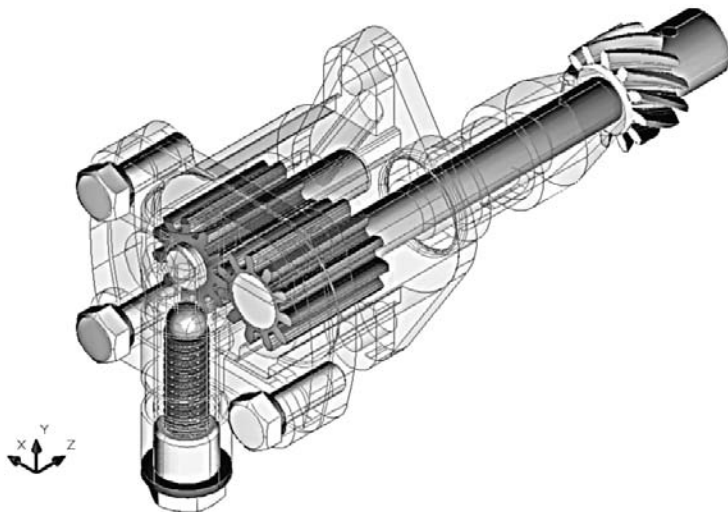
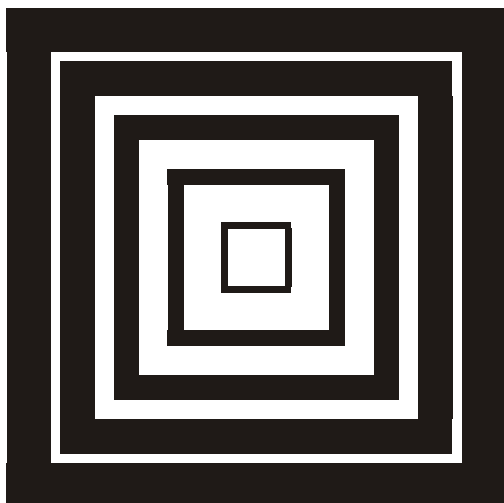


Рис. 9.6. Визуализация узла в режиме закраски

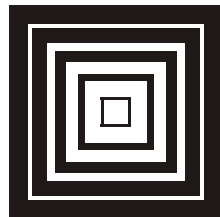
Визуализация *Render*

Для фотореалистичной визуализации узла корпусным деталям рекомендуем присвоить материал с тщательно подобранной степенью прозрачности. Цвет материалов деталей должен быть различным и в то же время, хотя бы в первом приближении, соответствующим металлическим материалам. Для отдельных деталей, важных для понимания работы узла, можно применить подчеркнуто яркие материалы. Наглядность существенно возрастает с приданием ряду поверхностей небольшой степени зеркальности. В целом, визуализация узла выполняется так же, как для отдельно взятой детали.



ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1



Программа построения сети

Приводя программу построения сетевой поверхности, авторы стремятся привлечь внимание к огромным возможностям, которые открываются при владении средствами программирования. AutoCAD поддерживает два известных языка программирования: AutoLISP и Basic. Наибольшее применение в AutoCAD имеет AutoLISP, на котором написаны многочисленные приложения к этому пакету [1, 5].

Программа (листинг П1.3) строит сеть как кинематическую поверхность следующего алгоритма: образующая произвольной формы движется вдоль направляющей (это также произвольная кривая), оставаясь параллельной фронтальной плоскости проекций, и равномерно поворачивается относительно направляющей. В качестве примера такой поверхности рассмотрена форма зуба косозубого цилиндрического колеса.

Чтобы воспользоваться программой, нужно владеть основами программирования [1]. Программа написана на языке AutoLISP и является упрощенным вариантом программ 18.1—18.4, приведенных в [1]. Программа рассчитывает координаты вершин сети на основе равномерного деления образующей и направляющей линий на заданное количество интервалов.

В сравнении с основным вариантом программа имеет ряд ограничений. Основное из них — образующая и направляющая линии должны быть объектами типа `LWPOLYLINE` или `POLYLINE`. Первый тип — облегченная плоская полилиния, создаваемая командой `PLINE`, второй тип — пространственная полилиния, создаваемая командой `3DPOLY`. Линии, построенные другими командами: `LINE`, `ARC`, `CIRCLE`, `ELLIPSE`, `SPLINE`, — необходимо конвертировать в объекты указанного допустимого типа.

Сегменты образующей, созданные командами `LINE`, `ARC`, `CIRCLE` и расположенные во фронтальной плоскости или ей параллельной, можно конвертировать в облегченную полилинию (тип `LWPOLYLINE`) командой `REDIT`. Той же командой сегменты можно объединить, упростив построение сети. В окружности (`CIRCLE`) следует предварительно сделать микроразрыв командой `BREAK`.

Направляющую, какой бы командой она ни была создана, следует конвертировать в объект типа **POLYLINE**. Проще всего применить команду **3DPOLY** и построить пространственную полилинию, указывая точки на исходной линии с объектной привязкой **Endpoint** (Конечная) и **Nearest** (Ближайшая). Начинать нужно с начальной точки траектории.

Если в контуре образующей имеются эллипсы или сплайны, их нужно конвертировать так же, как направляющую.

Образующая должна быть расположена в исходном положении относительно направляющей.

При построении поверхности зуба косозубой передачи образующей линией является торцовый контур зуба, построенный в окне вида спереди (во фронтальной плоскости). Направляющей (или траекторией) является дуга эллипса (см. разд. 8.4).

В исходном положении базовая точка **A** контура (рис. П1.1, *а*) расположена на пересечении оси зуба и делительной окружности, совпадает с начальной точкой траектории. При перемещении контура базовая точка равномерно движется по траектории, плоскость контура остается параллельной плоскости окна вида спереди, и контур равномерно поворачивается в своей плоскости в соответствии с заданным полным углом поворота β .

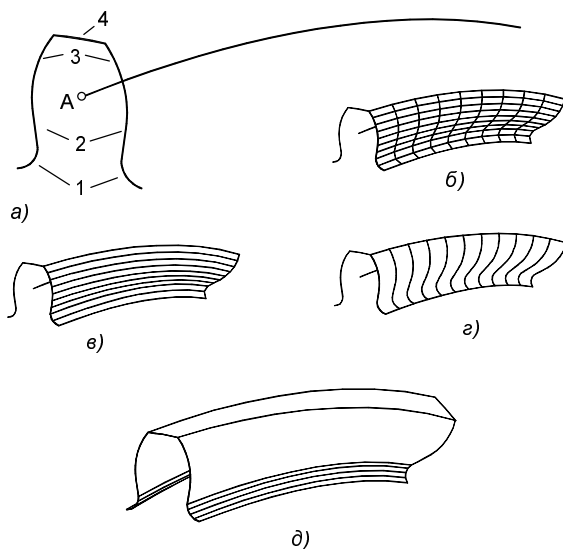


Рис. П1.1. Построение поверхности зуба косозубой передачи:

а — сегменты контура образующей и направляющая; *б* — визуализация всего каркаса;
в — сеть с невидимыми образующими; *г* — сеть с невидимыми направляющими;
д — оптимальный вариант

Контур зуба согласно алгоритму его построения (см. разд. 8.5) состоит из дуг окружности 1, 3, 4 и отрезков прямой 2 (рис. П1.1, *а*). Сегменты контура нужно конвертировать в облегченную полилинию. Дугу эллипса — конвертировать в пространственную полилинию, задав на ней 15—20 точек, в том числе обе конечные.

После этого осталось загрузить и выполнить программу (листинг П1.1), указав образующую, направляющую, задав угол поворота контура, плотность каркаса сети и режим визуализации.

В зависимости от режима визуализации программа управляет видимостью ребер каркаса. На рис. П1.1, *б, в, г* показана визуализация правой стороны контура зуба. Сегменты 1, 2 и 3 объединены и обрабатываются как единая линия.

На рис. П1.1, *б* задан режим 1, при котором визуализированы все ребра каркаса.

Большую наглядность позволяет получить режим 2 частичной визуализации ребер каркаса (листинг П1.2). При частичной визуализации ребра сохраняются, обеспечивая гладкость поверхности, но на каркасе не отображаются. Дополнительными параметрами визуализации в режиме 2 являются кратность визуализации ребер вдоль направляющей `grid_x` и вдоль образующей `grid_y`. Например, при `grid_x = 2` будет скрыта каждая вторая образующая.

На рис. П1.1, *в* показана визуализация при значении `grid_x` равном числу вершин направляющей и `grid_y = 1`. Видим, что скрыты все образующие, но показаны все ребра каркаса вдоль направляющей.

На рис. П1.1, *г* значение `grid_x = 1`, `grid_y` равно числу вершин образующей. В итоге показаны все образующие, но скрыты ребра вдоль направляющей.

На рис. П1.1, *д* объединены сегменты 2 и 3. Для этой образующей параметры `grid_x` и `grid_y` заданы равными числу вершин соответственно направляющей и образующей. В результате визуализирован только наружный контур этой части поверхности зуба, все внутренние ребра скрыты. Для сегмента 1 визуализация соответствует рис. П1.1, *г*.

Текст программы приведен в листинге П1.3 — образующая перемещается по направляющей параллельно фронтальной плоскости и равномерно вращается вокруг своей базовой точки. Рекомендации по набору и отладке программы можно найти в [1]¹.

Листинг П1.1. Диалог при первичном выполнении программы

Command: Для запуска набери (surf)

Command: (surf)

Укажи направляющую

¹ За готовой программой можно обратиться к автору: heifets@yandex.ru.

Кол-во вершин = <10>

Укажи образующую

Кол-во вершин = <7>

Угол поворота образующей в градусах = <-46.2>

Визуализировать весь каркас =1 или частично =2 <1>

Листинг П1.2. Диалог при повторном выполнении программы

Command: (surf)

Укажи направляющую <прежняя кривая>

Укажи образующую <прежняя кривая>

Угол поворота образующей в градусах = <-46.2>

Визуализировать весь каркас =1 или частично =2 <1> 2

Кратность отображения вдоль направляющей = <10>

Кратность отображения вдоль образующей = <1>

Листинг П1.3. Программа построения сети

```
;; ----- Ввод данных -----
(defun getdata (/ name)
  (command "MSPACE") ;Перейти в пространство модели видового окна
  (setq
    ;; список вершин направляющей в МСК
    lst_napr (get_list lst_napr "направляющую" 10)
    n_napr (length lst_napr) ;кол-во вершин направляющей
    ;; список вершин образующей в МСК
    lst_obr (get_list lst_obr "образующую" 7)
    n_obr (length lst_obr) ;кол-во вершин образующей
    rot_obr
      (get_real "Угол поворота образующей в градусах" rot_obr -46.2)
    rot_obr_i (/ rot_obr (1- n_napr)) ;шаг вращения
  )
)

;; ----- Сформировать список вершин сети -----
(defun list_mesh (/ i mesh p1 lst_obr_)
  (setq i 0)
  (repeat n_napr
    ;цикл по направляющей
    (setq p1 (nth i lst_napr)) ;текущая вершина направляющей в МСК
```

```

(if (= i 0)
  (progn ;в первой вершине
    ;;установить ПСК в начальное положение
    (command "_ucs" "" "_ucs" "_o" p1 "_ucs" "_x" 90)
    ;;пересчитать координаты образующей из МСК в начальную ПСК
    (foreach p lst_obr
      (setq lst_obr_ (cons (trans p 0 1) lst_obr_)))
    )
    ;;Иначе перенести начало ПСК в новую вершину и повернуть
    (command "_ucs" "_o" (trans p1 0 1) "_ucs" "_z" rot_obr_i)
  )
  ;;Добавить вершины образующей в общий список вершин сети
  (foreach p lst_obr_ (setq mesh (cons (trans p 1 0) mesh)))
  (setq i (1+ i))
)
(reverse mesh) ;возвращаемый список
)
;;; ----- ГЛАВНАЯ ФУНКЦИЯ -----
(defun surf ()
  (setvar "cmdecho" 0) ;отключить эхо
  (setvar "osmode" 0) ;отключить объектную привязку
  (getdata) ;ввод данных
  (setq mesh (list_mesh)) ;список вершин сети
  (mesh_3 mesh n_napr n_obr) ;генерирование сети по списку вершин
  (command "_ucs" "") ;восстановить МСК
  (princ)
)
;;; ----- УТИЛИТЫ -----
;;; Аппроксимировать кривую ломаной и сформировать список ее вершин
;;; lst - формируемый список; msg - текст сообщения;
;;; n - рекомендуемое кол-во вершин
(defun get_list (lst msg n / text name)
  (command "ucs" "")
  (setq text (strcat "\n Укажи " msg))
  (if lst
    (setq text (strcat text " <прежняя кривая> "))
  )
  ;текст сообщения
  (setq name (car (entsel text))) ;указать кривую

```

```

(if name                                ;если кривая указана
  (setq n (get_int "Кол-во вершин" n n)
    lst (point_divide name (1- n)) ;список вершин линии
  )
)
lst
)

;;; ---- Формирование списка равномерного разбиения линии по ее длине
;;;name - системное имя линии; n - кол-во интервалов разбиения
(defun point_divide (name n / lst i ss p_beg p_end)
  (setq i 0)
  (command "_divide" name n) ;простановка точек вдоль линии
  (setq ss (ssget "p"))      ;создание набора из точек
  (repeat (sslength ss)      ;создание списка точек
    (setq lst (cons (cdr (assoc 10 (entget (ssname ss i)))) lst)
      i (1+ i)
    )
  )
)
(command "_erase" ss "")      ;удаление точек
(setq lst (reverse lst))
(if (< i n)                    ;если линия разомкнутая
  (progn (endpt name)          ;определить конечные точки линии
    ;;добавить их в список точек
    (setq lst (reverse (cons p_end (reverse (cons p_beg lst)))))
  )
)
(progn (alert "Указанная линия должна быть разомкнутой. Исправьте")
  (exit)                       ;прерывание программы
)
lst
)

;;; ----- Определить конечные точки линии -----
(defun endpt (name / enam typ del en1)
  (setq enam (entget name)      ;список данных
    typ (cdr (assoc 0 enam))    ; тип линии
  )
  (cond
    ((= typ "LWPOLYLINE")      ;для облегченной полилинии

```

```

(setq del (cdr (assoc 38 enam)))
  p_beg ;первая вершина
    (trans (append (cdr (assoc 10 enam))
      (list del)
    )
    name
    0
  )
  p_end ;последняя вершина
    (trans (append (cdr (assoc 10 (reverse enam)))
      (list del)
    )
    name
    0
  )
)
)
(= typ "POLYLINE") ;для трехмерной полилинии
(setq en1 (entnext name) ;имя первой вершины
  p_beg (cdr (assoc 10 (entget en1))) ;ее координаты
  en1 (entnext en1) ;следующий субпримитив
)
;;Координаты последней вершины
(while (= (cdr (assoc 0 (entget en1))) "VERTEX") ;если вершина
  (setq p_end (cdr (assoc 10 (entget en1))) ;ее координаты
    en1 (entnext en1) ;следующий субпримитив
  )
)
)
(t (alert "Указанная линия не допускается") (exit))
) ;cond
)

;;; ----- Модуль генерирования сети -----
(defun mesh_3 (mesh ;список вершин сети
  nx ;кол-во вершин сети вдоль направляющей
  ny ;кол-во вершин сети вдоль образующей
  / i j nij nam_layer
)

```

```

(setq vis
  (get_int "Визуализировать весь каркас =1 или частично =2" vis 1)
)
(if (> vis 1) ;для режима частичной визуализации каркаса
  (setq vis 2
    grid_x (get_int "Кратность вдоль направляющей" grid_x nx)
    grid_y (get_int "Кратность вдоль образующей" grid_y 1)
  )
  (setq vis 1)
)
;;имя текущего слоя для размещения на нем создаваемой сети
(setq nam_layer (getvar "clayer"))
;;Начало списка сети
(entmake '((0 . "POLYLINE") (70 . 64) (66 . 1)))
;;Ввод вершин сети
(foreach p mesh
  (entmake (list (cons 0 "VERTEX") (cons 10 p) (cons 70 192)))
)
;;Формирование граней сети
(setq i 1)
(repeat (1- nx) ;цикл вдоль направляющей
  (setq j 1)
  (repeat (1- ny) ;цикл вдоль образующей
    (setq nij (+ (* ny (1- i)) j)) ;номер (i,j)-той вершины
    (entmake (list (cons 0 "VERTEX") ;сформировать грань
      (cons 8 nam_layer) ;слой размещения грани
      '(10 0 0 0)
      (cons 70 128)
      ;;номера вершин грани с учетом видимости ребер
      (cons 71 (* (visual 1) nij))
      (cons 72 (* (visual 2) (1+ nij)))
      (cons 73 (* (visual 3) (+ nij ny 1)))
      (cons 74 (* (visual 4) (+ nij ny)))
    )
  )
  (setq j (1+ j))
)
(setq i (1+ i))
)

```

```

(entmake (list (cons 0 "SEQEND"))) ;закончить формирование сети
)

;;; ----- Задать видимость краев текущей грани -----
;;;При возврате 1 край видимый, при возврате -1 край невидимый
;;;num - номер края грани
(defun visual (num)
  (cond ((= vis 1) 1);для режима, в котором все края видимые
        ;видимости краев с учетом кратности визуализации каркаса
        ((and (= num 1) (or (= grid_x 1) (= (rem (1- i) grid_x) 0))) 1)
        ((and (= num 2) (= j (1- ny))) 1)
        ((and (= num 3) (= i (1- nx))) 1)
        ((and (= num 4) (or (= grid_y 1) (= (rem (1- j) grid_y) 0))) 1)
        (t -1)
  )
)

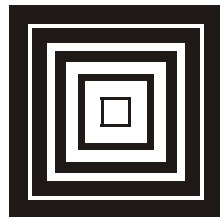
;;; ----- Задать вещественный параметр -----
;;;При пустом вводе правый щелчок мыши или Enter)предложить прежнее
;;;значение параметра.
;;;Если параметр еще не был задан, предложить его рекомендуемое значение.
;;;text - сообщение, a - параметр, beg - рекомендуемое значение параметра
(defun get_real (text a beg / a_)
  (setq text
    (if a
      (strcat "\n" text " = <" (rtos a 2 3) "> ")
      (strcat "\n" text " = <" (rtos beg 2 3) "> ")
    )
  )
  (setq a_ (getreal text))
  (setq a (cond (a_ a_)
                ((and (not a_) (not a)) beg)
                (t a)
  )
  )
  a
)

;;; ----- Задать целочисленный параметр -----
;;;комментарии те же, что для ф-ции get_real
(defun get_int (text a beg / a_)

```

```
(setq text
  (if a
    (strcat "\n" text " = <" (rtos a 2 0) "> ")
    (strcat "\n" text " = <" (rtos beg 2 0) "> ")
  )
)
(setq a_ (getint text))
(setq a (cond (a_ a_)
  ((and (not a_) (not a)) beg)
  (t a)
)
)
a
)
(princ "Для запуска набери (surf) ") ;сообщение при загрузке файла
(princ)
```


Приложение 2



Варианты заданий

В приложении приводятся варианты исходных данных для выполнения примеров, рассмотренных в *гл. 2—6*. Это варианты по теме "Проекционное черчение", которая является базовой, фундаментальной в курсе инженерной графики, формирует основные знания и навыки построения изображений, составляющих чертеж. В вузах накоплен большой опыт работы по указанной теме, практически в каждом вузе разработаны свои многочисленные варианты исходных данных [7].

Авторы применяют богатейшие наработки по проекционному черчению и при обучении методам 3D-технологии построения чертежа. Это создает преемственность новых подходов к обучению, позволяет преподавателям достаточно быстро перейти на эти методы, поскольку можно применить значительную часть созданной поколениями методики преподавания, добавив лишь объяснения по новой инструментальной части — пакету AutoCAD. Имеется возможность сравнения результатов выполнения одних и тех же заданий старыми традиционными методами и новыми компьютерными 3D-методами.

Приведенные далее варианты разработаны за многие годы коллективом кафедры графики ЮУрГУ. Они являются характерными для темы "Проекционное черчение". Наряду с этим, приведенные варианты в наибольшей мере отражают методику освоения 3D-технологии и выполнения заданий, изложенную в *гл. 2—6*. Приведено по восемь вариантов каждого задания¹.

¹ Полный комплект содержит по 50 вариантов каждого задания. Для его приобретения обращайтесь к авторам: **heifets@yandex.ru**.



Рис. П2.1. Варианты (а–г) задания "Дополнительные и местные виды" (начало)

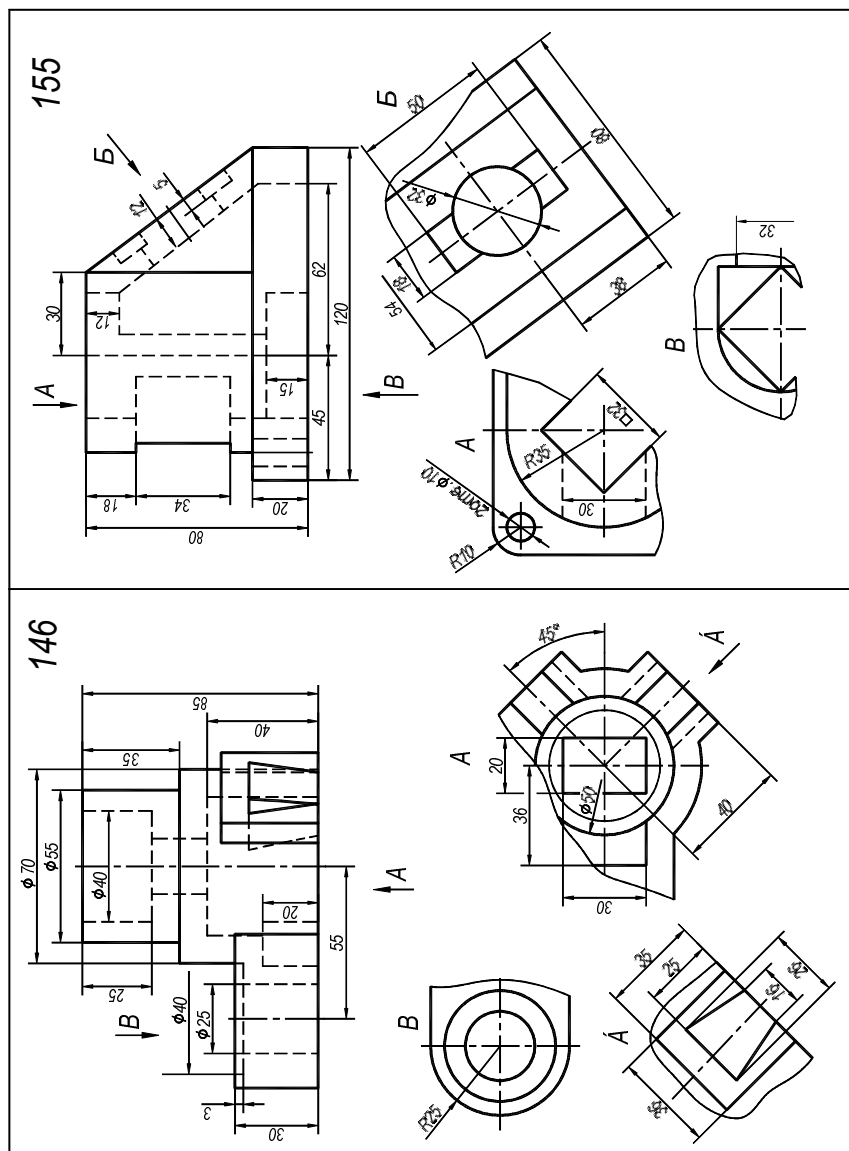


Рис. П2.1. Варианты (а–г) задания "Дополнительные и местные виды" (продолжение)

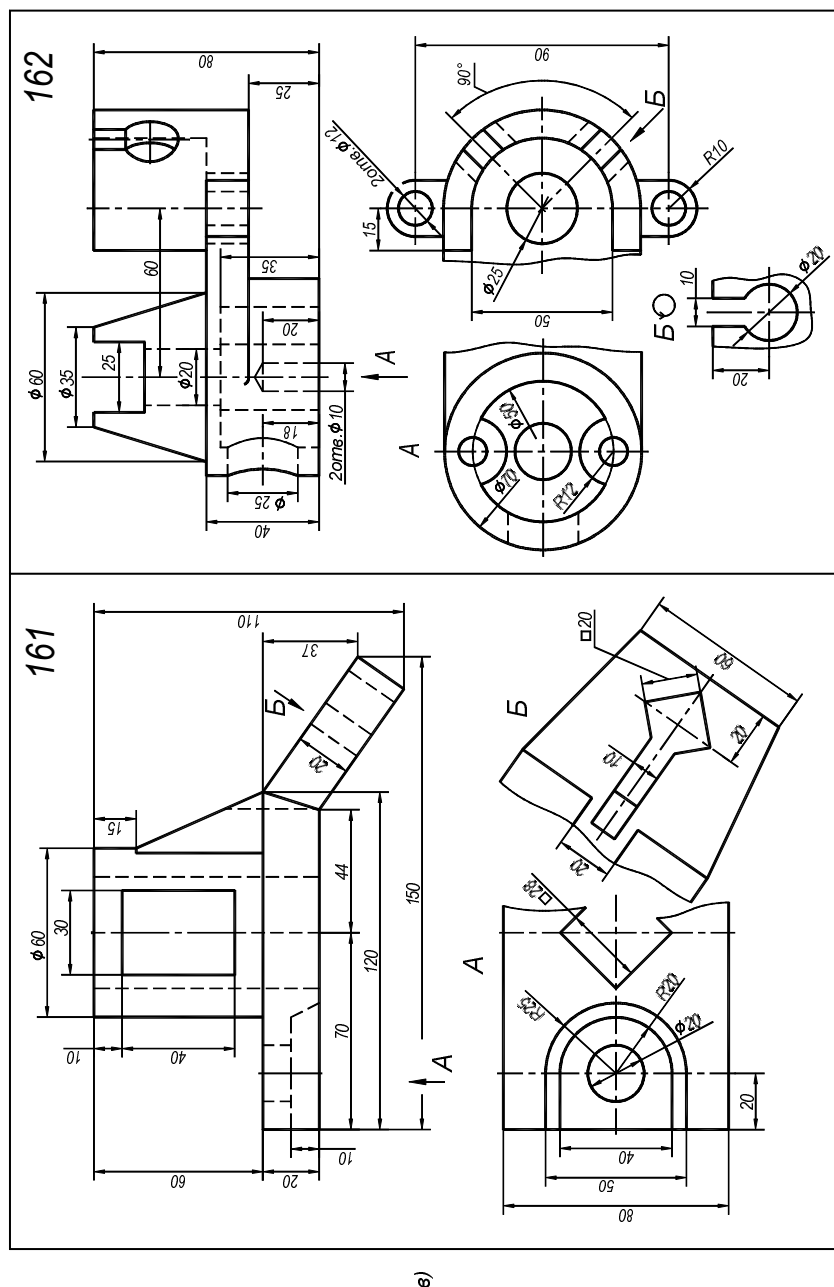


Рис. П2.1. Варианты (а–г) задания "Дополнительные и местные виды" (продолжение)

а)

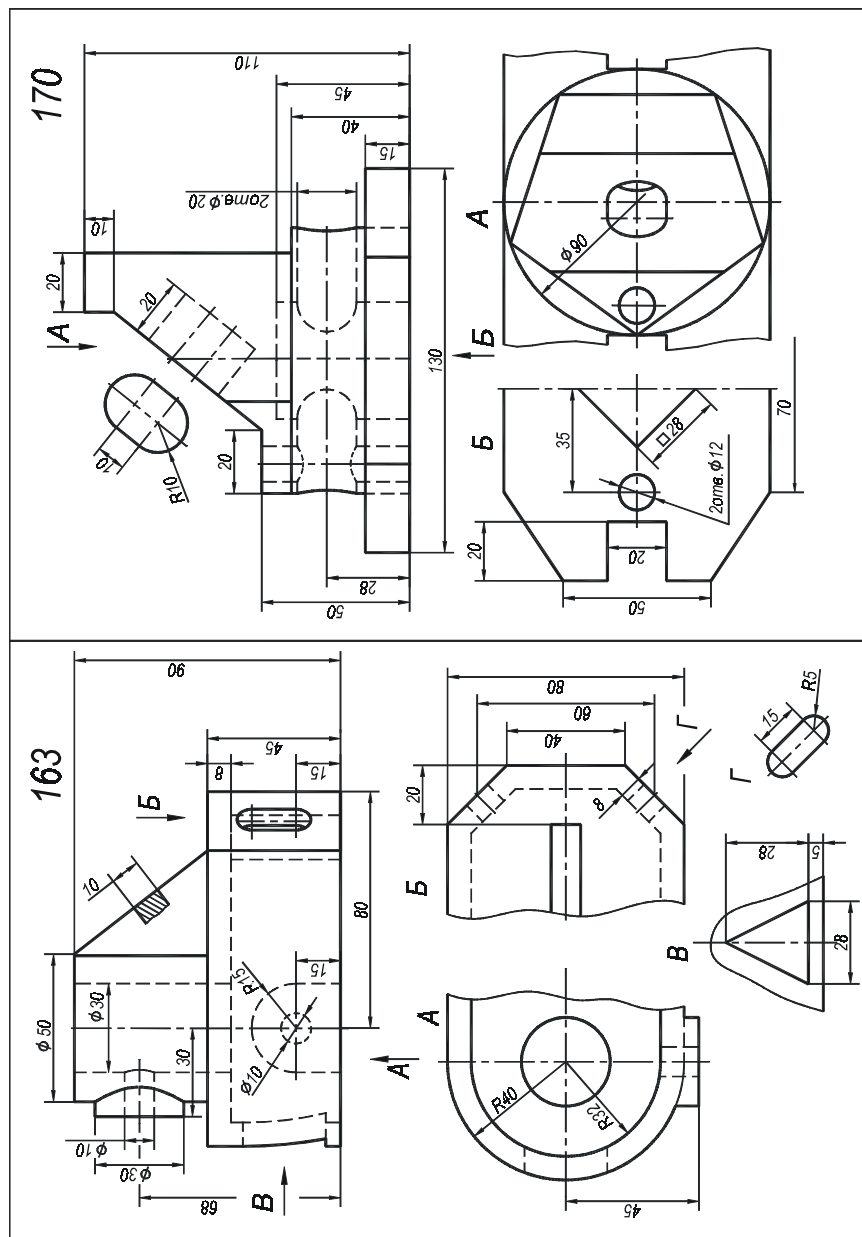
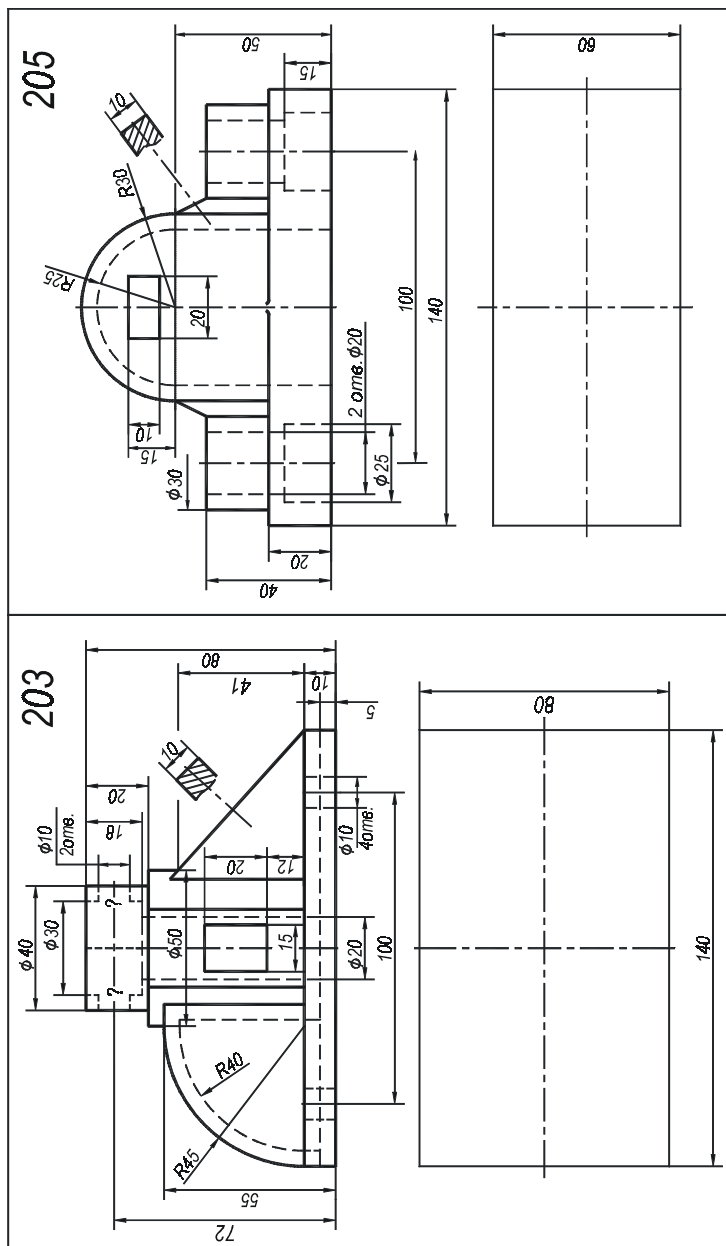


Рис. П2.1. Варианты (а–г) задания "Дополнительные и местные виды" (окончание)



а)

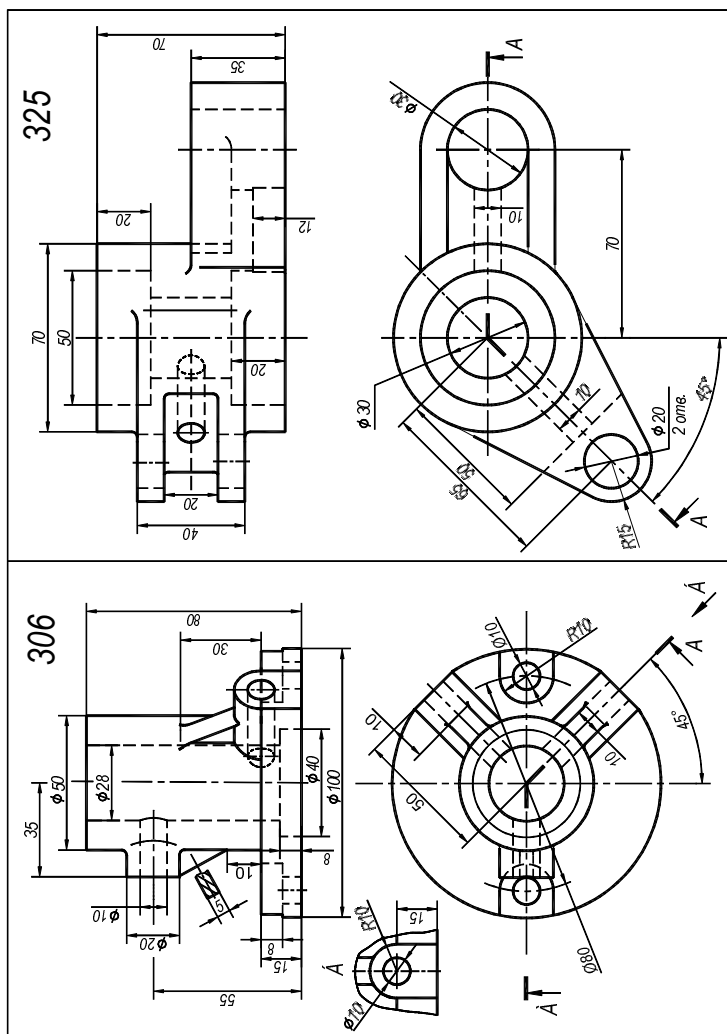
Рис. П2.2. Варианты (а–г) задания "Построение пространственной модели. Виды, простые разрезы и аксонометрия" (начало)

Рис. П2.2. Варианты (а–г) задания "Построение пространственной модели. Виды, простые разрезы и аксонометрия" (продолжение)



Рис. П2.2. Варианты (a–г) задания "Построение пространственной модели. Виды, простые разрезы и аксонометрия" (продолжение)

Рис. П2.2. Варианты (а–г) задания "Построение пространственной модели. Виды, простые разрезы и аксонометрия" (окончание)



a)

Рис. П2.3. Варианты (а–г) задания "Ломаный разрез" (начало)

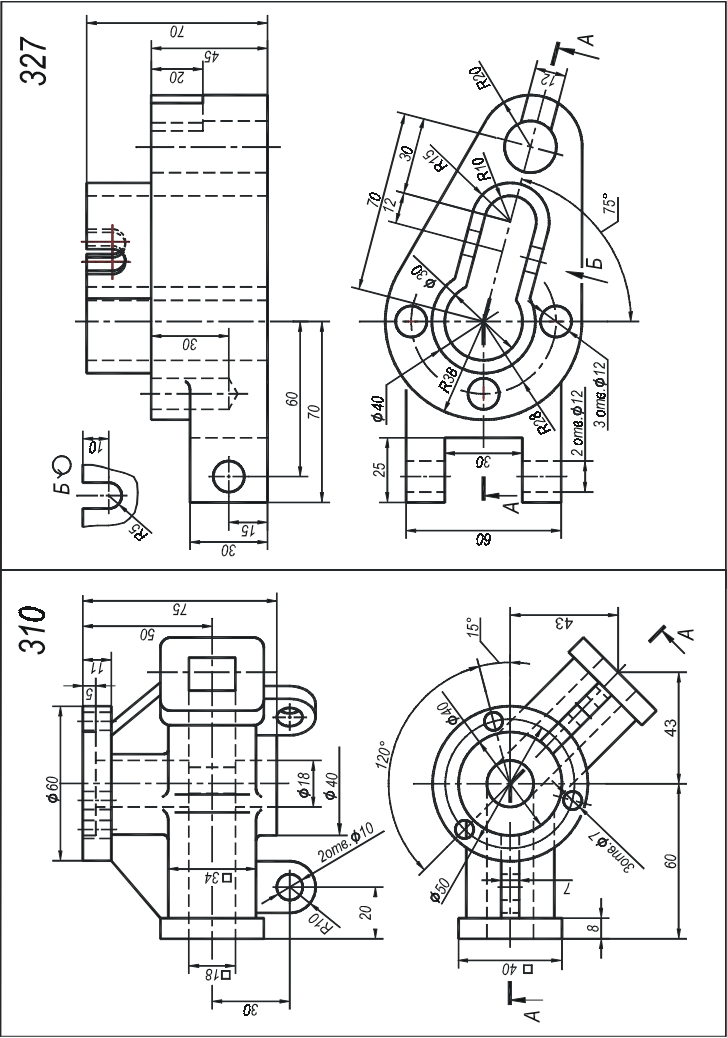
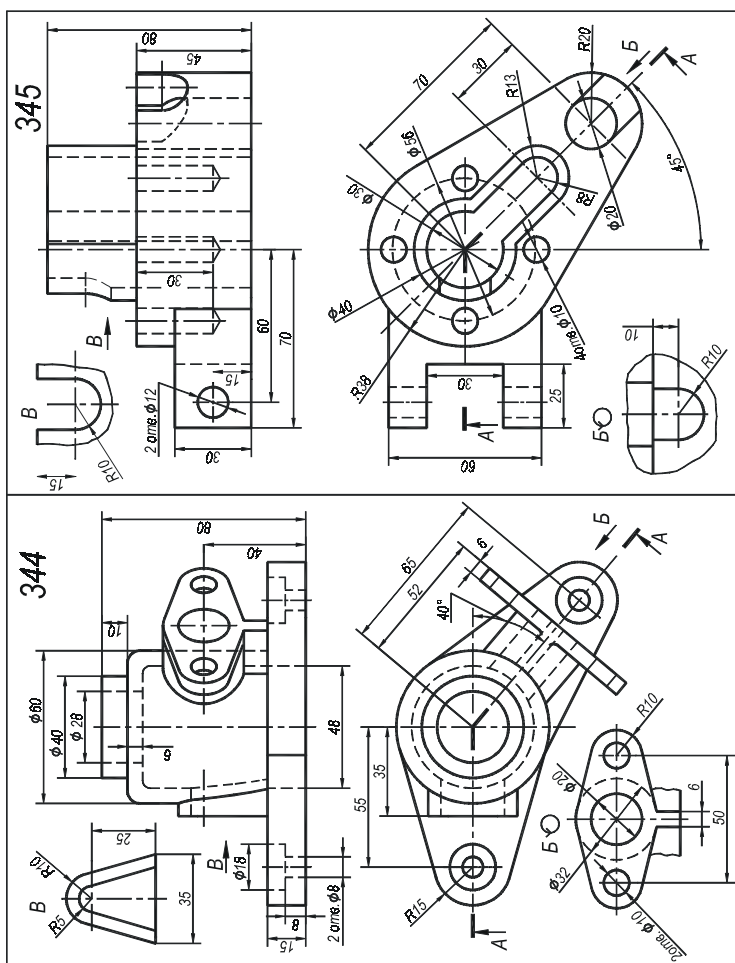


Рис. П2.3. Варианты (а–г) задания "Ломаный разрез" (продолжение)



е)

Рис. П2.3. Варианты (а—г) задания "Ломаный разрез" (продолжение)

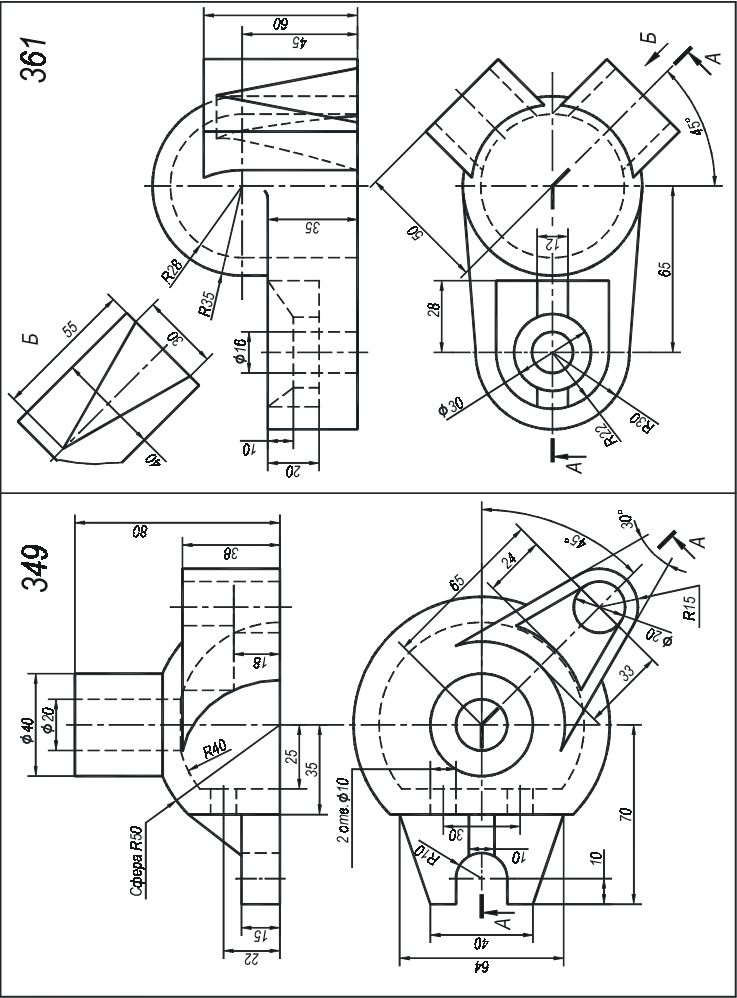
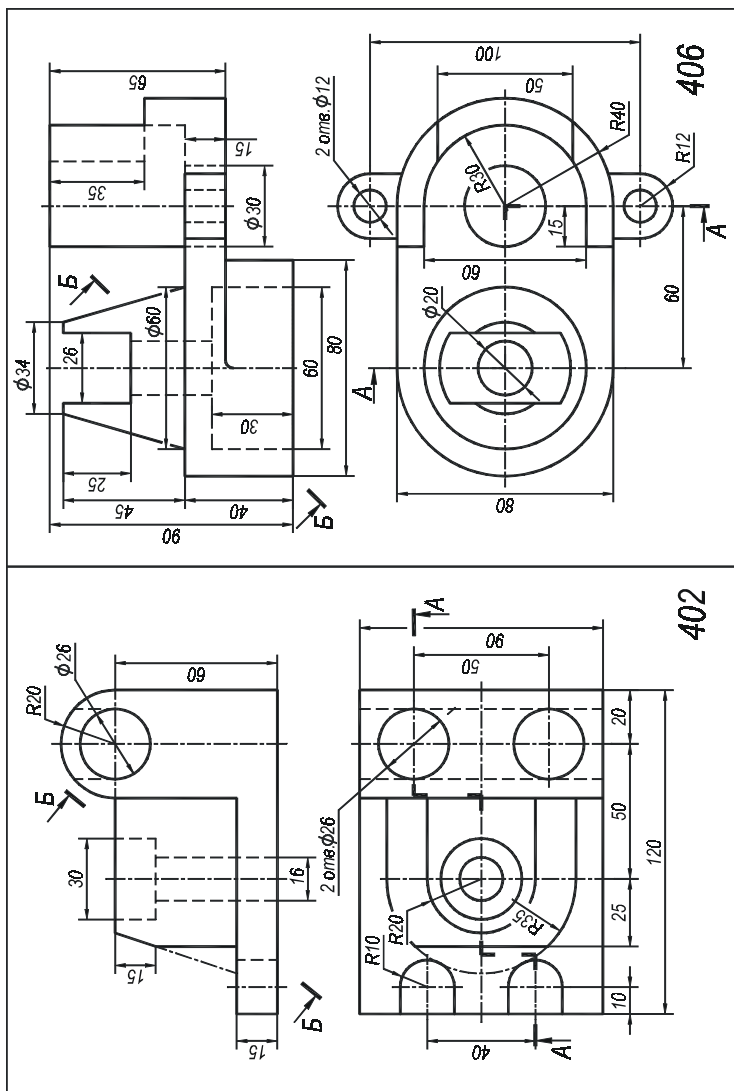
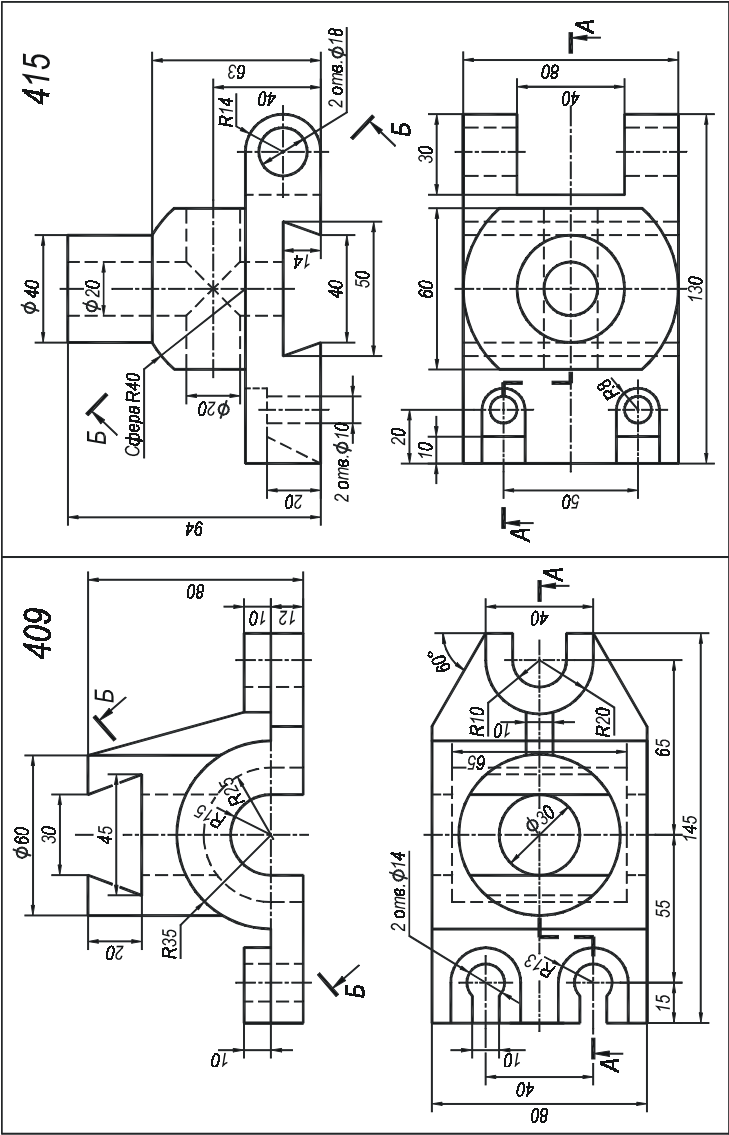


Рис. П2.3. Варианты (а–г) задания "Ломаный разрез" (окончание)



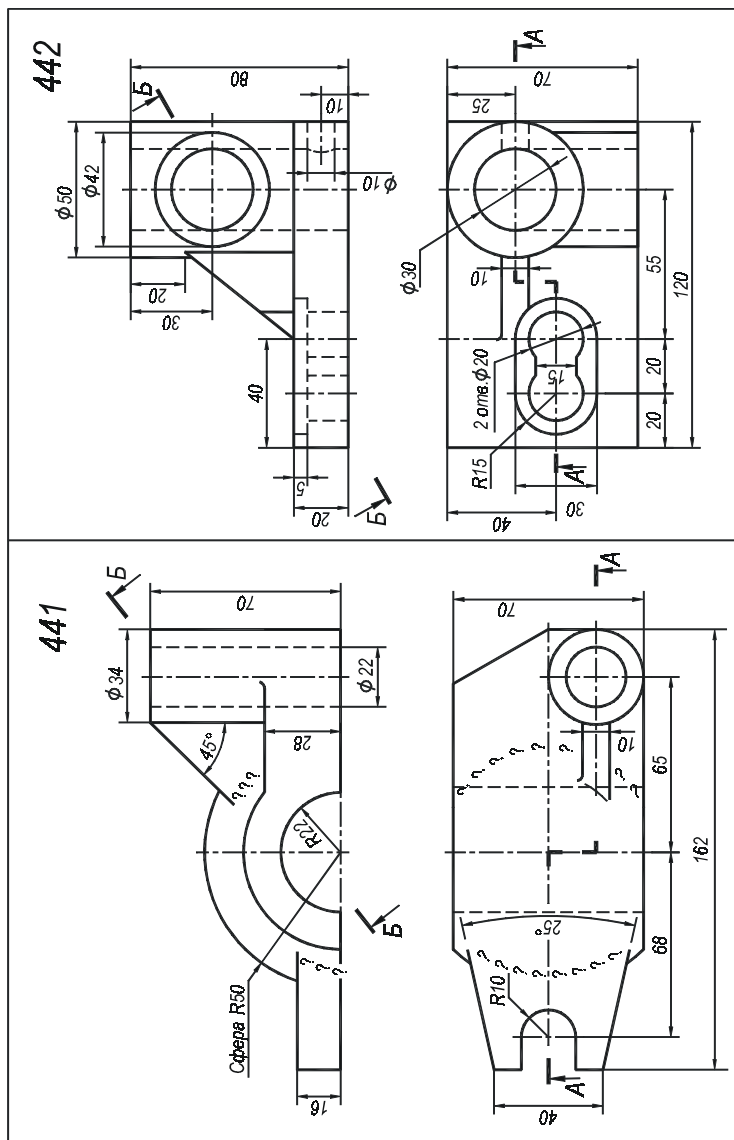
а)

Рис. П2.4. Варианты (а—г) задания "Ступенчатый разрез. Наклонное сечение" (начало)



б)

Рис. П2.4. Варианты (а—г) задания "Ступенчатый разрез. Наклонное сечение" (продолжение)



е)

Рис. П2.4. Варианты (а—г) задания "Ступенчатый разрез. Наклонное сечение" (продолжение)

Рис. П2.4. Варианты (а–г) задания "Ступенчатый разрез. Наклонное сечение" (окончание)

Литература

По пакету AutoCAD

1. Хейфец А. Л. Инженерная компьютерная графика. AutoCAD. Опыт преподавания и широта взгляда. — М.: Диалог МИФИ. 2002 г. — 432 с.
2. Хейфец А. Л. Инженерная компьютерная графика. Учебное пособие. — Челябинск.: Изд-во ЮУрГУ, 2003 г. — 105 с.
3. Хейфец А. Л. Инженерная компьютерная графика. AutoCAD. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 336 с.
4. Полещук Н. Н. AutoCAD 2004. — СПб.: БХВ-Петербург, 2004. — 976 с.
5. Полещук Н. Н. AutoCAD 2004: Разработка приложений и адаптация. — СПб.: БХВ-Петербург, 2004. — 624 с.

По инженерной графике

6. Бабулин Н. А. Построение и чтение машиностроительных чертежей. — М.: Высш. шк., 1987. — 319 с.
7. Боголюбов С. К. Индивидуальные задания по курсу черчения: Практическое пособие для учащихся техникумов. — М.: Высш. шк., 1989. — 368 с.
8. Левицкий В. С. Машиностроительное черчение. — М.: Высш. шк., 1988. — 351 с.
9. Машиностроительное черчение / Под ред. Г. П. Вяткина. — М.: Машиностроение, 1985. — 368 с.
10. Мерзон Э. Д. Машиностроительное черчение. — М.: Высш. шк., 1987. — 335 с.
11. Чекмарев А. А. Инженерная графика. — М.: Высш. шк., 1988. — 335 с.
12. Федоренко В. А. Шошин А. И. Справочник по машиностроительному черчению. — Л.: Машиностроение. 1983. — 416 с.

Предметный указатель

3

3-СПИРАЛЬ (spiral.lsp) 171

A

Altitude 201
ARRAY 19
AutoLISP 215
Azimuth 201

B

Background 206
Baseline Spacing 63
BREAK 14

C

CHAMFER 31
CIRCLE 12
COPYBASE 183
COPYCLIP 183

D

DDEDIT 69
DIMBASELINE 62
dimcontinue 16
DIMCONTINUE 62
dimdiameter 16
Dimension 14
dimlinear 16
DIMLINEAR 62
dimradius 16
dimstyle 15
Display Image 209

DIVIDE 174
DTEXT 19, 69

E

EXPLODE 13

F

FILLET 13, 31

G

Global scale factor 70

H

HPNAME 49

I

id 36
INTERSECT 40
Intersection 11

M

Materials 205
Materials Library 205
MIRROR 19
MVSETUP 129

O

OFFSET 10
OTRACK 39

P

PASTECLIP 183
PASTEORIG 183
PEDIT 21
Photo Raytrace 203
Photo Real 203
Plot 71
Plot to File 71
Polar Array 23
PURGE 93

R

Ray Traced Shadows 202
REGION 21
Render 199, 203
REPLAY 209

S

SAVEIMG 209
SCALE 130
Shade 211
Shadow Volumes 202

SLICE 31, 66
SOLDRAW 48, 50, 89
SOLIDEDIT 31, 43, 191
SOLPROF 48, 67, 87
SOLVIEW 48, 50, 89
spiral.lsp 171
SUBTRACT 31

T

TRIM 14

U

UNION 31, 40
UNITS 36
Use Overall Scale Of 17

V

VPORTS 18

Z

ZOOM 130

A

Ассоциативный размер 16

B

Варианты простановки размера 15
Вид 45
 дополнительный 45, 118
 местный 119
 основной 45
Визуализация 203
Выносной элемент 153

Г

Геометрические вычисления 35
Глобальный размерный масштаб 17
ГОСТ 2.307 14

Д

Диаметр 63

З

Закраска 211

И

Источники освещения 200

К

Композиция 209

Л

Линейный масштаб 137

М

Масштабирование 130

Материал 204

О

Объектное слежение 39

Объемная сборка 161

Оконный вариант 54

Ортогональная:

 диметрия 65

 изометрия 65

 триметрия 95

П

Пользовательская система
 координат 11

Р

Размерный стиль 15

Разметка 9

Разрезы 45

 местные 46

простые 45

сложные 45, 77

сложный ломаный 100

ступенчатые 77

С

Сечение 45

Сопряжения элементов 13

Спецификация чертежа 135

Т

Тень 202

Технологии проектирования:

 2D (двухмерная) 1

 3D (трехмерная) 1

Точечные фильтры 39

У

Устранение ошибок 191

Ф

Фон 206

Ч

Чертеж на фоне 207

Ш

Штриховка сечений 68

Э

Эвольвента 176

Экран 198